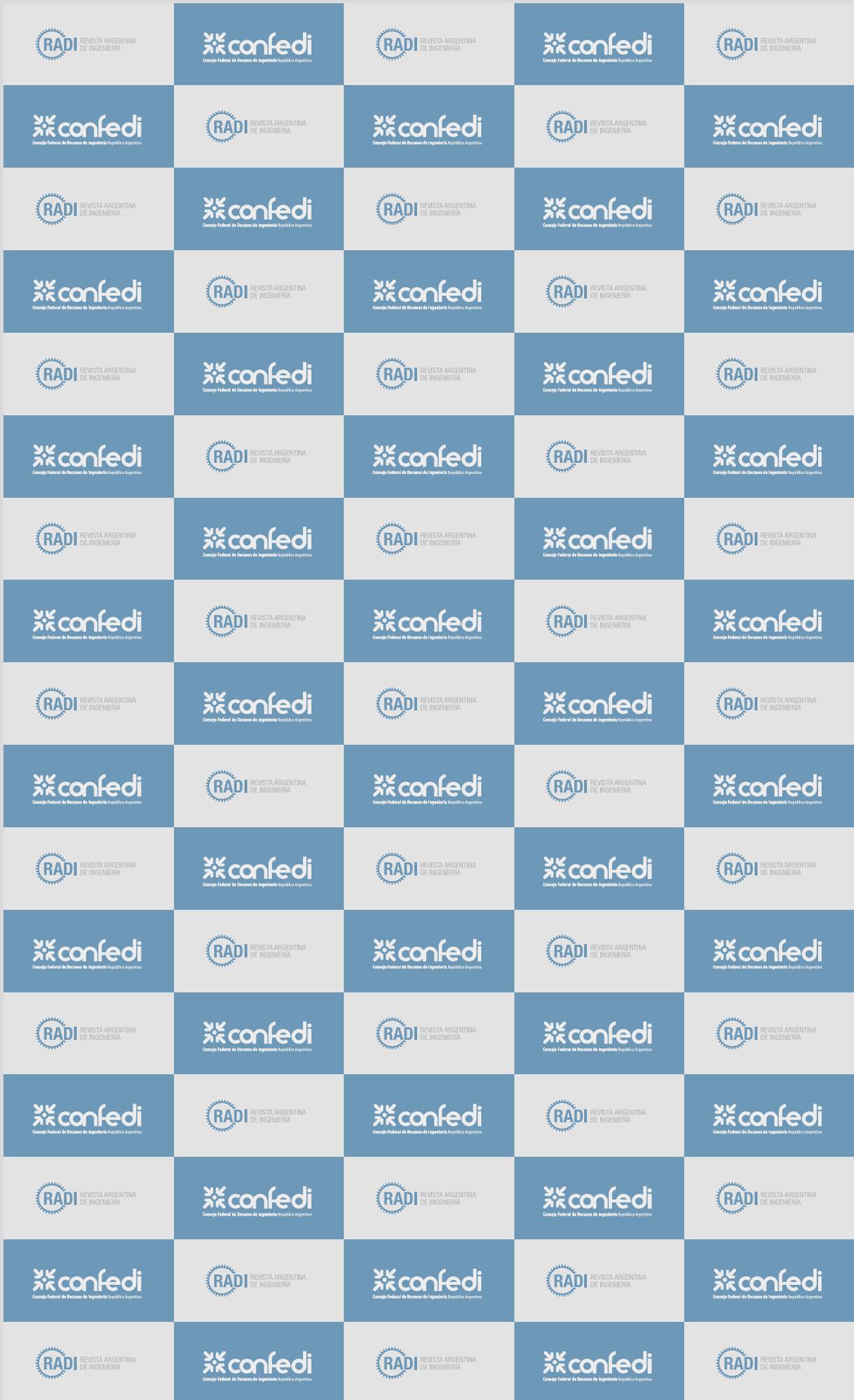


Publicación del
Consejo Federal
de Decanos de
Ingeniería de la
República
Argentina

Año 11 | Volumen 21 | junio 2023
ISSN 23140925

OPINIÓN
PROYECTOS
INGENIERÍA EN ARGENTINA
DESARROLLO TECNOLÓGICO
TEMAS DE INGENIERÍA
MUJERES, GÉNERO Y DIVERSIDAD
HISTORIAS Y ANÉCDOTAS
DE CONFEDI
AGENDA RADI
ARTÍCULOS PRESENTADOS
A RADI

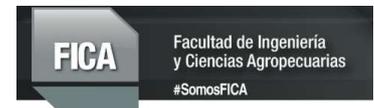
VOLUMEN [21]







FACULTAD DE INGENIERÍA





Consejo Federal de Decanos de Ingeniería República Argentina

COMITÉ EJECUTIVO 2023-2024

CAPUTO, Diego

Vicepresidente
Decano UdeMM – FI
vicepresidente@confedi.org.ar



PASCAL, Oscar

Secretario Permanente
Decano UNLZ – FI
secretariopermanente@confedi.org.ar



MARTÍNEZ, Alejandro

Presidente
Decano UBA – FI
presidente@confedi.org.ar



SÁNCHEZ, Ana del Valle

Secretaria General
Decano UNMDP – FI
secretariogeneral@confedi.org.ar



BRAIDOT, Néstor

Presidente Saliente
Decano UNGS – IDEI
presidentesaliente@confedi.org.ar

COMISIONES

UTGES, GRACIELA

Presidenta Comisión de Enseñanza
y Acreditación
Decana UNR – FCEIA
ensenanza@confedi.org.ar



ACTIS, Marcos

Presidente Comisión de Extensión y
Transferencia
Decano UNLP – FI
extension@confedi.org.ar

ETEROVIC, Jorge Esteban

Presidente Comisión
de Ciencia y Tecnología
Decano UNLAM – DIIT
cienciaytecnologia@confedi.org.ar



CAMPANA, Diego Martín

Presidente Comisión
de Posgrado
Decano UNER – FI
postgrado@confedi.org.ar

GIORDANO LERENA, Roberto

Presidente Comisión de Relaciones
Interinstitucionales e Internacionales
Decano UFASTA – FI
internacionales@confedi.org.ar



DE VINCENZI, Marcelo

Presidente Comisión de
Interpretación y Reglamento
Decano UAI – FTI
reglamento@confedi.org.ar

HERLAX, Martín

Presidente Comisión de
Presupuesto e Infraestructura
Decano UTN - FRCU
presupuesto@confedi.org.ar



RECABARREN, Pablo

Presidente Comisión de Terminales
y Actividades Reservadas
Decano UNC – FCEyN
nuevosalcances@confedi.org.ar

SUAREZ, Mariana

Presidenta Comisión Ad-Hoc
Mujeres, Género y Diversidad
Decana UNQ – Dpto. CyT
mugedi@confedi.org.ar



TOLOZA, Alberto

Presidente Comisión Ad-Hoc
Publicaciones
Decano UTN – FR San Francisco
publicaciones@confedi.org.ar

OLIVETO, Guillermo

Miembro Titular Órgano de Fiscali-
zación
Decano UTN – FRBA
fiscalizacion@confedi.org.ar



<https://confedi.org.ar/radi/>

Secciones permanentes

8

EDITORIAL
Presidente CONFEDI
Alejandro Martínez

Directora RADI
Ana Faggi

OPINION
El emprendimiento de base tecnológica como vector para la transferencia tecnológica en las Universidades Argentinas
Darío G. Codner

PROYECTOS
Hacia una red colaborativa de laboratorios de acceso remoto – Un sueño en vías de cumplirse
Diego Caputo

INGENIERÍA EN ARGENTINA
Panorama del litio en Argentina y su potencial para desarrollar la industria local en relación a la electromovilidad
Ing. Rodolfo Sottano

DESARROLLO TECNOLÓGICO
Desarrollo de la primera trituradora de neumáticos fuera de uso (NFU) de fabricación nacional
Gerardo Botasso

TEMAS DE INGENIERÍA
La exploración y explotación petrolera océano abierto (off shore) en el Mar Argentino Norte
Ing. Norberto Lorenzo Beliera

MUJERES, GÉNERO Y DIVERSIDAD
¿Por qué celebrar el Día Internacional de las Niñas en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)?
Marcela Bentín y Mariana Suarez

ANÉCDOTAS DE CONFEDI
73 Plenario de CONFEDI. La enseñanza de la Ingeniería junto al ejercicio profesional en el siglo XXI
Diego Caputo

AGENDA RADI
Mercedes Montes de Oca



32

34

10

13

16

SUMARIO n21

STAFF

DIRECTORA
Ana Faggi

SECRETARÍA EJECUTIVA
Mercedes Montes de Oca

COORDINACIÓN DE PAUTA INSTITUCIONAL
Yanina Cardillo

DISEÑO GRÁFICO Y EDITORIAL
Hugo Espinosa

Comisión de Publicaciones

PRESIDENTE
Alberto Toloza | **Decano FRSF – UTN**

SECRETARIA
Martina Perduca | **Decana FIT – UCP**

VOCALES
Ana Faggi | **Decana FI – UFLO**
Diego Campana | **Decano FI – UNER**

Coordinación de secciones permanentes

Diego Caputo
Diego Campana
Mercedes Montes de Oca

CORRECCIÓN DE FORMA Y ESTILO
Ana Faggi

P. 35

DISEÑO EN INGENIERÍA

Análisis de escenarios futuros para el diseño de un modelo de vigilancia tecnológica e inteligencia estratégica en ingeniería

Miguel Guagliano et al.

P. 42

Modelado de espumas metálicas para su aplicación en aspas de aerogeneradores

Liz Cruz Villegas et al.

P. 53

Adaptación de turbina a gas kingtech k-100 para hidrógeno

Nicolás Lipchak et al.

P. 60

ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA

La Ingeniería En El Programa 'Historia Y Memoria De La Uba

Jorge Norberto Cornejo et al.

P. 67

La formación ético-social de los futuros ingenieros

Jorge Norberto Cornejo et al.

P. 75

Evaluación de competencias genéricas de egreso: sociales, políticas y actitudinales adquiridas en la carrera y fuera de ella

Lucia Brottier et al.

P. 80

Implementación de proyectos de tecnologías por alumnos y el desarrollo de competencias profesionales

Belkis Sulbarán Rangel et al.

P. 87

Las materias básicas en los proyectos finales de carrera

Marcela S. Ambrosini et al.

P. 95

FORESTAL, AGRONOMÍA Y ALIMENTOS
Estimación de coeficientes efectivos de difusión de agua en galletitas comerciales

Bárbara E. Meza et al.

P. 101

Deshidratador Convectivo para Alimentos Vegetales usando Células Termoelectrónicas como Generador de Calor

Raquel del Valle Brito et al.

P. 110

Ingeniería sostenible, Energía, Gestión Ambiental y CC Exposición a intemperie de bolsas de polietileno con aditivos oxodegradantes

María Silvia Alonso et al.

P. 115

Regionalización Hidrológica de la Cuenca del Arroyo Feliciano, Entre Ríos, Argentina

Roxana Guadalupe Ramírez et al.

P. 123

Índice de calidad de playa en el municipio de Pinamar

Ana Faggi, Patricia Perelman

P. 129

Biodegradación de bandejas desechables de poliestireno

Daiana Soledad Romero et al.

Editores asociados

Crivello, Mónica Elise | **UTN - FRC**
De Bortoli, Mario Eduardo | **UNNE - FI**
Giordano Lerena, Roberto | **FASTA - FI**
Leal Marchena, Candelaria | **UTN - FRC**
Lenz, Désirée | **INTI**
Meichtry, Jorge Martín | **UTN - FRBA**
Molina, María Graciela | **UNT - FACET**
Morris, Jonathan | **UNLZ**
Renzini, María Soledad | **UTN - FRC**
Saux, Clara | **UTN - FRC**
Zucarelli, Graciela Viviana | **UNL - FICH**

Evaluadores de artículos

Se agradece la importante colaboración brindada por los Evaluadores de artículos presentados a RADi. A continuación, se listan los Evaluadores que han participado de presente número de RADi:

Comite evaluador del Cadi-Cladi-Caedi y COINI
Diego Campana,
Diego Caputo
Ana Faggi

Este nuevo volumen de la Revista Argentina de Ingeniería, RADI, nos encuentra como siempre acompañando a los socios del CONFEDI y a nuestra comunidad en los desafíos para mejorar la enseñanza de la Ingeniería en la República Argentina. También, como es de sana costumbre, las gestiones del Consejo van sosteniendo una continuidad en sus políticas que normalmente traspasan mucho más que una gestión.

En particular, en este año 2023 empieza a hacerse realidad el proceso de acreditación de las carreras de Ingeniería en nuestro país. Podría decirse que este proceso comenzó con las discusiones sobre lo que luego se denominó el Libro Rojo de CONFEDI y que finalmente se hizo realidad en los estándares de segunda generación que las autoridades terminan refrendando en respectivos actos administrativos. Sobre este proceso, acompañamos a las Unidades Académicas en sendas actividades que han quedado disponibles, en nuestra página web y en nuestras redes sociales, con el objetivo de brindar apoyo, herramientas y recursos a nuestras facultades. Lo más reciente fue el Ciclo de Jornadas de Actualización sobre procesos de acreditación en las Carreras de Ingeniería con audiencias nunca vistas antes en nuestras actividades. Quiero destacar el volumen que las aproximadamente 500 carreras de Ingeniería de nuestro país representan, para el sistema educativo de nivel superior y por ende sus procesos de acreditación.

Luego de finalizar las capacitaciones en 2022, este año estamos trabajando en nuevos proyectos con las personas ya capacitadas promoviendo el trabajo en red, a nivel nacional del programa en Capacitación de Formadores en Temáticas de Género y ley Micaela. Seguimos trabajando en cerrar el primer contrato Programa sobre Remotización de equipos en el que se vieron ya beneficiadas Unidades Académicas para la implementación de nuevos laboratorios. Y, con la misma partida, estamos trabajando para poder arrancar con la programación de la plataforma que nos permitirá compartirlos con los criterios y métodos ya discutidos. Enten-

demos que este proyecto es revolucionario en términos de originalidad, facilitando el acceso a una comunidad educativa a nivel nacional, al democratizar no solo las herramientas, tanto hardware como software, sino el conocimiento generado a través de las mismas. En el ámbito internacional estamos trabajando en una reforma del estatuto de la Asociación Iberoamericana de Instituciones de la Enseñanza de la Ingeniería - ASIBEI, de la que CONFEDI es socio y activo participante y cuya asamblea se celebrará este año en Buenos Aires, en el marco de la Multiconferencia del LACCEI y del CLADI.

En el orden interno, estamos avanzando hacia la finalización del trámite de regularización ante la Inspección General de Justicia y la aprobación de un nuevo estatuto que nos permitirá, luego de 35 años de funcionamiento y un crecimiento sostenido, propiciar el mejor funcionamiento de la asociación acorde a nuestra realidad y pensando en los años venideros. Esta normalización es estratégica ya que nos facilitará poder estar mejor preparados para en los hechos alcanzar mayores y mejores logros. El Comité Ejecutivo lleva ya varias reuniones sobre todo en su versión ampliada discutiendo propuestas para su constitución. Uno de ellos es disponer de una sede propia.

Esto es un breve resumen de una cantidad mucho más amplia de actividades que este Consejo realiza a propuesta de sus socios a través del trabajo en las respectivas Comisiones, del Comité Ejecutivo y de la Presidencia. CONFEDI sigue cada vez más comprometido con la mejora de la enseñanza de la Ingeniería en nuestro país a través del compromiso y aporte de los Decanos y Decanas de las Unidades Académicas. Es un ida y vuelta en donde la institución brinda apoyo a sus propios socios y socias a la par que se nutre de ellos y ellas para constituir esos insumos para brindar sus servicios. Seguiremos trabajando en pos de ir saldando los desafíos que tenemos para mejorar nuestros resultados en la enseñanza de la Ingeniería en la República Argentina.

Alejandro Martinez
Presidente de CONFEDI
Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ingeniería



En esta oportunidad presentamos el número 21 de la Revista Argentina de Ingeniería (RADI) con aportes y reflexiones de miembros de la comunidad ingenieril que agrupa el CONFEDI.

En las Secciones Permanentes de la revista se presentan temas tan interesantes como diversos. En **Proyectos de Ingeniería**, Diego Caputo aborda el tema de los laboratorios remotos desde un trayecto histórico para relatar la experiencia de la red CONFEDI R-Lab que en poco tiempo estará poniendo a disposición del sistema Universitario 51 experiencias de formación experimental a distancia, ya sea de acceso y ejecución completamente remoto o en formato híbrido. Se consolida el concepto de Red Colaborativa con la participación activa de 22 Universidades y 34 Unidades Académicas de todo el país.

En **Temas en Ingeniería**, el Ing. Norberto Lorenzo Beliera, habla de la exploración y explotación petrolera océano abierto en el Mar Argentino Norte con una mirada promisoría sobre la expectativa de que en nuestra plataforma continental debajo del lecho marino a 1500 metros de profundidad existan yacimientos similares a los descubiertos frente a las costas occidentales de África. De terminar satisfactoriamente la exploración y pasar a la explotación off shore en la Cuenca Argentina Norte (Colorado), el efecto multiplicador en la actividad económica, sería muy importante, porque lo que significaría en términos de desarrollo y porque se crearían miles de empleos directos e indirectos, con las consecuentes mejoras en la calidad de vida.

En **Ingeniería en Argentina** el Ing. Rodolfo Sottano nos da un panorama del litio en Argentina y su potencial para desarrollar la industria local en relación a la electromovilidad.

En **Opinión**, Darío Codner, aborda el emprendimiento de base tecnológica como vector de transferencia en las Universidades Argentinas. La creación de empresa de base tecnológica puede ser estimulada desde las universidades como una forma de contribuir al desarrollo de una industria basada en conocimiento, que cree riqueza localmente, genere empleo de calidad, exportaciones y sustitución de importaciones.

En **Desarrollo Tecnológico y Transferencia** se presenta el desarrollo de la primera trituradora de fabricación nacional, diseñada entre la UTN La Plata y Astillero Río Santiago, mediante fondos provenientes del Fondo de Innovación Tecnológica de la provincia de Buenos Aires (FITBA). Resulta ser una maquinaria necesaria en el proceso de trituración de los neumáticos, con la totalidad de los componentes provenientes de la industria nacional y accesible a cualquier municipio que pretenda dar tratamiento a estos residuos urbanos, industriales, agropecuarios o mineros, incluyendo a neumáticos en desuso.

En la sección **Mujeres en Ingeniería** Marcela Bentín y Mariana Suarez abordan la celebración del Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia y el Día Internacional de las Niñas en las TIC como una estrategia de inspiración a persistir en su interés en estas áreas y para construir un futuro más equitativo y diverso en la ciencia y la tecnología. Como afirman las autoras de esta nota, en ese camino las mujeres estamos, con el convencimiento de que, como dijera Elvira Rawson, “no somos tan pocas, ni estamos tan solas”.

En la sección **Anécdotas**, Diego Caputo cuenta pormenores de la organización del 73° Plenario del CONFEDI con la participación por primera vez, de un consejo profesional en la coorganización del mismo. El Consejo Profesional de Ingeniería Mecánica y Electricista de jurisdicción federal (COPIME), ente que administra la matrícula de las especialidades mecánica, eléctrica, seguridad e higiene y afines resulta un socio indispensable a la hora de pensar el trabajo y el ejercicio profesional. Con ello podemos sumar al dicho anterior de E. Rawson: En el CONFEDI no somos tan pocos, ni estamos tan solos!

En lo que respecta a los artículos de investigación de este número, se publican 14 trabajos: cinco de ellos que abordan distintas perspectivas de la Enseñanza de la Ingeniería, tres referidas a Diseño en Ingeniería, dos a las temáticas de Alimentos y cuatro a la Ingeniería Sostenible.

Agradecemos a todos los valiosos aportes y los invitamos a seguir publicando en nuestra revista.

El emprendimiento de base tecnológica como vector para la transferencia tecnológica en las Universidades Argentinas

Darío G. Codner

Universidad Nacional de Quilmes

En el mundo los últimos años se han caracterizado por el acelerado proceso de cambio de la sociedad en sus múltiples dimensiones: culturales, económicas, políticas, sociales, tecnológicas, entre otras. Las universidades también cambiaron.

Desde sus orígenes las universidades desplegaron la función de la actividad docente como misión fundamental y a inicios del siglo XIX, en el marco del desarrollo de la modernidad y la revolución industrial, la investigación se constituyó en la "segunda" misión universitaria acoplando la investigación a la docencia. En el siglo XX emerge la noción de la tercera misión que impulsó la contribución universitaria a la solución de problemas sociales a través de la extensión y la transferencia de tecnologías.

De alguna manera, la incorporación de la transferencia de conocimientos y tecnologías en las agendas universitarias contribuyó fuertemente al desarrollo de ambientes de negocios tecnológicos y el desarrollo de vigorosos lazos entre las universidades y la industria en los países industrializados. Así, las universidades generaron políticas explícitas, desarrollaron oficinas de transferencia y comercialización tecnológica para valorizar el conocimiento (especialmente a través de lógicas de patentamiento), estimular acuerdos de I+D con la industria y promover la creación de empresas de

base tecnológica (EBT) a partir de resultados de investigación.

Ahora bien, en nuestro país los cambios tuvieron otros efectos sobre el sistema universitario, por cuanto la ciencia y la industria no desarrollaron vínculos vigorosos. A lo largo del siglo XX, Argentina tuvo varios intentos de desarrollo industrial basados en la sustitución de importaciones y, por lo tanto, dominar tecnologías era un aspecto basal. Así, el país impulsó industrias como la nuclear, la aeronáutica (donde se desarrolló un avión con tecnología de propulsión a chorro), la automotriz (que entre 1952 y 1979 desarrolló, fabricó y comercializó el "Rastrojero" y un motor de dos tiempos de diseño y fabricación nacional) y la farmacéutica (sin restricción a la copia de medicamentos). En paralelo, la ciencia argentina se desarrollaba principalmente en universidades e institutos siendo esenciales para la obtención de tres premios Nobel en el campo de la biomedicina. Sin embargo y aunque el proyecto de industrialización se frustró muchas veces, la ciencia argentina siguió su desarrollo robusto con calidad en el marco de las universidades de gestión pública.

El desafío de la transferencia tecnológica universitaria en Argentina y las EBT

Mientras en el pasado la noción de transferen-

“La incorporación de la transferencia de conocimientos y tecnologías en las agendas universitarias contribuyó fuertemente al desarrollo de ambientes de negocios tecnológicos y el desarrollo de vigorosos lazos entre las universidades y la industria”...

Foto: Sensor de grafeno, Gisens Biotech
www.unlp.edu.ar

cia tecnológica se asociaba a una perspectiva fundamentalmente lineal, actualmente se entiende la transferencia tecnológica como un proceso complejo y multidireccional en el que personas, valores, conocimientos y artefactos fluyen entre quienes producen y utilizan la tecnología (Codner, 2019). Es decir, la transferencia tecnológica adopta significación como proceso articulador entre actores de un deseado sistema de innovación. Es por ello, que cobra sentido desplegar políticas de transferencia tecnológica universitaria ya que, entre otros aspectos, el contexto local de bajo desarrollo industrial y débil absorción de los resultados de I+D en el que las universidades argentinas deben operar trae consigo algunos desafíos (Codner, 2017).

Las universidades argentinas pueden y deben aumentar la capacidad de apropiación local de los resultados de la investigación de científicos argentinos, ya que actualmente los resultados de gran parte de sus investigaciones terminan publicados y siendo usados en desarrollos de tecnologías que finalmente son patentadas por empresas extranjeras; a estos procesos se los ha denominado transferencia tecnológica ciega (Codner, 2018).

Complementariamente, debemos señalar que la Ley 23.877, que en los años 90 impulsó la figura de unidades de vinculación tecnológica (UVT), generó los incentivos para que las universidades impulsaran el desarrollo de dispositivos institucionales para la captura de recursos a través de la formulación y administración de proyectos. En un punto, la Ley generó las condiciones para institucionalizar una de las dimensiones necesarias para la vinculación universitaria con el medio productivo. Sin

embargo, 30 años después es necesario avanzar en la valorización de resultados de investigación, la movilización de personas y el estímulo al emprendimiento tecnológico, dimensiones que hacen a las políticas de promoción de la transferencia de tecnología desde el ámbito universitario (Codner, 2022). El desarrollo de estas dimensiones debe acompañarse de un nuevo esquema de incentivos que a la vez, contribuyan a resolver el debate asociado a la privatización de lo público, el desarrollo de un “mercado” académico y las culturas científicas que suponen la transferencia tecnológica como un mecanismo que vulnera la libertad académica.

Específicamente nos interesa preguntarnos, ¿por qué, para qué y cómo estimular la creación y desarrollo de empresas de base tecnológica desde las universidades argentinas?

Estos interrogantes pueden encontrar inspiración en el pensamiento latinoamericano de la ciencia, la tecnología y el desarrollo (PLACTED), donde -en la década del '70- se postulaba que los laboratorios de I+D de grandes empresas públicas funcionarían como fábricas de tecnología para poder satisfacer sus necesidades. Estas ideas sirven de base para fundamentar la importancia de impulsar la creación de EBT desde las universidades, considerando que ya no quedan grandes empresas públicas y que los espacios universitarios son el nicho desde donde pueden surgir nuevos emprendimientos científicos y tecnológicos.

Operativamente, las EBT son un modo de empaquetar el conocimiento, las tecnologías y transferirlos. Eso implica la posibilidad de participar de los negocios a partir de acuerdos de regalías, participación accionaria u otro modelo de negocio para las universidades. Todas estas cuestiones, ponen en tensión la cultura universitaria.

“Actualmente se entiende a la transferencia tecnológica como un proceso complejo y multidireccional en el que personas, valores, conocimientos y artefactos fluyen entre quienes producen y utilizan la tecnología”...

Sin embargo, la LEY DE EDUCACION SUPERIOR (N°24.521/95) establece en su artículo 60 que

“...las instituciones universitarias nacionales podrán promover la constitución de fundaciones, sociedades u otras formas de asociación civil, destinada a apoyar su labor, a facilitar las relaciones con el medio, a dar respuesta a sus necesidades y a promover las condiciones necesarias para el cumplimiento de sus fines y objetivos”.

Es decir, las universidades pueden promover la creación de EBT para dar respuesta a alguno de sus desafíos.

A pesar de tener las condiciones necesarias para estimular la creación de EBT, las universidades tienen otras restricciones. Por un lado, el condicionamiento inter-institucional que impone la existencia de investigadores de doble dependencia (por ejemplo, CONICET-Universidad), requiere de esfuerzos de armonización normativa que dejen claramente establecido los incentivos (económicos, académicos, simbólicos, etc.) para investigadores y las instituciones. Por otro lado, las restricciones estructurales al desarrollo de negocios tecnológicos que nuestro país nunca pudo resolver: inestabilidad macroeconómica, inflación y pobreza estructural, relación centro-periferia con los países más avanzados, políticas de sustitución de importaciones vs el libre mercado, el poco denso entramado industrial, entre tantas cuestiones.

En cualquier caso, el sistema universitario puede y debe contribuir a estimular la creación de EBT. Es un mecanismo para transferir tecnologías, generar recursos económicos para el fisco, generar mejores condiciones de encuentro entre la ciencia y la industria, así como lo público y lo privado. Es sin duda, una forma de contribuir al desarrollo de una industria basada en conocimiento, que crea riqueza localmente, genera empleo de calidad, tiene potencialidad para exportar y para sustituir importaciones.

Estimular la creación de EBT es soñar con un país que deje de ser un exclusivo comprador de tecnologías.

Referencias

- [1] “Gestión de la Vinculación y Transferencia Tecnológica en las universidades argentinas.” Codner D. (2022). Año 5 N°8 Mayo 2022. Ciencia, tecnología y política. ISSN: 2618-2483 | e-ISSN: 2618-3188. <https://doi.org/10.24215/26183188e073> - <https://revistas.unlp.edu.ar/CTyP>
- [2] “Blind Technology Transfer Process from Argentina” Codner D. and Perrota R. Journal of Technology Management & Innovation. Volume 13, Issue 3 (2018). ISSN 0718-2724.
- [3] “Elementos para el diseño de políticas de transferencia tecnológica en universidades” Codner D. Revista REDES, vol. 23, n° 45, Bernal, diciembre de 2017, pp. 49-61. ISSN 0328-3186 impresa / ISSN 1851-7072 en línea

“El sistema universitario puede y debe contribuir a estimular la creación de EBT. Es un mecanismo para transferir tecnologías, generar recursos económicos para el fisco, generar mejores condiciones de encuentro entre la ciencia y la industria, así como lo público y lo privado”...

Hacia una red colaborativa de laboratorios de acceso remoto – Un sueño en vías de cumplirse

Diego Caputo

Universidad de la Marina Mercante
Facultad de Ingeniería

Transcurría 2018 cuando CONFEDI comenzó a diseñar una estrategia para la remotización de experiencias de laboratorio y lejos se estaba entonces de saber que apenas un año y medio después, se estaría atravesando un acontecimiento de dimensiones mundiales como la pandemia de COVID 19, obligando a la reclusión a la mayoría de la población mundial.

Solo en ese momento se tomó magnitud de la potencialidad del proyecto de formar una red de laboratorios de acceso remoto, para complementar la formación experimental en las carreras de ingeniería, ya que necesariamente las prácticas de enseñanza y aprendizaje tuvieron que ser virtualizadas.

Sobre la base de algunas experiencias previas, se comenzó a modelar la idea de algo novedoso. Crear una red colaborativa formada por nodos especializados, para que las experiencias de laboratorio fueran accesibles a todos los estudiantes del sistema universitario argentino.

Si bien existían algunos laboratorios funcionando bajo esta modalidad, la idea que impulsó el CONFEDI, fue la de crear una red nacional donde cada nodo ofreciera algún tipo de práctica experimental de las ciencias básicas, las tecnologías básicas y aplicadas de la ingeniería, al resto del sistema. De este modo, una contribución mínima de cada institución a través de alguno de sus labo-

ratorios reconvertido en remoto, brindaría a todo el sistema una oferta variada y amplia en temáticas vinculadas con las distintas terminales de la familia de carreras que conforman la ingeniería.

Con el apoyo económico del Ministerio de Educación de la Nación, a través de la Secretaría de Políticas Universitarias, el camino recorrido desde aquel lejano 2018 ha sido largo, con un resultado positivo y muy productivo. En esta primera etapa, la convocatoria ha sido amplia y su temática se extiende también a carreras como arquitectura, algunas ramas de la medicina y las ciencias agrarias, entre otras.

En la convocatoria participaron 34 Unidades Académicas, pertenecientes a 22 Universidades, de las cuales 21 son de gestión pública y una de gestión privada. En el marco del programa, cada UUA podía presentar hasta 4 experiencias a remotizar. La evaluación de proyectos se realizó en la Ciudad de Rosario (UNR), el día 21 de marzo de 2022 y resultaron aprobadas 51 proyectos de remotización.

Hacia diciembre de 2022 se solicitó a las UUA participantes del programa, un informe sobre el grado de avance respecto de la ejecución del proyecto y los fondos aportados por la SPU y que a su vez permitiera identificar los problemas que atravesaron las UUA para la concreción del contrato programa.



Imagen: <http://cead-labremotos.fi.uba.ar/>

“La idea que impulsó el CONFEDI, fue la de crear una red nacional donde cada nodo ofreciera algún tipo de práctica experimental de las ciencias básicas, las tecnologías básicas y aplicadas de la ingeniería, al resto del sistema”.

Sobre la base de los datos obtenidos de dichos informes se pudo distinguir dos categorías de laboratorios de acceso remoto que tendrá la futura red:

Experiencias remotas: donde la experiencia es completamente automática y no requiere para su funcionamiento de un operador humano (excepto para mantenimiento periódico), se encuentra disponible en un amplio espectro horario. En este segmento se presentaron 16 experiencias de laboratorio.

Experiencias híbridas: donde, por su complejidad o condiciones de seguridad, la práctica a distancia es asistida por un operador presente en el laboratorio. En este caso la UUA pondría a disposición de la red, días y horarios previamente pautados. Esta oferta alcanzará a 35 experiencias.

En esta etapa se permitió que las UUA eligieran el tipo de laboratorio que presentaban a la convocatoria sobre la base de sus fortalezas, equipamiento existente y capital humano disponible para asistirlos.

En este aspecto, el programa se limitó a financiar la remotización de experiencias o laboratorios existentes y no a la adquisición de nuevo equipamiento o equipamiento informático que no fuera el objeto específico de la práctica.

El relevamiento realizado por CONFEDI permitió establecer que los descriptores de conocimiento y disciplinas más abarcadas son: 8 experiencias sobre Automatización y Control; 6 experiencias de Física Clásica: cinemática, dinámica, conservación de la energía y óptica. Seguidas por Electrotecnia y Máquinas Eléctricas: CA y CC con 5 experiencias y Química General: soluciones y punto de fusión con

4. Las 51 experiencias propuestas abarcan 22 descriptores de conocimiento o disciplinas, 6 de ellos asociados a las Ciencias Básicas de la Ingeniería; 6 a las Tecnologías Básicas y 10 asociadas a las Tecnologías Aplicadas. Además de ello, 4 experiencias están asociadas a 3 disciplinas distintas de la Ingeniería como la Medicina, la Arquitectura y Agroindustrias.

Orden	Disciplina	Bloque	Cantidad	%
1	Instrumentación biomédica	TA	2	3,92%
2	Óptica	CB	2	3,92%
3	Electrónica analógica	TB	3	5,88%
4	Ensayo de suelos*	TA	1	1,96%
5	Agroindustria*	TA	1	1,96%
6	Física: Cinemática + dinámica	CB	6	11,76%
7	Electrotecnia y máquinas eléctricas	TB	5	9,80%
8	Automatización y control	TA	8	15,69%
9	Micrografía*	TB	1	1,96%
10	Química	CB	4	7,84%
11	Viscosidad*	CB	2	3,92%
12	Ondas mecánicas*	TB	1	1,96%
13	Redes de datos/ telecomunicaciones	TA	3	5,88%
14	Radiofrecuencias*	TA	1	1,96%
15	Maquinas Hidráulicas	TA	2	3,92%
16	Sistemas embebidos*	TA	1	1,96%
17	Electrónica digital	TB	2	3,92%
18	Probabilidad y Estadística*	CB	1	1,96%
19	Magnetismo	CB	1	1,96%
20	Termodinámica - Tec. Del calor	TB	2	3,92%
21	Mecánica general y aplicada	TA	1	1,96%
22	Robótica	TA	1	1,96%
	TOTAL		51	100,00%

*No son descriptores de conocimiento, sino disciplinas, temáticas o equipamiento que colaboran con algunos de los descriptores.

CB: Ciencias Básicas, TB: Tecnologías Básicas, TA: Tecnologías Aplicadas,

En un contexto económico particularmente complejo, el relevamiento también sirvió para identificar las múltiples dificultades que atravesaron las UUAAs para poder concretar el proyecto. Entre las más citadas por quienes tuvieron la responsabilidad de llevar a la práctica las diferentes propuestas, se encuentran las siguientes:

Técnicas: dificultades en la resolución de la remotización de índole técnico, mayormente por sustitución de componentes.

Comerciales: dificultades en el proceso de cotización, compra y adquisición de materiales por falta de stock o precios de referencia, restricción en las importaciones, etc.

Logísticas: dificultades asociadas a condiciones edilicias, de seguridad, transporte, envíos, conectividad, etc.

Desfasaje inflacionario: desactualización del presupuesto por efectos de la inflación.

Gestión Institucional: problemas de índole administrativos, de patrimonialización del material, etc.



“La implementación del sistema atravesó múltiples dificultades, pero la mayor está asociada a complicaciones para llevar adelante licitaciones, procesos de cotización, compra y adquisición de los materiales en contextos inflacionarios”...

“En poco tiempo la red CONFEDI R-Lab estará poniendo a disposición del sistema Universitario 51 experiencias de formación experimental a distancia, ya sea de acceso y ejecución completamente remoto o en formato híbrido”...

Para finalizar la primera etapa queda pendiente la adjudicación de la primera parte de la plataforma, a la que se conectarán tanto los usuarios finales del sistema que son los estudiantes, como los nodos que ofrecen las actividades de formación experimental. Esta plataforma tiene por objeto validar los usuarios del sistema, operar y participar en las prácticas, a la vez que almacenar los datos que hacen a la trazabilidad del sistema.

A diciembre del 2022 el 35% de las experiencias se encontraban con un grado de avance igual o mayor al 70%.

CONCLUSIONES

Se consolida el concepto de Red Colaborativa con la participación activa de 22 Universidades y 34 Unidades Académicas de todo el país.

En poco tiempo la red CONFEDI R-Lab estará poniendo a disposición del sistema Universitario 51 experiencias de formación experimental a distancia, ya sea de acceso y ejecución completamente remoto o en formato híbrido.

Las disciplinas abarcadas cubren los tres bloques de conocimiento para las Ingenierías: Ciencias Básicas, Tecnologías Básicas y Tecnologías Aplicadas. Al mismo tiempo se desarrollaron experiencias que pueden servir a otras disciplinas como la Medicina, Arquitectura y Agroindustrias.

La implementación del sistema atravesó múltiples dificultades, pero la mayor está asociada a complicaciones para llevar adelante licitaciones, procesos de cotización, compra y adquisición de los materiales en contextos inflacionarios. No obstante las dificultades y con gran creatividad, los equipos técnicos de las distintas UUAAs han logrado sortear los inconvenientes, especialmente aquellos asociados a la sustitución de componentes.

Panorama del litio en Argentina y su potencial para desarrollar la industria local en relación a la electromovilidad



Ing. Rodolfo Sottano

Miembro de la Comisión de Electromovilidad
COPIME

El avance de la tecnología y el vertiginoso crecimiento y desarrollo de la electrónica durante las últimas décadas, ha llevado a la gente a mantener un contacto cotidiano con infinidad de elementos que requieren el uso de energía eléctrica para su funcionamiento. Tal es así que diariamente interactuamos con cámaras fotográficas, herramientas de mano, teléfonos móviles, laptops e incluso últimamente hasta vehículos eléctricos, desde los más sencillos monopatines, coches, camiones, trenes e incluso hasta embarcaciones de propulsión 100% eléctricas.

En este sentido los fabricantes se vieron obligados a desarrollar métodos de almacenamiento de energía que fueran capaces de abastecer los consumos que demandaba toda esta tecnología eléctricamente dependiente.

Es así, que desde mediados del siglo XX se incrementaron los desarrollos de diversas variantes para la construcción de baterías destinadas al almacenamiento de energía.

Cada una de estas tecnologías desarrolladas, corresponden a diferentes tipos de uso. Hay baterías que presentan una mejor performance desde un punto de vista técnico (por ej. mejor relación peso vs. densidad de carga), otras son mejores desde un punto de vista de su potencial de recicla-

do a futuro o bien sencillamente porque optimizan la curva de equilibrio en la ecuación técnico-económica.

En este sentido una de las tantas tecnologías que se impuso sobre las demás es la conocida batería de Ion-litio, la cual se ha visto fuertemente impulsada en los últimos años debido a la elevada demanda que requiere la industria automotriz para abastecer la producción de vehículos eléctricos.

PRINCIPALES USOS DEL LITIO

Aproximadamente el 90 % de la producción de litio a nivel mundial es utilizado en tres tipos de industria:

- Baterías (50%)
- Vidrio cerámico (30%)
- Grasas lubricantes (10%)

Como bien indican los porcentajes detallados más arriba, la industria de producción de baterías es la que mayor ponderación tiene sobre las demás industrias. Esto es debido al crecimiento de la producción de vehículos eléctricos (VE), lo que a su vez ha hecho crecer la producción de baterías y por ende la producción también de mayores cantidades de litio para la construcción de las mismas.

Foto: Proyecto de litio Cauchari-Olaroz en Jujuy. www.camaramineradejujuy.com.ar



...“una de las tantas tecnologías que se impuso sobre las demás es la conocida batería de Ion-litio, la cual se ha visto fuertemente impulsada en los últimos años debido a la elevada demanda que requiere la industria automotriz para abastecer la producción de vehículos eléctricos”...

aplicaciones donde sea necesaria su descarga total.

- Requieren una gestión y control continuo, tanto de la tensión como de la temperatura de funcionamiento, así como de sus circuitos de protección.
- Aunque la principal desventaja sigue siendo su alto coste

Métodos de Obtención del Litio

El litio se puede encontrar tanto en depósitos de roca dura volcánica, como en salmueras, pozos petrolíferos, campos geotérmicos, arcillas e incluso hasta en los océanos.

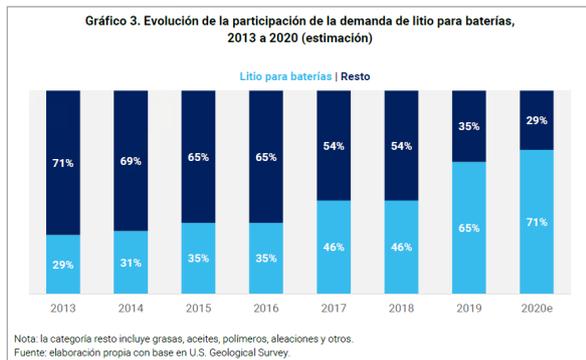
En la actualidad sólo dos procesos extractivos son económicamente viables a nivel industrial a saber:

- Depósitos de roca dura
- Salmueras.

Este último método (Salmueras) es el utilizado en Argentina.

POSICIÓN DE LA ARGENTINA RESPECTO DE LA PRODUCCIÓN DE LITIO

Argentina posee una situación geológica privilegiada respecto de este recurso, ya que se encuentra ubicada en el denominado Triángulo del Litio –junto con Bolivia y Chile–, esto la posiciona como una de las principales reservas probadas a nivel mundial.



Ventajas y Desventajas del uso de Litio

¿Pero por qué la industria automotriz se inclinó en el uso de baterías de Ion-Litio para propulsar los VE?, las razones son las siguientes:

- Alta densidad de energía, (en el orden de 170-300 kWh/m³).
- Elevada energía específica, (75-200 Wh/kg).
- Una muy alta vida útil con hasta 10.000 ciclos de carga-descarga.
- Muy rápida capacidad de carga y descarga, consiguiendo alcanzar el 95% de la potencia nominal en aproximadamente 200 ms.

Estas propiedades hacen de este tipo de baterías una tecnología óptima para ser aplicada en instalaciones donde la relación peso/capacidad de carga y tiempo de respuesta son cruciales.

Aunque esta tecnología también presenta algunas desventajas a tener en cuenta tales como:

- Su ciclo de vida depende directamente de la profundidad de descarga, lo que implica que no sean el tipo de batería más adecuada en

RESERVAS MUNDIALES PROBADAS DE LITIO

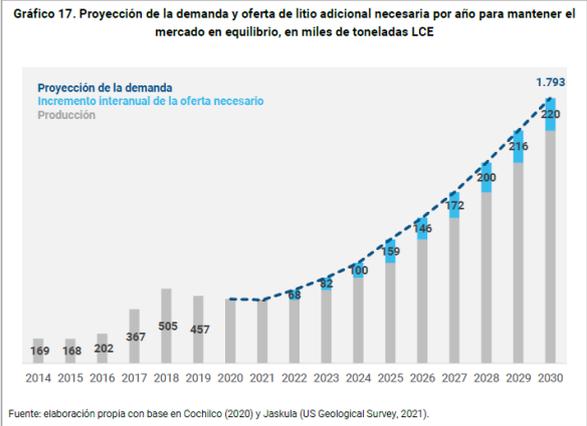
Según los datos de la U.S. Geological Survey, México y Brasil cuentan con reservas probadas del mineral de 180,000 toneladas, seguidas por Austria, con 130,000 toneladas.



Se estima que estos 3 países representan más del 95% de los recursos en salares y alrededor del 60% del recurso de litio a nivel mundial.

Argentina cuenta actualmente con dos principales proyectos en operación cuya capacidad de producción se encuentran además en proceso de ampliación, un nuevo proyecto que actualmente está realizando tareas de construcción de operaciones, otros 11 proyectos en tareas de evaluación económica de sus recursos –de los cuales siete han construido o se encuentran construyendo plantas

piloto para evaluar métodos de producción– y 6 más en tareas avanzadas de exploración.



Todas las plantas de explotación de litio existentes en el país son Piletones de Salmuera a cielo abierto, de las cuales las dos principales, con mayor importancia en producción (casi 33000 toneladas de LCE), son las siguientes:

- El Salar del Hombre Muerto (Mina Fénix, Catamarca), de la empresa estadounidense Livent, inició la operación en 1997.
- El Salar Olaroz (Jujuy), de la empresa australiana Orocobre (66,5%) junto a la japonesa Toyota Tsusho Corporation (25%) y a la provincial JEMSE (8,5%); inició la producción de carbonato de litio en 2015.

PROYECCIÓN FUTURA

En los últimos años la demanda de VE a nivel mundial se incrementó debido a necesidades de cumplimiento de metas ambientales.

Este hecho se vio mayormente reflejado en los países más desarrollados, en los cuales la fabricación se mantiene creciente año tras año impulsada por ayudas fiscales para la adquisición de esta clase de vehículos.

Basado en esto, se estima que el crecimiento de la demanda de VE será del orden del 30% dentro de la próxima década, lo cual permite suponer un incremento de la demanda de litio proporcional a dicha suba.

En la actualidad, la capacidad productiva mundial se ubica en torno a las 500.000 toneladas de LCE, las cuales se alcanzaron por única vez en 2018. Ahora bien, si proyectamos hacia 2030 un incremento del parque automotor eléctrico del orden del 30%, la producción de litio necesaria deberá ser del orden de los 1,3 millones de toneladas de LCE anual. Esto equivale a casi el triple de lo producido en la actualidad.

El desafío que este aumento de demanda representa para la Argentina está condicionado por el método de producción (salmueras), el cual requiere de períodos de maduración más extensos –superan el año–, vinculados a tiempos naturales del proceso (evaporación y concentración) y además íntimamente condicionados por factores climáticos. Todo esto hace a este proceso más lento respecto al de producción de roca. Por lo cual, como país, se debe incentivar el desarrollo de nuevos proyectos de producción de litio para poder estar a la altura de los requerimientos globales del mineral.

MATERIA PRIMA VS. VALOR AGREGADO

Otro de los desafíos que presenta la industria del litio es la posibilidad de producir y comercializar solo la materia prima (carbonato de litio y/o cloruro de litio con pureza grado baterías) o bien apostar al agregado de valor en la cadena de producción mediante la fabricación local de baterías.

En este sentido, la empresa estatal YPF, mediante su Instituto Tecnológico Y-TEC, firmó un convenio junto a la minera CAMYEN, oriunda de la provincia de Catamarca, para desarrollar un proyecto litífero en Fiambalá.

De acuerdo con lo publicado por la compañía, la planta iniciará sus operaciones en abril de 2023 con provisión de litio de la minera Livent hasta tanto terminen las exploraciones y puesta a punto de la mina de litio operada por CAMYEN.

La planta fabricará en una primera etapa, baterías para uso estacionario, que serán testeadas abasteciendo energía a un pequeño proyecto piloto de parque solar instalado en la localidad de Isla Paulino (Berisso - Bs. As).

A futuro se prevé que el desarrollo de estas baterías sea extendido para ser utilizado en aplicaciones de EM y también en radares móviles de uso militar.

Respecto a la promoción de políticas que incentiven la producción local de baterías de litio, es un tema muy atractivo si se considera el agregado de valor sobre la materia prima, pero esta solución no es tan sencilla de implementar dado que se deben considerar ciertos elementos que afectan esta actividad, a saber:

- En primer lugar, si bien el litio constituye el insumo esencial e irremplazable en la batería, su ponderación dentro del costo final de la misma es solo del orden del 3%, lo cual hace que disponer del recurso no sea un factor contundentemente determinante.

- En segundo lugar, otro punto a considerar es el requerimiento de cercanía que las automotrices necesitan respecto de las plantas proveedoras de baterías. Esto optimiza cuestiones de índole técnico-económico.

Técnicamente, tener al proveedor cerca, permite interactuar en el desarrollo y adecuación de nuevos diseños de packs de baterías para los desarrollos de VE.

Económicamente, es considerablemente menor el manejo logístico de la materia prima que el de la batería terminada.

- Por último, se debe considerar la constante y continua investigación de nuevas tecnologías en lo que respecta al desarrollo de baterías, tales como:
 - Litio-ferrofosfato (LFP)
 - Níquel, manganeso y cobalto (NMC)
 - Níquel, cobalto y aluminio (NCA)
 - Litio y titanio (LTO)
 - Ion-sodio
 - Baterías de flujo redox
 - Pilas de Combustible (Pilas de Hidrógeno)

Los cuales requieren diferentes proporciones de litio para su funcionamiento e incluso hasta la prescindencia del metal en cuestión; tal el caso de las baterías de Ion-Sodio y las pilas de Combustible

Todo lo anterior, nos desafía a trabajar mancomunadamente para encontrar el punto de equilibrio entre una matriz productiva solo de materia prima vs. la fabricación de baterías con el correspondiente agregado de valor en la cadena de producción.

CONCLUSIONES

En cuanto a Producción se refiere, con una demanda actualmente creciente de litio impulsada por la industria automotriz, Argentina se encuentra en una situación oportunamente ventajosa gracias a la abundancia del requerido mineral, sumado a poseer formas de explotación del mismo con costos relativamente bajos (piletones de salmuera a cielo abierto).

Si bien el desarrollo y exploración de nuevos proyectos requieren de un proceso de tiempo relativamente prolongado, se cuenta con empresas mineras con vasta experiencia en el tema a las cuales hay que incentivar para profundizar cualitativa y cuantitativamente la producción de materia prima.

En cuanto a Industrialización se refiere, hay que tener presentes los tres puntos evaluados anteriormente.

- Ponderación del litio dentro del costo fabricación de una batería.

- Cercanía a Automotrices fabricantes de VE.

- Creciente desarrollo de nuevas tecnologías de baterías.

Teniendo presentes estos 3 puntos, el desafío como país es evaluar el correcto punto de equilibrio que haga viable y rentable el desarrollo de una industria de producción de baterías locales además de perfeccionar y profesionalizar las técnicas de producción del mineral para optimizar costos y rendimientos.

Como punto final y de suma importancia, no debemos perder de vista la optimización de producción de mineral respetando siempre los más altos estándares ambientales teniendo presente en todo momento la prevención, reducción y mitigación de impactos negativos de la explotación minera como así también el control de riesgos ambientales y la posterior restauración y compensación ambiental.

Glosario

VE: Vehículos Eléctricos

EM: Electro Movilidad

LCE: Carbonato de Litio Equivalente por sus siglas en inglés.

Referencias bibliográficas

Documentos Bloomberg Linea

Documentos para el Cambio Estructural – “Del Litio a la Batería”, Ministerio de Desarrollo Productivo Argentina.

Y-TEC – Instituto Tecnológico YPF

Perfil del Mercado del Litio – Secretaría de Economía de México

“Para qué sirve el Litio”, León Martínez, El economista – Mexico

“Baterías: cuáles son las tecnologías que podrían reemplazar las de iones de litio para suplir una demanda que no parece tener límite”, Raúl Limón – El País – España.

“Batteries for Energy Storage In the European Union - 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets”, European Commission

Desarrollo de la primera trituradora de neumáticos fuera de uso (NFU) de fabricación nacional



Dr. Ing. Gerardo Botasso

Secretario de Ciencia, Tecnología y Posgrado

En la Argentina se generan aproximadamente alrededor de 150 mil toneladas de neumáticos fuera de uso, NFU, por año. Esta realidad hace necesario que se planteen alternativas concretas para su tratamiento. La ley de Responsabilidad Extendida del Productor, REP, que cuenta con media sanción del Senado Nacional, genera un marco para la logística inversa, la recolección hasta centros de tratamiento, el ordenamiento de los gestores y la posibilidad de que las plantas de reciclado disponibles y las instalaciones futuras, dispongan de los volúmenes de NFU generados por los usuarios. Desde el punto de vista tecnológico se hace necesario contar con las tecnologías del reciclado, como alternativa de significación a la hora de dar un nuevo uso a este recurso. Las inversiones para ello son de significación e involucran diferentes procesos denominados trituración primaria, secundaria, ciclones, rayadores, etc. Cada etapa permite obtener diferentes productos, desde trozos de 2 pulgadas a polvo de caucho pasante la malla 30 de ASTM, libre de telas y acero. También se logra generar textiles y acero por separado que pueden ser comercializados. En esta sección se presenta el desarrollo de la primera trituradora de fabricación nacional, diseñada entre la UTN La Plata y Astillero Rio Santiago, mediante fondos provenientes del Fondo de Innovación Tecnológica de la provincia de Buenos Aires (FITBA). Resulta ser una

maquinaria necesaria en el proceso de trituración de los neumáticos, con la totalidad de los componentes provenientes de la industria nacional y accesibles a cualquier municipio que pretenda dar tratamiento a estos residuos urbanos, industriales, agropecuarios o mineros, como los son los NFU.

La fabricación de neumáticos impacta doblemente en el ambiente. Por un lado, para su elaboración se requieren derivados del petróleo, materiales textiles, acero, azufre, pigmentos, trazas de metales pesados y gran cantidad de agua y energía.

La degradación natural de un neumático de caucho vulcanizado a la intemperie puede requerir entre 500 y 3.000 años, pero, debido a su alto poder calorífico, pueden ser utilizados como combustibles alternativos en algunos procesos industriales.

Por otro lado, la inmensa mayoría de los neumáticos fuera de uso en Argentina son dispuestos en forma incorrecta. Esto conlleva consecuencias ambientales, por su mala disposición. Se estima que solo un máximo del 5% se dispone en el sitio de disposición final y también provocan consecuencias negativas sobre la salud pública, ya que sirven de entorno para la proliferación de vectores sanitarios, tales como mosquitos y roedores.

En el año 2013 la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, de la Nación, publica la resolución 523/2013: Manejo Sustentable de Neumáticos. En la misma se establece "...Que de



Foto: Prototipo de la trituradora impreso en 3D.
www.cic.gba.gob.ar

"Desde el punto de vista tecnológico se hace necesario contar con las tecnologías del reciclado, como alternativa de significación a la hora de dar un nuevo uso a este recurso."

acuerdo con la normativa internacional el neumático al final de su vida útil no está considerado como un residuo peligroso, ya que la Lista B del Anexo IX de desechos no peligrosos de la Convención de Basilea lo clasifica como entrada B3140 ..." [1].

En el mes de agosto de 2021, el Senado aprobó por unanimidad un proyecto de ley sobre presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión de los neumáticos fuera de uso, que tiene como objetivo reducir la disposición final de los NFU para disminuir el impacto sobre el ambiente y promover emprendimientos para la gestión integral de los NFU, generando mecanismos que impacten en su correcto manejo en todo su ciclo de vida. A la fecha, dicho proyecto cuenta con despacho favorable en dos comisiones de la Cámara Baja, sin haber sido tratada aún en el recinto.

Como principios específicos, la iniciativa establece que la generación de los neumáticos fuera de uso y el descarte deberá prevenirse y minimizarse en términos de su cantidad y potencial de causar riesgos e impactos negativos o daños al ambiente o la salud humana.

En cuanto al ciclo de vida integrado, el texto sostiene que los neumáticos deberán manejarse de manera tal que se minimicen los impactos negativos al ambiente o la salud durante todas las actividades que se desarrollen en su ciclo de vida (producción, uso, reutilización, reciclaje, valorización, tratamiento y/o disposición final).

Respecto de la trazabilidad, establece que los procesos en materia de puesta en el mercado de neumáticos y gestión integral de NFU deberán ser

transparentes y trazables, permitiendo conocer stocks, flujos de generación, trayectos y cantidades valorizadas y dispuestas finalmente en forma desagregada por cada etapa.

La ley contempla como uno de sus ejes fundamentales el principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), que implica la responsabilidad legal y financiera de los productores, extendida hasta el momento del post consumo de los neumáticos y la gestión de los NFU que se fabriquen o importen. En este sentido, establece que los productores serán responsables de la gestión integral de los NFU y deberán constituir asociaciones sin fines de lucro a fin de llevar a cabo la gestión integral de los NFU, las cuales serán dirigidas por los productores, pero podrán participar de su integración todos los agentes económicos. Por su parte, los distribuidores de neumáticos estarían obligados a recibir en forma gratuita los NFU para su posterior tratamiento y serían responsables de ingresarlos al sistema integrado de gestión en su carácter de generador. Los generadores de NFU serán responsables de entregarlos al productor de neumáticos o a un sistema de gestión autorizado. Estos últimos deberán ser diseñados por los productores y deberán garantizar la recogida de los NFU en todo el territorio nacional y su correcta gestión, alcanzando a todos los eslabones de la cadena de comercialización y reutilización de los neumáticos.

Finalmente, la iniciativa establece la prohibición a la importación de los NFU, el abandono y/o el desprendimiento de NFU en la vía pública o con los residuos domiciliarios, como así también cualquier proceso de eliminación no previsto en esta ley.

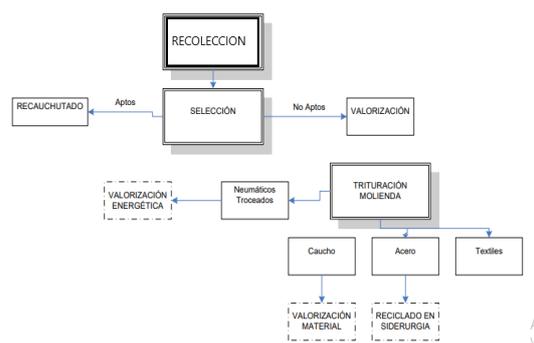


Figura 1: Esquema de tratamiento de los NFU

En la figura 1 se pueden observar las alternativas con las que cuenta el tecnólogo a la hora de proponer caminos de utilización de los NFU [2]. Cabe señalar que sin aportes de tecnología las piezas enteras pueden reusarse en muros, maceteros y juegos, mientras que con recortes y adecuaciones se pueden elaborar bijouterie, prendas, sandalias, entre otras opciones.

La primera alternativa a la hora de prolongar la vida útil de un neumático es el recapado o recauchutado. En Argentina, esta actividad se encuentra cada vez más en progreso y con marcos normativos claros y las empresas dedicadas al rubro se agrupan en ARAN, asociación reconструкторes argentinos de neumáticos. Una pieza bien conservada, sin golpes ni cortaduras de sus laterales, puede hasta duplicar su vida útil con una nueva banda de rodadura.

La cogeneración de energía es otra alternativa posible demandada principalmente por la industria cementera. La sustitución de gas o fueloil con piezas trituradas en forma primaria de los NFU o con piezas enteras, requiere de adecuaciones en las plantas de elaboración del cemento portland. Las plantas radicadas en provincia de Buenos Aires han comenzado con la incorporación de NFU como combustible alternativo, con los respectivos controles de emisiones a la atmósfera. La industria local ha logrado sustituir hasta un 4% de ahorro de energía impactando en un ahorro del 5% en el producto final [3].

Desde la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional La Plata, hace más de 15 años se investiga y transfiere en relación a la trituración de los neumáticos fuera de uso. Se ha comprendido que se hace necesario considerar las diferentes etapas que se deben considerar para el aprovechamiento de los NFU, a fin de llegar a la disminución de la contaminación planteada.

En forma sintética se pueden señalar las siguientes:

1. Colaboración de la UTN La Plata, en comisiones asesoras del Congreso Nacional con el fin de apoyar la sanción de la Ley REP.
2. Colaboración con empresas productoras e importadoras para la generación de un sistema de gestión que permita, en el marco de la futura ley, la concreción de la logística inversa.
3. Estudio de factibilidad de nuevas instalaciones de trituración distribuidas en el país para productores e importadores de neumáticos. Casos particulares de trituración primaria.
4. Estudio de posibles usos de los productos generados en la trituración. Especial énfasis en el polvo de NFU para la modificación de mezclas asfálticas para carreteras. Generación de especificaciones técnicas. Ejecución de obras.

Parece oportuno detenerse en los puntos 3 y 4, señalados con anterioridad.

A tal fin se desea señalar la forma de trabajo que desarrolló la Facultad, por medio de la coordinación de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado, siguiendo uno de los lineamientos cen-

trales indicados desde el equipo de gestión, centrado en la vinculación con el medio socio productivo, procurando se solucionen temas relacionados con el territorio y el ambiente.

Se articuló la participación de dos Departamentos de especialidad:

- Departamento de Ingeniería Mecánica.
- Departamento de Ingeniería Civil.

En dicho contexto se sumaron dos espacios de investigación y desarrollo:

- Centro de Control Numérico Computarizado
- Centro de Investigaciones Viales LEMaC

Se resalta el concepto de la integración de toda la problemática con el propósito de impactar en forma concreta con una línea de investigación. Durante varios años el LEMaC, consolidó la línea de investigación del uso de NFU en asfaltos y mezclas asfálticas para carreteras. Esto se hizo mediante proyectos homologados, dos tesis de maestría terminadas, una tesis doctoral defendida y cuatro en ejecución. Asistencia técnica en la realización de obras en el país y en el exterior, y habiéndose distinguido a un investigador del equipo con designación por parte del Asphalt Rubber, de Estados Unidos, como embajador argentino en tecnologías del caucho en asfalto por el periodo 2022-2025.

El Centro de Control Numérico Computarizado, CNC, por su parte durante sus investigaciones e innovaciones, ha formado a profesionales de la industria en el CNC, siendo uno de los primeros espacios universitarios con tecnología de última generación y manejo de software. Ha homologado proyectos de i+d y transferidos desarrollos a la industria tecnológica en la que se destaca INVAP, en el modelizado de antenas para varios de sus proyectos.

En la convocatoria 2022 del Fondo de Innovación Tecnológica de la provincia de Buenos Aires, FITBA, estos dos espacios de investigación presentan proyectos en alianza con dos dependencias de la provincia:

- Astilleros Rio Santiago
- Dirección Provincial de Vialidad

Los proyectos financiados por el gobierno de la provincia de Buenos Aires son:

- "Prototipo de ensayos de trituradora de neumáticos fuera de uso (NFU)" FITBA B12/2022.
- "Uso de reciclado de neumáticos fuera de uso, NFU, en pavimentos sustentables, de la infraestructura vial del territorio de la provincia de Buenos Aires" FITBA B29/2022.

La idea central del FITBA ha sido vincular a las innovaciones de la Universidad con el sector productivo, PYMES y organismos públicos.

La selección de estos dos proyectos, en una compulsa de una gran número de presentaciones, resultó ser un gran apoyo para la sostenibilidad, eje vinculante entre ambas propuestas.

Las instalaciones industriales para el triturado de neumáticos fuera de uso son complejas y no existe en el país producción relacionada con este tipo de equipamiento. Las principales plantas de trituración, las más reconocidas a nivel internacional, disponibles también en Argentina proceden de Estados Unidos de América, Italia, Dinamarca, Francia y China, entre otros. Todas ellas se comercializan en Europa, Asia y América. Las instalaciones chinas, resultan ser más competitivas en precios al resto de las propuestas.

La complejidad de una planta crece a medida que la misma produzca polvo de NFU. En este caso se llega a un tamaño máximo de partícula que pase la malla 30 o 40 de ASTM, alcanza a tamaños por debajo de los 0,6 a 0,5 mm.

Estas partículas poseen un tamaño adecuado para la dispersión del polvo de NFU en asfaltos y mezclas asfálticas, debiendo estar libres de telas sintéticas y de material ferroso, por lo cual en las instalaciones se deben sumar ciclones para la separación de las fibras y retenedores magnéticos de acero. Se suman al proceso dos dispositivos esenciales para la separación de estos materiales que se pueden comercializar en industrias específicas.

En las figuras 2 y 3 se pueden observar los esquemas de las plantas de trituración hasta la producción de polvo libre de telas textiles y de acero.

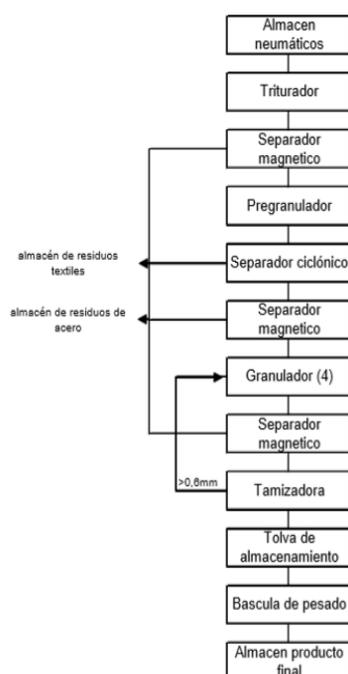


Figura 2: Layout general de una planta integral de trituración de NFU



Figura 3: Vista 3D de una planta integral de trituración de NFU

La selección de una planta de trituración deberá considerar al menos los siguientes aspectos de significación:

- El precio de la instalación.
- El consumo de energía total, ya que la energía consumida será considerada en el análisis de ciclo de vida, bajas emisiones de CO₂.
- El mantenimiento y desgaste. Durabilidad.
- La disponibilidad de repuestos y servicio técnico.
- El funcionamiento continuo o discontinuo del sistema ensamblado.
- La cantidad de mano de obra incorporada, entre otros factores.

Puntualmente, haciendo referencia al desarrollo de la trituradora, se ha potenciado un acuerdo marco con una de las empresas emblemáticas de la provincia de Buenos Aires. Astillero Rio Santiago, dispone de recursos humanos altamente calificados en plena interacción con la UTN La Plata, se comparten además parte de esos recursos como profesores e investigadores. Por otro lado, las instalaciones industriales en una escala de producción muy superior a cualquier otra industria del país, permite la escala de fabricación requerida.

En el centro de mecanizado del departamento de ingeniería mecánica y de impresión 3D, se pueden modelizar los prototipos a escala.

En este caso se trabaja en la trituradora primaria.

La misma puede reducir el volumen de los neumáticos fuera de uso a 1/3 del volumen inicial.

“La primera alternativa a la hora de prolongar la vida útil de un neumático es el recapado o recauchutado. En Argentina, esta actividad se encuentra cada vez más en progreso y con marcos normativos claros.”

Como los municipios son las áreas territoriales donde más se generan NFU, es en esos lugares donde se hace necesario sumar instalaciones en puntos de recolección municipales, en los cuales se pueda implementar la logística inversa, con mano de obra de los recolectores informales que conocen al territorio, la forma de recorrerlo, necesitando sumarse a trabajos formales dentro de una estrategia municipal.

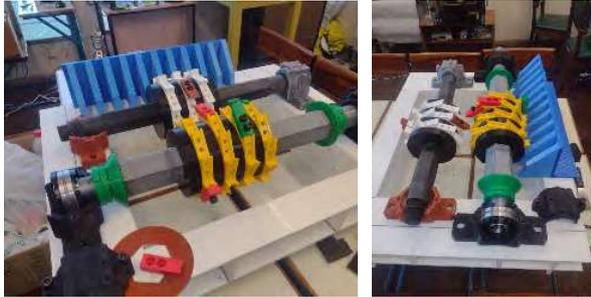


Figura 4: Modelado en 3D.

Los neumáticos triturados en estas instalaciones llegan a un tamaño aproximado a 5 cm de lado conteniendo aún telas sintéticas y aceros. En este formato el volumen transportado a las plantas con el esquema de funcionamiento de las figuras 2 y 3, se reduce a 1/3 del neumático entero. Los sistemas de corte, el torque, la potencia, el calentamiento de la muestra, el rozamiento, la cantidad de kg/hora de producción, son variables que han sido consideradas en el proceso de diseño.



Figura 5: Mecanizado en control numérico del prototipo de trituradora.

A partir de aquí se desarrolla el prototipo a escala real, en las instalaciones del Astillero Río Santiago.

Por otro lado se trabaja con la Dirección provincial de Vialidad de la provincia de Buenos Aires, con las especificaciones técnica para el uso del polvo en mezclas asfálticas.

CONCLUSIONES

La UTN La Plata, en base a la concepción de las políticas científicas en el contexto de las políticas públi-

“La UTN La Plata, en base a la concepción de las políticas científicas en el contexto de las políticas públicas, ha logrado articular con empresas y reparticiones del sector público”.

cas, ha logrado articular con empresas y reparticiones del sector público para producir equipamiento 100% nacional de elevado impacto territorial y ambiental.

Por otro lado, se observa que el impacto guarda relación directa con la inversión en conocimiento de base y proyectos de investigación consolidados, que han permitido disponer de amplia formación y disponibilidad de conocimiento en la frontera tecnológica.

También la participación de los tecnólogos y científicos de la ingeniería, en la cadena de valor de la innovación, por fuera estrictamente de lo técnico, ha transformado a dicho sector en un actor clave en otros ámbitos, tales como los legislativos, gestión y especificaciones para el diseñador de las obras viales.

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Decano de la Regional La Plata, de la UTN, Mg. Ing. Luis Ricci.

Al Fondo de Innovación Tecnológica de la Provincia de Buenos Aires, FITBA.

A los profesionales de la UTN La Plata que a través de sus centros participan y a los de Astillero Río Santiago y la Dirección Provincial de Vialidad.

REFERENCIAS

Resolución 523/2013: Manejo Sustentable de Neumáticos (2013). Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

F.A. López et al (2018). Situación actual del tratamiento de neumáticos fuera de uso y posibilidades de obtención del negro de humo de alta pureza.

https://digital.csic.es/bitstream/10261/17979/1/NFU%27s_revision.pdf

Holcim innova para producir reciclando neumáticos a través del coprocesamiento (2019). *Revista área tres*. <https://www.revistaareatres.com.ar/holcim-innova-para-producir-reciclando-neumaticos-a-traves-del-coprocesamiento>

La exploración y explotación petrolera oceáno abierto (off shore) en el Mar Argentino Norte



Ing. Norberto Lorenzo Beliera

Presidente del Colegio de Ingenieros de la Provincia de Buenos Aires (1994-2003 y 2012-2022), ex Relator de la Comisión de Ecología del Honorable Senado de la Provincia de Buenos Aires.

La explotación de los recursos naturales hidrocarbúricos de nuestro subsuelo, en el continente y en el océano, es una de las políticas de Estado que podemos exhibir los argentinos. La continuidad de estas políticas se hace visible en este caso tanto en el Yacimiento Vaca Muerta, puesto en marcha por el gobierno de Cristina Kirchner y continuado por los de Mauricio Macri y Alberto Fernández, como en el llamado a licitación de la exploración offshore en el Mar Argentino Norte, hecho por el gobierno anterior y retomado por el actual.

Por otra parte, hace más de tres décadas, durante la presidencia de Menem, Argentina, junto a otros países, planteó en las Naciones Unidas una nueva concepción sobre los derechos de los estados ribereños. El reclamo fue continuado por los gobiernos de De la Rúa, Duhalde, Néstor y Cristina Kirchner. La Cancillería argentina de entonces había creado la Comisión Nacional del Límite Exterior de la Plataforma Continental, que reunió todos los antecedentes para poder reivindicar con fundamento técnico estos derechos. Como resultado de esas luchas, entre marzo de 2016 y el mismo mes de 2017, durante el mandato de Macri, nuestro País incorporó una superficie de 1.700.000 km² a su plataforma continental. El órgano científico de 21 expertos internacionales creado por la Convención de las Naciones Unidas sobre Derechos del Mar, aceptó la ampliación de la propiedad de los recursos

del océano y de su subsuelo más allá de la zona económica exclusiva de las 200 millas hasta 300 millas y más.

El territorio oceánico que se extiende más allá de la zona económica exclusiva de 200 millas es la plataforma continental. En ella está permitida la pesca internacional, pero cada país tiene la propiedad de los recursos naturales del suelo y del subsuelo. Los recursos en esas zonas del proyecto Argerich y demás proyectos en la Cuenca Argentina Norte (Colorado), fueron reconocidos oficialmente por la comunidad internacional como parte del patrimonio nacional. Entonces, después de tanto tiempo de reivindicar la propiedad de sus recursos, resultaba - cuanto menos contradictorio - que uno de los poderes del mismo Estado, el Judicial, impidiera la explotación de esos recursos.

Después de casi un año perdido, el 25 de enero, la Cámara Federal de Mar del Plata autorizó la prospección, al declarar inadmisibles los recursos extraordinarios presentados por algunas entidades ambientalistas, con pocos fundamentos serios, como veremos seguidamente.

RÉPLICA A LOS CUESTIONAMIENTOS

Desde hace más de 90 años se explora la plataforma marítima argentina con técnicas similares a las de ahora. Hace más de medio siglo que

Foto: Proyecto Argerich.
www.argentina.gob.ar

"... nuestro País incorporó una superficie de 1.700.000 km² a su plataforma continental. El órgano científico de 21 expertos internacionales creado por la Convención de las Naciones Unidas sobre Derechos del Mar..."

se explota off shore en la cuenca Austral (frente a Tierra del Fuego y sur de Santa Cruz), habiéndose perforado en ese lapso más de 200 pozos exploratorios y de producción, sin que se produjera ningún desastre ambiental hasta el presente. Actualmente 36 de ellos aportan el 17% del gas que consumimos todos los argentinos. Diez años atrás también se registraron ciertas posiciones extremas de los mismos sectores cuando se empezó a hablar de la explotación no convencional del yacimiento Vaca Muerta, pero el resultado de ese proceso solo trajo crecimiento económico y social para la región. Se llegó a afirmar que la solución de agua y arena a presión usada para la fractura de la roca madre (el "fracking"), ahí a más de 3000 m de profundidad, contaminaría el acuífero, que se encuentra a menos de 100 m de la superficie. También se vaticinaron otras calamidades más, pero nada de eso sucedió. Lo que sí pasó fue la generación de empleo bien remunerado y la mejora de la calidad de vida de los neuquinos. Los bonaerenses queremos lo mismo, y, en especial para Mar del Plata, con un desempleo actual del 8,6 % de su población. De concluir exitosamente la etapa de exploración, "La Feliz" volverá a serlo, pero todo el año, ya que pasará a ser la base de apoyo logístico en tierra de la actividad de los buques que operan en océano abierto.

La "contaminación de las playas" por potenciales derrames, es altamente improbable, porque en la zona de concesión, a más de 307 km de la costa de Mar del Plata, y latitud 38°S, circulan las

corrientes de Malvinas (en sentido sur a norte), y la de Brasil, con sentido inverso, norte a sur. Al chocar ambas giran 90° hacia mar adentro, es decir, son corrientes que fluyen con direcciones paralelas al continente, o alejándose hacia el este.

Sobre la afectación a la vida de la fauna marina, el Plan de Gestión Ambiental aprobado contiene las medidas de mitigación necesarias para evitarla, pero también cabe destacar que desde los años 60, en esos sectores de nuestro océano, YPF efectuó prospección sísmica, y perforó 18 pozos sin que se tuvieran que lamentar impactos en los animales, tal como se verifica en el permanente crecimiento de población de la ballena franca austral, hecho documentado todos los años por los científicos del CONICET. Estas ballenas no se reproducen ni crían en las áreas donde se realizarán los registros sísmicos, sino que transitan por ellas, de manera que el impacto se reducirá a un eventual desvío de la trayectoria de desplazamiento de algunas de ellas.

Con relación a la identificación de la actividad petrolera como extractivista, digamos que no se trata de una economía de enclave, como se la refiere, sino que al contrario, tiene los mayores encadenamientos de la matriz insumo producto nacional. Un claro ejemplo lo constituye el Cluster de energía marplatense, proveedor de Vaca Muerta, además de exportador.

Es pertinente citar algunos ejemplos de explotación hidrocarburífera off shore actuales.

Noruega es uno de los países con la mejor estrategia para la explotación sostenible de sus recursos naturales, política que le permitió lograr enormes progresos en su desempeño económico,

"...desde los años 60, en esos sectores de nuestro océano, YPF efectuó prospección sísmica, y perforó 18 pozos sin que se tuvieran que lamentar impactos en los animales, tal como se verifica en el permanente crecimiento de población de la ballena franca austral..."

social y ambiental. Su producción de gas y petróleo en océano abierto no le impidió el avance en el uso de las energías renovables. Al contrario, lo apoyó y fortaleció. Por eso, tiene la producción de energía hidroeléctrica per cápita más alta del mundo, representando el 98% de su matriz energética. Al mismo tiempo, continúa desarrollando otras fuentes de energía limpia, tales como la eólica, biomasa, mareomotriz, undimotriz, solar fotovoltaica, hidrógeno azul y verde, etc.

Los argentinos deberíamos asumir, como lo hicieron los noruegos, que el consumo mundial de petróleo y gas continuará durante décadas (sobre todo el gas, por tratarse del combustible de la transición) y, que si no explotamos los recursos que se encuentran en nuestro océano, lo harán otros países. Pero, debemos hacerlo de modo sostenible, por lo que nos conviene reducir su uso interno, para generar el mayor excedente exportable posible. Sobre todo ahora que, como consecuencia de la guerra en Ucrania, hay una alta demanda global a un precio superior a los U\$S 80 el barril (42 galones (US) o 159 litros).

Esto tiene el triple objetivo de: bajar la huella de carbono de nuestra matriz energética, lograr el ingreso de divisas que permitan mejorar la calidad de vida de la población, y "apalancar" el financiamiento de la transición energética hacia fuentes de generación renovables, limpias e inagotables.

El caso Macaé, Brasil es otro interesante ejemplo. En 2007, cuando se descubrió el primer gran yacimiento en océano abierto del Presal, el presidente "Lula" dijo "Dios es brasileiro"!!!

Macaé, hoy centro de operaciones de la empresa Petrobras, pasó de ser una localidad agrícola y pesquera, a convertirse en un gran polo industrial

"Los descubrimientos de mega-yacimientos off shore en África del Sur aumentaron las probabilidades de encontrar petróleo en el Mar Argentino Norte."

y de servicios, con varios de los mejores índices económicos de Brasil. Tiene un crecimiento económico de 600% en los últimos 10 años, aumento de la cantidad de empresas que pasaron de 5.000 a más de 11.000, la mayoría de ellas, del sector servicios. Se fortaleció el empleo; 60.000 personas trabajan en empresas directamente vinculadas a la explotación petrolera y otras 50.000 lo hacen en puestos indirectos. Posee un aeropuerto que es el más importante de Latinoamérica en despegues y aterrizajes de helicópteros. Opera con vuelos regulares de línea a todos los destinos del país, en 6 vuelos diarios. El volumen diario de captura de pesca es, en promedio, de 600 toneladas que se vende a Río de Janeiro y a otros 12 estados, además de exportarse a USA y a Suiza. La terminal portuaria de Imbetiba con 55 mil metros cuadrados maneja 230 mil toneladas de carga al mes. El sector de turismo cuenta con diez mil camas, distribuidas en 100 hoteles y posadas. El turismo de negocios contribuye con el 10% del Producto Bruto Interno del municipio. La ocupación media supera el 80% todas las semanas del año. Macaé está situada a solo 70 km de Búzios, uno de los puntos turísticos



Foto: Imagen ilustrativa, proyecto de plataformas en Macaé Brasil (www.tratamentodeagua.com.br)

más importantes de Brasil, muy frecuentado por los argentinos. La industria naval se ha fortalecido: Petrobras invirtió miles de millones de dólares, con un total de encargos de 28 sondas, 49 buques y 146 barcos de apoyo.

Los descubrimientos de mega-yacimientos off shore en África del Sur aumentaron las probabilidades de encontrar petróleo en el Mar Argentino Norte. Al comienzo del año pasado se anunciaron los descubrimientos de dos importantes yacimientos off shore en la Cuenca Orange, frente a las costas de Namibia, África del Sur. En enero, la empresa Shell difundió el hallazgo de petróleo en el yacimiento Graff-1, estimando que su volumen total podría alcanzar los 1.000 millones de barriles. Al mes siguiente la empresa Total, comunicó otra gran acumulación de petróleo confirmada en el pozo Venus-1, perforado a poca distancia, calculando que podría almacenar hasta 3.000 millones de barriles, el triple que Graff-1.

¿Qué importancia tienen para nosotros estos descubrimientos a más de 7.000 km de nuestro litoral marítimo?

Hace más de 250 millones de años todos los continentes estaban unidos en uno solo denominado Pangea, el que se fue fragmentando y dando origen a los que hoy conocemos. 120 millones de años atrás, cuando se formaron los yacimientos hoy descubiertos en Namibia, África estaba mucho más cerca de Sud América que en el presente. Por eso hay fundadas razones científicas para suponer que en nuestra plataforma continental, debajo del lecho marino a 1500 metros de profundidad existen yacimientos similares a los descubiertos frente a las costas occidentales de África.

CONCLUSIÓN

De terminar satisfactoriamente la exploración y pasarse a la explotación off shore en la Cuenca Argentina Norte (Colorado), el efecto multiplicador en la actividad económica de Mar del Plata, sería muy importante, porque se crearían miles de empleos directos e indirectos, con las consecuentes mejoras en la calidad de vida de sus vecinos.

Según información de la empresa, en el pozo Argerich se proyectan más de 400 empleos directos y 1300 indirectos, y, en caso de pasarse a la etapa de explotación, podría dar empleo a más de 11.000 personas de forma directa e indirecta. A su vez, si todo el Bloque CAN-100 es exitoso, los puestos de trabajo se elevarían a casi 70.000 mil. Asimismo los sectores del transporte, gastronomía, construcción, hotelería y demás servicios (entre otros, de Ingeniería) podrían verse beneficiados con el crecimiento de su actividad.

Estimaciones de un informe privado indican que el proyecto Argerich podría producir 200 mil barriles diarios de petróleo solo en la primera de sus tres zonas, lo que representaría para el país ingresos en regalías por casi 1.000 millones de dólares anuales, además del factor multiplicador que representa el movimiento económico en torno a miles de puestos de trabajo bien remunerados.

Finalmente, nos permitimos citar al papa Francisco, quien en el apartado 139 de su Carta encíclica Laudato Si, sobre el cuidado de la Casa común, sostuvo: "No hay dos crisis separadas, una ambiental y otra social, sino una sola y compleja crisis socio-ambiental. La solución requiere una aproximación integral para combatir la pobreza, devolver la dignidad a los excluidos y, simultáneamente, cuidar la naturaleza".



"De terminar satisfactoriamente la exploración y pasarse a la explotación off shore en la Cuenca Argentina Norte (Colorado), el efecto multiplicador en la actividad económica de Mar del Plata, sería muy importante..."

¿Por qué celebrar el Día Internacional de las Niñas en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC)?

Mariana Suárez^{1,3}
Marcela Bentín^{2,3}

1. Decana Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Quilmes
2. Decana Facultad de Ingeniería, Universidad Atlántida Argentina
3. Comisión Mujeres, Género y Diversidad CONFEDI

Entre los esfuerzos realizados para promover la igualdad de género en las carreras universitarias sobre ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM, su sigla en inglés) se destaca la declaración, por parte de la Asamblea General de la ONU, del 11 de febrero como Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia y del cuarto jueves de abril de cada año como Día Internacional de las Niñas en TIC. Ambas celebraciones buscan destacar la importancia de fomentar la participación de niñas, mujeres y diversidades en estas áreas y abordar las desigualdades de género que aún existen en el campo profesional.

Ahora bien, ¿por qué es importante esta decisión y cómo influye para disminuir la brecha de género con el objetivo de alcanzar la equidad?

Históricamente, las mujeres han estado subrepresentadas en la ciencia y la tecnología, lo que ha generado falta de diversidad y perspectivas en estos campos. La celebración de estos días tiene como objetivo promover el acceso igualitario de las niñas y las mujeres a la educación y formación en ciencia y tecnología y alentar a las niñas y diversidades a considerar la posibilidad de desarrollar sus trayectorias en estas disciplinas.

Aunque la presencia femenina en las carreras STEM se encuentra en aumento, la brecha de género existe y persiste desde hace años. Estas disciplinas resultan vitales en el marco de los principales desafíos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

(ODS) incluidos en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Su estudio puede proporcionar las habilidades necesarias para generar sociedades inclusivas y sostenibles, con equidad de género, por lo cual en los últimos años los organismos internacionales han promovido revertir esta situación. Sin embargo, los prejuicios y los estereotipos de género continúan manteniendo a las niñas, mujeres y diversidades alejadas de las carreras de ingeniería e informática.

En efecto, sólo el 30% de las estudiantes del mundo eligen estudiar STEMs. Un 3% estudia tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs), 5% ciencias naturales, matemáticas y estadísticas y 8% ingeniería, manufactura y construcción. En nuestro país, un informe del Ministerio de Educación revela que las mujeres son mayoría en el sistema universitario en todas las ramas de conocimiento excepto en una: ciencias aplicadas (que incluye las ingenierías, arquitectura, informática y astronomía entre otras). En 2021, sólo el 18,1 % de las ingresantes a la universidad optaron por carreras vinculadas a ciencias y tecnología. Por otra parte, del total de disciplinas científicas, los investigadores alcanzan, en ingeniería y tecnología, el 17,8 %, mientras que las investigadoras representan el 9,7 %. Además, solamente una de cada cinco estudiantes de Ingeniería son mujeres y se encuentran concentradas en algunas especialidades.

En este marco, diferentes acciones de sensibi-

foto:
www.argentina.
gob.ar/

“La celebración de estos días tiene como objetivo promover el acceso igualitario de las niñas y las mujeres a la educación y formación en ciencia y tecnología y alentar a las niñas y diversidades a considerar la posibilidad de desarrollar sus trayectorias en estas disciplinas”.

lización y visibilización han sido propuestas desde organismos de gobierno e instituciones. Como ejemplo de ellas, en 2022 el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación reconoció a investigadoras jóvenes por su labor en la lucha contra el COVID-19. La iniciativa buscó destacar a mujeres que transitan la etapa inicial de sus trayectorias profesionales en instituciones científicas y tecnológicas argentinas por su compromiso social, autonomía y disposición para el trabajo colaborativo y en equipo. A su vez, para dar visibilidad a científicas de todo el país, los premios fueron distribuidos equitativamente por regiones científico-tecnológicas. Asimismo, el gobierno de la provincia de Buenos Aires impulsa el programa “Ciencia sin estereotipos”, que problematiza las barreras que obstaculizan el acceso igualitario de mujeres y diversidades al sistema científico. Dentro de este programa, el proyecto “Somos científicas, queremos jugar” involucra una propuesta lúdica y pedagógica que acerca la ciencia a estudiantes de nivel primario y secundario, con el fin de despertar la curiosidad y visibilizar los aportes de mujeres y diversidades a lo largo de la historia.

Por su parte, muchas instituciones académicas dedican esfuerzos a promover la inclusión de las mujeres en STEM e informáticas mediante acciones destinadas a romper las barreras estructurales que obstaculizan la igualdad de género. La ampliación de derechos mediante normativas institucionales, la creación de becas para niñas y jóvenes, las licencias por maternidad y paternidad, las subvenciones y asignaciones para el cuidado de hijas e hijos son iniciativas en este sentido. Además, en

el ámbito universitario se desarrollan actualmente una gran cantidad de propuestas centradas en la erradicación de los estereotipos de género. Entre ellas, la Universidad Nacional del Litoral promueve el interés de las niñas en las carreras científicas mediante el proyecto “Mujeres científicas del pasado, presente y futuro”. En tanto en la Universidad Nacional de Quilmes, desde el proyecto de extensión universitaria “Ciencia en Deconstrucción” se proponen actividades lúdicas para estimular las vocaciones científicas en la infancia y la juventud con enfoque en perspectiva de género, interactuando con escuelas de nivel secundario de su zona de influencia.

Cabe preguntarse si estas medidas encaradas por gobiernos e instituciones educativas dan respuesta al problema planteado. Lamentablemente, en el ámbito científico y académico persisten resistencias culturales que naturalizan las situaciones de inequidad. Esto se refleja en distintas metáforas que describen los obstáculos invisibles que deben enfrentar las mujeres para participar en él: el techo de cristal (imposibilidad de ascender en la carrera), el piso pegajoso (por los estereotipos que imponen la familia, la escuela, la sociedad), el efecto Matilda (que hace que muchos logros femeninos sean atribuidos a colegas varones) o el síndrome del impostor (que las lleva a considerar que sus éxitos no se deben a sus propias virtudes o capacidad, sino al azar). Por todo esto, si bien resulta muy importante la institucionalización de ciertas herramientas tales como programas o comisiones enfocados en la temática de género que propenden a garantizar la representatividad de mujeres tanto en los órga-

“El proyecto “Somos científicas, queremos jugar” involucra una propuesta lúdica y pedagógica que acerca la ciencia a estudiantes de nivel primario y secundario, con el fin de despertar la curiosidad y visibilizar los aportes de mujeres y diversidades a lo largo de la historia”.

nos de gobierno como en comisiones evaluadoras, jurados, paneles, estas iniciativas se desdibujan si no se habilita además su ascenso en la carrera científica tanto como su presencia en posiciones de liderazgo y en espacios de toma de decisiones.

Retomando la pregunta inicial, resulta sin duda relevante que, un día al año, nos convoquemos para reflexionar sobre el rol de las niñas, mujeres y diversidades en las ciencias y en las TICs, entendiendo que su participación puede contribuir a la investigación y el desarrollo aportando sus perspectivas, prioridades y enfoques específicos. Sin embargo, para que estas iniciativas se plasmen en cambios efectivos y sostenidos en el tiempo, se torna necesario un enfoque sistemático que permita profundizar en las buenas prácticas, diseñar nuevos instrumentos para erradicar los estereotipos de género, concientizar sobre la importancia de la igualdad de oportunidades en el acceso y permanencia en las carreras STEM e informáticas. En suma, nuestros esfuerzos deben orientarse a transversalizar en el ámbito académico la perspectiva de género, con el objetivo de superar las barreras culturales que aún persisten y generar nuevos paradigmas para avanzar hacia la equidad.

En resumen, celebrar el Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia y el Día Internacional de las Niñas en las TIC es importante para inspirar a las niñas a persistir en su interés en estas áreas y para construir un futuro más equitativo y diverso en la ciencia y la tecnología. En ese camino estamos, con el convencimiento de que, como dijera Elvira Rawson, “no somos tan pocas, ni estamos tan solas”.

“Resulta sin duda relevante que, un día al año, nos convoquemos para reflexionar sobre el rol de las niñas, mujeres y diversidades en las ciencias y en las TICs, entendiendo que su participación puede contribuir a la investigación y el desarrollo aportando sus perspectivas, prioridades y enfoques específicos”.

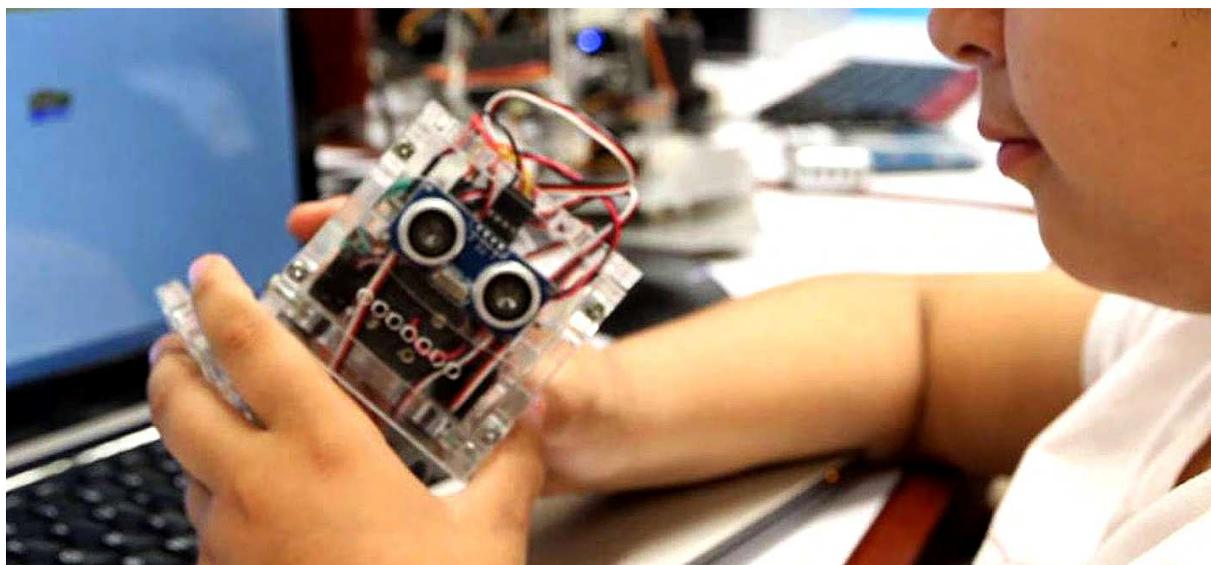


Foto: www.argentina.gob.ar/noticias/dia-internacional-de-las-ninas-en-las-tic

73 Plenario de CONFEDI. La enseñanza de la Ingeniería junto al ejercicio profesional en el siglo XXI

Diego Caputo Vicepresidente CONFEDI

Formar parte del equipo de presidencia de CONFEDI demanda tiempo y dedicación a la tarea. Tanto desde las reuniones semanales para tratar y acordar, temas operativos, como estratégicos o las reuniones de comunicación para decidir qué se difunde y cómo se difunde la actividad de una organización plural y federal, integrada por 120 miembros activos y otra cantidad de miembros adherentes. Ello, sin contar las labores de gestión propias de nuestras Facultades e Institutos de Enseñanza de la Ingeniería.

Para quienes además tenemos los cargos ejecutivos como Presidente y Vicepresidente del período anual correspondiente, la organización de las Asambleas Plenarias también nos ocupa. Y en el contexto tan particular que nos toca transitar, a ello se suma la labor de acreditación de nuestras carreras incluidas en la nómina del artículo 43 de la ley de Educación Superior.

La asamblea plenaria de CONFEDI requiere ajustar un sinnúmero de detalles: desde los lugares físicos apropiados para la reunión previa del Comité Ejecutivo, hasta la sala para la reunión Plenaria de decanas y decanos con toda su logística e infraestructura, la gráfica, la papelería, la organización de la cena de camaradería, las circulares, los espacios para los trabajos en comisión, la gestión de las inscripciones y acreditación al evento, la transmisión en streaming por los canales de difusión, los coffee break, etc. Todo debe estar ajustado para que el

evento pueda realizarse en los dos días pautados y sobre todo, para que resulte de utilidad a decanas y decanos miembros.

En esta 73° Asamblea Plenaria el equipo de organización enfrenta algunos desafíos particularmente interesantes. Por un lado se estará utilizando por primera vez la tecnología híbrida para el trabajo en comisión, en una reunión plenaria de CONFEDI. Es decir, que los socios que deseen participar de algunas de las comisiones del plenario podrán hacerlo en forma presencial o a distancia, con plena interacción entre todos.

El segundo hito estratégico de este 73° Plenario será la participación por primera vez, de un consejo profesional en la coorganización del mismo. El Consejo Profesional de Ingeniería Mecánica y Electricista de jurisdicción federal (COPIME), ente que administra la matrícula de las especialidades mecánica, eléctrica, seguridad e higiene, y afines resulta un socio indispensable a la hora de pensar el trabajo y el ejercicio profesional. Trabajando mancomunadamente y con un grado de sinergia importante, se ha logrado no sólo organizar esta Asamblea Plenaria, sino también ir creando espacios conjuntos de debate y cooperación para construir un diálogo indispensable donde la academia y el ejercicio profesional trabajen juntos para lograr un desempeño más armonioso y beneficioso de la Ingeniería para toda la sociedad.



<https://confedi.org.ar/evento/73-reunion-plenaria-y-asamblea/>

"...CONFEDI (...) una organización plural y federal, integrada por 120 miembros activos y otra cantidad de miembros adherentes. Ello, sin contar las labores de gestión propias de nuestras Facultades e Institutos de Enseñanza de la Ingeniería..."



Vaya por tanto un agradecimiento especial a las Autoridades del COPIME, en cabeza de su presidente, el Ing. Fernando Iuliano, su secretario, el Ing. Juan Carlos Suchmon, su prosecretario, el Ing. Claudio Franco y el tesorero, Ing. Marcelo Neme, así también a todo su equipo técnico y de soporte informático que hicieron posible esta realización. También es destacable la acción del Departamento de Relaciones Institucionales de la UdeMM, en cabeza de la Lic. María Victoria Bueno y del equipo técnico y soporte de sistemas, así como también el apoyo brindado por el Sr. Rector, Ing. Luis Franchi. Sin olvidar a todo el equipo administrativo de CONFEDI, encabezado por Mercedes Montes de Oca y Yanina Cardillo.

Se abren nuevas tecnologías y nuevas posibilidades de interacción que CONFEDI seguirá explorando para desarrollar las bases de la Ingeniería argentina del siglo XXI.

"En esta 73° Asamblea Plenaria el equipo de organización enfrenta algunos desafíos particularmente interesantes.(...) estará utilizando por primera vez la tecnología híbrida para el trabajo en comisión,..."





06|23 Junio

WCCE11 - 11th World congress of chemical engineering IACCHE - XXX Interamerican congress of chemical engineering CAIQ2023 - XI Argentinian congress of chemical engineering CIBIQ2023 - II Iberoamerican congress of chemical engineering del 4 al 8 de junio IR AL SITIO WEB

ANFEI Quincuagésima Conferencia Nacional de Ingeniería 7 al 9 de junio IR AL SITIO WEB

XII Encuentro Nacional de Laboratorios de Monitoreo de Inserción de Graduados -MIG- 20 años de aportes y debates en el campo de la educación y el trabajo 8 y 9 de junio IR AL SITIO WEB

Feria y Foro Internacional de la Industria Metalúrgica - METEC 2023 12 al 16 de junio IR AL SITIO WEB

IV Congreso Sudamericano de Composites, Poliuretano y Plásticos de Ingeniería 13 y 14 de junio IR AL SITIO WEB

XV Congreso de Ingeniería de Transporte (CIT 2023) 14 al 16 de junio de 2023 IR AL SITIO WEB

VI Conferencia Panamericana sistemas de humedales para el tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua 14 al 17 de junio IR AL SITIO WEB

CONFERENCE 2023 Engagement and Impact 17 al 21 de junio IR AL SITIO WEB

IEEE 97th Vehicular Technology Conference - VTC2023 20 al 23 de junio IR AL SITIO WEB

ASSEE 2023 annual conference and exposition 25 al 28 de junio IR AL SITIO WEB

XI Jornadas de Cloud Computing, Big Data & Emerging Topics - JCC-BD&ET 2023 27 al 29 de junio IR AL SITIO WEB

07|23 Julio

23rd IEEE International Conference on Nanotechnology - IEEE NANO 2023 2 al 5 de julio IR AL SITIO WEB

LXXI Conferencia Internacional LACCEI de Ingeniería, Educación y

Tecnología LACCEI - CLADI 2023 17 al 21 julio IR AL SITIO WEB

17th International Conference on e-Learning and Digital Learning 15 al 17 de julio IR AL SITIO WEB

09|23 Septiembre

4to Congreso de Medios de Transporte y sus Tecnologías Asociadas 4 al 6 de septiembre IR AL SITIO WEB

52 JAIIO: Jornadas Argentinas de informática 4 al 8 de septiembre IR AL SITIO WEB

SEFI Annual Conference 11 al 14 de Sep. IR AL SITIO WEB

III Congreso Internacional de Ingeniería con Impacto Social CHIISOL 2023 13 a 15 de Sep. IR AL SITIO WEB

VIII Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica y III Congreso Argentino de Ingeniería Ferroviaria 13 al 15 de Sep. IR AL SITIO WEB

8ª CONEXPO Córdoba y 11ª electrónica - conexpo / expotrónica 15 y 16 de Sep. IR AL SITIO WEB

EIEI ACOFI 2023 19 al 22 de septiembre IR AL SITIO WEB

Congreso internacional de energía con desarrollo sustentable 21 al 23 de septiembre IR AL SITIO WEB

10|23 Octubre

XXIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación - CACIC 2023 9 al 12 de octubre IR AL SITIO WEB

XVIII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos - XVIII CYTAL 4 al 6 de octubre IR AL SITIO WEB

Rally Latinoamericano de Innovación 6 y 7 de octubre IR AL SITIO WEB

CIIS-2023: VI Congreso Internacional de Ingeniería de Sistemas 9 y 10 de octubre IR AL SITIO WEB

7th World engineers convention 2023, Czech Republic 11 al 13 de octubre IR AL SITIO WEB

World Engineering Education Forum (WEEF) 23 al 27 de octubre IR AL SITIO WEB

Congreso Internacional Interdisciplinario de Energías Renovables, Mantenimiento, Industrial, Mecatrónica e Informática - CIERMMI 2023 25 al 27 de octubre IR AL SITIO WEB

International Mechanical Engineering Congress & Exposition - IMECE 2023 29 de octubre al 2 de noviembre IR AL SITIO WEB

11|23 Noviembre

CONFEDI 74ª Reunión Plenaria y Asamblea 2 Y 3 noviembre IR AL SITIO WEB

XXXIX Congreso Argentino de Mecánica Computacional / I Congreso Binacional de Mecánica Computacional - MECOM 2023 6 al 9 de noviembre IR AL SITIO WEB

XVI Congreso de Ingeniería Industrial - XVI COINI 2023 7 al 12 de noviembre IR AL SITIO WEB

XXIII Congreso Argentino de Catálisis / XI Congreso de Catálisis del Mercosur - XXIII CAC / XI Mercocat 15 al 17 de Nov. IR AL SITIO WEB

Congreso Internacional en Gestión, Educación e Innovación - CIGEDI 2023 16 y 17 de Nov. IR AL SITIO WEB

6º Jornadas Nacionales de Investigación Cerámica - 6º JONICER 16 al 18 de Nov.

4th International Brazilian Conference on Tribology - TriBoBr-2023 26 al 30 de Nov. IR AL SITIO WEB

12|23 Diciembre

XV Simposio Argentino de Polímeros (SAP 2023) y I Congreso Argentino de Materiales Compuestos (COMAT 2023). del 4 al 8 de diciembre IR AL SITIO WEB

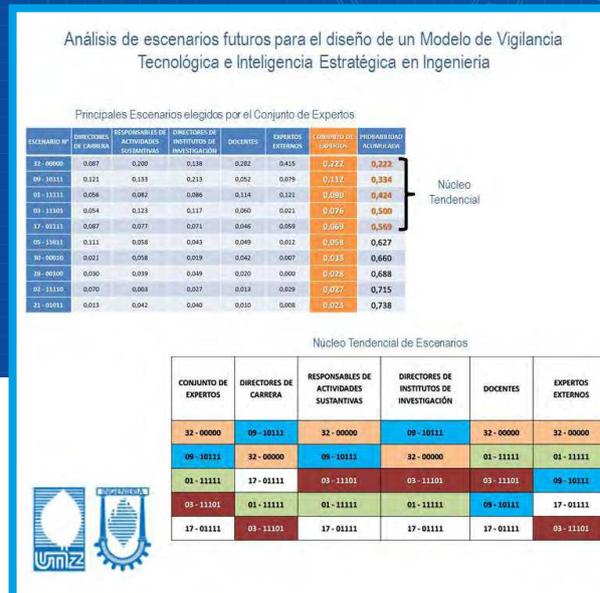
XII Latin-American Congress of Artificial Organs and Biomaterials 12 al 15 de diciembre de 2023 IR AL SITIO WEB

Análisis de escenarios futuros para el diseño de un modelo de vigilancia tecnológica e inteligencia estratégica en ingeniería

Miguel Guagliano, J. Pavlicevic, M. Comoglio

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Contacto: Ing.guaglianom@gmail.com



RESUMEN

La Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica (VTelE) a través de procesos organizados y sistematizados, permiten no solo anticiparse al futuro, sino crear y optimizar los recursos involucrados. En el ámbito académico de la educación superior en general y de la ingeniería en particular, no se registra una cultura que estimule llevar a cabo procesos de VTelE, perdiendo la posibilidad de mejorar el resultado final de los trabajos y resolver más creativamente los problemas que se presentan en el ejercicio de la profesión, mediante el diseño y desarrollo de innovaciones tecnológicas.

De acuerdo a lo anterior, en el presente trabajo se analiza e identifica los escenarios futuros posibles mediante la aplicación del método SMIC PROB – EXPERT, para determinar distintas probabilidades de hipótesis y/o eventos que podrían darse a la hora de implementar un Modelo de VTelE orientado a asegurar el desarrollo de competencias en el ámbito académico universitario de la ingeniería.

ABSTRACT

The Technology Surveillance and Strategic Intelligence (VTelE- in Spanish) allows not only to anticipate the future, but also make it, capitalizing the involved resources through organized and systematized processes. At the university level in general and engineering in particular there is not cultural evidence that shows any encouragement on the VTelE processes; in that way, the chance of improving the final result of the investigations and solving more creatively the problems in the course of the profession through the design and development of technological innovations, is lost.

Taking this into account, in the present work the future possibilities are identified and analyzed by the application of the SMIC PROB – EXPERT method with the aim of defining probable hypothesis or events which could come up at the moment of executing a VTelE Model focused on guaranteeing the development of abilities in the academic university field of engineering.

Palabras clave: Vigilancia Tecnológica, Inteligencia Estratégica, Ingeniería, Competencias genéricas.
Keywords: technological watch, strategic intelligence, engineering, generic competences.

INTRODUCCIÓN

Diseño curricular por competencias en carreras de ingeniería

La palabra competencia deriva del latín *cum* y *petere*, que significa capacidad para concurrir, coincidir en la dirección, por lo tanto supone una situación de comparación directa y situada en un momento determinado [1]. Una nueva perspectiva para la palabra competencia surge entre los años 60 y 70 con la gramática generativa de Noam Chomsky, quien intenta construir una gramática científica, y utiliza el término “competencia lingüística” como instrumento de mayor nivel de abstracción que le permite arribar a una gramática que explique la posibilidad de todo ser humano de hablar correctamente. El término se ha extendido desde entonces, a varias disciplinas humanas con un sentido amplio de conocimiento, saber o capacidad.

Sin hacer alusión al término competencia, se introduce una diferenciación de mucha utilidad al distinguir saber y conocimiento, siendo el primero el que organiza el segundo. El saber, es lo supuesto, lo potencial, lo que se reactiva en y frente a la información y al conocimiento nuevo o viejo, y establece con ellos una relación productiva de otros saberes y conocimientos [2]. Desde esta perspectiva, el saber es una relación, y se construye en ella, de lo que se deriva que el concepto de conocimiento y enseñanza que sostienen la idea de conocimiento acabado, cerrado e intemporal, niegan la importancia de pensar los modos y las condiciones propicias para aprender estos saberes.

En síntesis, y siguiendo a estos autores, se puede concluir que no se debe hablar de competencias, sin situarlas en los marcos de prácticas que las contengan, las promuevan y las signifiquen.

Por otra parte, el proceso de cambio curricular de las carreras de grado de Ingeniería en Argentina, se inicia como resultado de las primeras convocatorias de acreditación de carreras efectuada por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) e implica una tarea de reflexión impulsada desde el mismo seno del Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) de la República Argentina, que culmina con la aprobación de la Resolución 1232/01, bajo cuyos estándares se han realizado hasta el momento las acreditaciones de las distintas terminales de Ingeniería.

En el año 2005, se desarrolló un taller organizado por el CONFEDI donde surgió la decisión de explorar antecedentes y resultados de la aplicación de modelos de planificación de la enseñanza en base a competencias, a fin de definir la conveniencia de su aplicación a la enseñanza de la In-

geniería. El mismo año, durante el VII Plenario se presenta para su debate, el Documento de Trabajo “Proyecto Estratégico de Reforma Curricular de la Ingeniería Argentina”.

Este nuevo rumbo en la enseñanza de Ingeniería se funda, entre otras razones, en los resultados parcialmente satisfactorios de la actualización de los planes de estudios previa al proceso de acreditación. La reforma significó, para la mayoría de las carreras, pasar de planes de estudio de seis a cinco años, que obligaron a realizar una selección de contenidos, la que a la luz de la experiencia, no siempre logró compensar el acortamiento de los tiempos para su enseñanza. Esta apertura hacia el diseño por competencias, también se sostiene en el consenso de que el saber hacer de los ingenieros -con mayor énfasis que en otras carreras- no surge de la mera adquisición de conocimientos, sino que es el resultado de la puesta en funciones de una compleja estructura de conocimientos, habilidades y destrezas, - estructura ésta - que requiere ser reconocida expresamente, a fin de que la propuesta pedagógica incluya las actividades que permitan su adecuado desarrollo.

El CONFEDI, a partir de las distintas perspectivas elabora una conceptualización teórica propia, que se sostiene fundamentalmente en los aportes de [3] y [4], y adopta la siguiente definición de competencia “capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto con el fin de resolver situaciones profesionales” [5].

En una primera etapa, y a fin de determinar las competencias generales, - presentes en la formación de todo ingeniero - la reflexión se orienta a identificar qué es lo que el ingeniero debe ser capaz de hacer en los diferentes ámbitos del quehacer profesional.

La Tabla 1 y 2 permiten observar las competencias genéricas -tecnológicas y sociales, políticas y actitudinales- con sus correspondientes capacidades asociadas integradas.

Tabla 1: Competencias genéricas tecnológicas del perfil del ingeniero.

Competencias tecnológicas	Capacidades Asociadas Integradas o Elementos de la competencia
1.-Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería	Identificar y formular problemas. Realizar búsqueda creativa de soluciones y seleccionar la alternativa más adecuada. Implementar tecnológicamente una alternativa de solución. Controlar y evaluar enfoques y estrategias propios para abordar eficazmente la resolución de los problemas.
2.-Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos)	Concebir soluciones tecnológicas. Diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
3.-Gestionar - planificar, ejecutar y controlar- proyectos de ingeniería (sistemas, componentes, productos o procesos)	Planificar, ejecutar y controlar proyectos de ingeniería.
4.-Usar de manera eficaz las técnicas y herramientas de la ingeniería.	Identificar y seleccionar las técnicas y herramientas disponibles. Usar y/o supervisar el uso de las técnicas y herramientas.
5.-Contribuir a la generación de desarrollos y/o innovaciones tecnológicas.	Detectar oportunidades y necesidades insatisfechas mediante soluciones tecnológicas. Hacer un uso creativo de las tecnologías disponibles. Emplear las formas de pensamiento apropiadas para la innovación tecnológica.

Tabla 2: Competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales del perfil del ingeniero.

Competencias sociales, políticas y actitudinales	Capacidades Asociadas Integradas o Elementos de la competencia
6.-Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.	Identificar metas y responsabilidades individuales y colectivas y actuar de acuerdo a ellas. Reconocer y respetar los puntos de vista de otros miembros del equipo y llegar a acuerdos. Asumir responsabilidades y roles dentro del equipo de trabajo.
7.-Comunicarse con efectividad.	Seleccionar las estrategias de comunicación en función de objetivos e interlocutores y de acordar significados en el contexto de intercambio. Producir e interpretar textos técnicos (memorias, informes, etc.) y presentaciones públicas.
8.-Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.	Actuar éticamente con responsabilidad profesional y compromiso social. Evaluar el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
9.-Aprender en forma continua y autónoma.	Reconocer la necesidad de un aprendizaje continuo a lo largo de la vida. Lograr autonomía en el aprendizaje.
10.- Actuar con espíritu emprendedor	Crear y desarrollar una visión y crear y mantener una red de contactos.

Finalmente el CONFEDI en el año 2018 aprueba la propuesta elaborada por la Comisión Ad hoc de Acreditación de Estándares de Segunda Generación para la acreditación de las carreras de ingeniería, los que se conocen con el nombre de "Libro

Rojo". Estos estándares implican un cambio de paradigma en la formación de ingenieros, con un enfoque en el estudiante y en los procesos de enseñanza y aprendizaje, orientado a desarrollar las competencias genéricas y específicas aprobadas en el año 2006.

En este contexto conceptual, es en el que se enmarca el interés pragmático del presente trabajo y si bien los procesos de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica (VTeIE) tienen impacto directo en cuatro de las cinco competencias genéricas tecnológicas (en letra cursiva y color gris en la Tabla 1) y en dos de las cinco competencias genéricas sociales, políticas y actitudinales del perfil de los ingenieros (en letra cursiva y color gris en la Tabla 2), tiene mayor pertenencia temática con la de "Contribuir a la generación de desarrollos y/o innovaciones tecnológicas" (Tabla 1, Competencia N°5).

La Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica

La realidad económica actual en el ámbito internacional muestra, a partir de sus diferentes escenarios, un particular dinamismo y amplitud. Los incrementos permanentes de competidores a nivel global, los escenarios sin fronteras físicas generados por las tecnologías web, la disminución permanente de los ciclos técnicos y comerciales, la internacionalización y la libre circulación del conocimiento, son todos elementos que generan y generarán cada vez mayores niveles de competitividad en términos cuantitativos y cualitativos.

Es en este contexto, y gracias al progreso y avance de las TIC, que han surgido y adquirido un rol central nuevas herramientas como la VTeIE.

La Vigilancia puede definirse como un proceso sistemático y organizado que tiene un rol fundamental en la gestión de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de las organizaciones, una herramienta indispensable que permite buscar, recopilar y analizar información relacionada a conocimientos científicos, tecnológicos, legislación, normativa, economía, mercado, factores sociales, etc. Permite identificar a tiempo los cambios y novedades que suceden en el entorno de las organizaciones, con el fin de tomar decisiones más acertadas frente a oportunidades y amenazas identificadas con el menor riesgo posible en el desarrollo de un nuevo producto, servicio o proceso [6].

Por otra parte, hay autores que dicen que la inteligencia tiene un rol más activo, no solamente se focaliza en la búsqueda y recolección de información, sino que se centra en el tratamiento y análisis de la misma para luego poder generar un conocimiento útil que permita optimizar los procesos de toma de decisiones [7].

De acuerdo a la Norma IRAM 50520 [6], la inteli-

gencia comprende el análisis, la interpretación y la comunicación de información de valor estratégico acerca de aspectos científicos, tecnológicos, normativos, legislativos, mercado, etc., que se transmite a los responsables de la toma de decisiones como elemento de apoyo para ajustar el rumbo y marcar posibles caminos de evolución, de interés para las organizaciones.

El volumen de información que hoy en día presenta un fácil acceso y una alta velocidad de tránsito, plantea retos importantes a la gestión diaria en todas las organizaciones. Este desafío se torna aún más importante en aquellas instituciones que basan su funcionamiento en el conocimiento - como las universidades - ya que resulta trascendental para sus docentes y futuros egresados incorporar nuevas metodologías, técnicas y herramientas, que permitan identificar y acceder a fuentes de información confiables. Esta necesidad es aún más evidente en unidades académicas que dictan carreras universitarias de neto perfil científico tecnológico.

Para ello, resulta importante implementar en las universidades, procesos de vigilancia tecnológica e inteligencia estratégica, que deben surgir como consecuencia de una política institucional, impulsada por sus máximas autoridades, que recorran toda la estructura del organigrama y tenga alcance a la totalidad de sus funciones básicas estatutarias.

Por todo lo anterior descrito, resulta de interés trabajar en el diseño de un modelo de VTeIE que permita contribuir en la generación de competencias genéricas tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales.

La realización de este trabajo parte de un estudio previo llevado a cabo por el grupo de investigación, sobre el análisis e identificación de un conjunto de variables determinantes para un modelo de VTeIE orientado al ámbito académico universitario con carreras de Ingeniería, a partir de lo que proponen normas nacionales e internacionales de VTeIE. Con las variables determinantes identificadas mediante la aplicación del análisis estructural (MicMac), se realizó el presente trabajo donde se aplicó el Método de Escenarios a través del software libre SMIC – PROB – EXPERT, para individualizar el escenario más futurible y realizar, en consecuencia, las recomendaciones necesarias en la incorporación de las herramientas y técnicas de VTeIE que contribuyan a garantizar el desarrollo de las competencias genéricas de egreso de los estudiantes de Ingeniería.

El método de los escenarios permite, a partir de información brindada por los grupos de expertos, seleccionar entre las 2N alternativas posibles, aquellas que merecen ser estudiadas particularmente, a partir de su probabilidad de realización.

El superíndice “N” es el número de hipótesis y dado que para este trabajo se planteó cinco (5) hipótesis, estamos hablando de treinta y dos (32) escenarios posibles de obtener y analizar.

DESARROLLO

Para este trabajo se formularon 5 (cinco) hipótesis que involucraron a las seis variables determinantes previamente identificadas (se unificaron dos variables en una misma hipótesis), con el Método MIC. MAC, planteando la probabilidad de ocurrencia de cada una de ellas para un momento determinado. Se estableció el año 2027 como horizonte de estudio dado que el nuevo diseño curricular implementado por la Facultad de Ingeniería de la UNLZ estaría en condiciones de entregar sus primeros graduados con los aportes que pueda realizar el presente trabajo, a partir del reconocimiento de la situación actual.

El conjunto de expertos a los que se les realizó la consulta corresponden a distintos grupos de interés de la FIUNLZ: directores de carreras, responsables de actividades sustantivas, directores de institutos de investigación, docentes y expertos externos.

Las hipótesis para el estudio que se formularon fueron las siguientes:

H1 Hipótesis 1.- ¿Qué tan probable es desarrollar competencias genéricas, tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales en los futuros graduados de las carreras de Ingeniería al año 2027, sabiendo que si bien en la actualidad se cuenta con planes de estudios basados en competencias, el plantel docente tiene un alto grado de desconocimiento de la disciplina de la VTelE?

H2 Hipótesis 2.- ¿Qué tan probable es llevar a cabo procesos sistemáticos y sostenidos de VTelE al año 2027, en las funciones sustantivas universitarias de carreras de perfil tecnológico, con los recursos disponibles y las políticas institucionales actuales que definen la capacidad organizacional?

H3 Hipótesis 3.- ¿Qué tan probable es mejorar el acceso a fuentes de información confiables y pertinentes, con un nivel de calidad adecuado, por parte de docentes y alumnos al año 2027, sabiendo que en la actualidad la información utilizada en las funciones sustantivas universitarias, surge de la utilización de buscadores tradicionales?

H4 Hipótesis 4.- ¿Qué tan probable es para el año 2027, que en los procesos de VTelE implementados en el ámbito académico se involucren especialistas o expertos externos referentes en determinados campos disciplinares de Ingeniería, sabiendo que los proyectos finales de carrera y las prácticas profesionales supervisadas deben resolver problemas reales?

H5 Hipótesis 5.- ¿Qué tan probable es al año 2027 mejorar la identificación de necesidades de información estratégica en el campo de la Ingeniería, para el cumplimiento de las funciones sustantivas universitarias, con los actuales procesos implementados de VTelE?

Una vez definidas las hipótesis de futuro se procedió con los distintos análisis de las probabilidades simples y condicionales para cada una.

Análisis de las Probabilidades Simples o Individuales

Una vez volcados en el software SMIC – PROB – EXPERT los resultados obtenidos de las consultas al grupo de expertos, se llegó a los siguientes resultados que permitieron generar distintas discusiones y análisis.

Del análisis surge que el grupo de expertos externos es el menos optimista respecto a la probabilidad de ocurrencia de cada una y todas las hipótesis planteadas. Se trata de profesionales con estudios universitarios y posgrados de formación en la disciplina de la VTelE, que desempeña funciones específicas en el MINCyT. Este pesimismo puede estar fundado en el conocimiento de la complejidad que representa la realización sistemática de estos procesos y más aún cuando no se cuenta con el recurso humano calificado ni las capacidades organizacionales, lo que queda evidenciado en las probabilidades de ocurrencia de H1, H5 (íntimamente ligadas a las capacidades del personal) y H2. Por otra parte, puede deberse al desconocimiento -por parte de los expertos- sobre cómo puede contribuir la implementación de procesos sistemáticos de VTelE en el ámbito académico, para la generación de competencias generales tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales en alumnos de Ingeniería.

Esta realidad es reafirmada por la identificación de los docentes como el segundo grupo más pesimista de los consultados, quienes asignan la menor probabilidad de ocurrencia a la H5, evidenciando el desconocimiento de la disciplina y sus herramientas, y las implicancias que las mismas pueden tener en el desempeño de sus funciones docentes, de investigación y transferencia (Figura 1). Este grupo en contraposición a la menor probabilidad que le asignó a la H5, valoró con mayor probabilidad de ocurrencia a la H1, relacionada con desarrollar competencias genéricas, tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales en los futuros graduados de las carreras de ingeniería (H1= 0,516). Esto valida que para que ocurra la H1, es importante trabajar desde la institución en actividades destinadas a la sensibilización y capacitación del plantel docente de la FIUNLZ en temas y herramientas de VTelE.

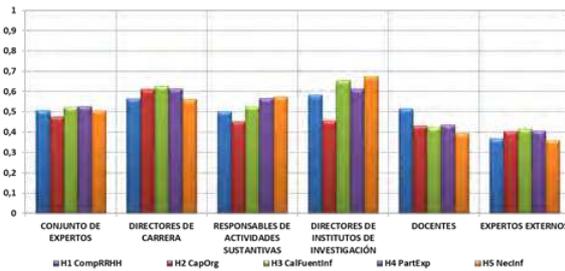


Figura 1: Probabilidades Individuales de Ocurrencia de las Hipótesis del Conjunto de Expertos y por Grupo de Interés.

El conjunto de expertos, por su parte, asigna la probabilidad más baja a la H2, en consonancia con los responsables de las actividades sustantivas y los directores de los institutos de investigación asociados a la Comisión de Investigaciones Científicas, es decir, los responsables de las áreas académica, investigación, extensión y vinculación, como así también los directores de los institutos de investigación consideran baja la probabilidad de llevar a cabo procesos sistemáticos de VTelE con las capacidades organizacionales disponibles. La baja probabilidad de ocurrencia asignada por los responsables de actividades sustantivas, pone en clara evidencia que resulta importante trabajar en las capacidades organizacionales disponibles. Esto implica, contar con mayor facilidad de acceso a internet, infraestructura física a través de laboratorios diseñados para realizar prácticas de VTelE, disponibilidad de programas o software para gestionar los procesos de VTelE, fortalecer una política institucional que permita promover la implementación de procesos sistemáticos de VTelE, entre otros aspectos; de esta forma se puede contribuir a la implementación de procesos sistemáticos y sostenidos de VTelE. La probabilidad promedio de ocurrencia del conjunto de hipótesis formuladas por el grupo de expertos da alrededor del 50,7%. Este porcentaje pudo verse afectado por las probabilidades asignadas por los grupos de expertos externos y docentes, por los motivos comentados anteriormente.

Por su parte, el grupo de directores de institutos de investigación han sido los más optimistas entre todos los grupos de expertos consultados. Le han asignado mayor probabilidad de ocurrencia simple a la hipótesis de futuro H5 (0,675) relacionada con incrementar la identificación de necesidades de información estratégica en el campo de la Ingeniería, para el cumplimiento de las funciones sustantivas universitarias, con los actuales procesos implementados de VTelE.

En definitiva, aquellos que tienen una mayor responsabilidad en la gestión tienen más reparos en la sistematización de los procesos de VTelE debido a las limitaciones de la capacidad organizacional y

aquellos que tienen una mayor responsabilidad en el trabajo operativo de las funciones sustantivas, tienen un mayor reparo en el logro de mejores resultados con las actuales disponibilidades.

Análisis de las Probabilidades Condicionales de Ocurrencia

De acuerdo al análisis de las probabilidades condicionales asignadas por el conjunto de expertos, para cada una de las hipótesis planteadas se identifica que los expertos externos asignaron a la H5 la probabilidad simple o individual de ocurrencia más baja con un valor de 0,358 y es el mínimo valor asignado por cualquiera de los grupos a cualquiera de las hipótesis planteadas. Este planteo realizado justamente por los especialistas disciplinarios en VTelE complica aún más el panorama, cuando se observa que el conjunto de los expertos al momento de responder sobre la probabilidad condicional de ocurrencia le asignan a la H5 la probabilidad más alta al analizar la ocurrencia del resto de las hipótesis formuladas.

ESCENARIOS

Del análisis de los escenarios planteados por cada uno de los grupos de interés, se visualizan que se repiten los cinco (5) escenarios para cada uno de ellos y para el conjunto de expertos, aunque en distinto orden de relación.

De los 32 escenarios posibles podemos afirmar que el orden, en términos de futuribles, es el siguiente: E32; E09; E01; E03 y E17 representado en la selección del conjunto de expertos.

El primero de los escenarios E32 no es el deseable, en términos que el mismo representa la no realización de ninguna de las hipótesis planteadas, es decir, la imposibilidad de modificar de alguna manera la situación actual.

En segundo lugar aparece el escenario E09 que representa la realización de todas las hipótesis a excepción de la H2 relacionada con la sistematización y sustentabilidad de procesos de VTelE, basada en la capacidad organizacional.

El tercer lugar corresponde al escenario E01 en el que todas las hipótesis ocurren.

El cuarto lugar lo ocupa el escenario E03 vinculada al involucramiento de especialistas externos en determinados campos disciplinares en el contexto de los proyectos finales de carrera y la realización de las PPS.

El quinto y último lugar se asigna al escenario E17 en el que se realizan todas las hipótesis, a excepción de la H1, vinculada al desarrollo de las competencias de egresos de los graduados a partir del grado de formación de los docentes en la disciplina de la VTelE.

En definitiva, para evitar la materialización del escenario E32, está claro que las debilidades más significativas y puestas en evidencia por los escenarios planteados son la falta de capacidad organizacional para sistematizar procesos de VTelE y hacerlo sustentable en el tiempo; la falta de incorporación de especialistas externos en el contexto de la realización de los proyectos finales y PPS y el alto grado de desconocimiento que el plantel docente tiene sobre la disciplina de la VTelE que impacta negativamente en la calidad de las funciones sustantivas universitarias, es decir las actividades académica, de investigación, de extensión y de transferencia. Asimismo, al ser los propios docentes los que ejercen la funciones de gestión ejecutiva y legislativa universitaria, la calidad de la misma se ve mermada por no implementar procesos sistemáticos de VTelE que permitan acceder a fuentes de información más confiables y pertinentes, con el nivel de calidad que una institución universitaria exige.

[1] CONCLUSIONES

El presente trabajo realizado permitió analizar e identificar los escenarios futuros posibles mediante la aplicación del método SMIC PROB – EXPERT (Sistema y Matrices de Impactos Cruzados Probabilístico), con distintas probabilidades de hipótesis y/o eventos que podrían darse a la hora de implementar un Modelo de VTelE orientado a asegurar el desarrollo de competencias genéricas tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales en el ámbito académico universitario de la ingeniería.

Se concluye que al ser los propios docentes los que ejercen la funciones de gestión ejecutiva y legislativa universitaria, la calidad de la misma se ve mermada por no implementar procesos sistemáticos de VTelE que permitan acceder a fuentes de información más confiables y pertinentes, con el nivel de calidad que una institución universitaria exige.

Tanto la limitación en la información accedida como la insuficiencia en la formación de los recursos humanos que toman decisiones de distinta índole, condiciona el desempeño integral de la organización.

Los resultados abordados con el método de escenarios permitió validar las variables determinantes del sistema que define los procesos de VTelE y cuya motricidad fuera definida a partir del análisis de las influencias directas e indirectas al conjunto de variables seleccionadas.

Alcanzar mejoras significativas en la falta de capacidad organizacional para sistematizar procesos de VTelE y hacerlo sustentable en el tiempo; la falta de incorporación de especialistas externos

en el contexto de la realización de los proyectos finales y PPS y el alto grado de desconocimiento que el plantel docente tiene sobre la disciplina de la VTelE que impacta negativamente en la calidad de las funciones sustantivas universitarias; impactará positivamente en el logro de la H3 y la H5, vinculada estrechamente a la formación del recurso humano y a la sistematización y sustentabilidad de los procesos de VTelE, debido a mejoras en las capacidades organizacionales, a través de la institucionalización de esta práctica, lo que conlleva a un proceso ordenado de toma de decisiones en las funciones sustantivas y estratégicas.

Estos resultados permitirán terminar de diseñar el Modelo Operativo de VTelE definitivo para el ámbito académico universitario con carreras de Ingeniería, que contribuya a la generación de competencias genéricas tecnológicas, sociales, políticas y actitudinales en los futuros graduados.

REFERENCIAS

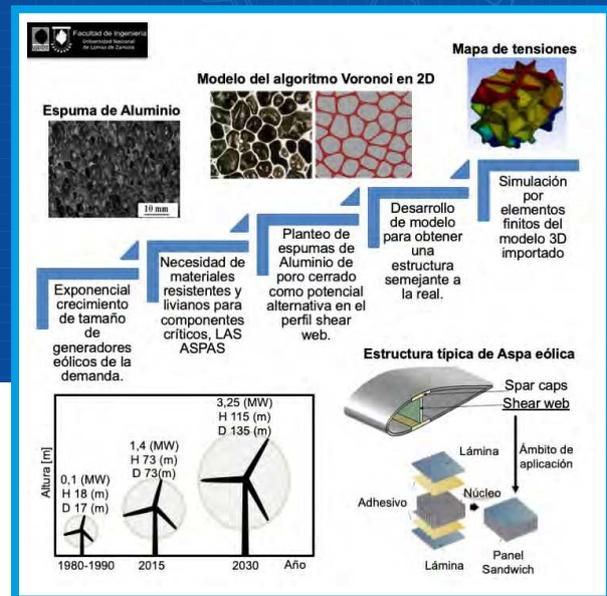
- [2] Tobón, S.; García Fraile, J.A.; Rial Sánchez, A.; Carretero, M.A. (2006). Competencias, calidad y educación superior. Bogotá: Magisterio.
- [3] Chevillard, Y. (1997). La transposición didáctica del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique grupo Editor. Collis, D. J. y Montgomery, C. A., Estrategia Corporativa, Madrid: McGraw-Hill.
- [4] Perrenoud, P. (2002). Construir competencias desde la Escuela. 2ª. ed. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones.
- [5] Le Boterf, G. (2001). Ingeniería de las competencias. Barcelona: Ediciones Gestión.
- [6] Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI). (2006). Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Argentino. Acuerdo de Bahía Blanca.
- [7] IRAM (2017). IRAM 50520 *Sistema de Vigilancia e Inteligencia Estratégica*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, IRAM, Argentina.
- [8] Guagliano, M. (2015). *Desarrollo Metodológico para la Generación de Productos de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica del Sector Autopartista*. Recuperado de: <http://repositorio.unlz.edu.ar:8080/bitstream/handle/123456789/426/Guagliano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Modelado de espumas metálicas para su aplicación en aspas de aerogeneradores

Liz Cruz Villegas, Nahuel Micone y Marcelo Pelayo

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Contacto: cruzvillegasliz@gmail.com



RESUMEN

El acelerado crecimiento de la capacidad instalada y cantidad de parques eólicos y el exponencial aumento de las dimensiones de los aerogeneradores ha motivado la apertura de núcleos de investigación, principalmente relacionados al aumento de su eficiencia y flexibilidad de operación. Recientes reportes han confirmado la necesidad de analizar la aplicabilidad de materiales de baja densidad, alta resistencia mecánica y capacidad de reciclado para la fabricación de las aspas de dichas máquinas. En este marco de investigación, se ha planteado la utilización de espumas de aluminio como posible candidato. Debido al gran tamaño y complejidad de las mismas, resulta costoso y dificultoso llevar a cabo ensayos a escala. Por dicho motivo, se hace foco en el uso de diferentes softwares para el modelado y simulación del material antes mencionado.

Este artículo describe las principales fuerzas que actúan sobre las aspas, las estructuras típicamente utilizadas y las potenciales zonas de aplicación de las espumas de aluminio en ellas. Luego se introduce un análisis de literatura sobre el modelado de espumas metálicas. Por último, el modelo optimizado es importado en el entorno "Ansys" donde se procede a realizar una simulación por elementos finitos (2D y 3D generados). Resultados preliminares muestran que el modelo desarrollado tiene potencial para describir el comportamiento de espumas de aluminio bajo cargas de compresión.

ABSTRACT

The fast growth of installed capacity and quantity of wind farms, and the exponential increase of wind turbines' dimensions has motivated the opening of research topics, mainly related to the increase of their efficiency and operation flexibility. Recent reports have confirmed the need to analyze the applicability of materials with low density, high mechanical resistance and recycling capacity for the production of these machines' blades. In this research framework, it has been proposed the use of aluminum foams as a possible candidate. Due to the large size and complexity of the turbine blades, carrying out tests at real scale implies high costs and technical difficulties. For this reason, the present work focuses on the use of different software for modeling and simulation of the previous mentioned material.

This article describes the main forces applied to these blades, the structures typically used and the potential areas where metallic foams can be implemented. Then, some metallic foams modelling strategies are described. Finally, an optimized model is imported into "Ansys" where FEA is carried out. The obtained results are compared with available literature concluding that the developed model has potential to describe aluminum foam behavior under compressive loads.

Palabras clave: Espumas de Aluminio, Aspas Eólicas, Simulación, Ansys.

Keywords: Aluminum Foams, Wind Blades, Simulation, Ansys.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el compromiso de los gobiernos respecto a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel internacional se ha incrementado. La Asamblea de la ONU para el Medio Ambiente [1], el Protocolo de Kioto [2], el acuerdo de París [3] y los Objetivos de Desarrollo Sostenible [4] son algunos de los principales impulsores en la proliferación de fuentes de energía alternativa.

Actualmente, Argentina es uno de los países comprometidos con el cumplimiento de los 17 Objetivos de Desarrollo Sustentable propuestos por la ONU. Entre los objetivos a priorizar por el Gobierno Nacional, se encuentra el Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos [5].

A raíz de lo expuesto, las energías renovables son uno de los tópicos con mayor desarrollo y evolución en el país [6]. En Argentina, la eólica es una de las fuentes alternativas de energías más destacada debido principalmente a la alta dotación de recursos naturales asociados. A modo de ejemplo, el 70 % del territorio posee vientos de más de 6 m/s con una dirección y constancia tal que permiten obtener factores de capacidad del 35 % y superiores [7]. Los mismos contribuyen a obtener una gran disponibilidad y rentabilidad de los parques eólicos.

Los aerogeneradores, acompañando la demanda energética, han aumentado de tamaño superando límites no considerados décadas atrás [8]. Esto ha implicado la generación de códigos que establezcan criterios uniformes en el diseño y la fabricación de dichos componentes [9] lo que ha conllevado a la investigación de este tópico a fin de optimizar los principales criterios establecidos [10]. Sin embargo, un tema pendiente de desarrollo, es la utilización de materiales más resistentes y livianos en la fabricación de las palas de los aerogeneradores. Dichos componentes son considerados una parte crítica del conjunto, ya que son los encargados de adquirir la energía del viento y convertir el movimiento lineal en un movimiento de rotación. Esta energía es transmitida a un sistema de transmisión mecánica y de ahí al generador que transforma el movimiento de rotación en energía eléctrica.

Debido al tamaño, complejidad en su diseño y criticidad de las palas, el desarrollo de materiales específicos para su construcción es de gran aporte para el aumento de la eficiencia de estos equipos.

Para la fabricación de las palas es de gran interés la aplicación de espumas de aluminio, ya que son materiales con propiedades físicas y mecánicas acordes a los parámetros requeridos para un eficiente diseño y rendimiento. Adicionalmente, tie-

nen un menor impacto ambiental ya que cuentan con una óptima capacidad de reciclado.

En función al análisis de literatura realizado previo al presente trabajo [11], se concluyó que las espumas de aluminio de poro cerrado satisfacen mejor las propiedades que las de poro abierto. Además, se propuso una serie de métodos de fabricación y algunas aleaciones de aluminio tentativas para dicha aplicación.

A raíz de la gran complejidad intrínseca a la estructura de espumas de aluminio, para llevar a cabo las experiencias planteadas y validar la hipótesis de aplicación de espumas de aluminio en palas eólicas (ensayos a escala), se requiere tener a disposición una amplia variedad de recursos, siendo el factor económico el de mayor influencia. Las investigaciones que se han ido desarrollando en este campo proponen como solución a esta problemática, la utilización de softwares específicos para el modelado y simulación del material. Por tal motivo, en el presente trabajo se recurre a este tipo de herramientas para el estudio de diferentes estrategias de modelado, el cual permitirá la simulación de algunas de las propiedades críticas a tener en cuenta para un eficiente diseño de las palas.

DESARROLLO

Las turbinas eólicas son máquinas empleadas para transformar la energía del viento en energía eléctrica. Estos se clasifican, en función de la orientación de las palas, en las de eje horizontal y de eje vertical (Figura 1) [12], [13].



Figura 1: Aerogenerador de eje vertical y eje horizontal [12],[13].

En ambos casos el principio de funcionamiento es similar y se resume como: el aerogenerador es actuado por la rotación de un eje que gira por la acción del viento sobre las palas [14]. Es decir, la energía cinética del aire en movimiento es convertida en energía mecánica que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, convirtiéndola en energía eléctrica. Por lo expuesto, las palas son un componente vital que

inclusive guarda relación con la eficiencia de estos equipos. A continuación, se brinda una breve descripción de su forma típica constructiva.

Perfil de aspas de aerogeneradores

Las palas consisten esencialmente en dos perfiles ensamblados, uno de succión y otro de presión. Internamente se encuentran reforzadas por unos perfiles con dos elementos principales, 'shear webs' y 'spar caps' (Figura 2) [15], [16].

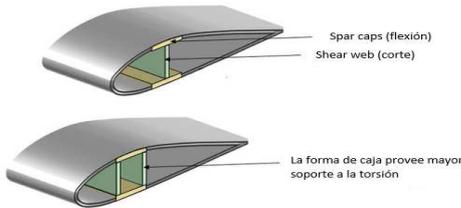


Figura 2: Componentes básicos del perfil estructural de un aspa de aerogenerador.

La distribución de los refuerzos estructurales puede adoptar diferentes configuraciones (Figura 3) que aportan mayor soporte, siendo las zonas amarillas los shear webs y las zonas negras los spar caps [17].



Figura SEQ Figura * ARABIC 3: Celdas con: a) refuerzos estructurales. b) un solo refuerzo superficial tipo caja. c) refuerzo superficial entre webs.

Desde el punto de vista aerodinámico, las fuerzas actuantes sobre un aspa son: sustentación y resistencia. La primera es la componente perpendicular a la corriente incidente, mientras que la segunda es la componente de igual dirección y sentido que la corriente actuante (Figura 4). Al actuar el viento (v) sobre un aspa se genera un gradiente de presiones entre ambas caras, resultando la fuerza F , conformada por la componente de las 2 fuerzas [18].

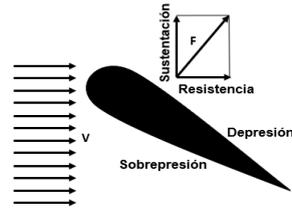


Figura 4: Fuerzas aerodinámicas actuantes sobre el perfil de un aspa.

Desde el punto de vista estructural, las aspas están sujetas a cargas de flexión, gravitacionales, o aquellas generadas por la aceleración. En lo referente a la flexión, existen dos direcciones a considerar: flapwise, perpendicular a la línea cordal, y edgewise, paralela a la línea cordal (Figura 5).



Figura 5: Direcciones de las fuerzas aplicadas sobre el aspa.

Las cargas causantes de la flexión en la dirección flapwise, son soportadas principalmente por el spar cap, mientras que los refuerzos, shear webs, resisten las fuerzas actuantes sobre la dirección cordal, edgewise [19].

Actualmente, los perfiles shear webs están realizados con materiales tipo sándwich, el cual consiste en un núcleo de sección de un material ligero recubierto por láminas de otro material (Figura 6). Este tipo de constitución proporciona un bajo peso y alta rigidez.[20].

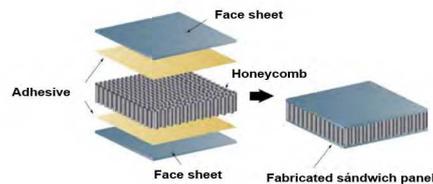


Figura 6: Esquema de estructura tipo sándwich con núcleo de colmena [38].

De acuerdo a lo expuesto hasta el momento, resulta de interés evaluar la posibilidad de utilizar la espuma metálica de aluminio como núcleo del material tipo sándwich de los refuerzos estructurales, principalmente los denominados shear webs, los cuáles son intermediarios entre ambas caras

del aspa. No obstante, en los últimos años se observa una tendencia a utilizar materiales sándwich en más secciones de las palas (Figura 7), principalmente para mejorar el comportamiento frente a cargas de pandeo (buckling) [21].

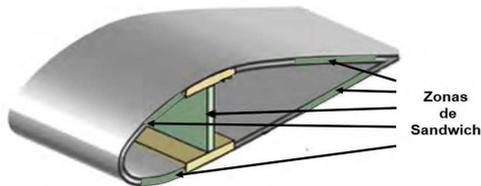


Figura 7: Zonas potenciales a aplicar materiales tipo sándwich en las palas de los aerogeneradores.

Espumas metálicas

Las espumas metálicas han sido estudiadas y analizadas por diversos autores [22]-[26]. Cárcel González [24], en su tesis doctoral llama espuma metálica a los materiales con una densidad relativa, es decir el peso respecto del material macizo, menor al 40% y con una definida estructura celular, la cual puede estar conformada por celdas o poros abiertos. Los últimos son los que caracterizan las esponjas, siendo las estructuras constituidas por celdas cerradas con las que se trabajará a continuación.

Dichas espumas pueden ser obtenidas mediante dos métodos de manufactura: fusión y pulvimetalurgia. La técnica utilizada para obtener la espuma, que se tomará de referencia para el desarrollo de este proyecto, se corresponde con el método de fusión, el cual consiste en expandir un gas dentro del metal fundido por inyección o descomposición de polvos para crear las celdas que, posteriormente a su solidificación, mantienen la estructura formada. Las celdas están conformadas por aristas, interceptados en nodos o vértices, y caras o paredes de celda que unen las aristas (Figura 8).

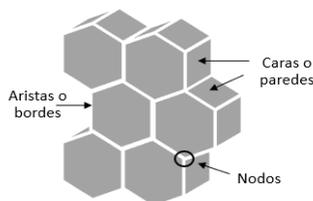


Figura 8: Esquema simplificado de los componentes de las celdas de una espuma.

La Figura 9 ilustra la estructura de una espuma de poro cerrado. Los materiales celulares, según sea el proceso de fabricación utilizado, poseen ta-

maños de poro en el rango de los 30mm hasta decimas de milímetros [27].

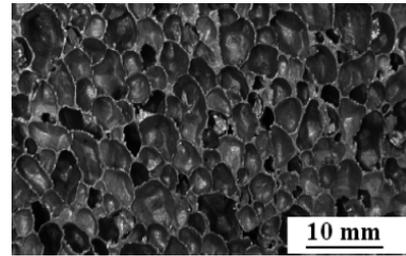


Figura 9: Espuma de aluminio de poros cerrados [28].

La diferencia entre las dimensiones de las celdas unitarias y los elementos constituidos por ellas, permite considerar al material homogéneo y ser descrito con un modelo de homogeneización. El modelo analiza la respuesta mecánica a nivel macro a partir de deformaciones a nivel micro, tomando ventaja de la periodicidad de la estructura del material y permitiendo estudiar el comportamiento interno del mismo [25],[26]. La respuesta mecánica macro rige por el comportamiento estructural de las celdas. Y a nivel micro, en la estructura celular los defectos generan concentraciones de tensión locales provocando pequeñas deformaciones plásticas, aun estando en el periodo de fluencia. Daxner [29], expone que este fenómeno ocurre principalmente alrededor de los vértices de las celdas. Por tal motivo, es necesario considerar en el modelo el comportamiento elasto-plástico del material independientemente de la carga a la cual es sometida.

A diferencia de un material macizo, el tensor de tensiones de las espumas está formado por la componente hidrostática, referido a un cuerpo sumergido en un fluido sometido a esfuerzos normales en todas sus caras, y la desviadora, referido a los esfuerzos de corte aplicados [31].

El modelo constitutivo aplicado, es decir el conjunto de ecuaciones que caracterizan cada tipo de material y su reacción macroscópica a las cargas aplicadas [30], define el tamaño, ubicación y forma de la superficie de fluencia afectado por las deformaciones plásticas acumuladas. Como resultado, la superficie de fluencia evoluciona con el tiempo y la deformación plástica resulta de superponer los efectos del comportamiento elástico y de fluencia. La Figura 10 ilustra las distintas etapas que atraviesa una espuma metálica por acción de un esfuerzo de compresión uniaxial cuasi estática [23].

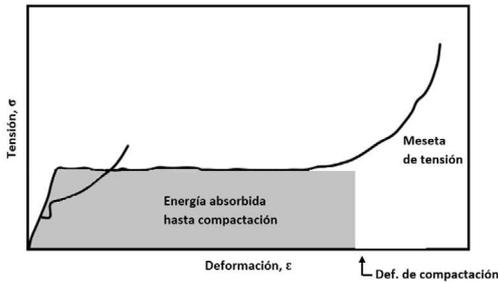


Figura 10: Curva tensión-deformación a compresión de una espuma metálica.

La meseta de tensión observada se caracteriza por el colapso sucesivo de las celdas, producido por pandeo elástico sobre las paredes de estas, generando deformación plástica prematura a tensión casi constante. A medida que se incrementa la carga, el pandeo elástico provoca el colapso de las celdas, con su consiguiente deformación y aumento de presión entre las paredes circundantes. Alcanzada determinada deformación, denominada deformación de compactación, se eleva abruptamente la tensión, produciéndose la compactación del material.

En general, se produce endurecimiento por deformación, ya que las celdas colapsadas resisten mayores esfuerzos de compresión, como consecuencia la pendiente de la meseta es más inclinada.

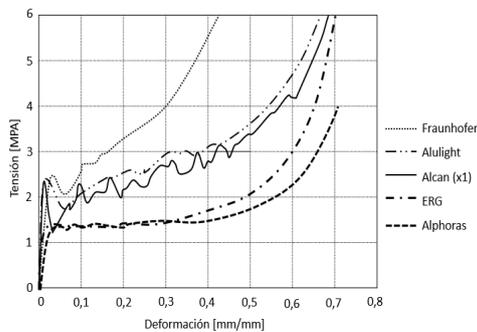


Figura 11: Curvas tensión-deformación nominal a compresión cuasiestática de espumas metálicas comerciales.

La Figura 11 ilustra las curvas correspondientes a distintas espumas metálicas comerciales. A modo comparativo, se observa la variación de las mesetas y pendientes según el material. También se observa que la configuración de espumas aumenta su resistencia durante el período plástico a compresión, siendo mucho menor la carga soportada en el período elástico.

Propiedades de las espumas metálicas

Para simular las espumas metálicas es necesario desarrollar un modelo que capture su geometría real y sus características determinantes. Las propiedades de las espumas metálicas dependen de las características de los poros constitutivos, entre ellas, el tipo, forma, tamaño, porcentaje, uniformidad y área. Las mismas presentan una gran variabilidad de acuerdo al método con el que se fabrica la espuma [28]. Este proyecto en particular se centra en el estudio de las espumas obtenidas a partir del proceso Alphoras [25].

A continuación, se presentan los parámetros más relevantes que describen la morfología de las espumas metálicas.

Geometría de las celdas

Observaciones experimentales indican que la estructura real es normalmente una combinación de diferentes poliedros no regulares. Es necesario aclarar que la distribución y el tamaño de celda es aleatoria, y varía en gran medida respecto al método de fabricación [22].

Densidad relativa

Es el parámetro físico más importante para definir las propiedades mecánicas, térmicas o eléctricas de una espuma metálica en relación con las propiedades del sólido. Si bien no define el tipo de geometría de la estructura, es relevante para el cálculo del espacio ocupado por un gas dentro de la misma.

Para una geometría de celda dada, el conocimiento del tamaño de poro o de las longitudes de las aristas, el espesor de las paredes y el espesor de los bordes, permite predecir de manera precisa el valor de la densidad relativa de la espuma.

En [25] se ha evaluado la conexión entre la variación de la densidad de las espumas con su comportamiento elástico y su absorción de energía. La cuantificación de estos valores se realiza mediante la determinación de una serie de parámetros geométricos: número de poros por unidad de superficie (N_a), el área de los poros por unidad de volumen (S_v) y el volumen de poros por unidad de volumen (V_v). Estos valores, al ser representados respecto a la variación de densidad, muestran cómo al incrementar la densidad, disminuye V_v y aumentan N_a y S_v (Figura 12) [32].

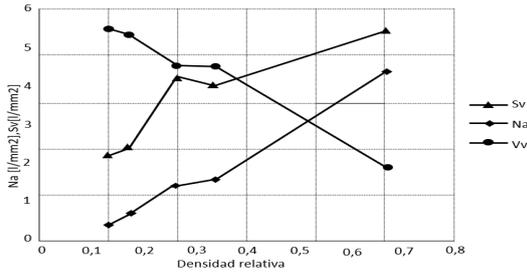


Figura 12: Variación de la densidad relativa en función al número de poros por unidad de superficie (NA), área de poros por unidad de volumen (SV) y el volumen de poros por unidad de volumen (VV). Modificado de [19].

Cuando la densidad aumenta, también lo hace el espesor de las paredes y el volumen de los poros disminuye [22]. Es decir, cuanto mayor sea la densidad, el tamaño del poro es menor, las paredes son más gruesas y la estructura tiende a ser más homogénea (Figura 13).

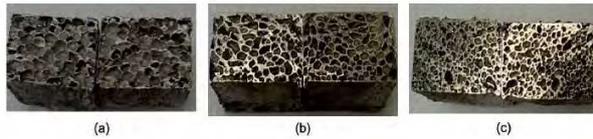


Figura 13: Tamaño de poro de las espumas de aluminio de densidad (a) 0,56 g/cm³ (b) 0,66 g/cm³ (c) 0,73 g/cm³ [22].

La densidad relativa es la propiedad que tiene mayor influencia sobre el comportamiento a compresión de las espumas metálicas [23], debido a su relación directa con el tamaño y la distribución de los poros. En las Figura 14 y 15 se observa que las espumas de aluminio de mayor densidad presentan mayor resistencia [36]. Puede observarse que el aumento de la densidad en las espumas incrementa el valor de las cargas en los ensayos de compresión, de impacto y tracción.

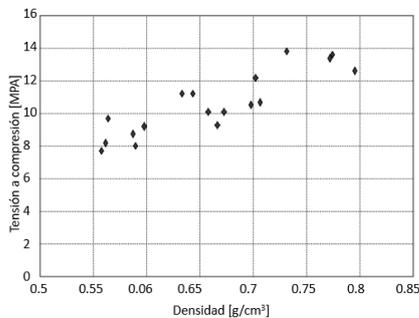


Figura 14: Comportamiento a compresión de espumas de aluminio de diferentes densidades. Modificado de [32].

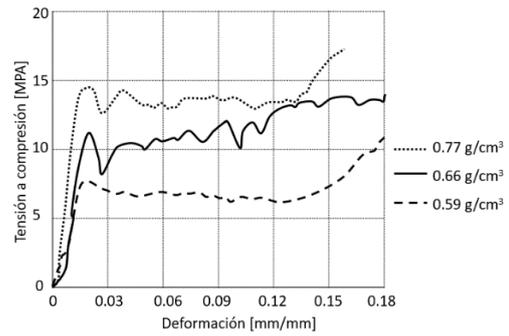


Figura 15: Curvas de tensión-deformación a compresión de tres espumas de aluminio con diferente densidad. Modificado de [32].

Anisotropía estructural

Las espumas obtenidas a partir del proceso Alporas, presentan tamaños de poro variables en el rango de 2mm a 10mm [11]. Otro parámetro relevante, es la forma de las celdas. Celdas equiaxiales imponen propiedades isotrópicas, mientras que, si son alargadas en una dirección preferente, las propiedades varían de forma muy importante según la orientación de la espuma en la que se midan (anisotropía) [33]. La anisotropía presente será producto de la aleatoriedad y variabilidad del proceso de fabricación. Esta variabilidad dentro de la espuma se ve reducida cuanto mayor sea la densidad de la espuma fabricada, ya que la geometría de la celda tiende a ser más homogénea y esférica [26]-[34].

Métodos de modelado de espumas metálicas

Para representar la estructura de las espumas, en una primera instancia, se ha desarrollado un modelo simplificado, el cual se ha procurado que cuente con una determinada periodicidad respecto de su geometría para que su modelado sea más sencillo. Entonces se ha propuesto celdas unitarias de material homogéneo con una o más cavidades, como las mostradas en la Figura 16, las cuales poseen simetría cúbica. Las dimensiones de dicha celda pueden ser parametrizadas y es posible modificar sus dimensiones geométricas, el tamaño de los poros y su valor de porosidad.

A partir la celda definida se pueden generar varias matrices para crear la espuma de aluminio. Si se modifican las dimensiones de la celda, automáticamente se actualizan los valores en toda la matriz.

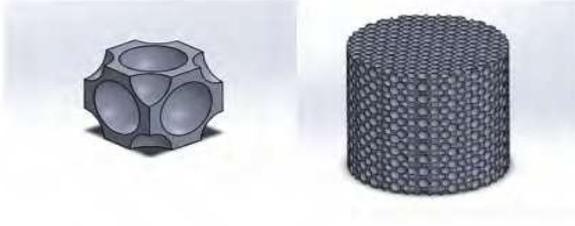


Figura 16: Modelado de celda unitaria.

Si bien el modelo de celda unitaria simplifica el modelado, no es aplicable al corriente estudio, ya que presenta importantes limitaciones y puede dar lugar a interpretaciones erróneas sobre las prestaciones estructurales de las espumas de poro cerrado. Esto ocurre ya que se trata de una estructura con un elemento continuo y se hace muy complejo reproducir la densidad relativa de la espuma. Además, es esperable que no represente el comportamiento estructural debido a que no considera la intrínseca inhomogeneidad de las espumas en términos de espesor de pared y tamaño de poro.

Por estas razones, se ha continuado el análisis en búsqueda de alternativas. El siguiente paso ha sido recurrir a elementos tipo placa o Shell. Estos elementos son utilizados para modelar estructuras en las que el espesor de pared es significativamente más pequeño que el resto de las dimensiones, permitiendo obtener un modelo de celda unitaria con menor densidad relativa.

Partiendo de una observación visual de la estructura de las espumas metálicas de celda cerrada e intentando obtener una celda unitaria fácil de delinear, con simetría cúbica, se ha tomado el modelo desarrollado por Irausquin [23] (Figura 17).

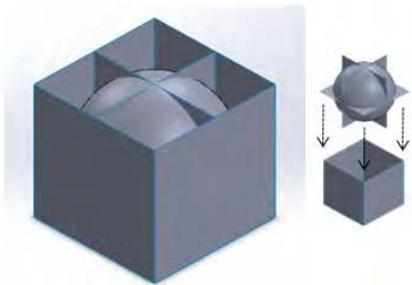


Figura 17: Modelo tipo Shell.

El modelo de celdas tipo Shell también es desestimado, ya que, si bien los resultados de las simulaciones se asemejan a la respuesta mecánica de las espumas, la curva tensión deformación presenta muchas diferencias. Y se llega a la conclusión de que el modelo propuesto es incapaz de reproducir la compactación progresiva durante el proceso de deformación, en el ensayo de compresión.

En la Figura 18 se puede observar la comparación entre la curva tensión-deformación del modelo Shell con una espuma experimental, evidenciando las diferencias entre ambas. Existe una similitud en la zona elástica, tanto en su extensión como en el valor de la rigidez. El endurecimiento tiene una pendiente creciente que se asemeja al de la espuma experimental, aunque se diferencia a partir de la compactación y no muestra el pico de tensión al comienzo de la plastificación.

Esto resulta previsible, ya que la aparición del pico de tensión en la curva está asociada a la fractura y colapso masivo de bandas de celdas en la espuma y el modelo analizado tiene una sola celda.

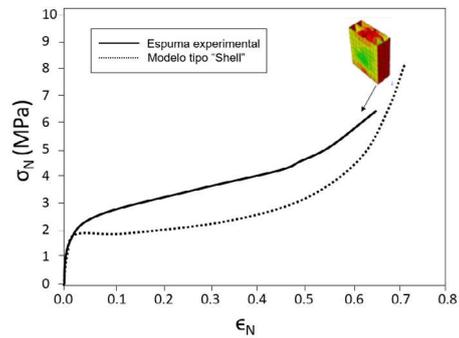


Figura 18: Comparación de la curva tensión-deformación del modelo Shell con la curva de una espuma experimental [23].

Dadas las diferencias presentadas en la curva tensión/deformación, se ha decidido desestimar momentáneamente el mismo, con el objetivo de encontrar otro que se asemeje en mayor grado al comportamiento experimental.

Por lo antes expuesto, se ha procedido a utilizar otra clase de estructuras que capten la aleatoriedad intrínseca que caracteriza a las espumas metálicas. De este modo, se ha buscado plantear un algoritmo que considere los parámetros más importantes para el modelado de la espuma de aluminio.

Cuando se simulan un gran número de celdas, también suele utilizarse un modelado de estructuras periódicas compuestas por múltiples celdas generadas por algoritmos de Voronoi y distribuidas al azar (Figura 19) [35].

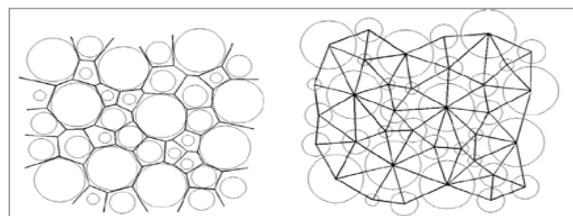


Figura 19: Diagramas de Voronoi [35].

La ventaja de este método es que proporciona una adecuada representación de la geometría celular aleatoria de las espumas a una escala que incluya un gran número de celdas, pero requiere mucho tiempo de cálculo computacional y el desarrollo de un robusto algoritmo para representar de forma realista dichas celdas.

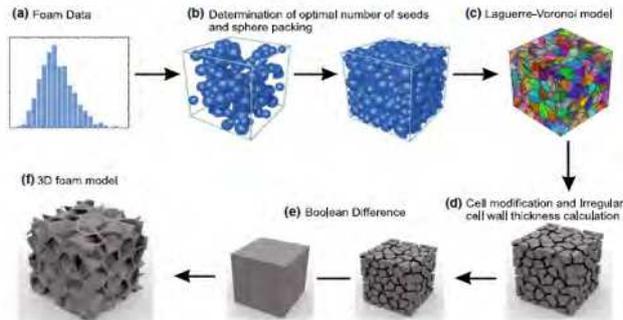


Figura 20: Desarrollo de la celda mediante algoritmos [33].

Para continuar con el desarrollo del modelo por medio del diagrama de particiones de Voronoi, se ha decidido utilizar Grasshopper el cual es un plug-in que corre dentro de la aplicación CAD Rhinoceros 3D. Este software utiliza un lenguaje de programación visual para el diseño de algoritmos generativos que permiten manipular y crear geometrías. Además, cuenta con un comando que se centra específicamente en el desarrollo de modelos Voronoi, tanto en 2D y 3D.

En una primera aproximación para obtener el modelo de la espuma en 2D dentro del software Rhinoceros, es necesario determinar los inputs del algoritmo a generar. Se ha tomado como entrada el tamaño de la muestra, la cantidad de poros y su aleatoriedad, de forma tal, que se pueda determinar el porcentaje de porosidad y por último se fija un rango dentro del cual tienen que estar dichos parámetros. Con las variables mencionadas se genera el algoritmo de Voronoi, a partir del cual se puede precisar el tamaño de los poros y el espesor de las paredes. Luego de dicho desarrollo, se ha propuesto analizar los límites del algoritmo desarrollado.

Considerando fijas las variables de entrada, si se modifica el porcentaje de porosidad podemos llegar a dos situaciones particulares (ver Figura 21). En el primer escenario se busca el menor porcentaje de porosidad, considerando la variabilidad de los poros, podemos observar que los granos de menor tamaño tienden a desaparecer, generando errores en el modelado. En el segundo caso al aumentar el porcentaje de porosidad, se produce un error en el modelo ya que los espesores tienden a desaparecer. Dado que el modelo

sobre el cual estaremos trabajando no se aproxima a los límites que presenta el algoritmo seguiremos con su desarrollo.

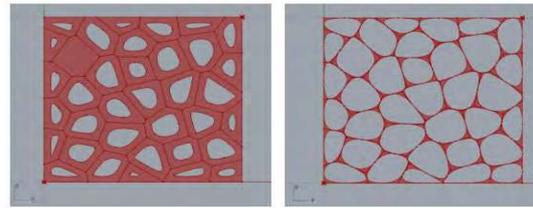


Figura 21: Simulación del algoritmo en 2D.

En la Figura 22 se puede observar la comparación entre el modelo generado y una espuma de baja densidad relativa. Para realizar la comparación se tuvo en cuenta el tamaño de la muestra, espesor de las paredes, la cantidad de poros y su tamaño. En la imagen se puede observar que el algoritmo no llega a captar totalmente la variabilidad propia de una espuma de baja densidad y que tiende a representarla de forma más homogénea.

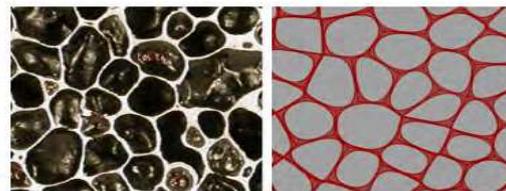


Figura 22: Comparación del modelo con una espuma de aluminio de baja densidad relativa.

En la Figura 23, el modelo planteado es modificado para que pueda adaptarse a la estructura de una espuma de mayor densidad, siendo posible cambiar sus características para que los poros sean más homogéneos, de menor tamaño y aumente el espesor de las paredes.

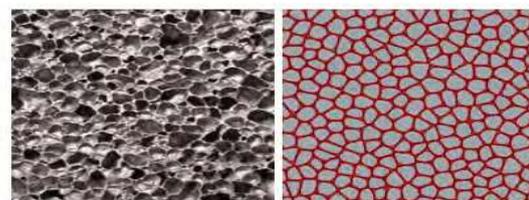


Figura 23: Comparación del modelo con una espuma de aluminio de baja densidad relativa.

Aunque el modelo capta la aleatoriedad intrínseca de las espumas, el algoritmo tiende a reproducir modelos homogéneos. Por ende, se concluye que no es capaz de generar espumas con densi-

dades relativas muy bajas. Es decir, las espumas modeladas presentan un menor rango de variación de los tamaños de poro.

Dado que, se ha tomado como hipótesis para este proyecto la finalidad de generar una espuma homogénea, se concluye que el algoritmo es capaz de desarrollar modelos que se aproximen a la estructura planteada.

Una vez obtenido el modelo en 2D, se ha procedido con el desarrollo de la espuma en 3D, siendo necesario determinar los inputs adicionales del algoritmo de Voronoi a generar. Se toman como entradas el tamaño de la muestra, la cantidad de poros y su aleatoriedad, fijando un rango dentro del cual tienen que estar dichos parámetros.

Al trabajar en 3D es necesario crear en paralelo otra geometría del mismo tamaño de la muestra y superponerla con el algoritmo para que se pueda hacer una diferencia de sólidos y así generar la espuma.

Por último, se refina el modelo para aportar una variación al espesor de las paredes, permitiendo que la geometría tenga una mejor aproximación a la estructura real de una espuma. En la Figura 24 se observa los pasos que va desarrollando el algoritmo y en la Figura 25 se encuentra el modelo 3D terminado.

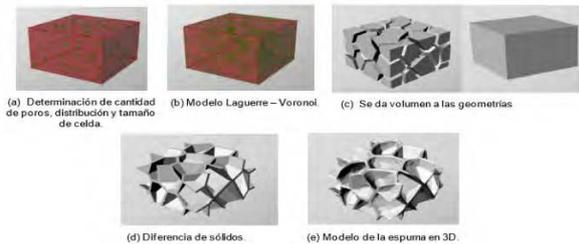


Figura 24: Desarrollo del algoritmo para el modelado de la espuma 3D en Rhinoceros.



Figura 25: Modelo 3D de la espuma obtenida.

Simulación de espumas de Aluminio

Obtenido el modelo 3D más semejante, se ha proseguido con la simulación mediante el uso del

software Ansys Workbench para evaluar el comportamiento de las espumas metálicas.

Para la modelización, se consideró los materiales preseleccionados en [11], los cuales son las aleaciones de aluminio 2024, 5052 y 6061. A modo de presentación preliminar, se muestra en la tabla 1 las propiedades de la aleación AL 6061 recocido.

Tabla 1: Propiedades mecánicas de las aleaciones de aluminio 6061 en estado recocido [36],[37].

Propiedades	6061
Módulo de Young – E [MPa]	68900
Módulo de rigidez – G [MPa]	26000
Coefficiente de Poisson – ν	0,33
Densidad – ρ [kg/m ³]	2700
Límite elástico – $\sigma_{0,2}$ [MPa]	55
Tensión máxima – $\sigma_{m\acute{a}x}$ [MPa]	124
Deformación – ϵ [%]	25

+Inicialmente se simuló modelos de malla metálica en 2D (Figura 26).

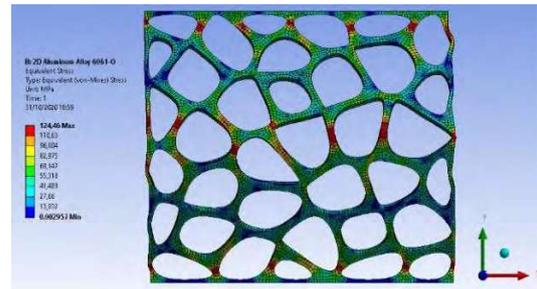


Figura 26: Tensiones locales equivalentes de Von Mises de la espuma de aleación 6061-O tras una compresión de 7mm.

De lo obtenido se observa que para que la simulación de una sección en 2D sea representativa debería definirse una tercera dimensión ampliamente mayor en magnitud. Si se opta por adoptar esta configuración, se pierde entonces la geometría porosa, pasando a ser una barra con distintos perfiles de orificios que la atraviesan en su longitud.

Por lo expuesto, una vez analizada la malla en 2D y descartada como representativa, se ha procedido al análisis en 3D. Con este fin, se ha importado el modelo 3D de la espuma, de 20mm de ancho, 20mm de alto y 13mm de profundidad (ver Figura 25). Se ha aplicado un desplazamiento en la dirección vertical hasta una deformación global del 14%, preestablecida arbitrariamente. Se han considerado condiciones de borde de continuidad.

En la figura 27 se observa la deformación total del cuerpo luego de la compresión aplicada (a), la distribución de las tensiones sufridas (b) y el error

estructural (c), con el cual se evidenciar un correcto mallado.

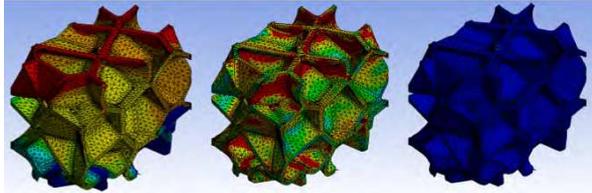


Figura 27: Resultados de la simulación a compresión de una espuma de aleación de aluminio 6061 -O: (a) deformación; (b) tensión equivalente; (c) error estructural.

Con los datos obtenidos se ha graficado la curva tensión-deformación de la espuma simulada bajo cargas de compresión. En la Figura 28 se observa la comparación entre la curva obtenida por la simulación y la curva de la espuma comercial obtenida por el método Alporas (Figura 11). En base a lo observado se verifica que los parámetros utilizados brindan resultados esperados. No obstante, los resultados obtenidos continúan siendo analizados, por lo que la curva obtenida es preliminar y cualitativa.

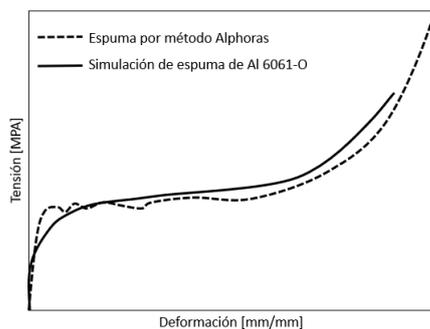


Figura 28: Curva tensión-deformación de una espuma de aleación de aluminio 6061-O con cantos suavizados.

[1] CONCLUSIONES

En relación al análisis de literatura disponible se concluye que los modelos de celda unitaria y los elementos tipo “Shell”, son más simples, pero presentan importantes limitaciones en cuanto a su representatividad. Por ende, se concluye que las mismas pueden dar lugar a interpretaciones erróneas sobre las prestaciones estructurales de las espumas.

En cuanto al algoritmo desarrollado, el mismo logra captar la aleatoriedad intrínseca de las espumas, pero tiende a reproducir modelos homogéneos, de forma tal, no es capaz de generar espumas con densidades relativas muy bajas. Parte del trabajo a futuro se ha planteado en optimizar dicho algoritmo con el fin de que sea más robusto.

En lo referente a las simulaciones llevadas a cabo, se ha podido verificar que el método de elementos finitos mediante un software es funcional a la resolución de espumas metálicas de aluminio sometidas a compresión. En este contexto, se ha demostrado que considerando como input la curva de tensión–deformación del material base y el modelo de espuma desarrollado, se obtiene una nueva curva con comportamiento similar a esta última.

Cabe destacar que este desarrollo aún está “on-going” y, por lo tanto, si bien la comparación realizada cualitativamente es prometedora, un análisis más profundo de los resultados obtenidos y su comparación con ensayos dedicados queda pendiente. Luego se procederá a recrear la sección de la estructura del aspa propuesta en este marco de investigación.

REFERENCIAS

- [2] Organización de las Naciones Unidas, Asamblea General. (2011). Energía Sostenible para todos. Disponible en: www.seforall.org
- [3] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Protocolo de Kioto. (2009). *Status of Ratification*. Japón.
- [4] Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2015). *Acuerdo de Paris*. Paris, Francia.
- [5] Programa de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. EEUU.
- [6] Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2015). *Energía Asequible, Segura, Sostenible y Moderna para todos*. Nueva York, EEUU.
- [7] Boletín Oficial de la República Argentina. (1998). *Ley N°25.019, Régimen Nacional de Energía Eólica y solar*. Bs. As., Argentina.
- [8] Iezz, Marcelo. (2017). *Desarrollo Sostenible: Energías Renovables en Argentina*. PwCArgentina. Argentina.
- [9] Fernández Munguía, Sergio; Noya, Carlos. (2018). *Cuando hablamos de energía eólica el tamaño importa*. Energía Eólica. Diario Renovables. España.
- [10] IEC61400-3. *Norma de requisitos mínimos de diseño para turbinas eólicas*.
- [11] Schubel, Peter J.; Crossley, Richard J. (2012). *Wind Turbine Blade Design*. Open Access Journal, Energies. Basilea, Suiza.
- [12] Cruz Villegas, Liz; Micone, Nahuel; Pelayo Marcelo. (2019). *Aplicabilidad de las espumas de Aluminio en palas eólicas*. Reporte de Investigación. EVC-CIN. Universidad Nacional de Lomas de Zamora.
- [13] LBA INDUSTRIAL. (2019). *Tipo de aerogeneradores verticales y sus aplicaciones: energía limpia y Tecnología Inteligente*.
- [14] José Félix Funes Ruiz. (2009). *Análisis simplificado de la respuesta estructural de una pala de aerogenerador*. Proyecto de Fin de Carrera, Ingeniería Industrial,

- Tecnologías energéticas. Universidad de Madrid, España.
- [15] Villanueva S., Iván; Viniegra H., Fermín A.; Roman R., Carlos. (2010). *Análisis dinámico de palas de un aerogenerador en un túnel del viento*. Instituto Politécnico Nacional. México D.F.
- [16] J. F. Rodríguez, Buenestado. (2017). *Análisis y Diseño de un aerogenerador mediante simulación 3D de dinámica*. Universidad Carlos III de Madrid. España.
- [17] J.-F. Funes. (2009). *Análisis simplificado de la respuesta estructural de una pala de aerogenerador*. 91.
- [18] K. Singh; T. Thomas; V. Warudkar. (2013). *Structural design of a wind turbine blade: A review*. Int. J. Chem-Tech Res., vol. 5, no. 5, pp. 2443–2448.
- [19] Zvanik, M.; Hartman, D. (2004). *Wind Turbine Blade Trends and Issues*. SAND2008-24-25. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.
- [20] C. E. González; I. H. Arriaga; J. Guadalupe; R. Espino. (2017). *Criterios para el diseño de un banco de pruebas estructurales de aspas de turbinas eólicas de pequeña y mediana potencia*. pp. 180–187.
- [21] D. Giovanni Moraga Ramón. (2016). *Estudio técnico-económico de diseño y desarrollo de una pala de mini aerogenerador fabricada con material compuesto*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- [22] Griffin, D.A. (2008). *Blade Design with Engineered Cores Materials*. SAND2008-12-14. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.
- [23] J. M. Jarillo. (2009). *Modelización del comportamiento mecánico de una espuma metálica*. Universidad Carlos III de Madrid. España.
- [24] I. A. Irausquín Castro. (2012). *Caracterización mecánica de espumas metálicas y su aplicación en sistemas de absorción de energía*. Universidad Carlos III de Madrid. España.
- [25] Cárcel González B. (2015). *Efectos de la estructura celular sobre el comportamiento mecánico de espumas de aluminio de poro cerrado obtenidas por fusión, aplicación en absorbentes de energía*. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- [26] J. A. Gutiérrez Vázquez; J. Oñoro. (2008). *Espumas de aluminio. Fabricación, propiedades y aplicaciones*. Vol. 44, no. 5, pp. 457–476.
- [27] P. J. Schubel; R. J. Crossley. (2012). *Wind turbine blade design*. Energies, vol. 5, no. 9. MDPI AG, pp. 3425–3449, doi: 10.3390/en5093425.
- [28] Gibson y Ashby. (1999). *Cellular Solids-Structure and Properties*.
- [29] Properties and Selection: *Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*. ASM HANDBOOK. Vol. 2. ASM International. The Materials Information Company.
- [30] T. Daxner. (2014). *Plasticity of Cellular Metals (Foams)*. In Plasticity of Pressure-Sensitive Materials, Berlín: Springer.
- [31] P. Prat. (2006). *Ecuaciones Constitutivas elasticidad y plasticidad*.
- [32] J. E. Ing. Marco Belfiore. *Apunte Completo de Resistencia de Materiales*. Ingeniería Civil -UTN BA. Bs. As., Argentina.
- [33] J. A. Gutiérrez Vázquez; J. Oñoro. (2010). *Fabricación y comportamiento de espumas de aluminio con diferente densidad a partir de un precursor AlSi12*. Rev. Metal., vol. 46, no. 3, pp. 274–284, doi: 10.3989/revmetal.0841.
- [34] H. S. Abdullahi; Y. Liang; S. Gao. (2019). *Predicting the elastic properties of closed-cell aluminum foams: a mesoscopic geometric modeling approach*. SN Appl. Sci., vol. 1, no. 4, doi: 10.1007/s42452-019-0382-y.
- [35] J. Bravo Castellero; R. Guinovart Díaz; G. López; R. Rodríguez; F. Sabina. (2013). *Acerca de la homogeneización y propiedades efectivas de la ecuación del calor*. Visión electrónica, no. 1, pp. 149–159, doi: 10.14483/22484728.4393.
- [36] C. Expósito Rodríguez. (2011). *Generalizaciones de los diagramas de Voronoi*.
- [37] V. Drossou-Agakidou et al. (1998). *Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*. ASM HANDBOOK Vol 2. vol. 157, no. 7.
- [38] *Atlas of Stress-strain Curves*. (2002).
- [39] *Aviation Online Magazine*. Laminated structures.

Adaptación de turbina a gas kingtech k-100 para hidrógeno

Nicolás Lipchak¹, **Agustín García**¹, **Tomás Gally**¹, **Gisela Parmelo**², **Milagros Soría**², **Franco Aiducic**³ y **Guillermo Valvano**¹

1. Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad Regional de Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional

2. Departamento de Ingeniería Química, Facultad Regional de Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional

3. Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad Regional de Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional

Contacto: lipchakster@gmail.com

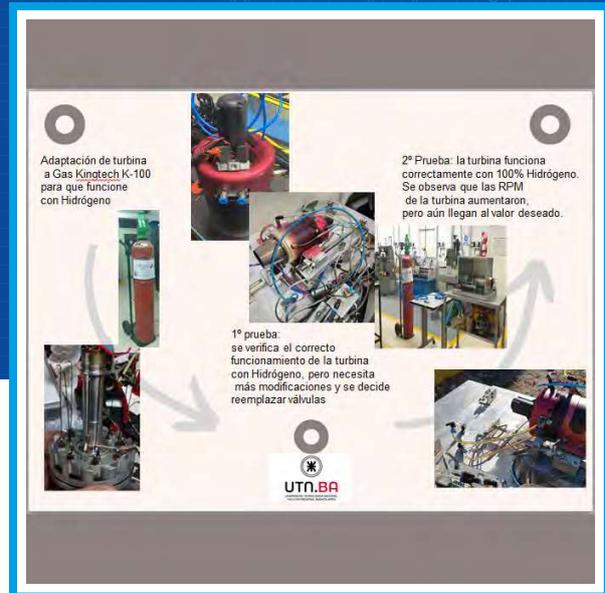
RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo principal adaptar una turbina a gas Kingtech K-100, diseñada originalmente para utilizar combustibles líquidos (Diésel, Queroseno, Jet A, etc.), para que pueda operar con hidrógeno de manera segura y eficiente. Para poder lograrlo, se implementaron modificaciones al sistema de inyección y lubricación de combustible. Así mismo, la turbina fue ensayada para verificar que la misma puede alcanzar una aceleración de 21.000 RPM usando 100% hidrógeno. Finalmente, la turbina fue inspeccionada para verificar el estado de los componentes internos luego de su funcionamiento con hidrógeno de modo tal de verificar posibles fenómenos de corrosión que pudieran haberse generado durante la operación.

La conclusión obtenida permite demostrar empíricamente que es posible adaptar este tipo de turbinas para usar hidrógeno sin una pérdida de potencia significativa o deterioro de sus componentes. Sin embargo, para alcanzar la máxima aceleración de 130.000 RPM es necesario reemplazar los inyectores de la cámara de combustión por otros de mayor diámetro.

Palabras clave: Hidrógeno – Eficiencia – KingTech - Turbina.

Keywords: Hydrogen – Efficiency – KingTech - Turbine.



ABSTRACT

The main objective of this work is to adapt a Kingtech K-100 gas turbine, originally designed to use liquid fuels (Diesel, Kerosene, Jet A, etc.), so that it can operate with hydrogen safely and efficiently. In order to achieve this, modifications to the fuel injection and lubrication system were implemented. Likewise, the turbine was tested to verify that it can reach an acceleration of 21,000 RPM using 100% hydrogen. Finally, the turbine was inspected to verify the condition of the internal components after its operation with hydrogen in order to verify possible corrosion phenomena that could have been generated during operation.

The conclusion obtained allows us to empirically demonstrate that it is possible to adapt this type of turbines to use hydrogen without a significant loss of power or deterioration of its components. However, to reach the maximum acceleration of 130,000 RPM it is necessary to replace the injectors in the combustion chamber with larger diameter ones.

INTRODUCCIÓN

A partir del acuerdo contra el cambio climático en París, firmado el 22/04/2016, el mundo se comprometió a buscar e implementar alternativas sostenibles e innovadoras para reemplazar los combustibles fósiles, causantes de los gases de efecto invernadero [1]. Adicionalmente, la Organización de las Naciones Unidas ha definido dentro de los objetivos sostenibles para el 2030, "Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos".

Este trabajo experimental realizado en la Facultad Regional de Buenos Aires (FRBA) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), tiene como objetivo principal adaptar una turbina a gas Kingtech K-100, diseñada originalmente para utilizar combustibles líquidos (Diésel, Queroseno, Jet A, etc.), para que pueda operar con hidrógeno de manera segura y eficiente. Para poder lograrlo, se implementaron modificaciones al sistema de inyección y lubricación de combustible. Así mismo, la turbina fue ensayada para verificar que la misma puede alcanzar la aceleración máxima por diseño usando 100% hidrógeno. Finalmente, la turbina fue inspeccionada para verificar el estado de los componentes internos luego de su funcionamiento con hidrógeno de modo tal de verificar posibles fenómenos de corrosión que pudieran haberse generado durante la operación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta investigación, se ha utilizado una micro-turbina a gas KingTech K-100, que originalmente fue diseñada para funcionar con Diesel, Kerosene y Jet-A. Esta turbina es utilizada normalmente en aviones a radiocontrol. Tiene un compresor radial, una cámara de combustión anular y una turbina axial de una etapa (Figura 1).

La turbina está montada sobre rodamientos lineales y tiene colocada una celda de carga FLEXAR CZA-30 entre la turbina y la superficie fija, la cual es utilizada para medir el empuje. Esta celda de carga está conectada a un transductor que lee los valores recibidos de la celda y los transforma en datos digitales.

En la admisión, se coloca un conducto del mismo diámetro que el de la carcasa de la turbina para montar otros dispositivos de medición.

Junto a la segunda termocupla, un sensor industrial de presión, ADZ-Nagano GmbH. / SML-10.0-0000400-BAR-G-G14E-22-MVS/C, está montado para medir la presión de compresión. Este sensor de presión se encuentra unido a un tubo flexible que se conecta a una perforación en la carcasa y una señal de 4-20 mA es enviada a una

pantalla de monitoreo PIXSYS SNC / ATR121-AD. La configuración es tal que es posible la medición de presión estática y dinámica.

En el conducto de admisión se coloca un tubo Pitot con dos entradas de aire. La primera de ellas en la dirección de la corriente de aire mide la presión total. La segunda se coloca en forma perpendicular a la corriente de aire y así mide la presión estática. Ambas presiones son detectadas por un sensor de presión diferencial MPXV7002DP. El MPXV7002DP que está diseñado para medir presiones positivas y negativas: -2 a +2 kPa (-0.3 a +0.3 psi) que se corresponden con 0.5 a 4.5 V lineales en la salida.

El transductor de la celda de carga (FLEXAR CZA-30) y el sensor diferencial de presiones del tubo pitot están conectados a un microcontrolador que registra los valores. Este microcontrolador está también conectado a una computadora que, mediante una aplicación, muestra los valores y los graba para procesarlos y analizarlos posteriormente.

Para medir la temperatura, se utilizan cuatro termocuplas-K, colocadas en diferentes ubicaciones. La primera de ellas se ubica en el tubo de admisión. La segunda, se encuentra instalada a la salida del compresor mediante una perforación en la carcasa de la turbina. La tercera también se encuentra instalada en una perforación de la carcasa, pero a la salida de la cámara de combustión. La cuarta y última, se ubican a la salida de la turbina.

Las termocuplas están conectadas a una unidad de control y a otra de medición, Kyowa EDX-10 and EDX13A, que convierte la señal analógica a una señal de salida digital. Estas unidades también están conectadas a una computadora que recibe los valores, los grafica y almacena.

Finalmente, la turbina cuenta con una medición de la aceleración, que realiza el eje de la misma, expresada en vueltas por minuto (RPM).

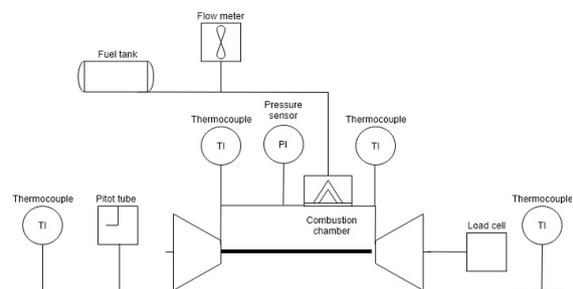


Figura 1: Diagrama esquemático.

Se ha utilizado hidrógeno comercial con las siguientes especificaciones técnicas otorgadas por el fabricante [2].

Tabla 1: Especificaciones del hidrógeno comercial.

Propiedad	Valor
Fórmula Química	H ₂
Pureza	99,95%
Estado	Comprimido
Provisión	Cilindro
Hoja de Seguridad	P-4604

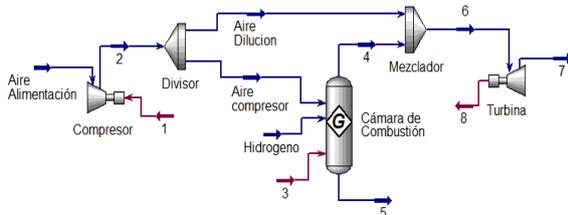
RESULTADOS

Para poder comenzar a realizar las pruebas sobre el uso del hidrógeno en la turbina, fue necesario hacer una simulación del proceso para tener resultados aproximados de lo que se esperaría que pase en la realidad. Además, fue importante realizarla ya que los equipos tienen presiones y temperaturas máximas admisibles, las cuales no deben superarse porque de lo contrario se dañarían los equipos.

Temperatura máxima admisible en la turbina: 700 °C [3].

Presión máxima admisible: 10 bar [3].

El modelo del proceso termodinámico en la turbina fue diseñado con el programa ASPEN HYSYS, para el cual se consideró un compresor, un reactor de Gibbs, una turbina y las cañerías y accesorios necesarios, tal como se muestra en la Figura 2.

**Figura 2: Modelo termodinámico.**

Se eligió el reactor de Gibbs ya que calcula la composición de equilibrio de la corriente de salida minimizando la energía libre de Gibbs de la corriente de entrada. Solo se requiere especificar la estequiometría.

Al minimizar la energía de Gibbs se produce la reacción más probable. Este es un proceso espontáneo en la naturaleza.

La corriente de entrada de aire, llamada "Aire Alimentación", entra al compresor con un caudal de 0,3221 kg/h a una presión de 1 bar y una temperatura de 23°C y sale por la corriente "2" a una presión de 2,5 bar y una temperatura de 120,3°C. Luego se colocó un divisor para que una parte del aire ingre-

se al reactor y la otra se utilice como refrigerante a la salida del mismo.

Se inyecta el hidrógeno (con un caudal de 1,25E-3 kg/h, una presión de 2,5 bar y una temperatura de 23°C) al reactor junto con el aire, en el cual se forma agua y según los caudales de entrada, pueden formarse monóxido y dióxido de nitrógeno. Estos últimos componentes se pueden formar debido a la oxidación a alta temperatura del nitrógeno proveniente del aire de alimentación.

La corriente "4" tiene una temperatura de 592,1°C, la cual al mezclarse con el aire de dilución baja a 548,4°C en "6" para, finalmente, poder ingresar a la turbina donde la mezcla sale en "7" a una presión de 1,013 bar y una temperatura de 400,4°C.

En la siguiente tabla se muestra la composición de los gases de combustión que se generan para las condiciones seguras de operación (caudal de hidrógeno menor que 1,25E-3 kg/h).

Tabla 2: Composición de gases de combustión.

Componentes	Fracción Molar a la salida del Reactor (4)	Fracción Molar a la Salida de la Turbina (7)
Hidrógeno	0,0000	0,0000
Oxígeno	0,1738	0,1773
Nitrógeno	0,7663	0,7687
Agua	0,0599	0,0540
Monóxido de Nitrógeno	0,0000	0,0000
Dióxido de Nitrógeno	0,0000	0,0000

Es importante destacar que el modelo de simulación de Gibbs verificó la ausencia de dióxido de carbono y monóxido. Gases que no son esperables de encontrar ya que el hidrógeno no posee átomos de carbono que puedan oxidarse con el oxígeno. En la tabla se puede apreciar que la mayor proporción de gases está dada por el nitrógeno y oxígeno libre que se obtienen del proceso de combustión como consecuencia de emplear un exceso de aire que asegure una combustión completa (sin sobrante de combustible en los productos de la combustión). Además, se aprecia que el hidrógeno libre es 0 ya que se convirtió totalmente en agua al oxidarse con el oxígeno, verificándose la combustión completa.

Se varió el caudal de hidrógeno para poder ver qué sucede con la temperatura a la salida del reactor y de la turbina y se construyó un gráfico de variación de parámetros (Figura 3).

Tabla 3: Variación de parámetros termodinámicos según caudal de hidrógeno.

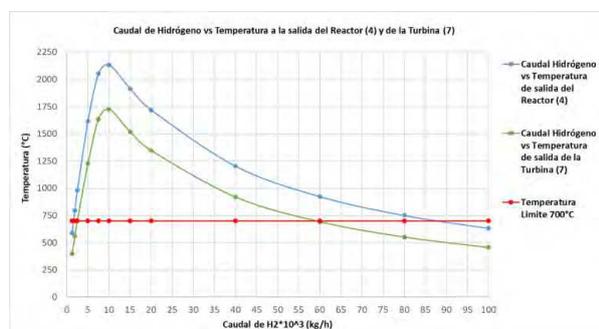
Caudal de Hidrógeno*10 ³ kg/h	Temperatura a la Salida del Reactor (4) °C	Temperatura a la Salida de la Turbina (7) °C
1,250	592,1	400,4
1,875	794,4	557,8
2,500	982,5	706,5
5,000	1616	1225
7,500	2051	1633
10,00	2133	1726
15,00	1915	1518
20,00	1719	1346
40,00	1203	919,2
60,00	924,2	692,2
80,00	751,3	551,8
100,0	633,7	456,4

no es usar al hidrógeno como enfriador de la corriente "4", sino usarlo como combustible y evitar que quede sin combustionar. Por lo tanto, se deben utilizar caudales de hidrógeno inferiores a 1,25E-3 kg/h, para así poder utilizarlo al máximo sin tener desperdicios, que cumpla su función y tampoco supere la temperatura máxima admisible por la turbina.

Se concluye comenzar los ensayos en la turbina con un caudal de hidrógeno inferior a 1,25E-3 kg/h, que en condiciones de presión 2,5 bar y temperatura 23 °C equivale a 0,006104 m³/h.

Modificaciones realizadas en la turbina

La primera modificación realizada en la turbina fue la independización del sistema de inyección de combustible del sistema de lubricación. Originalmente la turbina fue diseñada para operar con una mezcla de combustible líquido y aceite. El aceite es mezclado con el combustible y por este motivo se puede usar el mismo circuito de inyección. Dado que el hidrógeno es un combustible gaseoso, para poder operar con el mismo y mantener la lubricación de los cojinetes, se debió separar al aceite del combustible y cada uno usar cañerías independientes. Estos cambios pueden apreciarse en las figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

**Figura 3: Variación de los parámetros termodinámicos.**

En la primera parte del gráfico (caudal de hidrógeno < 1,25E-3 kg/h) la temperatura permanece por debajo del límite admisible debido a que el exceso de aire actúa como refrigerante en el proceso de combustión. A su vez en esta etapa, se asegura un quemado completo del hidrógeno sin superar el valor máximo admisible de 700 °C.

En la segunda etapa, el caudal de hidrógeno es superior a 1,25E-3 kg/h y el exceso de aire no es suficiente para mantener la temperatura de salida de los gases de combustión por debajo del límite de 700 °C.

Lo que sucede en la tercera parte es que hay un exceso de hidrógeno a la entrada del reactor, haciendo que este pase a ser un refrigerante. La idea

**Figura 4: Nueva cañería de lubricación y montaje.**

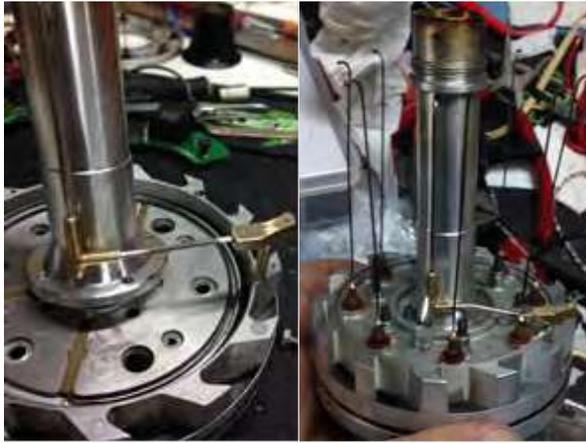


Figura 5: Nueva cañería de lubricación y montaje.

La segunda modificación que se realizó en la turbina fue la de reemplazar el tanque de combustible líquido por un cilindro de hidrógeno. Además, se instaló una válvula reguladora de presión y una de caudal.



Figura 6: Cilindro de hidrógeno.



Figura 7: De izquierda a derecha, válvulas reguladoras de caudal y presión.



Figura 8: Línea de inyección de hidrógeno.

Finalmente, se removieron las electroválvulas originales de la turbina ya que las mismas no permitían la circulación del caudal volumétrico de hidrógeno suficiente para aumentar la aceleración en la misma. En su reemplazo, se instaló una pieza de aluminio con dos entradas tipo FESTO de 4mm para lograr mayor circulación de caudal de hidrógeno. Esto se verificó mediante un primer ensayo en la turbina luego de implementar las modificaciones descriptas anteriormente.



Figura 9: Nueva pieza con conexiones FESTO para la entrada de H₂ a la turbina.

Primer ensayo realizado en la turbina

Una vez implementadas las primeras dos modificaciones descritas anteriormente, se realizó un ensayo para probar el funcionamiento de los nuevos componentes. De este ensayo se pudo confirmar el correcto funcionamiento de los componentes que integran el nuevo sistema de lubricación y del nuevo sistema de inyección de combustible. Sin embargo, la turbina solamente pudo acelerarse hasta 17.200 RPM inyectando hidrógeno a 6 kg/cm² de presión. En estas condiciones de operación la temperatura de los gases de combustión (principalmente vapor de agua) fue inferior a 700 °C.

Esta situación se explica por las electroválvulas originales de la turbina, que fueron diseñadas para combustible líquido y no permiten la circulación suficiente de caudal de hidrógeno por las mismas.

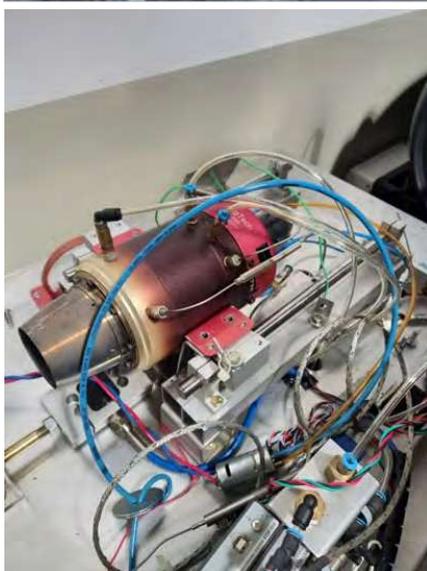


Figura 10: Primer ensayo en la turbina realizado el 27/11/2021.

Segundo ensayo realizado en la turbina

El segundo ensayo realizado el 13/06/2022, permitió verificar la funcionalidad de las conexiones tipo FESTO en reemplazo de las válvulas solenoides. Bajo esta configuración la turbina pudo acelerarse hasta 21.000 RPM, inyectando hidrógeno a 6 kg/cm² de presión. La temperatura de los gases de combustión (Principalmente vapor de agua) fue 590 °C. Si bien con la modificación de las válvulas solenoides se logra un 22% más de aceleración, el diámetro de los inyectores de la cámara de combustión de la turbina, no permiten la llegada de suficiente caudal de hidrógeno. Por lo tanto, para poder alcanzar la máxima aceleración de 130.000 RPM se deben reemplazar los inyectores e instalar nuevos de mayor diámetro.

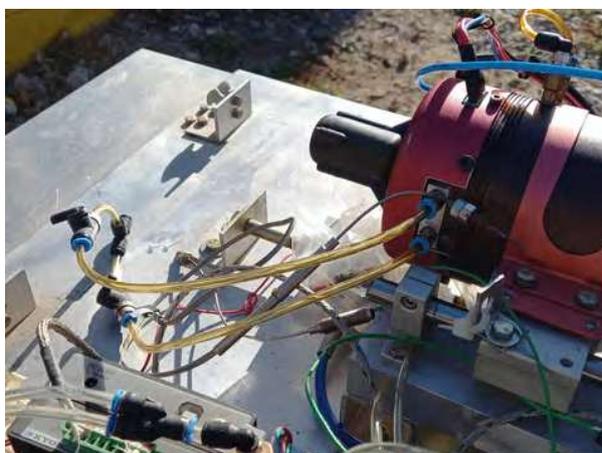


Figura 11: Segundo ensayo en la turbina realizado el 13/06/2022.

CONCLUSIONES

Se demuestra empíricamente que es posible utilizar hidrógeno en este tipo de turbinas. Para ello, fue necesario realizar modificaciones, principalmente en el circuito de inyección de combustible y de lubricación, que permitieron alcanzar una aceleración de 21.000 RPM.

Es importante destacar que para alcanzar la máxima aceleración de 130.000 RPM es necesario modificar los inyectores de la cámara de combustión de la turbina, reemplazándolos por inyectores de mayor diámetro a los efectos de permitir mayor llegada de caudal de hidrógeno. Sin embargo, a los niveles de aceleración y potencia alcanzados, no se observaron diferencias importantes con el hidrógeno, pudiendo este combustible respetar las condiciones de presión-temperatura máximas admisibles (Temperatura inferior a 700 °C y presión de 6 kg/cm²).

Además, en el corto plazo, no se observa deterioro en los componentes internos. Para una operación más prolongada a máxima aceleración, es necesario modificar el diámetro de los inyectores y continuar los ensayos de manera intensiva.

AGRADECIMIENTOS

El equipo de investigación agradece a la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional y al Departamento de Ingeniería Industrial de dicha regional.

REFERENCIAS

- [1] Naciones Unidas, Acuerdo de París, 2016.
- [2] Linde, Ficha técnica “Hidrógeno”.
- [3] Ensayo de Turbina a Gas Kingtech K-100 con Biodiesel, Nicolás Lipchak, Franco Aiducic, Santiago Baieli, Gastón Bustamante y Ayelén Zanitti, Revista Proyecciones, Vol°16 – 2018.
- [4] Ensayo de Turbina a Gas Kingtech K-100 con Biodiesel, Nicolás Lipchak, Franco Aiducic, Santiago Baieli, Gastón Bustamante y Ayelén Zanitti, Revista Argentina de Ingeniería, Vol°13 – 2019.
- [5] Kawasaki Hydrogen Road, 2018, <https://global.kawasaki.com/en/hydrogen/>
- [6] IPCC, “Special Report: Global Warming of 1.5°C,” October 2018, <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- [7] EU Turbines, “Gas Turbines: Driving the transition to renewable-gas power generation,” 2019, <https://powertheeu.eu/>
- [8] Shell Deutschland Oil GmbH, “Shell Hydrogen Study”, 2017.
- [9] Lindman, O., “SGT-750 Fuel Flexibility: Engine and Rig Tests,” GT2017-63412, Proceedings of the ASME Turbo Expo 2017: Turbomachinery Technical Conference and Exposition GT2017, Charlotte, NC, USA, June 2017.
- [10] Lam, K.K. and Parsania, N., “Hydrogen enriched combustion testing of Siemens SGT-400 at high pressure conditions,” 2016, GT2016-57470, Proceedings of ASME Turbo Expo 2016: Turbomachinery Technical Conference and Exposition GT2016.

La ingeniería en el programa "Historia y Memoria de la UBA"

Cornejo, Jorge Norberto; Roble, María Beatriz; Roux, Patricia y Barbiric, Dora

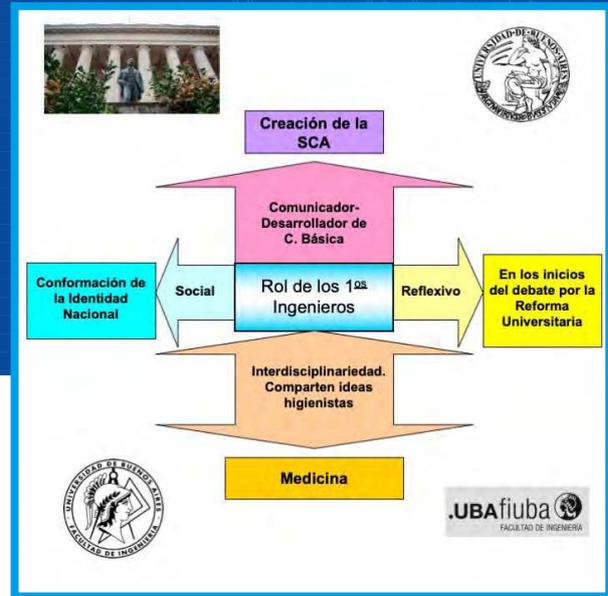
Gabinete de Desarrollo de Metodologías de Enseñanza (GDME) –
Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires

Contacto: mognitor1@yahoo.com.ar

RESUMEN

Dentro de la historia de la enseñanza de las ciencias y de la tecnología en la Argentina, el estudio del siglo XIX es fundamental, pues permite comprender las bases sobre las que se asienta la educación científico-tecnológica actual. En tal sentido, como parte de la Programación "Historia y Memoria de la UBA", período 2016-2017, se desarrolló un proyecto dirigido a investigar la génesis de la enseñanza de la Ingeniería en la Universidad de Buenos Aires, denominado "Los primeros pasos de la Ingeniería en la Universidad de Buenos Aires (1821-1910)". En el presente trabajo se describen los resultados obtenidos en dicho proyecto. Se establece cómo la enseñanza de la Ingeniería en la UBA resultó funcional al propósito de construir una identidad nacional definida y se determina el rol social históricamente concedido a la Ingeniería por los profesionales egresados de la UBA, en el período de interés. Se estudia la relación existente entre la actividad de los primeros ingenieros y el desarrollo de las ciencias básicas en la Argentina, así como en la conformación de la Sociedad Científica Argentina. Destaca el importante rol desempeñado por algunos ingenieros en la Reforma Universitaria. Se encontró que existió un vínculo notable entre la Ingeniería y el desarrollo de la medicina, a partir de la adscripción de los primeros ingenieros a las ideas del higienismo. En síntesis, los primeros pasos de la Ingeniería no se limitaron a la actividad específica de la disciplina, sino que se vincularon con numerosas áreas y actividades del período formativo de la nación.

Palabras clave: Universidad de Buenos Aires, historia, higienismo, Sociedad Científica Argentina.



ABSTRACT

Within the history of science and technology teaching in Argentina, the study of the 19th century is fundamental, since it allows us to understand the foundations on which current scientific-technological education is based. In this sense, as part of the Programming "History and Memory of the UBA", period 2016-2017, we developed a project aimed at investigating the genesis of engineering education at the University of Buenos Aires, called "The first steps of Engineering at the University of Buenos Aires (1821-1910)". The present work describes the results obtained in this project. We establish how the teaching of engineering at the UBA was functional in order to build a defined national identity, and we determine the social role historically granted to engineering by the professionals who graduated from the UBA, in the period of interest. We study the relationship between the activity of the first engineers and the development of basic sciences in Argentina, as well as in the formation of the Argentine Scientific Society. We highlight the important role played by some engineers in the University Reform. We found that there was a remarkable link between engineering and the development of medicine, beginning with the ascription of the first engineers to the ideas of hygienism. In summary, we show how the first steps of engineering were not limited to the specific activity of the discipline, but were linked to numerous areas and activities of the formative period of our nation.

INTRODUCCIÓN

Dentro de la historia de la enseñanza de las ciencias y de la tecnología en la Argentina, el estudio del siglo XIX es fundamental, pues permite comprender las bases sobre las que se asienta la educación científico-tecnológica actual. En tal sentido, como parte de la Programación "Historia y Memoria de la UBA", período 2016-2017, en el Gabinete de Desarrollo de Metodologías de Enseñanza (GDME) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA) se desarrolló un proyecto dirigido a investigar la génesis de la enseñanza de la Ingeniería en el país, denominado "Los primeros pasos de la Ingeniería en la Universidad de Buenos Aires (1821-1910)". Dada la amplitud de tal objetivo la investigación estuvo guiada por preguntas específicas, que serán planteadas en el curso del presente trabajo.

Puede hablarse, en forma tangencial, de un primer intento de enseñanza de la Ingeniería en las escuelas y academias de matemática que, con suerte dispar, se fundaron en Buenos Aires entre 1813 y 1816. La matemática era percibida como una disciplina cuya importancia se medía en términos de su papel auxiliar frente al desarrollo de las materias relacionadas con la Ingeniería.

Por un edicto del 9 de agosto de 1821 fue fundada la Universidad de Buenos Aires (UBA), dividida en cinco departamentos. El Departamento de Matemáticas absorbió las escuelas y academias que mencionamos previamente; de cualquier modo, todavía no se llegaron a formalizar carreras de Ingeniería. En 1855 el ingeniero francés Carlos E. Pellegrini propuso al entonces rector de la UBA, José María Gutiérrez, crear la carrera de Ingeniería, con el objetivo declarado de "formar en su seno ingenieros y profesores, fomentando la inclinación a estas carreras de tanto porvenir e importancia para el país" [1]. La referencia a "ingenieros y profesores" permite intuir una relación seminal existente entre la Ingeniería y la docencia, en el Sistema Educativo Argentino. Esta relación se advierte en el hecho de que un porcentaje importante de textos escolares de matemática, física, química y disciplinas afines, orientados para el nivel medio, fueron, en las primeras décadas del siglo XX, redactados por ingenieros [2].

En 1865 se reinstaló el Departamento de Ciencias Exactas, que había sido suspendido durante el gobierno de Juan Manuel de Rosas. El decreto del gobernador Mariano Saavedra del 16 de junio del referido año, establece "...en la Universidad de Buenos Aires un Departamento de Ciencias Exactas, correspondiendo la enseñanza de las matemáticas puras y aplicadas, y de la historia natural". Este Departamento, que se constituiría en la primera escuela de Ingeniería de la Argentina, fue concebido como una institución tecno-científica en el estilo de los institutos

franceses. En ellos las ciencias básicas jugaban un rol preponderante en la formación del ingeniero; la tecnología era percibida como una consecuencia directa de un buen dominio de aquellas. Estos primeros ingenieros, formados con un fuerte matiz científico, encontraron dificultades para su asimilación por la industria, que requería profesionales con un perfil más técnico. Sin embargo y a despecho de tal situación, el hecho de contar con los primeros ingenieros formados en el país transformó al Departamento en una institución fundamental para la consolidación del estado-nación argentino. El primer graduado fue Luis Augusto Huergo en 1866. Su diploma, fechado el 6 de junio de 1870, lo habilita como "Ingeniero de la Escuela de esta Universidad en la Facultad de Ciencias Exactas".

Por decreto del 26 de marzo de 1874 se modificó el estatuto de la UBA, creándose cinco facultades. El Departamento de Ciencias Exactas se dividió en la Facultad de Matemática y la Facultad de Ciencias Físico-Naturales. La primera otorgaba títulos de Ingeniero Civil y, desde 1878, de Ingeniero Geógrafo, Arquitecto y Doctor en Matemática. El decreto nacional del 7 de febrero de 1881 estableció que: "Quede entre tanto refundada la Facultad de Matemáticas con la de Ciencias Físico-Naturales, establecidas por el decreto del 26 de marzo de 1874".

En 1887, durante una discusión en el Consejo Superior de la UBA, el Rector advirtió que detectaba en la Facultad la "tendencia de transformarse en escuela politécnica cuando en realidad debía ser un instituto en que se diera la enseñanza superior de las ciencias exactas, físicas y naturales con prescindencia de sus aplicaciones prácticas". Esta declaración, teniendo en cuenta que el 90% de la población de la Facultad estaba conformada por estudiantes de Ingeniería, pone de relieve y generaliza lo que habíamos dicho a propósito de la relación entre Ingeniería y Matemática.

Ortiz *et al.* [3], entre otros autores, describen la actitud poco proclive a la promoción de las ciencias teóricas presentada por la carrera de Ingeniería no como una hostilidad particular hacia las ciencias básicas, sino debida a la necesidad de formar ingenieros argentinos capaces de desempeñarse eficazmente en la práctica industrial.

El conflicto entre ciencia "pura" e Ingeniería es consecuencia de la concepción epistemológica sostenida acerca de la naturaleza del conocimiento tecnológico y del conocimiento científico. En particular, el reconocimiento de la peculiaridad del primero implica que éste, aunque pueda aplicar ciencia, no puede ser considerado sólo como ciencia aplicada.

Aquí surge una cuestión muy interesante, relacionada con una institución fundacional para la actividad científico-tecnológica en nuestro país: la

Sociedad Científica Argentina (S.C.A.). Fundada en 1872, casi ninguna de las actividades vinculadas con la ciencia o el pensamiento humano en general le han sido ajenas, y en la actualidad continúa realizando una importante labor de promoción y difusión del conocimiento. Entre sus intereses siempre destacó no sólo la ciencia básica, sino también, y fundamentalmente, la ciencia aplicada y todo lo vinculado con el desarrollo industrial y tecnológico.

Lo significativo para nosotros es que los fundadores y primeros miembros de la S.C.A. fueron, en su gran mayoría, ingenieros. Por lo tanto, a través del estudio de las primeras publicaciones de la S.C.A. podemos comprender el pensamiento y la postura que, frente a la ciencia, la tecnología y la sociedad sostuvieron los primeros profesionales de la Ingeniería en la Argentina. Específicamente, nos preguntamos: *¿de qué forma la enseñanza de la Ingeniería en la UBA resultó funcional al propósito de construir una identidad nacional definida? ¿cuál fue el rol social históricamente concedido a la Ingeniería por los profesionales egresados de la UBA, en el período de interés? ¿qué relación existió entre la actividad de los primeros ingenieros y el desarrollo de las ciencias básicas en la Argentina?*

Para cerrar esta síntesis histórica, acabe agregar que los estatutos universitarios de 1891 cambiaron el nombre de la Facultad de Ciencias Físico-Naturales a "Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales", que conservó hasta 1952, cuando, por decreto nacional, se dividió la facultad en dos: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Facultad de Ingeniería.

Paralelamente a la génesis de la carrera de grado, hubo intentos de establecer posgrados en Ingeniería, por ejemplo el Doctorado en Matemática que, en la práctica, funcionaba como uno de los referidos posgrados. Esto parece no coincidir con la afirmación de Sobrevila [4], para quien el "cuarto nivel" de la educación en Ingeniería ha sido sistemáticamente dejado de lado.

Existen dos puntos más que interesa considerar, relacionados con la actividad de los ingenieros en el período que nos ocupa.

En primer lugar, la Ingeniería tuvo en la época en cuestión una relación muy estrecha con la medicina, suscribiendo ambas disciplinas las doctrinas del higienismo. Nos preguntamos: *¿cómo se reflejaron las ideas del higienismo en las primeras tesis publicadas por los ingenieros recibidos en la UBA?*

Finalmente, en 1918 tendría lugar el hito que se conoce como la Reforma Universitaria. Este trascendental acto aconteció después del período que nos ocupa; sin embargo, previamente hubo una importante participación de ingenieros en discusiones y debates que precedieron la Reforma propiamente dicha. Preguntamos: *¿cuál era la postura de*

los primeros ingenieros frente a las ideas seminales que luego germinarían en la Reforma?

LOS INGENIEROS EN LA S.C.A.

Una de las acciones más destacadas de la S.C.A. es la publicación ininterrumpida, desde 1876, de "Los Anales de la Sociedad Científica Argentina". Su objetivo declarado era y sigue siendo despertar el interés por la ciencia y la técnica y atraer al público en general hacia el estudio de estas disciplinas.

Los Anales constan, hasta el presente, de 235 volúmenes y constituyen la recopilación más completa de los trabajos relacionados con los estudios científico-tecnológicos realizados en nuestro medio, incluyendo también reseñas y síntesis de publicaciones efectuadas en otros países de América Latina y en el mundo en general.

Especialmente, los primeros ejemplares de los Anales constituyen una fuente inestimable para comprender el desarrollo de la ciencia y la tecnología en la Argentina. En ellos encontramos discusiones sobre la naturaleza y el rol social de la ciencia y de la tecnología, aplicaciones industriales del conocimiento científico, acalorados debates sobre los últimos descubrimientos y presentaciones de conceptos y teorías hoy largamente superados, pero que presentan un indudable valor histórico. En todos los casos abordados, el denominador común es transformar la ciencia y la tecnología en instrumentos útiles tanto para el desarrollo del Estado-Nación como para la conformación del ciudadano "moderno" y la consolidación de la identidad nacional.

Las declaraciones de los Anales del Segundo Semestre de 1876, Tomo II, p. 128-130 [5] nos permiten comprender cuál era el espíritu que imperaba en estos primeros pasos de la S.C.A. en general y de los Anales en particular, espíritu que podemos sintetizar en estas ideas básicas:

a) no planteaban separación entre ciencia e Ingeniería, dado que, por una parte, aún no se había desarrollado una diferenciación epistemológica clara entre conocimiento científico y conocimiento tecnológico y, por otra, el momento del país requería el trabajo conjunto de ambas.

b) la ciencia y la tecnología se concebían como actividades dirigidas con un objetivo social, orientadas al desarrollo industrial y humano del país. Por ello se realizaban numerosas visitas a fábricas, con el propósito de asociar ciencia e industria y promover las iniciativas locales, y dichas visitas de los miembros de la S.C.A., en su mayoría ingenieros, se complementaban con informes de opinión ante organismos públicos que versaban sobre los resultados de esta incipiente, pero creciente, actividad industrial local. También se efectuaban recomen-

daciones sobre distintos modos de apoyo y promoción a las industrias, por ejemplo, la exención de impuestos a aquellas que reemplazaran materias primas importadas por nacionales, o implementar un procedimiento de fabricación más moderno y eficiente. Se advierte con claridad la presencia de un gran optimismo tecnológico.

Por lo tanto, la Ingeniería, en la visión de la S.C.A., encarnaba un medio para el desarrollo socio-económico de la temprana Nación Argentina, el que iba aparejado con el desarrollo simbólico de los valores y el pensamiento que caracterizaban al ciudadano "moderno", heredero del espíritu emprendedor de las revoluciones que habían tenido lugar en América algunas décadas antes.

EL HIGIENISMO

Esta construcción de valores simbólicos se apoyaba en una ideología: el higienismo, doctrina imperante en materia de salud en la Argentina del período que nos ocupa, tanto desde el punto de vista médico como en todo lo relativo a la calidad de vida de la población. La doctrina higienista servía como una forma de aplicación científica del interés por la construcción del Estado-Nación y de los ciudadanos "modernos", sus habitantes. La idea de integración social, que giraba en torno a las nociones positivistas de orden y progreso, se plasmaba a través de la higiene social dirigida hacia el disciplinamiento de los sujetos en el ordenamiento social propuesto. De esta forma el higienismo suministró al urbanismo sus bases epistemológicas y dentro de este contexto, los ingenieros desempeñaron un rol fundamental, expresado en las obras e intervenciones sobre el espacio urbano que llevaron a cabo.

La relación entre Ingeniería e Higienismo se advierte en las primeras tesis presentadas para acceder al título de ingeniero, entonces otorgado por la Facultad de Ciencias Físico-Naturales. Por ejemplo, la tesis N° 1, presentada por Valentín Balbín (1851-1901) en 1870, se titula "Aguas corrientes (especialmente sobre las obras de Buenos Aires)". La tesis tuvo especial relevancia dado que en 1870 se estaba desarrollando el tercer brote de fiebre amarilla en la Ciudad de Buenos Aires, por lo cual el gobierno convocó a Balbín para participar del proyecto de construcción del puerto de la Ciudad, una de las vías de ingreso del virus.

Algunas expresiones vertidas por Balbín en dicha tesis son significativas: la presentación de la hidráulica como una nueva ciencia que no debe ser monopolizada por pocos ingenieros, y la consideración del suministro de agua "pura" para consumo e higiene con idea de equidad social cuando expresa que "*No se concibe en nuestro globo la existencia de*

seres organizados sin la existencia de este precioso elemento" [6].

La metáfora higienista del "agua purificadora" era utilizada con frecuencia. Por ejemplo, la tesis N° 5, presentada por Luis Silveyra Olazábal (1849-1902) también en 1870, se titula "Mejoras de las vías públicas de la Ciudad de Buenos Aires" y en ella Silveyra estudió los diversos tipos de pavimentación aplicables en la ciudad, junto a la forma de implementarlos en la práctica. El problema estudiado destacaba por su doble valor urbanístico y sanitario, pues los charcos que se formaban en las calles eran principalmente focos en los que se desarrollaba el mosquito transmisor de la fiebre amarilla, de donde aquí aparece, indirectamente, la cuestión de la purificación del agua. Respecto de lo precedente, se debe aclarar que el hacer referencia a los mosquitos transmisores de la fiebre es sólo una lectura efectuada desde la óptica contemporánea. Y es en su tesis que tenemos, en palabras de un ingeniero, expuesta con toda claridad la base de la denominada "teoría miasmática" [7], concepto fundamental del higienismo. Se pueden incluso mencionar otros ejemplos. En la tesis de Domingo Krause [8] se habla de las propiedades de "miasmas y materias mórbidas" (p. 17) y se explica que los miasmas pueden ser causa de combustiones (p.30).

Así además esto indica que, entre los ingenieros higienistas no existió una posición única: Silveyra y Krause se manifiestan más cerca de la teoría miasmática en su forma estricta, mientras que Balbín no refiere explícitamente a los miasmas ni llega jamás a emplear esa palabra. Inclusive, en tesis del mismo período, como la de Félix Amoretti, no sólo no se menciona a los miasmas sino que se indica, no sin cierta ambigüedad, como los causantes de las enfermedades a los "gérmenes y partículas infecciosas". Finalmente, hacia 1910 las referencias a los miasmas prácticamente desaparecen.

HIGIENISMO, INGENIERÍA Y URBANISMO

Según Paiva [9] la Ingeniería y el Higienismo fueron las dos disciplinas fundamentales que hacia la segunda década del siglo XIX contribuyeron a la conformación de las ciudades como medios urbanos y, refiriéndose específicamente a la Ciudad de Buenos Aires, afirma que esto fue paralelo al proceso de consolidación tanto del aparato comunal como de los cuerpos profesionales dedicados a concebir y llevar a la práctica las políticas de higiene urbana. Estos cuerpos profesionales fueron principalmente los ingenieros y arquitectos, por un lado, y los médicos, por otro, de donde todos ellos debieron experimentar un proceso equivalente de formación.

En forma similar se expresa Novick [10] cuando afirma que eran necesarias herramientas para im-

poner orden y racionalidad en la ciudad, y que tales herramientas debían estar en manos de especialistas capaces de fundar científicamente la decisión política, para paliar así los conflictos socio-espaciales de la joven metrópolis. Estos especialistas fueron precisamente los ingenieros. Y agrega que la confluencia de Higiene e Ingeniería dio origen al desarrollo de disciplinas tales como la Ingeniería sanitaria y la Higiene social, agrupadas a su vez en lo que se conoció como "Ingeniería municipal", la que reclamaba la realización de obras públicas que mejoraran la calidad de vida de la población.

Se puede, sin embargo, discutir si realmente la Ingeniería de la época se encontraba efectivamente consciente de su asociación conceptual con los principios higienistas. Volviendo a los Anales de la S.C.A., de todos los artículos publicados entre 1874 y 1980, solamente cuatro contienen en su título la palabra "higiene" o sus derivados, si bien numerosos trabajos refieren a conceptos higiénicos.

La respuesta a lo anterior se encuentra analizando las primeras tesis presentadas para optar al título de ingeniero. En la tesis de Vicente Isnardi se dice que, en la época que nos ocupa, para diseñar una ciudad "*los intereses de higiene sobrepasan ahora a los de Defensa*". En la tesis busca explícitamente que las ciudades sean más sanas, el aire más vivo, más puro (principio básico del higienismo) y que el subsuelo no genere condiciones demasiado húmedas, y por consiguiente anti-higiénicas [11].

En la ya mencionada tesis de Luis Silveyra, se halla la relación entre higiene y desarrollo social y leemos: "*Esta razón es la higiene pública que está constantemente atacada*" [se refiere a la razón para ocuparse de las problemáticas urbanas] [12].

Por lo dicho previamente se aprecia que el interés por el higienismo obedecía a una conjunción entre problemáticas concretas y la necesidad de imponer "orden y progreso" en la ciudad "moderna". En particular, el crecimiento demográfico urbano planteaba una problemática sustantiva en relación con lo habitacional. Las ciudades, especialmente Buenos Aires, no estaban preparadas para este aumento debido a la creciente inmigración y por ende a la proliferación de conventillos. Esto creaba problemas derivados del hacinamiento: mayor generación de residuos, falta de luz y aireación en las viviendas, promiscuidad, contagio de enfermedades. Se consideraba por entonces a la enfermedad como un fenómeno social que abarcaba todos los aspectos de la vida humana, y se buscaba su origen en factores ambientales.

Por supuesto, todo esto se dio en el marco de la interrelación entre distintas profesiones. Ya habíamos referido la opinión de Paiva acerca de la analogía existente en la conformación de las corporaciones profesionales de ingenieros y médicos.

De acuerdo con la misma autora, cuando la higiene se conceptualizó como ciencia, uno de sus rasgos distintivos durante el siglo XIX fue la organización interdisciplinaria, que comprendía a médicos, químicos e ingenieros. Creemos que Urteaga [13] ya en 1920 sintetiza adecuadamente esta relación al considerar a la higiene social como una sociología normativa.

Según Pons Peña [14] en los Anales de la S.C.A. "*resonaban los temas tratados por higienistas, ingenieros y arquitectos acerca de la ciudad del fin del siglo XIX*", y fue en el seno de la S.C.A. donde se organizaron las corporaciones profesionales, incluidas las de ingenieros y médicos, promovidas por sus propios miembros. El siglo XIX no generó en la Argentina instituciones educativas y científicas aisladas, sino una vasta red conformada por la S.C.A., la Universidad y distintos niveles y estamentos profesionales.

Se trató, en realidad, de una relación bi-direccional, dado que los conflictos urbanos y sociales de Buenos Aires contribuyeron a la consolidación de los diferentes grupos profesionales, principalmente los correspondientes a ingenieros y arquitectos. A su vez, las reuniones de estos grupos se llevaban a cabo en los salones de la S.C.A., en los que se constituyó en 1897 el Centro Argentino de Ingenieros. Estos profesionales estaban, además, estrechamente ligados a la gestión pública y a la vida universitaria de la época. Surge así una red que trasciende aún lo bi-direccional, conformando un complejo entramado conformado por cuatro nodos principales: S.C.A. – Corporaciones profesionales – Universidad – Estado-Nación, de donde la construcción de todas y cada una de estas instancias institucionales no puede estudiarse sin tomar en cuenta a las restantes.

LA INGENIERÍA EN LA REFORMA UNIVERSITARIA

Hacia 1898, el Ingeniero Ángel Gallardo, en ese momento Tesorero y un miembro muy activo de la S.C.A., convocó a un grupo de 23 importantes personalidades de la actividad académica y científica, todos directivos o profesores de las cuatro facultades entonces existentes en la UBA con el objetivo de buscar respuestas a una serie de cuestiones vitales para la universidad, incluyendo temas tales como la autonomía y la gratuidad. El criterio de selección obedeció a una representación numérica aproximadamente proporcional al personal académico y docente de cada facultad: 11 de Medicina; 5 de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; 4 de Filosofía y Letras y 3 de Derecho y Ciencias Sociales.

Cabe destacar que Ángel Gallardo era un fiel exponente de los ideales de la S.C.A., en el sentido de resaltar el valor educativo y social de la ciencia, así

como la utilidad de la misma para la solución de los problemas concretos de la sociedad. Años más tarde, en 1931, Gallardo sería rector de la UBA, elegido por unanimidad por los tres claustros de estudiantes, profesores y graduados, a pesar de que, paradójicamente, en ese momento sus ideales parecían haberse modificado, transformándose en un ácido crítico de la Reforma de 1918 y pronunciando declaraciones que mostraban su intención de convertir a la Universidad en un centro de formación de la élite dirigente, limitando el ingreso a la misma de estudiantes provenientes de la clase obrera.

La idea de la convocatoria surgió como consecuencia del proyecto de ley para la organización general universitaria presentado a la cámara baja por el diputado conservador por Tucumán Eliseo Cantón. Cantón, médico de profesión y académico y profesor de la Facultad de Medicina de la UBA tuvo una participación intensa en la vida universitaria argentina, siendo uno de los impulsores de la creación de la Facultad de Ciencias Económicas de la UBA.

Si bien Gallardo observa algunas deficiencias en el proyecto de Cantón, considera que la discusión del tema es importante para un pueblo en formación. También señala que, aunque la enseñanza universitaria argentina había realizado en su época grandes progresos, centrados en la mejora de los planes de estudio, la selección del personal docente y la creación de gabinetes y laboratorios modernos, junto a numerosas mejoras edilicias, todavía quedaba mucho por hacer, para lo cual se necesitarían acuerdos entre la organización universitaria existente y los adelantos de los institutos que la formaban.

En la convocatoria a discutir los parámetros de una posible reforma universitaria, Gallardo consideraba fundamental que ésta sirviese a la consolidación de la nacionalidad, en consonancia con los ideales sustentados en la época por la S.C.A. Hoy, por supuesto, podríamos discutir si la construcción de una identidad nacional propia no dependería más de la educación del pueblo que de la conformación de una clase dirigente siempre tendiente a la consolidación de una élite ocupada principalmente en la defensa de sus propios intereses, discusión que también, en una forma velada, se dio en el interior de la S.C.A.

Todo esto impulsó al Ing. Ángel Gallardo a promover la convocatoria en cuestión.

El debate fue publicado el mismo año 1898 en los Anales de la Sociedad Científica Argentina, con el sugestivo título de "La Reforma Universitaria" [15].

Las cuestiones planteadas por Gallardo fueron:

1. ¿Conviene reformar la actual organización universitaria?
2. ¿Debe o no ser gratuita la enseñanza superior?

3. ¿Puede implantarse desde luego la completa autonomía de nuestras universidades?
4. Admitiendo una intervención del Estado, ¿debe ésta ejercerse sobre cuestiones administrativas (inversión de fondos, etc.), o sobre el nombramiento y destitución de los profesores?
5. ¿Conviene dividir el actual "tesoro universitario" en "fondos facultativos", recordando que hay facultades con muchos alumnos y pocos gastos, y recíprocamente?

Los ingenieros presentes en la discusión fueron Carlos Duncan, Otto Krause, Domingo Selva y Luis Silveyra. Sus aportes a la reunión pueden verse en [16].

En general, todos concibieron la reforma universitaria como una forma de contribución a la construcción del Estado-Nación como entidad a la vez jurídica y simbólica, sostenida por el ciudadano "moderno", educado y progresista, y por una clase dirigente nacional ilustrada, formada en los claustros universitarios.

EN SÍNTESIS

A partir de este proyecto de investigación histórica se pudo establecer:

a) la enseñanza de la Ingeniería en la UBA resultó funcional al propósito de construir una identidad nacional definida, y los ingenieros adquirieron un rol social de gran relevancia.

b) fue fundamental la actividad de los primeros ingenieros para el desarrollo de las ciencias básicas en la Argentina, así como en la conformación de la S.C.A.

c) existió un vínculo notable entre la Ingeniería y el desarrollo de la Medicina, a partir de la adscripción de los primeros ingenieros a las ideas del higienismo.

d) algunos ingenieros desempeñaron un rol importante en las instancias seminales previas a la Reforma Universitaria.

En síntesis, los primeros pasos de la Ingeniería no se limitaron a la actividad específica de la disciplina, sino que se vincularon con numerosas áreas y actividades del período formativo de la Argentina.

REFERENCIAS

- [1] Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, publicado online en: <http://fcai.uncuyo.edu.ar/dia-del-ingeniero62>. Acceso: 25 de junio de 2021.
- [2] Comejo, J. (2000). Astronomía y Cosmografía en la Enseñanza Media. En S. Gvirtz (coord.), *El color de lo incoloro, miradas para pensar la enseñanza de las ciencias* (119-148). Noveduc, Buenos Aires.

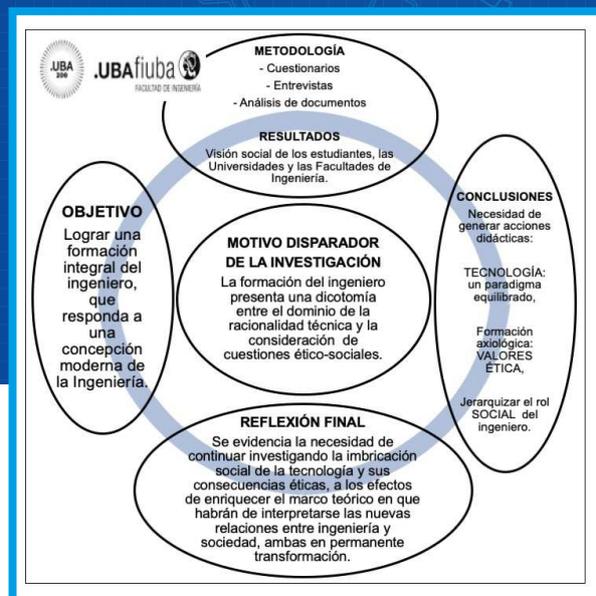
- [3] Ortiz, T.; Barbarosch, E. y Lescano Galardi, V. (2009). Consolidación del Estado Argentino y la educación universitaria. *Revista Electrónica del Instituto de Investigaciones "Ambrosio L. Gioja"*, III (4), 108-124.
- [4] Sobrevila, M. (1995). *La educación técnica argentina*. Academia Nacional de Educación. Buenos Aires, 13-29.
- [5] Cornejo, J.; Barrero, C.; Roble, M. B.; Roux, P.; Suárez Anzorena Rosasco, J. y Condorí, B. (2016). Los primeros pasos de la ciencia y la tecnología en la Argentina: los 'Anales de la Sociedad Científica Argentina'. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, 256 (2), 5-15.
- [6] Balbín, V. (1870). *Aguas corrientes (especialmente sobre las obras de Buenos Aires)*. *Disertación para optar por el título de Ingeniero*. Imprenta Americana, Buenos Aires, p. 4.
- [7] Silveyra, L. (1870). *Mejoras de las vías públicas de la Ciudad de Buenos Aires*. *Disertación presentada a la Universidad de Buenos Aires para optar al grado de ingeniero*. Imprenta Americana, Buenos Aires,
- [8] Krause, D. (1886). *Construcción de un hospital general para 250 camas*. *Proyecto presentado a la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas para optar al título de Ingeniero Civil*. Imprenta de M. Biedma, Buenos Aires, p. 30.
- [9] Paiva, V. (2016). Higienistas e ingenieros en la formación de la Municipalidad de Buenos Aires. La profesionalización de las actividades municipales entre 1852 y 1900, *DAAPGE*, 26, 111-126.
- [10] Novick, A. (2008). La ciudad como objeto de estudio y acción. Higienistas, ingenieros, arquitectos e instrumentos de planificación y gestión en Buenos Aires, *Registros, Revista Anual de Investigación del Centro de Estudios Arquitectónico-Urbanos*, 1 (1), 105-119.
- [11] Cornejo, J. et al (2016), op. cit.
- [12] Silveyra, L. (1870). *Mejoras de las vías públicas de la Ciudad de Buenos Aires*. *Disertación presentada a la Universidad de Buenos Aires para optar al grado de ingeniero*. Imprenta Americana, Buenos Aires.
- [13] Urteaga, L. (1986). Higienismo y ambientalismo en la medicina decimonónica, *Dynamis - Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarum Historiam Illustrandam*, Granada, 5-6, 417-425.
- [14] Pons Peña, E. (1983). *Centenario de la publicación del primer número de los Anales de la Sociedad Científica Argentina. 1876 – enero – 1976*, S.C.A., Buenos Aires.
- [15] Gallardo, Á. (1898). La Reforma Universitaria, *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, Entrega IV, Tomo XLVI, 193-222.
- [16] Cornejo, J.; Barbiric, D.; Roble, M. B. y Roux, P. (2019). "Un debate reformista en la Universidad de Buenos Aires anterior a 1918", en *La Reforma Universitaria de 1918: historia y proyección*, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, 108-123.

La formación ético-social de los futuros ingenieros

Jorge Norberto Cornejo, María Beatriz Roble, Patricia Roux, Carmen Barrero

Gabinete de Desarrollo de Metodologías de Enseñanza (GDME)
Facultad de Ingeniería – Universidad de Buenos Aires

Contacto: mognitor1@yahoo.com.ar



RESUMEN

La formación del ingeniero presenta una dicotomía entre el dominio de la racionalidad técnica y la consideración de cuestiones ético-sociales. Esto implica la necesidad de generar en los futuros profesionales una necesaria visión social, una adecuada formación en valores y una conceptualización de la tecnología que supere tanto las concepciones de neutralidad y racionalidad instrumental como aquellas de tipo puramente economicista. El tríptico visión social, formación axiológica, concepción equilibrada de la tecnología, coadyuva a la formación integral del ingeniero. Este trabajo describe las acciones realizadas en un proyecto de investigación educativa con el objetivo de determinar: a) ¿Cuál es la misión/visión/función de las facultades de Ingeniería? b) ¿Cómo puede generarse una educación en valores? c) ¿Cómo conciben la tecnología estudiantes y graduados? La metodología comprendió cuestionarios, entrevistas y análisis de documentos. Se concluye que: a) estudiantes carecen de una motivación de índole social que los haya guiado a estudiar Ingeniería; mayoritariamente los mueve la búsqueda de salida laboral; sin embargo, esperan que tal visión les sea otorgada por la facultad; b) los aspectos sociales de la misión/visión/función de las universidades refieren princi-

palmente a la respuesta a las necesidades regionales; c) en los planes y programas son escasas las referencias a la ética de la tecnología; d) predomina la concepción de la tecnología como ciencia aplicada. Estas conclusiones pueden establecer pautas para determinar estrategias para incorporar la problemática ético-social en materias básicas de la carrera, a efectos de responder este interrogante integrador: ¿cómo pasar de la teoría a la práctica?

ABSTRACT

The engineering training presents a dichotomy between the domain of technical rationality and the consideration of ethical-social issues. This implies the need to generate in future professionals a necessary social vision, adequate training in values and a conceptualization of technology that goes beyond both the conceptions of neutrality and instrumental rationality and those of a purely economic type. The triptych social vision, axiological training, balanced conception of technology, contributes to the integral training of the engineer. This work describes the actions carried out in an educational research project in order to determine: a) What is the mission / vision / function of the Engineering schools? b) How can an education in values be generated? c) How do students and graduates

Palabras clave: tecnología, ética, rol social del ingeniero, formación axiológica.

conceive technology? The methodology included questionnaires, interviews, and document analysis. We conclude that: a) students lack a motivation of a social nature that has guided them to study Engineering. They are mostly driven by the search for a job opportunity; however, they hope that such a vision will be granted to them by the faculty; b) the social aspects of the mission / vision / function of the universities refer mainly to the response to regional needs; c) there are few references to the ethics of technology in the plans and programs; d) the conception of technology as applied science predominates. These conclusions can establish guidelines to determine strategies to incorporate the ethical-social problem in basic subjects of the career, in order to answer this integrating question: how to go from theory to practice?

INTRODUCCIÓN

La problemática ético-social surge a partir del concepto mismo de la Ingeniería. Todas las definiciones que se han dado sobre esta disciplina coinciden en que su fuerte anclaje en las necesidades de la sociedad conduce a que la formación del ingeniero presente una dicotomía entre el dominio de la racionalidad técnica y la consideración de cuestiones ético-sociales.

Esto último implica la necesidad de generar en los futuros profesionales una visión social, una formación en valores y una conceptualización de la tecnología que supere tanto las concepciones ingenuas de neutralidad y racionalidad instrumental como aquellas que la transforman en una entidad dependiente de la ideología económica imperante en cada época. El CONFEDI [1] ha reconocido explícitamente la centralidad del rol social del ingeniero, postulando como objetivos fundamentales en la formación del profesional tecnológico: revalorizar el rol social de la universidad en general y de las carreras de Ingeniería en particular; promover el desarrollo sostenible y formar profesionales que junto al conocimiento técnico reúnan ética, responsabilidad profesional y compromiso social.

Lo precedente apunta a la necesidad de generar acciones didácticas concretas, que puedan reflejarse en la formación socio-ética adquirida por los futuros ingenieros. Por lo tanto, los distintos interrogantes planteados por este trabajo se encuentran comprendidos en las siguientes preguntas: *¿Qué acciones didácticas pueden tomarse para desarrollar los estudios éticos y sociales en carreras de Ingeniería? ¿De qué forma puede generarse, para los futuros ingenieros, una educación en valores? ¿Cómo puede pasarse de la teoría a la práctica?*

En la búsqueda de respuestas a estos interrogantes se desarrolló un proyecto UBACYT de inves-

tigación educativa titulado “Formación social del Ingeniero”, aprobado y subsidiado por la Universidad de Buenos Aires (UBA) para el período 2018-2020, y extendido para el año 2021.

Entre las distintas investigaciones llevadas a cabo como parte de dicho proyecto, en el presente trabajo se describen las siguientes: ¿Cuál es la visión social de los estudiantes de Ingeniería al inicio de su carrera? ¿Cuál es la misión/visión/función declarada por las universidades en sus sitios digitales? ¿Cuál es la misión/visión/función de las Facultades de Ingeniería? ¿Cuál es el perfil del ingresante o del estudiante manifestado por las facultades de Ingeniería? ¿Cuáles son las materias de corte social que pudieran ser impartidas en el curso de ingreso o en el primer año de las carreras? ¿De qué forma la cuestión social es presentada en los planes y programas de las facultades?

LOS ESTUDIANTES: SU VISIÓN SOCIAL

Se trabajó sobre una población de 96 estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (FIUBA), que cursaban la asignatura obligatoria Física I, correspondiente al segundo año del plan de estudios de todas las carreras que se dictan en esta institución. El instrumento utilizado fue un cuestionario escrito titulado “Función social de la Ingeniería”, que constaba de las siguientes preguntas:

¿Hubo alguna problemática social que influyó en tu decisión de estudiar Ingeniería?

¿En qué aspectos debería centrarse la ética de la Ingeniería? Las opciones eran: aspectos empresariales; problemáticas de tipo bioético; soluciones a problemas vinculados a la pobreza; manejo de recursos y/o energías no renovables e impacto de las obras en el medio ambiente.

¿Tenés pensado, una vez recibido, aplicar la Ingeniería a algún problema social concreto?

Finalmente, se les pedía su opinión sobre la función social de la Ingeniería [2].

Resultados obtenidos

La influencia de alguna problemática social al momento de la elección de la carrera de Ingeniería se evidencia sólo en el 8,33 % de los encuestados. Mayoritariamente los motiva la búsqueda de una salida laboral. En la Tabla 1 se presentan las fundamentaciones de aquellos estudiantes que manifestaron ser motivados por alguna consideración de tipo social.

Tabla 1: Fundamentación de las respuestas afirmativas a la pregunta por motivaciones sociales.

Fundamentación de la respuesta	Nº de alumnos	%
Necesidad de ingenieros	2	25
Desarrollo del país	1	12,5
Transporte público	1	12,5
Ciencia y tecnología para todos	1	12,5
Fuentes de energía	1	12,5
Inespecíficos	2	25
Total	8	100

Sin embargo, la intención de aplicar la Ingeniería a algún problema social concreto una vez recibidos aumenta al 21,88 %. Las áreas de acción preponderantes son la generación de recursos y energía, vivienda y lucha contra la pobreza (Tabla 2).

Tabla 2: Intención de aplicar la Ingeniería a algún problema social concreto una vez recibidos.

Fundamentación de la respuesta	Nº de alumnos	%
Recursos y energía	5	23,81
Vivienda	3	14,29
Pobreza	2	9,52
Conservación o desarrollo de alimentos	1	9,52
Ingeniería ferroviaria	1	4,76
Bioingeniería	1	4,76
Mejorar el estado	1	4,76
Drogadicción	1	4,76
Manejo de residuos en plantas químicas	1	4,76
Inespecíficos	4	19,05
Total	21	99,99

El aumento notorio en la consideración que una vez recibidos se volcarán en su profesión a la solución de problemas de tipo social puede indicar que esperan que sea la formación universitaria la que les de tal mirada y aptitud. Esto resalta la necesidad de la inclusión de contenidos relativos a problemáticas sociales en la currícula de Ingeniería.

Por otra parte, el 47,92 % de los encuestados consideran que la ética en la Ingeniería debería centrarse en primer término en el manejo de recursos y/o energías no renovables (Tabla 3).

Tabla 3: Aspectos en que debería centrarse la ética de la ingeniería (visión de los estudiantes).

Aspectos en que debería centrarse la ética en la Ingeniería	Nº de alumnos	%
Manejo de recursos y/o energías no renovables	46	47,92
Soluciones a problemas vinculados a la pobreza	16	16,67
Impactos de las obras en el medio ambiente	14	14,58
Aspectos empresariales	11	11,46
Problemas bioéticos	7	7,29
Indeterminado	2	2,08
Total	96	100

Al preguntarles cuál es la función social de la Ingeniería, mayoritariamente responden: mejorar la calidad de vida, optimización de recursos y respeto por el medio ambiente (Tabla 4).

Tabla 4: Función social de la Ingeniería (visión de los estudiantes).

Función social de la ingeniería	Nº de alumnos	%
Mejorar la calidad de vida	35	36,46
Optimizar recursos	14	14,58
Respetar el medio ambiente	11	11,46
Volcar la formación de ingenieros en el bienestar social	9	9,37
Desarrollo del país	7	7,29
Progreso e independencia económica	5	5,21
Igualdad social	3	3,12
Generar trabajo	2	2,08
Viviendas en barrios carecientes	1	1,04
Formación del ciudadano	1	1,04
Generar valor agregado en los productos	1	1,04
Viviendas	1	1,04
Hambre	1	1,04
Transformación social	1	1,04
No responde	4	4,17
Total	96	99,98

MISIÓN, VISIÓN Y FUNCIÓN DE LAS UNIVERSIDADES

Se analizó la forma en que la cuestión social se presenta en las universidades públicas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (C.A.B.A.) y de la Provincia de Buenos Aires que incluyan en su oferta académica la carrera de Ingeniería en una o varias de sus especialidades, a partir de las declaraciones formuladas por las mismas en sus respectivos sitios web. El análisis se limitó a lo contenido explícitamente en tales sitios, sin considerar otro tipo de fuentes o documentos [3]. Se tuvieron en cuenta similitudes y diferencias entre las propuestas estudiadas, así como el concepto de Ingeniería, y del rol social del ingeniero subyacente en las mismas. A partir de las declaraciones de las universidades analizadas, se obtuvieron las categorías que se indican en la Tabla 5, señalándose el número total de referencias para cada una.

Tabla 5: Referencias sociales en la misión/visión/función de las universidades.

Misión / Visión / Función	Cantidad de referencias
Respuesta a necesidades regionales	9
Compromiso con la sociedad	5
Desarrollo sustentable	4
Ética	3
Calidad de vida de la comunidad o referencias similares	3
Solidaridad social	2
Educación como un bien social	1
Actividades de voluntariado	1
Ayuda a sectores vulnerables	1
Extensión universitaria	1

La tabla precedente permite advertir que, al menos según sus declaraciones explícitas, la misión/visión/función de las universidades refiere principalmente a la respuesta a las necesidades regionales. En otras palabras, las universidades buscan responder al ámbito local en el que fueron generadas, en concordancia con el Programa de Apoyo al Desarrollo Territorial Sostenible, iniciado por el CONFEDI en 2010.

Son comparativamente bajas las referencias explícitas a la ética. El énfasis se coloca en el compromiso social pensado en términos de solidaridad y mejora de la calidad de vida y no en la consecución de una actitud ética en la profesión específica de los graduados.

Hay una única mención a la educación pensada como un bien social y también una única mención al concepto de Extensión Universitaria. Esto último es importante dado que la extensión se define como las acciones que la universidad realiza para transferir el conocimiento desde los claustros hacia otros estamentos de la sociedad. Tal referencia única, no al azar, corresponde a la Universidad de La Plata, pues en ella se inició la Extensión Universitaria en la Argentina.

MISIÓN, VISIÓN Y FUNCIÓN DE LAS FACULTADES DE INGENIERÍA

A partir de las declaraciones de las Facultades de Ingeniería, se obtuvieron las categorías, presentadas en la Tabla 6.

Tabla 6: Referencias inherentes a aspectos sociales en la misión/visión/función de las Facultades de Ingeniería.

Misión / Visión / Función	Cantidad de referencias
Formar profesionales que demande la sociedad	5
Resolver problemas sociales específicos (pobreza, contaminación)	5
Intercambio con los sistemas productivos regionales	4
Promover la transferencia tecnológica al cuerpo social	3
Brindar soporte tecnológico a la sociedad y al estado	3
Desarrollo sustentable	3
Ética	2
Realizar investigación en función de las demandas sociales	1
Generar desarrollo en el ámbito socio-cultural	1
Biotechnología	1

Se advierte la intención de tender un puente entre las carreras de Ingeniería y la sociedad, a los efectos de impulsar el desarrollo. Este último está pensado básicamente como desarrollo económico y sólo una vez aparece en un sentido más amplio, incluyendo lo sociocultural.

Hay sólo dos referencias a la ética, que la asocian con objetivos de corte social. Esto quizás se relacione con el hecho de que tales objetivos apuntan más a solucionar cuestiones regionales o loca-

les y no tanto a transformar la actitud de los ingenieros frente a su práctica profesional.

En el mismo orden de ideas, se advierte que el ser humano es concebido meramente como un ente social y no como un ser individual (de allí la referencia al cuerpo social y no a los individuos).

Hay pocas referencias explícitas a la investigación, de donde subyace una concepción de la Ingeniería como la resolución de problemas utilizando el conocimiento existente y no como la generación de nuevo conocimiento que pueda ser empleado en la resolución de problemas futuros.

Son escasas las referencias a la Bioingeniería o Ingeniería Biomédica, siendo esta disciplina fundamental para la articulación de la tecnología con los valores y necesidades humanos y con la aplicación de la Ingeniería para el bienestar, tanto individual como social.

Seguidamente, se intentó establecer el perfil que las distintas facultades proponen para los ingresantes a las carreras de Ingeniería. Sin embargo, en ninguna de las páginas consultadas dicho perfil era mencionado explícitamente, por lo que no se pudieron establecer las referencias sociales que las facultades esperaban de los ingresantes. En su lugar relevamos las materias de corte social que se dictan en el primer año de cada carrera.

En las Tablas 7 y 8 se muestran, entre dichas materias, las que se dictan ya sea en el curso de ingreso o durante el primer año de las carreras de Ingeniería.

Tabla 7: Materias de corte social que se dictan durante el curso de ingreso.

Materia	Cantidad
Problemas de la Historia Argentina	1
Prácticas culturales	1
Estudio de la Realidad Social y Económica Argentina y Latinoamericana.	1

Tabla 8: Materias de corte social que se dictan durante el primer año de la carrera.

Materia	Cantidad
Ingeniería, Sociedad y Estado	1
Ciencia y Sociedad	1
Problemas Socioeconómicos Contemporáneos	1
Ciencia, Tecnología y Sociedad	1
Trabajo Social Comunitario I	1
Cuestiones de Sociología, Economía, Política	1
Sociedad y Estado	1
Problemas de Historia del Siglo XX	1
Cultura Contemporánea	1
Estudio de la Constitución Nacional y Derechos Humanos	1

Como puede advertirse, el objetivo es situar al estudiante en el contexto de la problemática socio-histórico-cultural en forma general. Es notable que sólo dos de las materias refieran específicamente a la relación de la tecnología o la ingeniería con la sociedad.

PLANES Y PROGRAMAS

Se analizaron los planes de estudio vigentes de Ingeniería Química [4] y de Ingeniería de Alimentos [5] de la UBA (Universidad de Buenos Aires), con el propósito de indagar la presencia de una perspectiva socio-ética en el currículo de las carreras. Consecuentemente se analizaron las propuestas originadas, hasta el momento, en el proyecto institucional en curso, de revisión y actualización de los planes de estudio, denominado Plan 2020.

Ingeniería Química - Plan de Estudios 1986. Actualización 2016

En el Plan de Estudios de Ingeniería Química, se mencionan entre los objetivos de la carrera:

“...prevención de la contaminación ambiental por efluentes de todo tipo, tecnologías de aplicación de la bioingeniería,...evaluar los impactos ambientales que involucren emisión..., desarrollar tecnologías limpias... introducir mejoras para reducir el impacto ambiental de plantas existentes; entender en asuntos de ingeniería legal, económica, financiera...”.

El perfil del graduado requiere competencias tales como “conocer el contexto socio-económico contribuyendo a una mejora del nivel de vida de la

sociedad..., actuar en el marco de la protección del ambiente...”, entre otras. En estos apartados se observan expresiones tendientes a generar actitudes de protección del ambiente y sustentabilidad. Sin embargo, los aspectos centrados en el respeto a la vida humana en todas sus dimensiones, no están presentes en forma explícita. La expresión “contribuir a una mejora del nivel de vida de la sociedad” revela una intención de relacionar la acción del ingeniero con el bienestar de las personas; sin embargo, la polisemia de la expresión “nivel de vida” habilita interpretaciones erróneas, tales como asociar el nivel de vida a la cantidad de tecnología disponible, cualquiera que sea ésta.

La única asignatura obligatoria referida al ejercicio profesional es “Legislación y Ejercicio Profesional de la Ingeniería Química”, que se sugiere en el 10º cuatrimestre; en ella destacan el capítulo V, con contenidos tales como Ética, Código de ética y Tribunales de ética; responsabilidades profesionales del Ingeniero Químico: técnicas, administrativas y éticas; y el capítulo X, referido a Servicios Públicos de provisión de agua y desagües cloacales. Sin embargo, en la bibliografía no se sugieren textos que aludan a la ética profesional ni a la bioética, y la inspección de los textos recomendados revela que las pocas menciones tanto a la ética como a la responsabilidad del ingeniero se refieren a cuestiones económicas y contractuales. Tampoco se registra, entre las asignaturas electivas, alguna relacionada con la perspectiva socio-ética.

Ingeniería de Alimentos - Plan de estudios 2000. Actualización 2016

Entre los objetivos de la carrera se mencionan:

“Investigar y desarrollar técnicas de fabricación... destinadas al mejor aprovechamiento de recursos naturales y materias primas...; establecer el control de calidad para productos alimenticios; participar en la elaboración de las normas alimenticias y su control”. Si bien el plan mencionado no presenta un perfil del graduado, la página web de FIUBA refiere al Ingeniero de Alimentos como: “Este profesional posee una profunda formación en ciencias básicas, operaciones unitarias, tecnologías, economía y legislación y preservación de alimentos. Contribuye, además, al desarrollo científico - tecnológico, la seguridad alimentaria y el saneamiento ambiental de esta industria...”

Las asignaturas obligatorias en las que podrían tratarse cuestiones éticas y sociales se sugieren en el ciclo superior (a partir del 7º cuatrimestre): “Nutrición Aplicada a Tecnología de Alimentos” se sugiere en el 8º cuatrimestre, “Gestión Ambiental en la Industria Alimentaria”, en el 9º, “Legislación Alimentaria” en el 10º, “Biotecnología” en el 11º, y

la única asignatura obligatoria referida al ejercicio profesional, “Legislación y Ejercicio Profesional de la Ingeniería de Alimentos”, se sugiere en el 12º y último cuatrimestre.

En esta última se destacan, en el capítulo 2, Responsabilidades del Ingeniero: legales, técnicas, administrativas y éticas, Ingeniería en Alimentos y Sociedad, y en el capítulo 8, Concepto de Ética, Código de ética, Deberes que impone la ética, Transgresiones a la ética, Aplicación de sanciones y Tribunales de ética.

En la asignatura “Gestión Ambiental en la Industria Alimentaria” se tratan la contaminación de aire, agua y suelo, el desarrollo sostenible, y la prevención de enfermedades, riesgos y accidentes en el trabajo; también se mencionan aspectos ecológicos, económicos y sociales. La bibliografía es amplia y pertinente a los contenidos explicitados.

Entre las asignaturas electivas de corte potencialmente socio-ético se proponen “Comercialización de Productos Industriales”, en la que se abordan enfoques y filosofía en comercialización; necesidades, deseos, demandas; fijación de precios, publicidad; “Recursos Humanos” con contenidos como desarrollo y capacitación del personal, planificación de carrera, ergonomía y diseño de puestos de trabajo, explicitación de conflictos, mediación; “Gestión, control y garantía de la calidad en la industria alimentaria”. La bibliografía es pertinente y brinda posibilidades de discutir cuestiones éticas y sociales.

Se puede mencionar, como característica común a los dos planes de estudio analizados, la concentración de las asignaturas de potencial corte social en los tramos finales de la carrera y la ausencia de asignaturas con contenidos específicamente éticos, sociales y humanísticos durante el recorrido de la misma. Resulta relevante destacar que, en ambos, el ítem “objetivos de la carrera” se encabeza con la misma expresión “formar profesionales con una sólida formación científica y tecnológica, capacitados en...”. Se percibe una jerarquización de los saberes científico-tecnológicos, con ausencia de los sociales y humanísticos.

Proyecto Plan 2020 - Jornada Carreras del Futuro. Documento Final

Este documento resume las ideas propuestas y los consensos alcanzados, con la participación de la comunidad de FIUBA. Se instrumentó en forma de una encuesta, con preguntas agrupadas en 4 secciones: Carreras, Perfil, Estrategias Metodológicas, Actualización de las Carreras. Con respecto a la pregunta “¿Cuál debería ser el perfil de los graduados FIUBA hacia el futuro?” se menciona “el desarrollo de habilidades blandas, incorporadas en la forma en que se desarrollan las asignaturas, pueden estar

distribuidas en muchas asignaturas”.

Requiere formas diferentes de enseñanza y aprendizaje que desarrollen las competencias necesarias para las nuevas empresas y formas de trabajo; entre ellas se mencionan: “comprender el contexto social y económico”, y “capacidad para comunicar conceptos tecnológicos a la sociedad”. Cuando se pregunta “¿Qué capacidades transversales deberían contemplar los planes de carrera?” se expresa que hay acuerdo en incrementar y optimizar la enseñanza de los saberes blandos en todas las carreras, distribuidos transversalmente en los planes de estudio. Una de las capacidades mencionadas es: “actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global” [6].

La dimensión socio-ética en los planes de estudio

En síntesis, a partir del análisis se observa, principalmente, la ausencia formal de la dimensión socio-ética en los planes de estudio vigentes de Ingeniería Química y de Ingeniería de Alimentos. Por lo tanto, se considera la necesidad de orientar la formación de los futuros ingenieros hacia una formación integral con perspectiva socio-ética, que incluya una visión humanística de su profesión. Conceptos tales como libre albedrío, elección, sentido, valores, responsabilidad, ética, surgen como imprescindibles en la elaboración de un plan para la formación integral de ingenieros, toda vez que éstos se enfrentarán a dilemas éticos que trascienden los criterios meramente técnicos de eficacia y eficiencia. El aprendizaje del sentido ético se lleva a cabo en la praxis, en la interacción con otras personas, y se va formando en las distintas etapas de la educación. Por lo tanto, la perspectiva socio-ética debería incorporarse desde el inicio de la carrera, en forma transversal y gradual, pues se pretende modelar una determinada actitud del futuro ingeniero frente a su responsabilidad profesional; y esto es más difícil de lograr con una o pocas asignaturas en los tramos finales de la carrera [7]. Con respecto al proyecto institucional, Plan 2020, surge que está imbuido de la necesidad de incorporar competencias y saberes blandos y evidencia un marcado interés por la dimensión socio-ética. Esta incorporación y la concreción de la transversalidad en los planes de estudio, sería un gran avance hacia la formación integral de los futuros ingenieros.

CONCLUSIONES

Según Reggini [8], la historia demuestra que el desarrollo de las innovaciones está más ligado a cuestiones políticas, sociales y económicas que a argumentos meramente técnicos. Por lo tanto, la

cuestión social es fundamental en la formación de ingenieros que concurren a la construcción de un sistema nacional de innovación.

Para el mismo autor, la Ingeniería está en plena transformación y depende de actividades diversas, tornándose un imperativo su inserción reflexiva en el contexto cultural. De las investigaciones realizadas surge la necesidad de acentuar la formación ética en los futuros profesionales de Ingeniería, a los efectos de que la inserción mencionada se realice en un marco de valores consolidados. En tal sentido, coincidimos con su afirmación acerca de que las profesiones son formas de organización social que se caracterizan por compartir ciertas categorías de actividades o trabajos particulares y por expresar una misión en la sociedad, guiada por valores o modelos de conducta éticos.

Por otra parte, resulta interesante mencionar los resultados de la encuesta coordinada y dirigida por la Secretaría Científica de la Asociación de Profesionales de la Orientación de la República Argentina (APORA) en 2006, a una población de 4323 jóvenes del último año de la escuela secundaria en distintas localidades argentinas. A partir de dicha encuesta los investigadores encontraron que las motivaciones de tipo social eran secundarias con respecto al resto de los factores que llevaban a los jóvenes a decidirse por una determinada carrera universitaria [9]. Este hecho fue interpretado como una sobrevaloración de los aspectos individuales por sobre aquellos altruistas o colectivos, y explicado por los autores de la investigación a partir del debilitamiento de los modelos colectivos de socialización, consecuencia del vacío posmoderno acentuado por la crisis de valores resultante del colapso económico del año 2001.

Las universidades deben mantenerse conscientes de su rol socializante, entendiendo esta última palabra en el sentido de formar profesionales orientados hacia la solución de los problemas sociales. En el presente trabajo se halló que la problemática social está presente tanto en las propuestas de las universidades en general como en las facultades de Ingeniería en particular, pero se extrañan referencias explícitas a la ética y al marco de valores que debe regir la actividad del profesional. Esto también se aprecia con claridad en los planes de estudio analizados.

Finalmente, un párrafo para la Bioingeniería y la Ingeniería Biomédica. Estas dos disciplinas están experimentando actualmente un gran desarrollo, y su cercanía con el ser humano las vuelve muy sensibles a la problemática ética. De hecho, ambas deberían estudiarse conjuntamente con la bioética, entendiendo esta última como la aplicación de los conceptos de la ética a las problemáticas suscitadas por el desarrollo tecnológico en su aplicación

a los seres humanos. Debido a las pocas referencias explícitas hacia la ética de la tecnología encontradas, resulta la importancia de realizar investigaciones referidas a la imbricación social de la tecnología y sus consecuencias éticas, a los efectos de generar un conjunto de valores que sirvan de guía dentro de la compleja trama de vínculos y correspondencias establecida entre la tecnología y los seres humanos. Tales investigaciones servirán para enriquecer el marco teórico en el que habrán de interpretarse las nuevas relaciones entre la Ingeniería, siempre en evolución y la sociedad, siempre en proceso de transformación.

REFERENCIAS

- [1] CONFEDI (2010). Formación del ingeniero para el desarrollo sostenible. Aportes de CONFEDI al Congreso Mundial de Ingeniería 2010. Publicado online en: www.fi.unsj.edu.ar/confed. Acceso: 26 de noviembre de 2010.
- [2] Roux, P.; Cornejo, J. (2016). La visión social en los estudiantes de ingeniería, *Revista Argentina de Ingeniería (RADÍ)*, 5 (7), 68-76.
- [3] Roux, P. y Cornejo, J. (2016). Ingeniería y Sociedad: la mirada de las universidades, *Revista Argentina de Ingeniería (RADÍ)*, 4 (8), 63-70.
- [4] Plan de Estudios Ingeniería Química <http://www.fi.uba.ar/sites/default/files/Ingenieria%20Quimica%201986%20M.pdf>
- [5] Plan de Estudios Ingeniería de Alimentos <http://www.fi.uba.ar/sites/default/files/Ingenieria%20de%20Alimentos%202001-.pdf>.
- [6] Jornada Carreras del Futuro. <http://www.fi.uba.ar/sites/default/files/Jornada%20Carreras%20del%20Futuro%20-%20Documento%20final.pdf>
- [7] Roble, M. B.; Barrero, C. (2019). Perspectiva socio-ética en la formación de Ingenieros Químicos en la Universidad de Buenos Aires. *XXXII Congreso Argentino de Química*, 944-946.
- [8] Regini, H. (2014). Educación del ingeniero en un mundo cambiante: el aprendizaje y la enseñanza de la Ingeniería en el siglo XXI. En L. A. de Vedia (ed.), *La educación del ingeniero en un mundo cambiante* (11-20). Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Buenos Aires.
- [9] Rascovan, S. (2010). *Las elecciones de los jóvenes escolarizados. Proyectos, expectativas, obstáculos*. Noveduc libros, Buenos Aires.

Evaluación de competencias genéricas de egreso: sociales, políticas y actitudinales adquiridas en la carrera y fuera de ella

Lucia Brottier, Carlos Nallim, Elena Caliguli

Facultad de ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo

Contacto: lucia.brottier@hotmail.com



RESUMEN

Aprobados los nuevos estándares de acreditación de las carreras de Ingeniería, es relevante en el ámbito de la formación establecer los niveles de adquisición de competencias sociales, políticas y actitudinales que se desarrollan a lo largo de las mismas y poder definir propuestas de estrategias didácticas para el desarrollo de las competencias en los alumnos aprovechando todos los niveles de la carrera.

Se consideraron dos vertientes para el relevamiento de la información: a) las competencias requeridas relevadas en las plataformas de empleos y en encuestas a profesionales de recursos humanos; b) las competencias adquiridas en la carrera relevadas a alumnos de cuarto y quinto año y egresados de carreras de Ingeniería.

Los resultados evidencian un desfase entre las necesidades del ámbito profesional con las competencias actuales de egreso principalmente en temas tecnológicos

Se han tipificado las competencias sociales, políticas y actitudinales para incorporarlas en actividades didácticas.

ABSTRACT

New accreditation standards for engineering careers have been approved. It is relevant to establish the levels of acquisition of social, political and attitudinal skills that are developed throughout engineering careers and to be able to define didactic strategies for the development of skills in students taking advantage of all levels of the career.

We considered two aspects for the survey of information: a) the required skills surveyed in the employment platforms and in surveys of human resources professionals; b) the competencies acquired in the career revealed to fourth and fifth year students and graduates of engineering careers.

The results show a gap between the needs of the professional field with the current graduate skills, mainly in technological issues.

Typifying social, political and attitudinal competencies allows them to be incorporated into didactic activities.

Palabras Clave: Competencias, Estrategias, Empleo, Ingenierías

INTRODUCCIÓN

Los nuevos estándares de acreditación de las carreras de Ingenierías y en particular de la carrera de Ingeniería Industrial [1] que fueron publicados en mayo de 2021 en base a las propuestas de definidas en el Libro Rojo de Confedi [2] consideran la adquisición de las competencias de egreso sociales, políticas y actitudinales desde las Ciencias y Tecnologías complementarias (Conceptos de Ética y Legislación, de Economía para Ingeniería, Comportamiento organizacional y Relaciones del trabajo, Sistemas Informáticos para la gestión y Desarrollo Socioeconómico). También se requiere desarrollar de manera transversal la formación en los siguientes ejes seleccionados con el relevamiento realizado:

- Identificación, formulación y resolución de problemas de Ingeniería industrial.
- Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la Ingeniería industrial.
- Fundamentos para el desempeño en equipos de trabajo.
- Fundamentos para una comunicación efectiva.
- Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable.
- Fundamentos para el aprendizaje continuo.
- Fundamentos para el desarrollo de una actitud profesional emprendedora.

La Dirección Nacional de Orientación y Formación Profesional, perteneciente al Ministerio de Trabajo de la Nación Argentina ofrece la siguiente definición sobre las competencias claves para la empleabilidad: "Son aquellas habilidades necesarias para que la persona emprenda la búsqueda de empleo y pueda desempeñarse en una ocupación." Entre las mismas podemos encontrar coincidentes con las propuestas por los estándares de acreditación:

- Compromiso y responsabilidad.
- Trabajo en equipo: relacionamiento interpersonal.
- Resolución de problemas: búsqueda de alternativas, capacidad de anticipar resultados y solucionar problemas en situaciones de trabajo.
- Disposición al aprendizaje permanente.
- Comunicación: oral y escrita, interpersonal, argumentación.
- Conocimiento y uso de herramientas informáticas (TICs).
- Autonomía, iniciativa y toma de decisiones.
- Negociación.

Del análisis realizado se observa que cuando el

puesto crece en complejidad, jerarquía o remuneración, las exigencias de habilidades y competencias personales, no técnicas aumentan.

Se consultaron también artículos sobre las competencias requeridas por los ingenieros [3]; [4].

En este trabajo buscamos contrastar las competencias requeridas actualmente desde plataformas de empleo y encuestas a profesionales de áreas de recursos humanos con la percepción de los alumnos de cuarto y quinto año de las carreras de ingeniería y a egresados de dichas carreras.

METODOLOGÍA

La metodología aplicada es cuanti-cualitativa, tipo descriptiva, con dos instrumentos para el relevamiento de los datos:

Encuestas con los formularios de Google Form.

Relevamiento de puestos en la web de la red profesional LinkedIn

RESULTADOS

Encuesta a profesionales del área de Recursos Humanos (Comunidad Virtual de RRHH)

Fue respondida por 30 profesionales. Con respecto a las competencias más valoradas en los postulantes se puntuó como se indica en la Tabla 1. Se propusieron otras competencias como la proactividad (68%), adaptabilidad (52%), orientación a los resultados (48%)

El 65% consideró que frecuentemente los postulantes cuentan con esas competencias y que los jóvenes se adaptan rápidamente a los puestos de trabajo. Al consultar qué ámbito es mejor para el desarrollo de competencias sociales, políticas y actitudinales puntuaron en primer lugar actividades deportivas, en segundo lugar actividades solidarias y en tercer lugar las actividades educativas /formación.

Tabla 1. Competencias más valoradas por reclutadores.

Identificación, formulación y resolución de problemas	48%
Utilización de técnicas y herramientas informáticas de aplicación en la Ingeniería industrial.	48%
Desempeño en equipos de trabajo.	72%
Comunicación efectiva.	28%
Actuación profesional ética y responsable	72%
Aprendizaje continuo	36%
Actitud emprendedor	44%
Negociación	56%

Encuesta a trabajadores (Secundarios y Universitarios)

La misma fue respondida por 207 personas (76% hombres y 24% mujeres, 51% entre 25 y 38 años de edad y el 60% con más de 5 años de experiencia laboral y 74% con estudios universitarios).

Coinciden en que las principales competencias más requeridas son el trabajo en equipo, la actuación ética y responsabilidad, la resolución de problemas y la negociación.

A la consulta sobre si pudieron adquirir las competencias en el ámbito universitario 70,9% contestó que no y 89,1% que las adquirió a través de la experiencia laboral.

Encuesta a Estudiantes y Egresados de Ingenierías

Participaron 118 ingenieros de las siguientes especialidades: Mecatrónica, Petróleo, Industrial (72%), Civil, Sistemas de Información, Química y Recursos renovables entre 24 y 59 años de la Universidad Nacional de Cuyo, UTN Regional Mendoza y Universidad de Mendoza.

Los encuestados consideran haber desarrollado a lo largo de la carrera las siguientes competencias:

- Identificar, formular y resolver problemas de Ingeniería (65%).
- Desempeñarse en equipos de trabajo (54%).
- Aprender en forma autónoma y continua (44%).
- Actuar con ética, responsabilidad y compromiso social (28%).

También reconocen carencias en gestionar, planificar y ejecutar proyectos, comunicar con efectividad, generación de desarrollos tecnológicos y actuar con espíritu emprendedor.

El 68% de los egresados ha realizado cursos fuera de la universidad siendo el principal interés la programación, idiomas y otras herramientas informáticas como Excel, Autocad, Solid, Power Bi, Redit y metodologías ágiles.

De los encuestados 7 de cada 10 debieron aprender estas habilidades o uso software por otros medios, como cursos virtuales, presenciales y en el trabajo principalmente.

El 98% considera que debe seguir formándose en competencias sociales como comunicación efectiva, creatividad, herramientas tecnológicas.

Tabla 2. Percepción de competencias y redes sociales

Afectan negativamente	Manejo del Stress Capacidad de Sociabilización Comunicación Efectiva Pensamiento Crítico Concentración
Afectan positivamente	Creatividad

No inciden	Trabajo en Equipo Asertividad Autoconfianza
------------	---

Se aprovechó la encuesta para ver la percepción que tienen sobre el uso de redes sociales y como afectan a las habilidades sociales, donde la mayoría pasa más de una hora al día participando de las mismas, con los resultados de la Tabla 2.

Relevamiento de competencias en LinkedIn

Se analizaron 40 puestos ofrecidos para ingenieros industriales o afines en la Red LinkedIn y se registraron las competencias requeridas publicadas según se muestra a continuación:

Tabla 3. Organizaciones y Puestos analizados de LinkedIn.

EMPRESA	PUESTO
COTY	Demand Planner
SC JOHNSON	Customer Supply Chain
FEAS ELECTRÓNICA S.A.	Ingeniero Industrial
PROCESS ENGINEER	Lear Corporation
ID LOGISTICS ARGENTINA	Ingeniero de Proyectos Jr.
MONDELÉZ INTERNACIONAL	Process Engineer
ILVA S.A.	Ingeniero de Proyectos
AVERY DENNISON	Ingeniero de Procesos
TALENT RECRUITERS	Ingeniero/a de Planta
TALENT RECRUITERS	Analista de Compras

Tabla 3. Organizaciones y Puestos analizados de LinkedIn – Continuación.

EMPRESA	PUESTO
MONDELÉZ INTERNACIONAL	Sr Analyst Warehousing
GRUPO ABANS	Ingeniero de Proyectos
ALSEA	Analista de Compras
PEPSICO	Ingeniero en procesos
SHERWIN-WILLIAMS	Ingeniero de mejora continua
GRUPO CONSULTORES DE EMPRESAS	Ingeniero Industrial o Mecánico
KAVAK	Business & Process Analyst
INVAP	Ingeniero de Costos
FATE	Ingeniero de planeamiento ind.
MULTINACIONAL	Ingeniero Industrial JR
GRUPO ARCOR	Superv Operaciones Logísticas
GRUPO CEPAS	Analista de procesos y mejora continua
KNIGHT PIESOLD	Ingeniero Industrial
MVL LIMITED	Ingeniero Industrial Junior
PRODEMAN S.A.	Ingeniero de procesos
GIVAUDAN	Ingeniero de procesos
BIOGÉNESIS BAGÓ S.A.	Ingeniero para compras
HUB RH	Gerente de planta y proyectos

ELIZALDE GESTIÓN DE TALENTO	Jefe de mantenimiento
COSTUMBRES ARGENTINAS	Gerente de mantenimiento
SERIAL DE LA TORRE	Jefe de Mantenimiento
REDTRABAJE	Ingeniero Industrial
MUEBLES TIEMPO	Control de producción
BERNABEU CONSULTORA	Ingeniero senior de procesos
GRUPO CONSULTOR	Gestión y Coordinación de Equipo IT
FOCALIZAR CAPITAL HUMANO	Ingeniero de Procesos
ADN	Ingeniero Industrial Metalúrgico
KALPA GROUP S.A.	Ingeniero Jefe de producción
FERRUM S.A.	Ingeniero Industrial

Se clasificaron las competencias y se ordenaron según la mayor frecuencia de requerimiento dando la siguiente jerarquía que se indica en la Figura 1.

Con respecto a las competencias sociales, políticas y actitudinales propuestas en los estándares de acreditación se verifica que las mismas son requeridas con la siguiente frecuencia:

- Identificación, formulación y resolución de problemas de Ingeniería industrial. No se evidencian porque son propias del título.
- Utilización de técnicas y herramientas de aplicación en la Ingeniería industrial. Se refieren a herramientas informáticas y de gestión. Se requiere en el 57% de los casos
- Desempeño en equipos de trabajo. Es el más alto de las competencias requeridas con el 61,9%.
- Fundamentos para una comunicación efectiva. No se requiere.
- Fundamentos para una actuación profesional ética y responsable. Si se asemeja a responsabilidad y toma de decisiones es requerida el 28,6% de los casos.
- Fundamentos para el aprendizaje continuo. No se requiere.
- Fundamentos para el desarrollo de una actitud profesional emprendedora. Si se asemeja a iniciativa y proactividad es requerida para el 33% de los puestos.

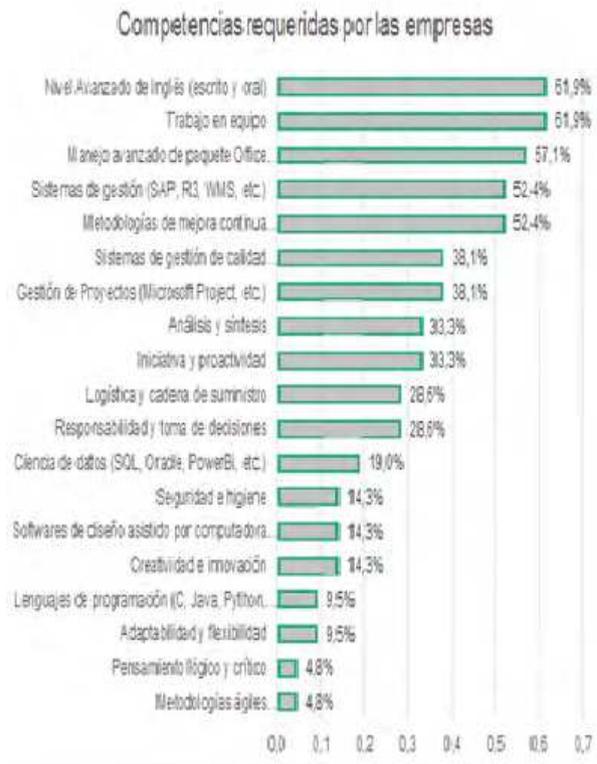


Figura 1. Competencias requeridas por las empresas.

Preguntas abiertas

Con respecto a la pregunta abierta de las encuestas sobre los temas que podría enfocarse la facultad y no lo hace, si bien las respuestas resultaron variadas se ve una clara tendencia en:

- Herramientas informáticas, de análisis de datos y otros sistemas de gestión.
- Prácticas y visitas desde los primeros años de la carrera.
- Fomentar los lenguajes de programación, como así también sus aplicaciones en inteligencia artificial, machine learning, etc.
- Entrenar al alumno para la hora de su inserción laboral.
- Actualizar no solo los planes de estudio o materias, sino también los métodos de enseñanza y la manera de evaluar.

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta los resultados de un relevamiento inicial que ha buscado identificar las competencias solicitadas por las organizaciones con las que se proponen en los nuevos estándares de acreditación y las percepciones que tienen los alumnos y egresados del logro de esas competencias.

Por otra parte se relevaron las expectativas de los reclutadores con relación a las competencias

sociales y actitudinales requeridas por las empresas (sin especificar las carreras) y se evidencia coincidencia con las que requieren las organizaciones.

Las habilidades de comunicación si bien están dentro de las competencias de los estándares no se evidencian como requerimiento de las organizaciones en forma específica. (exceptuando el dominio del idioma inglés).

Finalmente en las conclusiones con respecto a si la formación en la Facultad permite adquirir dichas competencias, se evidencia que se debe reforzar algunas de ellas ya que la mitad de los encuestados considera que no las ha adquirido o las ha adquirido parcialmente y que ha debido recurrir a formaciones adicionales fuera del entorno universitario.

Por otra parte sugieren que se deben proponer otros saberes particularmente relacionados con el conocimiento de herramientas informática, programación y softwares de gestión.

REFERENCIAS

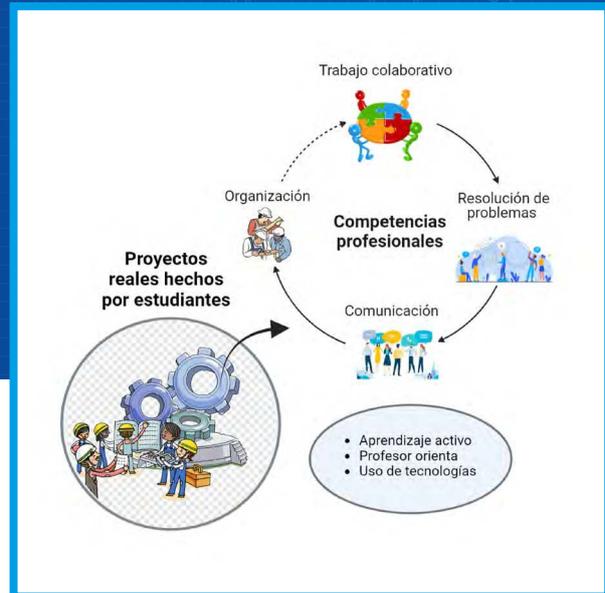
- [1] MINISTERIO DE EDUCACIÓN Resolución 1543/2021 Estándares de Ingeniería Industrial. Ciudad de Buenos Aires, 13/05/2021.
- [2] Recuperado de https://confedi.org.ar/download/documentos_confedi/LIBRO-ROJO-DE-CONFEDI-Estandares-de-Segunda-Generacion-para-Ingenieria-2018-VFPublicada.pdf . Autor: Consejo Federal de Decanos de Ingeniería – CONFEDI. (1 de octubre de 2018)
- [3] Recuperado de <https://estudiar-a-distancia.uniclaretiana.edu.co/habilidades-indispensables-para-un-ingeniero-industrial>. Autor Uniclaretiana, (17 de mayo de 2021)
- [4] Recuperado de <https://mba.americaeconomia.com/articulos/reportajes/7-habilidades-que-debe-tener-un-ingeniero-para-alcanzar-el-exito-profesional>. Autor: Fernando Zúñiga (04 de febrero 2016)
- [5] Recuperado de <https://www.prevencionintegral.com/actualidad/noticias/2020/01/13/10-habilidades-profesionales-mas-demandadas-en-2020> Autor Prevención Integral (20 de enero de 2020)

Implementación de proyectos de tecnologías por alumnos y el desarrollo de competencias profesionales

Belkis Sulbarán Rangel, Aarón Jiménez Govea, Noé Salvador Hernández González, Marisela Mireles Mercado

Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Tonalá. México.

Contacto: belkis.sulbaran@academicos.udg.mx



RESUMEN

La presente investigación es sobre la implementación de tecnologías mediante el uso de proyectos en aulas por parte de los alumnos para el desarrollo de competencias profesionales. Esta temática surgió de la necesidad existente sobre la innovación educativa, ya que se argumenta en torno a la realidad social del mundo cambiante, incierto y complejo en que se vive y es por ello que el conocimiento y los modelos educativos deben estar en constante cambio, dando oportunidad a la reinención de la manera de enseñar. Se realizó esta propuesta con un grupo de alumnos de la carrera de Ingeniería en computación y con el asesoramiento de un profesor. Se utilizaron rúbricas para evaluar las competencias blandas y duras y un cuestionario donde los estudiantes dieron a conocer su sentir de la actividad. Al finalizar la actividad los estudiantes se sintieron muy satisfechos de poner en práctica sus conocimientos adquiridos.

ABSTRACT

This research is about the implementation of technologies with classroom projects by students for the development of professional skills. This theme arose from the need that exists for educational innovation since it is argued around the social reality of the changing, uncertain and complex world in which we live and that is why knowledge and educational models must be constantly changing. Giving an opportunity for the constant reinvention of the way of teaching. This proposal was made with a group of students from the Computer Engineering career and with the advice of a teacher. Rubrics were used to evaluate soft and hard skills and a questionnaire where students made known their feelings about the activity. At the end of the activity, the students generally felt very satisfied to practice the knowledge acquired in their career.

INTRODUCCIÓN

La educación universitaria se ha visto afectada en la actualidad por diversos cambios sociales y tecnológicos que han traído como consecuencia un cambio en el rol del profesor, ya que cada vez se exige tener más innovación desde el punto de vista pedagógico y en el uso de las tecnologías de la información (TICs) [1]. Las implicaciones que esto tiene en el docente es que se hace necesario tener una constante actualización y perfeccionamiento de la práctica docente y es aquí donde las nuevas tecnologías juegan un papel importante [2]. El conocimiento tecnológico, en todas sus aplicaciones, permite al ser humano resolver los problemas del entorno en el que se encuentra. De ahí que el conocimiento de las tecnologías es muy valioso en la educación. El docente mediante el uso de tecnologías digitales puede ir orientando al alumno a que busque la forma de aprender por sí mismo, desarrollando competencias para adquirir nuevos conocimientos y aplicarlos con criterio ante situaciones nuevas, de manera que le permitan reforzar su independencia [3]. En la actualidad el docente universitario ya no juega un papel central en los procesos de aprendizaje, sin embargo, es un guía que continúa siendo esencial para el proceso educativo en todos los niveles y sus funciones continúan siendo indispensables para el éxito del aprendizaje [1].

El uso de proyectos tecnológicos como herramienta educativa para estudiantes de Ingeniería muestra una nueva perspectiva en el sentido de ampliar los caminos que llevan al conocimiento, teniendo mayor cantidad de opciones al proceso tradicional de aprender [4]. Se parte de la idea de que el mundo digital actual en que vivimos (considerado, hace unos años futurista y que hoy es una realidad) es resultado directo de la intención de simplificar las actividades cotidianas al ser humano y tener una mejor calidad de vida. La inteligencia artificial, ha probado tener grandes beneficios, además se ha logrado instaurar en un gran número de sectores, ya que sus aportes son bien aprovechados al complementarse con técnicas de tratamiento masivo de filtración y selección de datos (Big Data) [5] e Internet de las Cosas (IoT) [6], por citar algunos ejemplos. Ambos implementan algoritmos que emulan un comportamiento inteligente [7], mismo que puede ser aprovechado para determinar la mejor forma en la que un individuo puede recibir el conocimiento. Tal es el caso del aprendizaje adaptativo, que se ha convertido en una de las armas tecnológicas más populares en el área de la educación. El uso de los sistemas formales de enseñanza utilizando y mejorando las herramientas existentes, complementarán las competencias personales de los alumnos [8].

La elaboración de proyectos por parte de los alumnos dentro de sus cursos en el nivel superior impacta en el desarrollo de competencias profesionales. Las competencias son conjunto de habilidades, cualidades y experiencias que puede aplicar para realizar bien las tareas. Estos pueden incluir competencias blandas como habilidades interpersonales, organización y liderazgo, así como competencias técnicas o profesionales como investigación, programación, escritura contable y más, que dependen del área de conocimiento. En el área tecnológica y de Ingeniería estas competencias se desarrollan para resolver un problema, que generalmente tiene aplicación para la sociedad [2]. La tecnología nació por las necesidades de la sociedad. La sociedad es un gran grupo de personas que viven juntas de manera organizada, tomando decisiones sobre cómo hacer las cosas y compartiendo el trabajo que hay que hacer [9]. La sociedad es la esfera de instituciones, organizaciones e individuos ubicados entre la familia, el estado y el mercado, en el que las personas se asocian voluntariamente para promover intereses comunes [10]. Es por ello que es importante que en los estudiantes de Ingeniería se promueva el desarrollo de competencias para que puedan lograr sus objetivos profesionales personales una vez que egresen de la carrera, como obtener un buen puesto, un ascenso o convertirse en un experto en un tema determinado [3, 11]. El conjunto de habilidades se puede aplicar para progresar en su carrera o expandirse para obtener un trabajo en un campo o industria diferente [12]. De acuerdo a ello, esta investigación presenta los resultados de la implementación de un proyecto de tecnologías que consistió en crear una propuesta de cableado y montaje para un nuevo laboratorio de cómputo, por parte de alumnos de Ingeniería en computación del Centro Universitario de Tonalá en la Universidad de Guadalajara con el objetivo de desarrollar competencias profesionales como liderazgo, trabajo en equipo y resolución de problemas prácticos reales y con el uso de TICs por parte del docente para la orientación en la implementación del proyecto.

METODOLOGÍA

Se aplicó la metodología de Proyecto de Aula que incluye el aprendizaje colaborativo también conocido como aprendizaje cooperativo. El mismo implica aprender mediante equipos estructurados y con roles bien definidos, orientados a resolver una tarea específica a través de la colaboración [13].

El problema a resolver por los estudiantes fue crear una propuesta de cableado y montaje para un nuevo laboratorio de cómputo, que será destinado al uso común y particular de la comunidad del

Centro Universitario de Tonalá en la Universidad de Guadalajara México. Este proyecto contó con el apoyo del área administrativa del departamento encargado de la Infraestructura de Red y Telecomunicaciones del campus, así como el docente y veinte alumnos del curso de Redes del sexto semestre de la carrera de Ingeniería en Ciencias Computacionales.

Las TIC utilizadas por el profesor y los alumnos fueron para la comunicación grupos de WhatsApp, correos electrónicos y reuniones por google meet, para evaluación de cuestionarios por google forms y para el almacenamiento de documentos y proyectos por google drive.

Los estudiantes se organizaron en equipos de 5 alumnos. La etapa 1 del proyecto radicó en la búsqueda de aspectos teóricos sobre conceptos básicos de redes y prácticas hechas en el aula de clase. La etapa 2 consistió en la puesta en marcha del proyecto considerando el ideal +9y el real de lo que se puede realizar. Por último, la etapa 3 fue evaluar a través de una rúbrica las competencias adquiridas por los estudiantes. Adicional se analizó el sentir del grupo de alumnos sobre la actividad y la relación con el campo laboral de su carrera. Para ello se elaboró un cuestionario utilizando el software Google Forms. La herramienta del cuestionario es un instrumento de captación de información mediante preguntas y/o enunciados dirigidos, con un alto nivel de capacidad general para representar a una gran población, es de bajo costo y con resultados significativos [14]. Para el diseño y elaboración del cuestionario se utilizó como referencia el diseño de cuestionarios del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2013). Se realizaron 12 preguntas combinando respuestas de opción múltiple y opción abierta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Puesta en marcha el proyecto

Con base en la implementación del enfoque de proyectos de aula en el curso de Redes al poner en marcha el proyecto de instalar el cableado e infraestructura de red necesaria para un laboratorio de cómputo, se reveló que todos los grupos fueron creativos y exitosos para completar las tareas asignadas. Para realizar el plan de acción y propuesta del proyecto los alumnos llevaron a cabo un proceso de reconocimiento del lugar de trabajo, tomar las medidas necesarias para realizar el cálculo de materiales y la distribución de equipo, para de esta forma comenzar a determinar la cantidad de insumos y equipo necesarios, siempre tomando en cuenta que se debe optimizar el uso de los recursos, manejar una tolerancia y pensar en las posibles fallas o dificultades en el proceso de cableado

o distribución, logrando que durante la implementación del proyecto hubiera buena organización y fácil corrección de los posibles errores o fallas. En la Figura 1 se muestran los planos propuestos por los equipos para realizar la actividad.

Las propuestas las realizaron con el propósito de mantener la integridad y funcionalidad de los equipos de cómputo que se iban a implementar en el laboratorio, de forma que para las especificaciones propuestas para el laboratorio se consideraron lo siguiente:

- Al elegir el rack se ha considerado la escalabilidad de la infraestructura de red del laboratorio, es decir, en caso de que sea necesario aumentar la cantidad de dispositivos de red siempre habrá espacio para más equipos.
- Se consideró utilizar un Switch CISCO ya que permite conectar todos los equipos en una red, incluidas las computadoras, consolas, impresoras, servidores, etc. Además de tener una tasa de transferencia máxima de 0,1 Gbit/s bajo los estándares IEEE 802.3, IEEE 802.3u con una amplia gestión de protocolos que cumple con los requerimientos de la topología de red que será implementada en el laboratorio.
- El patch panel es de suma importancia ya que permite centralizar el cableado de la topología de red, conectar y gestionar los cables Ethernet entrantes y salientes,

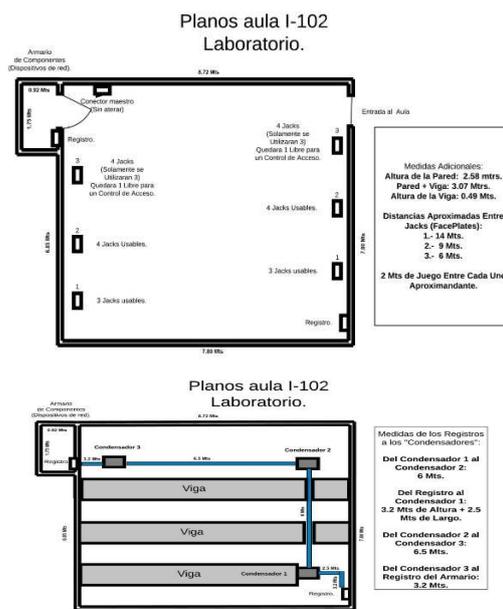




Figura 1. Evidencias de los planos realizados por los alumnos en el proyecto de aula del curso de Redes

- además, permite proporcionar más flexibilidad y evita que se tengan que desmontar todas las conexiones para realizar cambios en los dispositivos como el Switch.
- - El regulador de poder No Break de 800 V, es un componente indispensable ya que reserva la capacidad eléctrica durante un tiempo, permitiendo el funcionamiento de los equipos conectados y que cuando la necesiten puedan disponer de ella y, a su vez ofrece una protección contra corrientes. Otra ventaja que ofrece es que cada uno de los puntos de contacto cuenta con aislamiento, lo que ofrece cierta seguridad y también, cuenta con un bloqueo positivo que disminuye el riesgo de una desconexión accidental
- - El organizador de cables es indispensable ya que se emplea para mantener el orden en la forma y distribución de las interconexiones de los dispositivos de red como el patch panel y los switches. (La cantidad de puertos del patch panel y los switches se han establecido considerando la escalabilidad del sistema, así como la cantidad de dispositivos que deberán conectarse a estos).

Evaluación de competencias

Para evaluar las competencias adquiridas durante en desarrollo del proyecto se realizaron actividades como presentaciones orales por arte de los alumnos en donde expusieron sus propuestas antes de la implementación. En este punto se hizo referencias y recomendaciones, desde el tono de voz, la forma de hacer llegar el mensaje que se está transmitiendo, así como la dinámica de la exposición con el fin de fortalecer competencias blandas. Estas competencias generalmente se relacionan con las habilidades interpersonales y otros rasgos de personalidad que le permiten comunicarse y trabajar con otros [15]. Las competencias a evaluar fueron comunicación, la resolución de conflictos,

la creatividad, liderazgo, motivación, trabajo en equipo y gestión del tiempo. En las imágenes de la Figura 2 se observa a los alumnos realizando la actividad.



Figura 2. Imágenes de la exposición oral de los alumnos presentando la propuesta de implementación.

En el caso de las competencias duras, también conocidas como habilidades técnicas, son capacidades que utilizarán los alumnos para realizar una tarea relacionada con un trabajo específico o en el área profesional. Estas competencias se evaluaron sobre los detalles técnicos del proyecto como la implementación del cableado, si existieron fallas, como usaron el simulador, haciendo énfasis en la razón de que no se obtuvieron los resultados espe-

rados. De manera que los estudiantes desarrollen competencias en análisis de los datos, diseño del proyecto, uso de herramientas de simulación y conocimiento propio de redes. La Tabla 1 representa la rúbrica utilizada para evaluar el proyecto con su respectiva ponderación.

Análisis de cómo se sintieron los alumnos realizando la actividad

En el cuestionario realizado una vez terminado el proyecto se refleja que los estudiantes vieron esta actividad como una oportunidad de realizar y poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en el curso. El 99,5% consideraron que

las actividades realizadas en el proyecto estaban dentro de sus capacidades académicas y que las indicaciones fueron claras por parte del docente. Usaron el WhatsApp como medio de comunicación entre los equipos y el docente para realizar el proyecto. Los problemas que presentaron en el desarrollo del proyecto se muestran en la Figura 3. En general, los alumnos mencionaron que el 61% no tuvo ningún problema en el desarrollo del proyecto, un 19% mencionó tener problemas de comunicación entre los miembros, un 17% desinterés de realizar el proyecto y un 3% no tenía claro que debían hacer.

Tabla 1. Rúbrica para evaluar la implementación de los proyectos.

Categoría	Muy bien 91-100	Bien 80-90	Regular 60-79	Insuficiente 59 y menos	Ponderación
Presentación/ Organización	El reporte está limpio y organizado.	El reporte no está limpio, pero está organizado.	El reporte está limpio, pero hay poca organización.	El reporte no está limpio se ve descuidado y no hay organización.	24%
Diagramas de Red	Se incluye diagramas claros y precisos y aplica el conocimiento Creativo	Se incluye diagramas que se acercan a la realidad y están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas y éstos están etiquetados, pero no reflejan la realidad	Los diagramas importantes no aparecen, o no tienen clara relación con la práctica.	20%
Respuesta implementada	Toma con oportunidad las decisiones adecuadas y aplica eficientemente las técnicas de los RA	Toma con oportunidad las decisiones, aunque no siempre adecuadas, sin embargo, aplica eficientemente las técnicas	Tiene dificultades evidentes para tomar decisiones, aplica técnicas inapropiadas o poco eficientes	En el reporte no refleja reacción oportuna ante las situaciones que se presentan, además duda para la toma de decisiones.	32%
Tabla de datos	Recopila y ordena los datos relacionados con la práctica. Se representan de forma precisa en tablas; además se interpretan y analizan.	Recopila y ordena los datos relacionados con la práctica. Se representa de forma precisa en tablas, pero no hay una interpretación y análisis preciso.	Recopila y ordena los datos relacionados con la práctica. No representa de forma precisa en tablas y no hay interpretación.	Los datos no son organizados o son imprecisos. No elaboró tablas.	24%

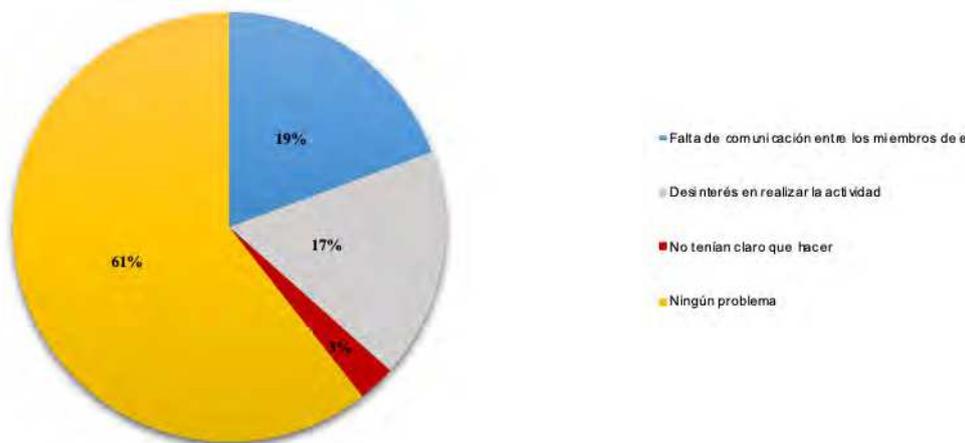


Figura 3. Problemas que presentaron los alumnos en el desarrollo del proyecto.

Los aportes positivos que los alumnos detectaron al realizar la actividad fue tener una nueva experiencia de práctica real, adquirir conocimiento sobre otras ramas de la materia, aplicar el conocimiento adquirido y entender un poco el campo laboral al tener un acercamiento aproximado. Por otro lado, interesó la oportunidad de desarrollar un proyecto que beneficie a la comunidad del Centro Universitario de Tonalá, el tener una mejor capacitación y experiencia que puede ser usada en el ám-

bito laboral, más allá de solo realizar prácticas teóricas o con simuladores. Los aspectos negativos señalados fueron que los equipos eran de varios alumnos y faltó en algunos casos mejorar la comunicación. En algunos casos consideraron que les faltaba más conocimiento sobre la configuración lógica de la red. En general fueron más aspectos positivos que negativos y el 100% de los alumnos quisieran realizar este tipo de proyectos en otros cursos y semestres.

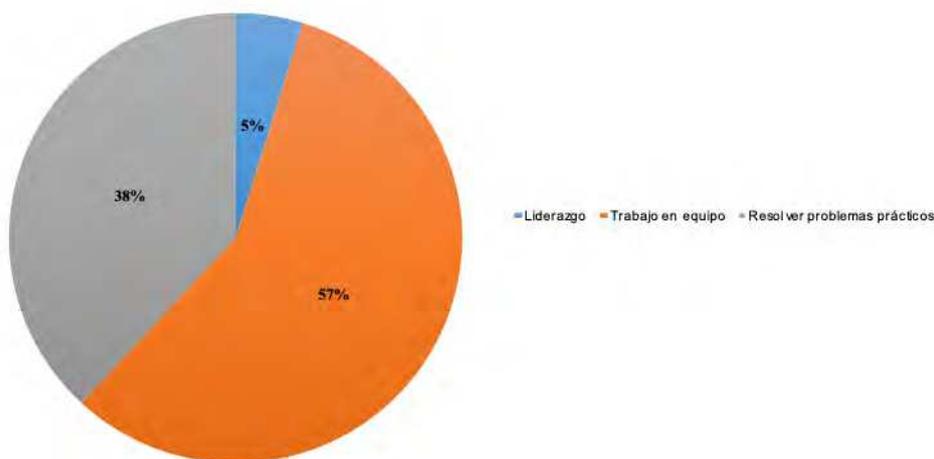


Figura 4. Señale los aspectos que mejoro usted al realizar del proyecto

CONCLUSIONES

Es un hecho que cualquier avance en las tecnologías se basa en la importancia que tiene el concepto de aplicabilidad, ya que de ello depende en gran medida el impacto que se podría tener en un área en específico. La enseñanza forma parte de la vida

cotidiana del ser humano, por lo que un cambio de paradigma en la Educación, donde uno de los ejes protagonistas, sea el trabajo colaborativo aplicando innovación tecnológica, debe de aportar más beneficios que situaciones negativas, pero ello dependerá en gran medida del conocimiento que se tenga sobre lo que se desea aplicar. El proyecto

de cableado del laboratorio fue una gran área de oportunidad para los alumnos de la Ingeniería en Ciencias Computacionales en general ya que, por un lado, la experiencia de participar en un proyecto más cercano a lo que será un nivel profesional, les permitirá practicar, entender mejor la materia y el campo laboral, por otro lado, provee la oportunidad de desarrollar un proyecto que beneficia a la comunidad del Centro Universitario de Tonalá. También cabe resaltar que esto abona curricularmente a la experiencia laboral de los estudiantes, ya que permite tener un acercamiento completo a la aplicación del conocimiento y de los conceptos de Cisco, en un contexto y escenario real donde se realiza la implementación de la topología de red haciendo uso o creando la infraestructura requerida y la lógica de programación o configuración de dispositivos.

De esta forma se gana experiencia al considerar un modelo real y ver que a pesar de que es muy similar a las prácticas realizadas en simuladores como Packet Tracer, al involucrarse en el desarrollo del laboratorio en el proyecto se deben considerar otros factores que podrían impedir una proyección de lo ideal a lo realista e incluso se puede mejorar la lógica del estudiante a la hora de resolver problemas. Y al igual que el campo laboral, aporta al desarrollo de habilidades blandas que permitan una buena comunicación y fomenten el trabajo en equipo, pues es parte importante del desarrollo de cualquier proyecto, ya que la buena relación y comunicación entre los integrantes, conlleva a una buena aplicación del trabajo y mejores resultados en la implementación.

REFERENCIAS

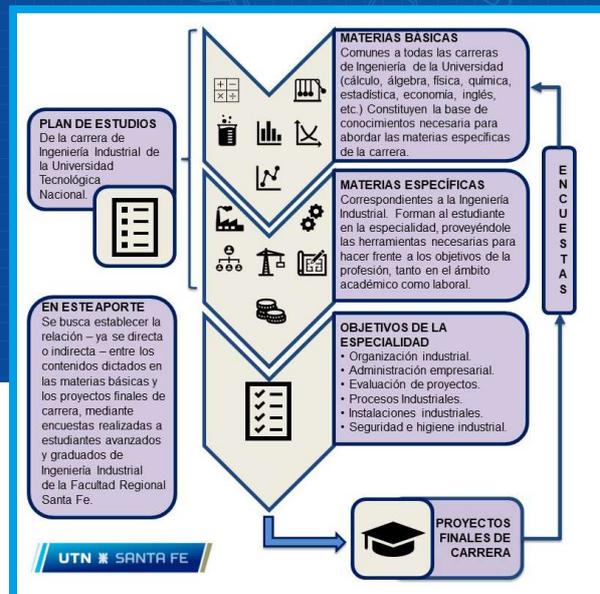
- [1] López, J., S. Pozo, M.B. Morales, and E. López, Competencia digital de futuros docentes para efectuar un proceso de enseñanza y aprendizaje mediante realidad virtual. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 2019, 1-15. <https://doi.org/10.21556/edutec.2019.67.1327>
- [2] Yawson, D.E. and F.A. Yamoah, Understanding satisfaction essentials of E-learning in higher education: A multi-generational cohort perspective. *Heliyon*, (2020). 6, e05519. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05519>
- [3] Ivanov, I., J. Cárdenas, and M. Kosonogova, Implementation of developmental education in the digital learning environment. *Procedia Computer Science*. 9 World Engineering Education Forum, WEEF 2019., (2020). 172 517-522.
- [4] Enríquez-Caballero, Y.P., Políticas de desarrollo regional en la denominación de origen: los casos del tequila en México y el vino en España. (2016).
- [5] Lee, I., Big data: Dimensions, evolution, impacts, and challenges. *Business Horizons*, (2017). 60, 293-303. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.01.004>
- [6] Karen, R., E. Scott, and C. Lyman, *The Internet of Things: An Overview. Understanding the issues and Challenges of a More Connected World*, ed. The Internet Society (Isoc). (2015), USA.
- [7] Hume, K. When Is It Important for an Algorithm to Explain Itself? Available online: <https://hbr.org/2018/07/when-is-it-important-for-an-algorithm-to-explain-itself>. (accessed on 28 July 2022).
- [8] Andreas, B., J. Schröck, D. Szentes, and W. Roller, Using Learning Maps for Visualization of Adaptive Learning Path Components. *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, (2012). 4, 228-235.
- [9] Lohr, A., M. Stadler, F. Schultz-Pernice, O. Chernikova, M. Sailer, F. Fischer, and M. Sailer, On powerpointers, clickerers, and digital pros: Investigating the initiation of digital learning activities by teachers in higher education. *Computers in Human Behavior*, (2021). 119, 106715. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106715>
- [10] Satria, E., Projects for the implementation of science technology society approach in basic concept of natural science course as application of optical and electrical instruments' material. *Journal of Physics: Conference Series*, (2018). 983, 012049. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/983/1/012049>
- [11] Tschandla, M., B. Mayera, and S. Romina, An interdisciplinary digital learning and research factory: The Smart Production Lab. *Procedia Manufacturing*. 10th Conference on Learning Factories, CLF2020, (2020). 45, 491-496.
- [12] Brüggemann, H., S. Stempin, and J.-M. Meier, Consideration of digitalization for the purpose of resource efficiency in a learning factory. *Procedia Manufacturing*, (2020). 45, 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.085>
- [13] Pimienta, J., *Estrategias de enseñanza-aprendizaje Docencia universitaria basada en competencias*, ed. Pearson. Vol. 1. (2012), Mexico.
- [14] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Diseño de Cuestionarios*. México, (2013).
- [15] Darling-Hammond, L., L. Flook, C. Cook-Harvey, B. Barron, and D. Osher, Implications for educational practice of the science of learning and development. *Applied Developmental Science*, (2020). 24, 97-140. <https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791>

Las materias básicas en los proyectos finales de carrera

Marcela S. Ambrosini, Diego O. Pereyra, M. Elvira Rodríguez, Blas Trejo

facultad regional santa fe, universidad tecnológica nacional

Contacto: mambrosini@frsf.utn.edu.ar



RESUMEN

En la formulación del Proyecto Final, los estudiantes pueden plasmar los conocimientos y habilidades que han construido durante su trayectoria, profundizando las actividades curriculares previstas. Los contenidos de materias básicas son utilizados en el proyecto.

Esta presentación aborda un avance de focalizar la enseñanza más necesaria para la especialidad con la finalidad de detectar la aplicación de los temas previstos en los programas de asignaturas del Departamento Materias Básicas en la UTN-Santa Fe.

Se comienza con reflexiones sobre el papel que desempeñan en la formación del ingeniero la matemática, física, química, legislación, economía. Un segundo momento muestra un caso que refleja la metodología utilizada para detectar la aplicación de conocimientos en los proyectos. Finalmente, se comparten opiniones de estudiantes que están formulando sus proyectos finales.

Las conclusiones reflejan el grado de avance pensando en realizar propuestas en la reformulación de la oferta académica.

ABSTRACT

In the formulation of the Final Project, students can capture the knowledge and skills that they have built during their career, deepening the planned curricular activities. The application of content developed in basic subjects, are used during the project.

With the purpose of detecting the application of topics foreseen in programs of subjects from Basic Subjects Department in UTN-Santa Fe and in order to focus the teaching in those most necessary for the specialty, this presentation addresses an advance.

This paper starts with reflections on the role that mathematics, physics, chemistry, legislation, economics, played in engineering education. A second moment shows a case in order to reflect the methodology used to detect the application of knowledge in projects. Finally, opinions of students who are formulating their final projects are shared. By way of conclusion, results reflect the degree of progress in the topic addressed thinking about making proposals in the reformulation of the academic offer.

Palabras clave: Materias básicas, Proyecto Final de Carrera, Proceso enseñanza-aprendizaje.

Keywords: Basic subjects, Career final project, Teaching-learning process.

INTRODUCCIÓN

El proceso de reformulación de la propuesta académica en el que se encuentra inmersa actualmente la Universidad Tecnológica Nacional, da lugar a la interacción de diversos actores abocados a generar propuestas que consideren integralmente los aspectos a mejorar.

Sobre la base de los problemas detectados en la formación del ingeniero y continuando una línea de investigación, los autores de este trabajo forman parte de un proyecto que trata sobre la vinculación entre conocimientos básicos y complementarios y su relación con la aplicación en los proyectos finales de carrera.

Este artículo tiene por finalidad rescatar diversas opiniones sobre la importancia que revisten contenidos de matemática, física, química, legislación y/o economía entre otras materias consideradas “básicas” y detectar la utilización de conceptos y aprendizajes en las aludidas ciencias en los proyectos finales de carrera. Para ello, se seleccionaron dos proyectos de la carrera de Ingeniería Industrial en particular y, mediante su análisis en profundidad, se pretende disponer de más elementos para continuar en la línea de trabajo.

Entre las apreciaciones a contemplar, resulta propicio conocer la percepción de los estudiantes que han atravesado el proceso de elaboración y redacción de sus proyectos durante los años 2018 y 2019. El resultado de las encuestas realizadas con tal fin da cuenta de sus opiniones aportando a las conclusiones que cierran esta presentación.

Las asignaturas del departamento de materias básicas en la formación del ingeniero

Las asignaturas asociadas al Departamento de Materias Básicas en UTN, tienen la particularidad de ser comunes a todas las carreras de Ingeniería que se dictan en la Facultad Regional Santa Fe. A su vez, las materias están agrupadas en diferentes UDB (Unidad Docente Básica): Matemática, Física, Química, Ciencias Sociales y Área Idiomas, para llevar adelante el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias con las que se identifican.

Dada la relevancia que revisten en la formación del ingeniero, al realizar un recorrido por la bibliografía en la temática, se destacan las opiniones seleccionadas, comenzando por concebir a la Ingeniería como una “disciplina” que aplica las leyes y fundamentos de las ciencias puras (física, química y matemática) para resolver problemas asociados con situaciones reales [1].

En lo que respecta a matemática, se sostiene que las mismas son un instrumento para acceder a otros conocimientos que el ingeniero necesita para responder a las exigencias del mercado [2].

Los modelos matemáticos, vínculos entre la teoría matemática y el mundo cotidiano, se convierten en una opción didáctica, con pensamiento crítico y sistémico, fundamental en la formación de ingenieros. Por su parte, se reconoce la importancia de las matemáticas como aplicación en la Ingeniería, destacando la modelación matemática como elemento que abre la posibilidad de vincular el conocimiento académico y la realidad empírica del mundo laboral y social [3].

En el mismo sentido, Brito Vallina, et al., (2011) [4] comparten la importancia de la matemática por constituirse en el lenguaje de modelación, el soporte simbólico con la ayuda del cual se expresan las leyes que rigen el objeto de trabajo del ingeniero. Por tanto, se debe otorgar prioridad al desarrollo de la capacidad de modelar utilizando los conceptos y el lenguaje de la matemática, así como a la habilidad de interpretar modelos ya creados sobre la base de los conceptos de la disciplina. La modelación matemática de problemas crea en los estudiantes una capacidad y habilidad necesarias para la solución de posibles problemas prácticos.

Al abordar el tema de resolución de proyectos de Ingeniería, se analiza el papel que desempeñan los conceptos matemáticos al proponer una metodología que permite observar qué fenómenos son producidos cuando los citados conceptos son utilizados en la resolución de dichos proyectos [5]. Mediante un estudio de caso, se concluye que el rol de la matemática tiene su propia naturaleza, la que debe estudiarse y caracterizarse para proponer una didáctica de las matemáticas en la formación de ingenieros.

Por su parte, la Ingeniería va de la mano con la física y la mayoría de las profesiones que se imparten hoy en día, aplican sus conceptos de una manera u otra. A modo de ejemplo, podemos decir que la física proporciona una herramienta de gran ayuda a la Ingeniería industrial ya que ésta se basa en procesos de producción y la física es de vital importancia dentro de éstos, brindando herramientas útiles como el estudio de los movimientos, el uso de la energía, aplicación de fuerzas [6].

La química está presente en plantas industriales y para comprender los procesos químicos, el ingeniero industrial debe conocer operaciones de transporte de fluidos, cristalización de mezclas, filtración, etc. según el tipo de industria de la que se trate. Salazar (2021) [7] sostiene que a nivel de plantas de producción se evidencian etapas de procesos en los que se involucran conceptos fundamentales de la química tales como el entendimiento de las propiedades químicas de un material, así como la comprensión de un proceso químico mediante un complemento matemático para un análisis riguroso de una situación determinada.

En el campo de la economía, es fundamental considerar el manejo del lenguaje matemático que adquieren los estudiantes de Ingeniería. Dicho conocimiento facilita la comprensión de las formulaciones, pero en muchos casos, los alumnos presentan dificultades para la asimilación del contenido o de problemas rigurosamente económicos que están detrás de estas fórmulas, no logrando interpretarlas íntegramente.

La economía integra el ámbito del proceso ingenieril. En algunas Ingenierías (como la industrial o civil), la relación entre ambas disciplinas es estrecha, llegando a necesitarse a la primera como base conceptual para su aplicación en funciones de análisis financieros o evaluación de proyectos [8].

Los problemas de Ingeniería están encadenados unos con otros y en cada uno de ellos se aplican criterios económicos. El proceso ingenieril, sea de diseño, planificación, cálculo, etc. es un proceso económico en la selección de soluciones finales completas permeado y dirigido por esos criterios en cada una de sus etapas. En consecuencia, no existe un resultado o producto ingenieril que no tenga en su desarrollo, contenido económico [9].

Continuando con opiniones de la significatividad del aporte de las disciplinas mencionadas en la formación de los ingenieros, resta contemplar el área de idiomas, más específicamente, el inglés. En palabras de Sosa Fernández et al. (2018)[10], el aprendizaje, la práctica y el dominio del idioma inglés permite a los ingenieros ser más competitivos y, conforme a la demanda laboral, mejorar los procesos productivos en las empresas (...) Permite tener una perspectiva diferente en cuanto a las actividades a desarrollar en un área de trabajo. En especial, el individuo se convierte en altamente productivo cuando el medio de comunicación es en esa lengua debido a que la empresa mantiene relaciones comerciales en el extranjero.

Resta detenerse en mencionar en este apartado a los Proyectos Finales de Carrera (de ahora en más, PFC), en los que, tal como se indica en este artículo, se busca detectar la aplicación de los aprendizajes adquiridos en las asignaturas que marcaron el inicio de la carrera de Ingeniería. Para Domínguez y Michel, 2010 [11], el proceso completo es auténtico ya que utilizan las propias ideas de los estudiantes, persiguen soluciones a problemas no triviales, generan preguntas, debatiendo ideas, realizando predicciones, diseñando planes y/o experimentos, recolectando y analizando datos. Establecen conclusiones, comunicando sus ideas y resultados a otros, realizando nuevas preguntas y creando o mejorando productos y procesos.

En el caso de la carrera de Ingeniería Industrial de UTN, con la finalidad de priorizar, profundizar y relacionar los conocimientos básicos y de la espe-

cialidad, la Ord. CSU N° 1114 2006 [12] refiere a “la elección por el estudiante de un tema que contemple casos reales y de aplicación local, desarrollar un proyecto integral, desde el punto de vista técnico, económico y administrativo, definición de tecnologías y parámetros necesarios para la realización del proyecto”.

Se presentan diversos enfoques sobre el papel que desempeñan los conocimientos de matemática, física, química, economía y el idioma inglés durante el proceso de formación buscando profundizar la enseñanza de temas que presenten mayores dificultades para su aprendizaje y aplicación. Se describe la metodología utilizada para identificar cuáles son los conceptos más utilizados en los PFC de Ingeniería Industrial.

La aplicación de conocimientos adquiridos en materias básicas en la formulación de proyectos finales

Con el objetivo de detectar cuáles de los contenidos dictados en las materias básicas fueron más utilizados como herramientas para el desarrollo de los PFC, se procedió a la lectura de una selección de los presentados y defendidos en Ingeniería Industrial. Es necesario aclarar que, si bien se hallan disponibles en la biblioteca de la facultad, por razones de confidencialidad no pueden darse a conocer los títulos ni los nombres de los autores.

En términos generales, se observó un uso intensivo de bases de datos como entrada para alcanzar el objetivo principal del proyecto. A modo de ejemplo se mencionan la mejora de los procesos, la formulación y evaluación de un proyecto de inversión, el diseño de un sistema de costeo para diversos rubros de industrias, entre otros.

En particular, el análisis a realizar aquí se limita a dos PFC seleccionados, uno referido al diseño e implementación de un sistema de costeo para definir el costo de sus productos (equipos de filtración industrial) y el segundo, a la evaluación de un proyecto de inversión relativo a la adquisición de equipos de apoyo para la producción.

Comenzando con el análisis del primero, hay que destacar que las características de los equipos fabricados son de filtración industrial del tipo ósmosis inversa. Esto supone una característica del proyecto: el sistema de costeo fue aplicado a un entorno productivo engineer to order; sistema productivo que tiene la particularidad de que los productos (equipos de filtración), se diseñan y fabrican a pedido del cliente. En consecuencia, no existe una estandarización de los mismos en el sentido de que todos ellos son distintos en cuanto a forma, especificaciones y elementos constitutivos. A su vez y como consecuencia, los procesos de producción y los métodos de trabajo no están

estandarizados, situación que dista de los clásicos entornos productivos del tipo make to stock en donde los productos se fabrican en grandes cantidades y existe una línea de montaje con métodos de trabajo y herramientas también estandarizados.

El alumno planteó en este trabajo que el costo de producción de cada equipo estaba dado principalmente por el costo de sus componentes físicos (materia prima e insumos) y el costo de la mano de obra. Precisamente éste último resultó el más complejo de determinar dadas las características del entorno productivo en el que el trabajo de los operarios no era repetitivo. A diferencia de un sistema de producción clásico como al que se hizo referencia *ut supra*, para determinar el costo relativo a la mano de un producto se necesitaría conocer el tiempo total insumido en horas hombre para fabricar una unidad de producto, para lo que se aplica algunos de los métodos de medición del trabajo abordados en la materia Estudio del Trabajo. Como ninguno de ellos pudo ser de utilidad por las peculiaridades del entorno productivo, el autor decidió, mediante un sistema digitalizado, recopilar los tiempos totales que cada una de las actividades de ensamble demandaba, así como una gran cantidad de datos relativos a los equipos (caudal, cantidad de membranas, cantidad de tubos, cantidad de bombas, elementos constitutivos, etc.). De esta manera, se formó una significativa base de datos que, a partir de la utilización de la estadística, permitió correlacionar las horas hombre totales demandadas con los datos recolectados de los equipos, obteniendo así y de manera aproximada las variables explicativas para poder establecer el costo total en concepto de mano de obra para nuevos equipos a partir de datos históricos.

En función de lo expuesto, este PFC evidencia un uso intensivo de los temas abordados en Probabilidad y Estadística como herramienta para alcanzar el objetivo principal. Por otra parte, y dado que el sistema de captación y ordenación de datos era digitalizado, se detectó un uso intensivo de hojas de cálculo en lo que respecta a fórmulas y macros. La utilización de fórmulas anidadas puede categorizarse dentro de lo que se conoce como Excel intermedio, tema que se aborda en la materia Informática I. En cuanto a la programación de macros, está presente el empleo de un lenguaje de programación, quedando fuera del alcance los contenidos dictados en las materias básicas de Informática pero que se corresponden a estructuras, funciones y operadores lógicos.

En cuanto al segundo de los proyectos analizados, referido a la evaluación de un proyecto de inversión para adquirir equipos de apoyo para la producción, se observó también una utilización intensiva de bases de datos sobre las cuales el

estudiante aplicó conocimientos de la estadística: análisis de regresión, medidas e indicadores y diagramas, entre otros, lo que le permitió realizar un diagnóstico de la situación actual y exhibir datos que le permitiese justificar cuantitativamente la prefactibilidad del proyecto de inversión. También se detectó el uso de hojas de cálculo, aunque probablemente de una forma más básica que en el trabajo anterior ya que en aquél se presentaba bajo un formato que podría considerarse un tablero de control, mientras que en éste sólo se mostraron algunas tablas con operaciones matemáticas básicas como suma, resta y producto.

La justificación económica de cualquier proyecto de inversión requiere la aplicación de la matemática financiera, un tema abordado en la asignatura Evaluación de Proyectos pero que obviamente requiere para su correcto aprendizaje el uso adecuado de conocimientos algebraicos básicos.

Complementariamente a la demostración de la conveniencia económica financiera de llevar a cabo el proyecto, el autor trabajó con una herramienta que permitió optimizar el uso de los activos que el proyecto recomendaba adquirir, posibilitando minimizar los costos totales. Para lograrlo, ideó un modelo matemático en el que la función objetivo a minimizar era obviamente el costo total de utilización de las máquinas y las variables de decisión tenían que ver con los momentos de uso de éstas. En este punto la utilización de los conocimientos abordados en la materia Investigación Operativa son cruciales y se nutren a su vez de múltiples temas dictados en materias como Álgebra y Geometría Analítica y Análisis Matemático I y II.

Con el análisis presentado, seguidamente se trata la opinión de alumnos y recientes graduados a modo de conocer su percepción sobre la relevancia y aplicación de contenidos de materias básicas al escribir sus proyectos con la finalidad de detectar falencias en los requerimientos y/o conocimientos que posibiliten acciones para poder superarlas.

La opinión de los estudiantes y recientes graduados

Entre los objetivos del trabajo de investigación en ejecución, se estableció la necesidad de conocer la percepción de los estudiantes y recientes graduados acerca de la aplicación de conocimientos de materias básicas en la formulación de sus PFC. Para avanzar en este sentido, se preparó un cuestionario dirigido a los alumnos de Ingeniería Industrial de la facultad que están atravesando el proceso de generación de sus PFC, así como también a quienes lo finalizaron dentro del período 2018 hasta los primeros días de agosto de 2021.

Las preguntas estuvieron vinculadas a los principales temas en los que se enmarcan los proyectos. Las asignaturas específicas de las que se valió

para realizarlo y así poder establecer una conexión directa con materias básicas vía correlatividades; la necesidad o no de profundizar los contenidos de aquellas y, en caso positivo, de cuáles se trata; software utilizados como herramientas de apoyo y, finalmente, el empleo de bibliografía en inglés. Se comparten a continuación los resultados obtenidos de una muestra no probabilística por conveniencia de 74 encuestas recibidas y procesadas.

Al preguntar sobre los temas en los que se enmarcan los PFC, pudiendo seleccionarse más de uno (Figura 1), la redistribución de planta/rediseño de los métodos de manejo de materiales y el análisis o mejora de procesos industriales, encabezan la lista con un 36,5% de respuestas cada uno, seguidos por la planificación y control de la producción/administración y/o gestión de inventarios con el 25,7%. El tercer lugar lo comparten dos temas: determinación de la capacidad de planta y formulación/evaluación de un proyecto de inversión con el 21,6%. En cuanto al análisis/replanteo de los mé-

todos, tiempos y estándares del trabajo/seguridad, higiene y ergonomía en el trabajo y mejora en la gestión de los procesos organizacionales con 13 respuestas (17,6%) cada uno se ubican en el cuarto lugar y los vinculados al desarrollo de un sistema de costeo, el desarrollo de un tablero o comando de control y el modelado y optimización de procesos/logística interna de procesos se posicionan en el quinto con el 14,9% de las respuestas cada uno. Algo más de dos puntos por debajo, con el 12,2% aparecen: diseño/optimización de instalaciones industriales, desarrollo de un sistema de gestión de calidad y mejoras en transporte y logística externa mientras que diseño/análisis de instalaciones industriales, rediseño/mejora/creación de productos, con 8 respuestas (10,8%) cada uno, se ubican en el séptimo tema. Cierran la lista, desarrollo/evaluación de un plan de mantenimiento y estudio de mercado con el 6,8% y 1,4% respectivamente.

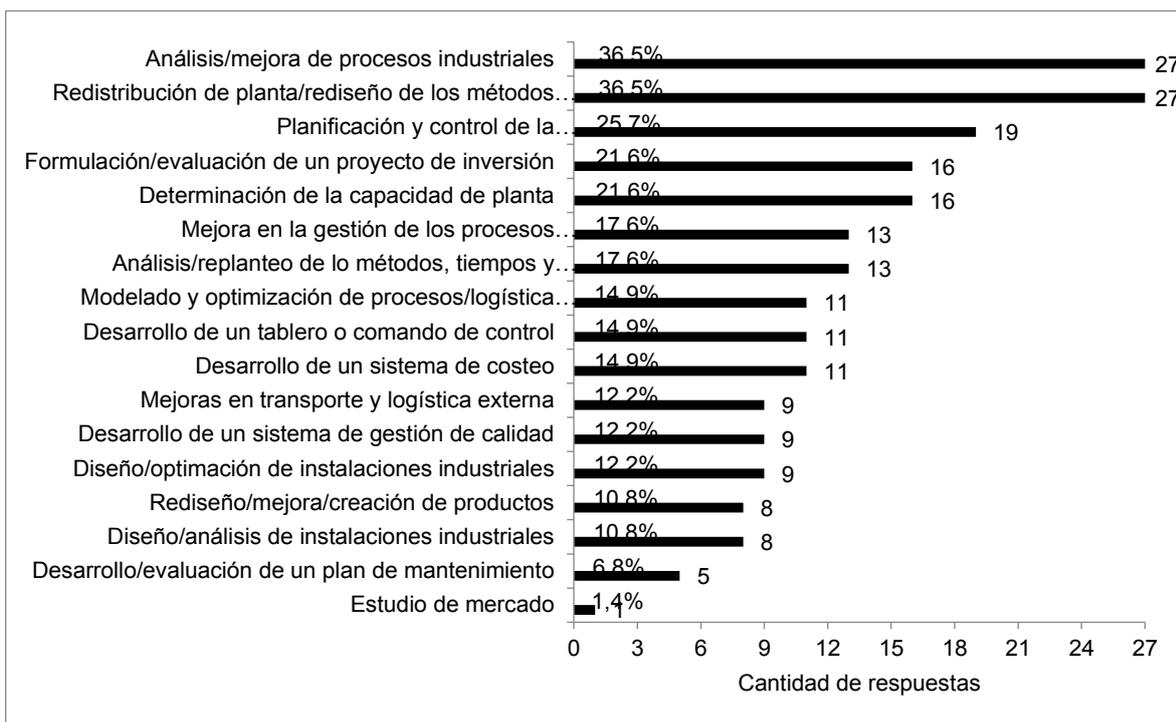


Figura 1: Temas en los que se enmarcan los PFC.

Con la finalidad de establecer una conexión directa con las materias básicas a través de las correlatividades (Figura 2), la segunda pregunta abordó la selección de asignaturas específicas de cuyos conocimientos se nutrió para elaborar el PFC. En orden decreciente, Evaluación de Proyectos fue la más utilizada (67,6%) de las respuestas, muy cerca de Costos y Presupuestos con el 64,9%. También

se evidenció un alto porcentaje de respuestas en la aplicación de contenidos de Estudio del Trabajo y Planificación y Control de la Producción con el 52,7% y 50% respectivamente, continuando con el 41,9% Manejo de Materiales y Distribución en Planta. Procesos Industriales, Seguridad, Higiene e Ingeniería Ambiental reportaron guarismos de 23 (31,1%), 19 (25,7%) y 15 (20,3%) respuestas, se-

guidas de Instalaciones Industriales con el 16,2% y Economía de la Empresa con el 14,9%. Tanto Ciencia de los Materiales, Economía General y Estática y Resistencia de los Materiales obtuvieron el mismo porcentaje, 13,5%, muy cerca de Mecánica y Mecanismos con el 12,2%. Las menos seleccionadas fueron Investigación Operativa y Mantenimien-

to con 8 respuestas cada una (10,8%), Comercialización, Diseño del producto y Control de Gestión, con el 9,5% también cada y una y finalmente, Termodinámica y Máquinas Térmicas, Electrotecnia y Máquinas Eléctricas y Mecánica de los Fluidos con el 6,8%, 6,8% y 6,4% respectivamente.

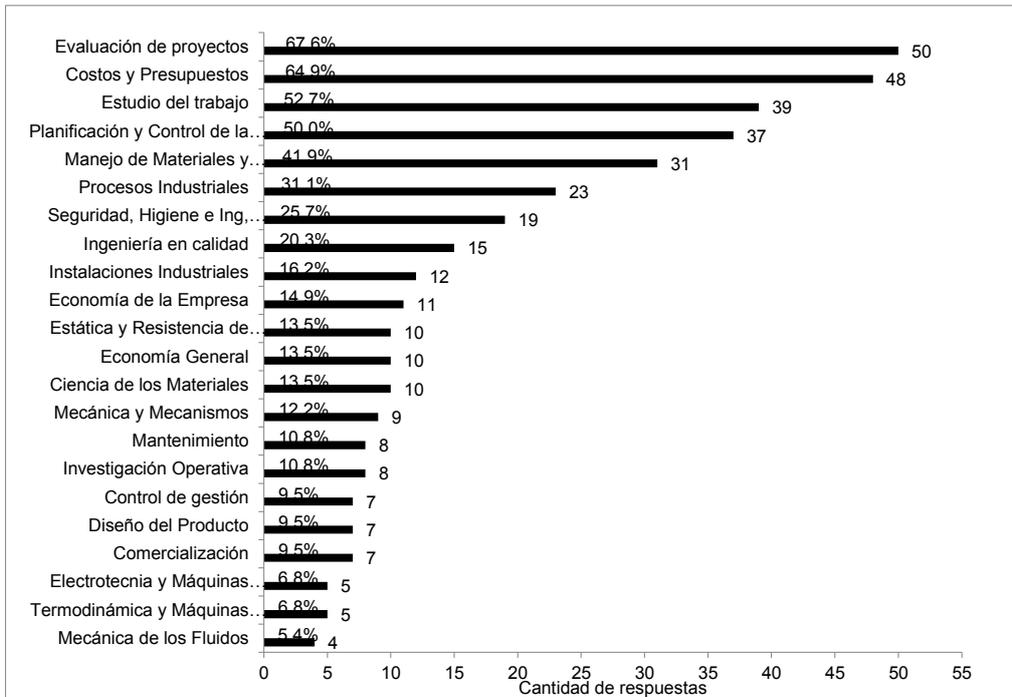


Figura 2: Conocimientos de asignaturas específicas utilizadas en los PFC.

Al preguntar sobre aplicación o no de contenidos desarrollados en materias básicas en el desarrollo del PFC y, en caso afirmativo, si fueron suficientes o necesaria su profundización; el 68,92% respondió haber utilizado y el 29,73% no; el resto no contestó (Figura 3). Dentro del primer grupo, al 60,78% le alcanzó con lo dictado en los primeros años de la carrera mientras que el 39,22% restante tuvo que solicitar apoyo o profundizar de manera individual; resultados que muestra la Figura 4.

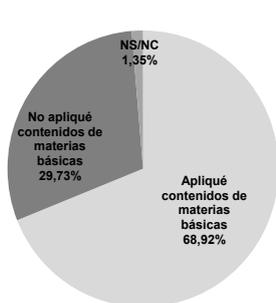


Figura 3: Utilización de contenidos de materias básicas en la elaboración del PFC.

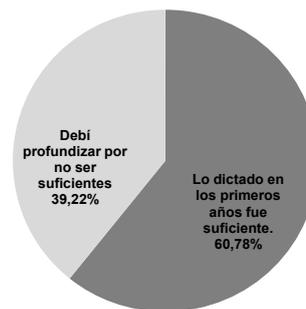


Figura 4: Grado de conocimiento en materias básicas en la elaboración del PFC.

Como un desprendimiento de la pregunta anterior, se buscó detectar cuáles fueron los contenidos en los cuáles los estudiantes debieron profundizar. En este caso, se cuenta con 28 encuestas con posibilidad de varias respuestas cada una, tal como se pueden observar en la Figura 5.

La distribución entre los temas fue para Manejo de TIC's/herramientas informáticas/programación, 18; data mining/análisis de datos, 16; esta-

dística, 11; probabilidad, 9; economía, 7; cálculo en una variable, 6; inglés 4, álgebra lineal y cálculo multivariable 2 cada una y, finalmente con 1 cada uno, modelo y simulación, legislación/derecho/marco jurídico, física moderna, electromagnetismo,

física newtoniana, análisis complejo, matemática discreta y geometría analítica/geometría euclidiana. Se destaca que cálculo avanzado/ecuaciones diferenciales, no obtuvo marcas.

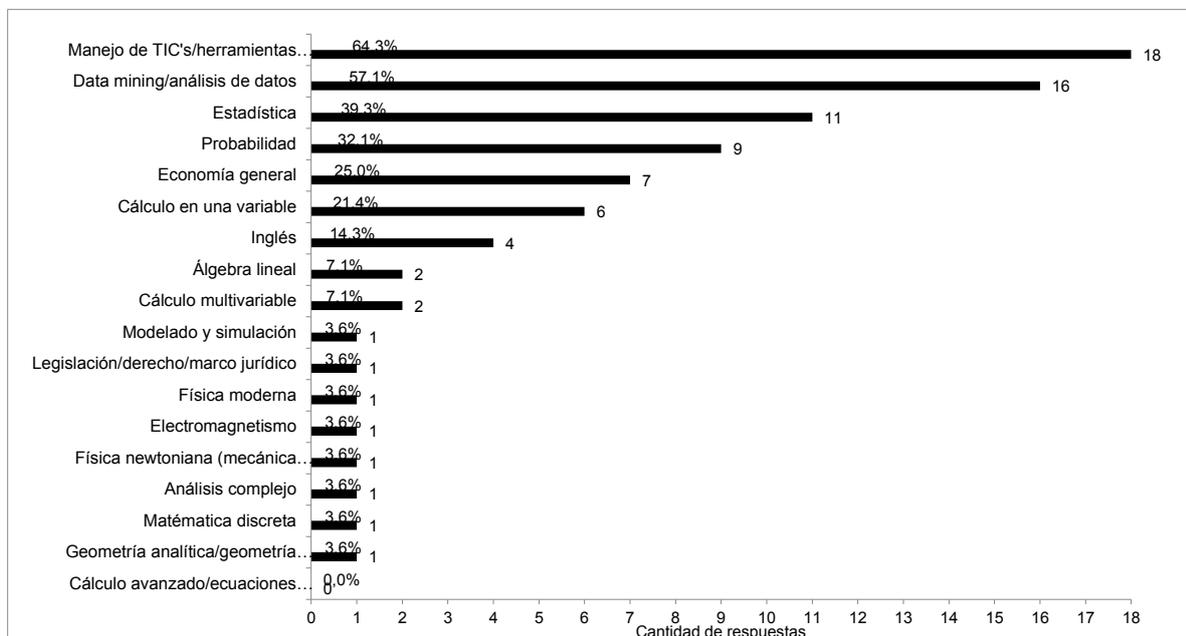


Figura 5: Contenidos de materias básicas en que fue necesaria la profundización.

En cuanto a programas informáticos aplicados en la elaboración de los PFC, la Tabla 1 Herramientas de Informática utilizadas, sistematiza las 74 respuestas desde las más a las menos empleadas. También en este caso debe considerarse la posibilidad de marcar más de una opción entre las propuestas.

Tabla 1: Herramientas de Informática utilizadas.

programa	respuestas	%
Excel intermedio (fórmula anidadas, tablas dinámicas, gráficos)	56	75,7%
Excel básico (sumas, productos, formulas básica, tablas de valores)	31	41,9%
Excel avanzado (macros/programación)	18	24,3%
Programas de diseño de estructuras/productos (ej.: AutoCAD, SolidWorks)	8	10,8%
Programas de simulación (ej.: Simio)	6	8,1%
Bizagi	6	8,1%

Programas de cálculo o gráfico de funciones (ej.: GeoGebra)	4	5,4%
Programas de optimización (ej.: Lingo)	3	4,1%

Como última pregunta para el cierre del cuestionario, se consultó sobre la necesidad de acceder a bibliografía en inglés, sea en formato libros, videos, presentaciones o apuntes. En este caso, y tal como se refleja en la Figura 6 las respuestas se dividieron en 46 positivas y 28 negativas; lo que evidencia una diferencia de 24,4 puntos a favor de la utilización de material en inglés.

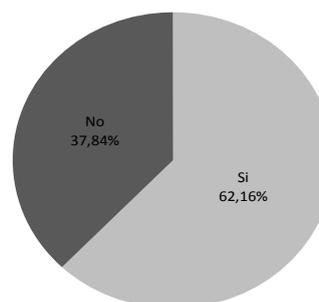


Figura 6: Utilización de bibliografía en inglés en la elaboración de los PFC.

CONCLUSIONES

El grado de avance del proyecto de investigación en lo que respecta a los puntos aquí abordados, permitió disponer de material e información para una primera pero significativa aproximación al tema de las que derivan las siguientes reflexiones:

En estudio de caso de los PFC se observó el requerimiento de contenidos desarrollados en Estadística, Álgebra, Análisis Matemático y Economía y la opinión de los estudiantes en relación a los temas más tratados en sus proyectos y conocimientos de asignaturas específicas para realizar la actividad, reflejó de manera indirecta, temas tratados en las mismas asignaturas. En este sentido, los contenidos impartidos durante la formación en los primeros años de la carrera son suficientes, pero no para todos los estudiantes.

Al relacionar opiniones de alumnos encuestados con los PFC bajo análisis, se evidencia la importancia que revisten, el análisis de datos y la estadística para operar con bases de datos, manejo de TIC's y herramientas de la informática, temas en los que sería importante resignificar durante la formación.

Complementariamente, y tal como lo evidencian las encuestas realizadas, el conocimiento de inglés permite enriquecer los resultados de búsqueda de información dada la cantidad de fuentes disponibles.

Este escenario se convierte en el punto de partida para profundizar en aquellos temas que se retoman en las materias de la especialidad; así como también avanzar en detectar contenidos específicos de los programas que presentan mayores falencias en su tratamiento, sea porque no se comprenden en profundidad, no alcanzan a verse aplicados o requieren mayor dedicación, entre los múltiples desafíos a sortear en el proceso enseñanza-aprendizaje.

REFERENCIAS

- [1] Anaya, A. Durand. (2001). "Reflexiones sobre la Enseñanza de la Ingeniería Química". *Educación química*. 12, 2, 79-87.
- [2] Vásquez R.; Romo A.; Trigueros, M. (2015) "Un contexto de modelación para la enseñanza de las matemáticas en las ingenierías" *Conferencia Interamericana de Educación Matemática 171-181* México <http://ciaem-redumate.org/memorias-ciaem/xiv/pdf/Vol16Model.pdf>
- [3] Plaza Gálvez, Luis Fernando (2017). "Modelación matemática en ingeniería" *Revista de investigación educativa de la Rediech Año 7 Número 13* Pág. 47-57 http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-85502016000200047
- [4] Brito Vallina, María Lucía; Alemán Romero, Isidro; Fraga Guerra, Elena; Para García, José Luis; Arias de Tapia, Ruth Irene (2011) "Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros". *Revista Ingeniería Mecánica*. Vol. 14. No. 2, p. 129-139 ISSN 1815-5944
- [5] Avenilde Romo, Asuman Oktaç. (2007). "Herramienta metodológica para el análisis de los conceptos matemáticos en el ejercicio de la ingeniería". *Relime Vol. 10, N° 1, p.117-143*.
- [6] Tamayo Cuenca, Ronal; Tamayo Pupo, Jorge Ignacio, Ferras Sabtiesteban, Elser. (2017) "El método de proyecto en la enseñanza de la física moderna para ingeniería mecánica". *Didáctica y Educación Vol. VIII. Año 2017. Número 6. Edición Especial. Taller de Enseñanza de la Física 59-70* <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6683360>
- [7] Salazar, Natalia (2021) "La Importancia de la Química en las Ingenierías". *ÁVACO News #66 - Consulta 10-08-21* <https://avaconews.unibague.edu.co/la-importancia-de-la-quimica-en-las-ingenierias-por-natalia-salazar/>
- [8] Plaza, Alejandro E.; Erbes, Analía. (2011) "La enseñanza de la economía en las carreras de ingeniería". Enseñar economía hoy: desafíos y propuestas alternativas al paradigma neoclásico. Ricardo Aronskind ... [et.al.]; compilado por Valeria S. Wainer. - 1a ed. - Los Polvorines: Universidad Nacional de General Sarmiento, Internet. - (*Publicaciones electrónicas*; 22) ISBN 978-987-630-102-2 1. *Economía. Enseñanza*. I. Aronskind, Ricardo II. Wainer, Valeria S., comp. CDD 330.7
- [9] Sobrevila, Marcelo A. (2000). *La formación del Ingeniero Profesional para el tiempo actual. Tesis de las ingenierías de base*. Academia Nacional de Educación.
- [10] Sosa Fernández, Germán; Gutiérrez Gutiérrez, Benjamín; Velázquez Algo, Marco (2018). "El aprendizaje del inglés, una contribución al desarrollo profesional de los ingenieros industriales". *Revista Redipe Vol 7 N° 7* <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/535>
- [11] Domínguez, Orlando J.; Michel, Raquel L. (2010). "Mejoras en el desarrollo del proyecto final para estudiantes de Ingeniería Química". *Revista Formación Universitaria*. 3, 4, 47-52. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062010000400006>
- [12] Ord. CSU UTN N° 1114, 2006.

Agradecimientos

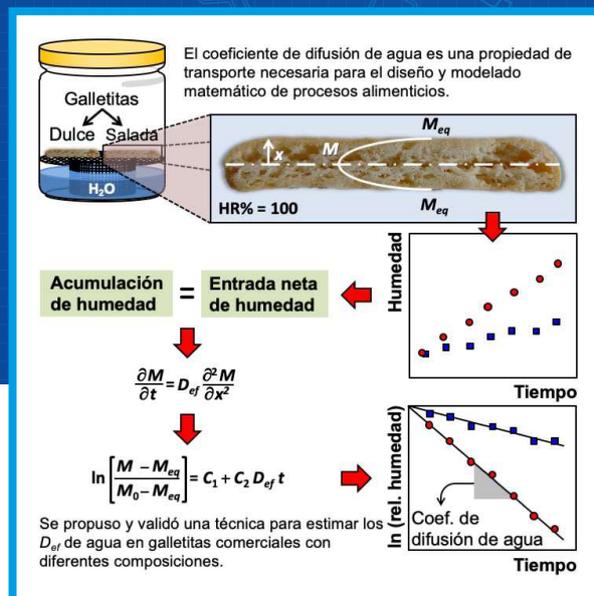
Los autores de este trabajo desean agradecer a los estudiantes y recientes graduados que nos facilitaron sus proyectos para lectura, así como también a quienes colaboraron respondieron las encuestas.

Estimación de coeficientes efectivos de difusión de agua en galletitas comerciales

Bárbara E. Meza¹, María Paula González^{1,2}, Juan Manuel Peralta^{1,2}

1. Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química, Universidad Nacional del Litoral-CONICET
2. Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral

Contacto: bmeza@intec.unl.edu.ar



RESUMEN

En este trabajo, se propuso un procedimiento experimental sencillo adaptado de la literatura para estimar los coeficientes efectivos de difusión de agua en galletitas comerciales partir de ensayos de absorción de humedad en condiciones controladas. Las galletitas fueron seleccionadas como posibles sustratos alimenticios en un proceso de recubrimiento. Las mismas se colocaron en soportes de plástico dentro de frascos de vidrio sellados conteniendo agua pura en su interior (100% de humedad relativa) a 25°C. Luego, se retiraron de los frascos cada 1 h durante 6 h. Se determinaron las humedades de las muestras en base seca a cada tiempo por triplicado. Se usó un modelo matemático simplificado derivado de la segunda ley de difusión de Fick para la estimación de los coeficientes. Los valores de humedades experimentales obtenidos fueron satisfactorios. Además, los coeficientes estimados se encontraron en el rango de los publicados en la bibliografía para productos similares.

ABSTRACT

In this work, a simple experimental procedure adapted from the literature was proposed to estimate the water effective diffusion coefficients of commercial biscuits using moisture absorption tests under controlled conditions. The biscuits were selected as possible substrates in a food coating process. The biscuits were placed over plastic supports inside sealed glass jars containing pure water inside (100% relative humidity) at 25°C. They were removed from the flasks every 1 h during 6 h. The moisture of samples was determined on a dry basis at each time by triplicate. A simplified mathematical model derived from Fick's second diffusion law was used to estimate the effective diffusion coefficients. The experimental moisture values obtained were satisfactory. In addition, the estimated values of effective diffusion coefficients were in the range of those published in the literature for similar bakery products.

Palabras clave: sustratos alimenticios, recubrimientos, difusión de humedad.

INTRODUCCIÓN

El coeficiente efectivo de difusión (o difusividad) de una determinada especie (agua, solutos, etc.) es una propiedad de transporte importante y necesaria para el correcto diseño, el modelado matemático y la simulación de la transferencia de materia en diferentes procesos de la industria de alimentos [1]. En el caso específico de un proceso de recubrimiento, esta propiedad es necesaria para describir y predecir la transferencia de humedad que pueda ocurrir entre la cobertura, el sustrato alimenticio y/o el ambiente. La importancia de poder controlar la transferencia de agua dentro de los sustratos alimenticios, como por ejemplo en galletitas recubiertas con films comestibles, se basa en que una distribución de humedad no homogénea podría generar grietas o defectos en la integridad estructural tanto en la cobertura como en el sustrato, que afecten la apariencia, la calidad y la vida útil del producto final [2],[4].

Está establecido que los valores de coeficientes de difusión efectivos no pueden obtenerse de manera directa en forma experimental y su estimación debe realizarse por medio de la utilización de modelos matemáticos y optimizando el procedimiento de ajuste a los datos experimentales. Estos coeficientes pueden depender de la composición del material, del contenido de humedad y de la temperatura [5], [6]. Desafortunadamente, son escasos los valores publicados de difusividad efectiva para alimentos procesados con una composición específica [1]. En la literatura existen diversos procedimientos orientados a estimar el coeficiente efectivo de difusión de agua en alimentos panificados, como galletitas [2,4]. No obstante, se ha indicado que los valores obtenidos pueden variar dependiendo del procedimiento seleccionado, de la complejidad para obtener los datos experimentales y de la velocidad de sorción de agua que tiene lugar en el material [1, 7].

Por este motivo, el objetivo de este trabajo fue proponer y validar un procedimiento sencillo adaptado de la literatura para estimar los coeficientes efectivos de difusión de agua en galletitas comerciales con diferente composición (dulces y saladas) a partir de ensayos experimentales de adsorción de vapor de agua en función del tiempo en condiciones controladas de temperatura y humedad relativa ambiente. Las galletitas fueron seleccionadas teniendo en cuenta su potencial uso como sustratos alimenticios en un proceso de recubrimiento de alimentos. Este trabajo significa un aporte novedoso en relación con la temática y forma parte de un estudio más amplio, destinado a obtener propiedades de transporte necesarias para poder modelar matemáticamente los fenómenos de transferencia de momento, materia y ener-

gía que ocurren durante las etapas de formación y consolidación de recubrimientos comestibles sobre sustratos alimenticios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se utilizaron dos variedades de galletitas elaboradas a base de harina de trigo adquiridas en locales comerciales: galletitas dulces (Okebon Leche Clásicas, Alicorp Argentina SCA, Buenos Aires) y galletitas saladas (Fajitas Clásicas, Tía Maruca Argentina SA, Buenos Aires). La composición de macro componentes de cada variedad se encuentra detallada en la Tabla 1.

Tabla 1: Composición de macro componentes de galletitas comerciales utilizadas en este estudio.

Variedad	Carbohidratos [% p/p] ¹	Grasas [% p/p] ¹	Proteínas [% p/p] ¹	Humedad [% p/p] ²
Dulce	72,0	12,0	7,4	2,4 ± 0,4
Salada	59,0	22,0	10,0	3,5 ± 0,2

¹Datos aportados por el fabricante.

²Valores promedio y desvíos estándares de tres determinaciones experimentales.

Se seleccionaron por inspección visual 50 galletitas de cada variedad, teniendo en cuenta que presentaran integridad estructural y uniformidad en sus superficies. Las mismas se cortaron con un cúter con el objetivo de obtener una geometría rectangular, donde se cumpla que la magnitud de la longitud sea mucho mayor que la del espesor (relación espesor: longitud < 0,2). Los espesores fueron medidos (diez réplicas) con un calibre digital ESP1-001PLA (Schwyz, Suiza) y se encuentran detallados en la Tabla 2.

Tabla 2: Espesores y densidades (expresadas como masa de sólido seco por volumen de sólido húmedo) de galletitas comerciales utilizadas en este estudio.

Variedad	Espesor [mm] ¹	Densidad [kg m ⁻³] ^{1,2}
Dulce	4,8 ± 0, 2a	415 ± 18 ^b
Salada	5,3 ± 0, 3a	246 ± 7 ^a

¹Valores promedio y desvíos estándares de diez determinaciones experimentales.

²Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (P<0,05).

Para completar la caracterización de las muestras, se obtuvieron las densidades de las galletitas expresadas en masa de sólido seco por volumen de sólido húmedo. Las mismas fueron determinadas por método gravimétrico (diez réplicas). El volumen fue calculado midiendo las dimensiones externas de las galletitas (largo, ancho y espesor), asumiendo que su forma permaneció constante. La masa de sólido seco fue determinada a partir del valor de humedad inicial, determinado como se detalla más adelante. Los valores calculados se encuentran en la Tabla 2.

Ensayos de adsorción de humedad

Las muestras se acondicionaron en una estufa eléctrica digital con convección natural Dalvo TDC60 (Tecno Dalvo SRL, Santa Fe, Argentina) a $50 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 6 h para equilibrar su humedad inicial. Luego, las mismas se colocaron por triplicado dentro de frascos de vidrio (altura 12 cm y diámetro 6,5 cm) sobre un soporte de plástico horizontal de 6 cm de altura. Los frascos se rotularon (un frasco por cada tiempo) y se sellaron. Debido a que cada frasco contenía agua pura en su interior, la humedad relativa ambiente (HR) dentro de cada frasco fue equivalente a 100%, o actividad de agua (a_w) igual a 1, a una temperatura controlada de $25 \pm 1^\circ\text{C}$.

Las galletitas que se encontraban dentro de cada frasco se retiraron del mismo cada 1 h durante 6 h y, por último, a las posteriores 24 h. De acuerdo con ensayos preliminares, esta última muestra se consideró para la determinación de la humedad de equilibrio. Las galletitas húmedas obtenidas fueron colocadas en recipientes con cierre hermético (altura 5 cm y diámetro 3 cm) que se almacenaron a $7 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 16 h para su posterior análisis.

Determinación del contenido de humedad

Se determinaron las humedades de las galletitas por triplicado a tiempo inicial y a cada tiempo de experimentación. Para ello, una alícuota de cada muestra húmeda (~2 g) fue colocada en recipientes vacíos con pesos conocidos y se secaron utilizando una estufa eléctrica digital con convección natural Yamato ADP310C (Yamato Scientific America Inc., California, USA) a $70 \pm 1^\circ\text{C}$ y condiciones de vacío (0,01 atm de presión) durante 6 h. Las muestras se pesaron con una balanza analítica Mettler AE163 (Mettler Instrument Corp., New Jersey, USA) con una precisión de 0,0001 g. El cálculo de la humedad se realizó con la siguiente ecuación:

$$M = \frac{m - m_s}{m_s - m_r} \quad (1)$$

donde M es la humedad en base seca [kg kg^{-1}], m es la masa de la muestra húmeda [kg], m_s es la

masa de la muestra seca [kg] y m_r es la masa del recipiente vacío utilizado como contenedor [kg].

Estimación de los coeficientes efectivos de difusión de agua

Para la estimación del coeficiente efectivo de difusión, se utilizaron los datos experimentales obtenidos mediante los ensayos de adsorción de humedad en función del tiempo. Se supuso que el mecanismo controlante durante la adsorción es la difusión molecular, existiendo solamente dos especies: el soluto (agua) que difunde en otra especie que conforma el sistema (galletita). Este fenómeno de transferencia puede representarse matemáticamente por la ecuación diferencial que describe el movimiento de la humedad en el interior de la galletita, expresado por la segunda ley de Fick [8].

Para el desarrollo, se tuvieron en cuenta las siguientes suposiciones:

1. La galletita es considerada un material isotrópico (las propiedades son iguales en todas las direcciones y no dependen del tiempo) y homogéneo (existe solamente una fase).
2. A tiempo inicial, la temperatura y la distribución de humedad en toda la galletita es uniforme.
3. La variación en la presión durante los experimentos es despreciable.
4. Las dimensiones de la galletita permanecen constantes, despreciándose el posible aumento del espesor por hinchamiento debido a la adsorción de agua.
5. La galletita es asumida como un sistema en dos dimensiones, que puede describirse por coordenadas cartesianas como una placa plana infinita de espesor constante, debido a que se cumple que el largo > espesor.
6. La transferencia de masa es simétrica y uniforme, ocurriendo unidireccionalmente a través del espesor en ambas superficies de la galletita a cualquier tiempo mayor a 0.
7. El coeficiente efectivo de difusión es independiente de la concentración de agua en las condiciones estudiadas.

Además, se supuso que el contenido de humedad de la superficie de la galletita corresponde a la humedad de equilibrio con el medio circundante a la temperatura analizada. Es decir, que la resistencia a la transferencia de agua en la capa circundante a la galletita es despreciable en comparación a su contraparte interna. De esta manera, el proceso de transferencia presenta valores del número de Biot másico muy grandes ($Bi = k_c L / D_{ef} > 10^3$). Esta suposición puede verificarse teniendo en cuenta que los espesores de las galletitas (L) estudiadas encuentran en el orden de 10^{-3} m, que

en productos alimenticios se ha observado que el coeficiente de transferencia superficial de masa (k_c) es del orden de 10^{-2} m s^{-1} [3] y que D_{ef} es del orden de $10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ [4]. Entonces, en este caso se cumple que $Bi = \alpha(10^5)$.

Análisis estadístico

Los valores de las humedades a cada tiempo y de las densidades fueron analizados aplicando ANOVA. Cuando el efecto de los factores fue significativo ($P < 0,05$), se aplicó el test de Tukey para la comparación de medias con un 95% de nivel de confianza. Además, se calcularon los coeficientes de variación de los valores de humedad. La capacidad de ajuste de la Ec. (8) fue evaluada calculando los coeficientes de determinación (R^2). Los cálculos se realizaron utilizando el software libre LibreOffice Calc 6.4.7.2 (The Document Foundation, Berlin, Alemania) y el programa estadístico Minitab 13.20 (Minitab LLC., State College, EE. UU.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cinética de adsorción de humedad

Los valores de humedad en base seca de cada galletita en función del tiempo a 25°C y una HR del 100% se encuentran graficadas en la Figura 1. La selección de esta temperatura se basó en que la misma se corresponde con la temperatura típica de condiciones de almacenamiento de esta clase de productos. Además, la HR elegida se ubica como condición extrema para la adsorción de humedad por parte de un alimento seco, teniendo en cuenta que las coberturas fluidas que podrían formarse y consolidarse sobre estos sustratos alimenticios poseen, en general, altas actividades de agua al comienzo del proceso ($> 0,9$) [9].

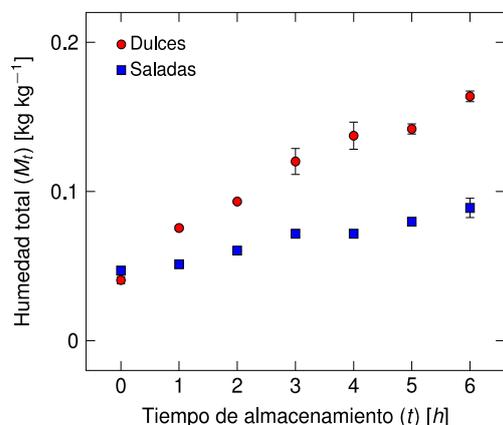


Figura 1: Cinética de adsorción de vapor de agua a 25°C de galletitas comerciales expuestas a una humedad relativa ambiente de 100% ($a_w = 1$). Los símbolos y las barras son los valores experimentales (promedio de tres determinaciones) y a los desvíos estándares, respectivamente.

La humedad de equilibrio obtenida fue de $0,294 \pm 0,005 \text{ kg kg}^{-1}$ y $0,228 \pm 0,022 \text{ kg kg}^{-1}$ para las galletitas dulces y saladas, respectivamente. Los errores experimentales, expresados como desvíos estándares, estuvieron en el rango de $0,001 \text{ kg kg}^{-1}$ a $0,022 \text{ kg kg}^{-1}$; mientras que los coeficientes de variación calculados fueron $< 9,71\%$. De esta manera, se consideró que los datos experimentales de humedades obtenidos con la técnica de adsorción de vapor de agua propuesta en este trabajo fueron satisfactorios. Además, las humedades en base seca fueron estadísticamente mayores para las galletitas dulces en comparación con las saladas ($P < 0,05$) (Figura 1). Este comportamiento puede deberse a la composición de las muestras, ya que la variedad dulce presenta menor contenido de grasa y mayor contenido de carbohidratos, a expensas del contenido de azúcar que le otorga el sabor dulce a las mismas (Tabla 1).

En general, las galletitas son matrices porosas e higroscópicas que pueden adsorber humedad fácilmente durante su almacenamiento [10]. Los ingredientes que se encuentran presentes en sus diferentes estados (azúcares, lípidos, proteínas) compiten de manera diferente por el agua, lo que influye en su movilidad dentro de la estructura de la galletita [10]. Por ejemplo, el azúcar es un compuesto altamente higroscópico que favorece la retención de agua cuando forma parte de la estructura de alimentos panificados [11]. Por el contrario, la grasa es hidrofóbica y actúa como lubricante, compitiendo con la fase acuosa e inhibiendo la formación de la estructura de la red de gluten en la masa a base de harina [11]. Esto explicaría la mayor facilidad que poseen las galletitas dulces para adsorber humedad del medio ambiente en comparación con las galletitas saladas.

Coefficientes efectivos de difusión de agua

Al considerar las suposiciones planteadas anteriormente para el movimiento de la humedad en el interior de la galletita (Sección Materiales y Métodos), el sistema en estudio puede representarse mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{ef} \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} \quad (2)$$

con las siguientes condiciones de contorno:

$$t = 0, \quad 0 \leq x \leq L, \quad M = M_0 \quad (3)$$

$$t > 0, \quad x = 0, \quad M = M_{eq} \quad (4)$$

$$t > 0, \quad x = L, \quad \frac{\partial M}{\partial x} = 0 \quad (5)$$

donde M_0 y M_{eq} son los contenidos de humedad en base seca iniciales y de equilibrio, respectivamente [kg kg^{-1}]. Además, t es el tiempo [s], x es la posición en la placa a un determinado tiempo [m] y D_{ef} es el coeficiente efectivo de difusión de agua [$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$]. La longitud característica L [m] corresponde a la mitad espesor total de la galletita, debido a que la transferencia de materia tiene lugar en ambas caras del material.

Para la difusión en condiciones no estacionarias, la solución analítica de la segunda ley de Fick (ecuación 2) puede aproximarse mediante una sumatoria infinita de términos:

$$\frac{M_t - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} e^{-\frac{\pi^2(2n-1)^2}{4} Fo} \quad (6)$$

donde M_t es el contenido de humedad total que difunde a través de la placa a tiempo t [kg kg^{-1}] y Fo es el número de Fourier másico ($D_{ef}t/L^2$).

Al considerar que en este caso se satisface que $Fo > 0,3$, se espera que el segundo término y los sucesivos pueden despreciarse, siendo el primer término representativo de los cambios en el sistema. De esta forma, la solución aproximada a la ecuación de Fick está expresada de la siguiente manera [8]:

$$\frac{M_t - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}} \approx \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\pi^2 D_{ef} t}{L^2}\right) \quad (7)$$

aplicando logaritmos:

$$\ln\left(\frac{M_t - M_{eq}}{M_0 - M_{eq}}\right) \approx \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \frac{\pi^2 D_{ef} t}{L^2} \approx A + Bt \quad (8)$$

donde $A = \ln(8/\pi^2)$ y $B = -\pi^2 D_{ef}/(4L^2)$. De esta forma, graficando los datos experimentales en forma de $\ln[(M_t - M_{eq})/(M_0 - M_{eq})]$ en función de t , el coeficiente D_{ef} se puede estimar ajustando la ecuación (8) a través de la siguiente expresión:

$$D_{ef} \approx -\frac{4}{\pi^2} L^2 B \quad (9)$$

La metodología planteada anteriormente y utilizada para la estimación de los coeficientes efectivos de difusión de agua se encuentra representada en la Figura 2. En ambas regresiones lineales, se obtuvieron valores de $R^2 > 0,97$, considerándolos muy buenos.

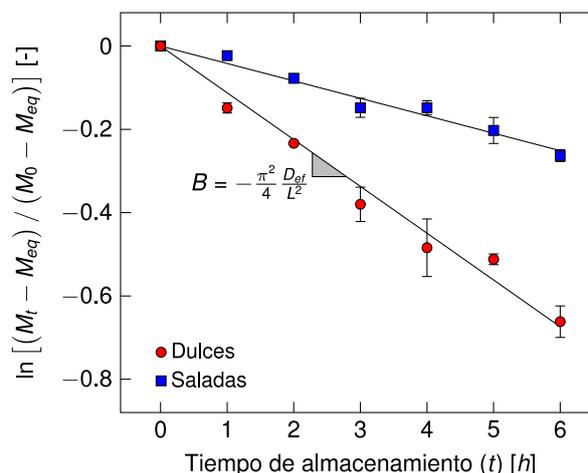


Figura 2: Metodología utilizada para estimar los coeficientes efectivos de difusión de agua a 25°C de galletitas comerciales expuestas a una humedad relativa ambiente de 100% ($a_w = 1$). Los símbolos son los valores calculados y las líneas corresponden al modelo matemático ajustado (ecuación 8).

Los coeficientes de difusión efectivos a 25°C, estimados a partir de la ecuación (9), fueron $6,80 (\pm 0,25) \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ y $3,49 (\pm 0,15) \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para las galletitas dulces y saladas, respectivamente. Ambos valores se encuentran en el rango de los publicados en la bibliografía para productos panificados con similares características a temperatura ambiente [3, 4]. Se observó que variaron en función del tipo de galletita, siendo el valor de D_{ef} para la variedad dulce mayor (~ 2 veces) que para la salada. Este comportamiento podría explicarse debido a la composición de las muestras. Como se justificó anteriormente, las galletitas dulces presentan mayor contenido de carbohidratos (a expensas del azúcar agregado para otorgar el sabor dulce) y menor contenido de grasa que las galletitas saladas. Esta condición favorecería la difusión de agua desde el medio ambiente hacia el interior de las galletitas, debido a su naturaleza más higroscópica [10, 11]. Además, la densidad determinada para las galletitas dulces fue mayor a las saladas (Tabla 2), indicando que la relación de masa seca de las muestras sobre el volumen ocupado es mayor. Estos valores de densidad fueron similares a los publicados para galletitas dulces elaboradas

a base de harina de trigo similares a las utilizadas en este estudio [2]. Esto podría sugerir la presencia de mayor superficie disponible para la difusión de humedad en las galletitas dulces, evidenciándose con un mayor valor estimado de D_{ef} .

CONCLUSIONES

Se pudo adaptar y validar una técnica simple para la estimación de los D_{ef} de un producto panificado, como son las galletitas comerciales, consideradas como posibles sustratos alimenticios. Esta propiedad de transporte es necesaria para realizar el posterior modelado matemático de la transferencia de materia que pueda ocurrir durante un proceso de recubrimiento de alimentos entre la cobertura, el sustrato y/o el medio ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las siguientes instituciones públicas argentinas que financiaron parcialmente este trabajo: el CONICET [Proyecto PIP 2021 GI 11220200100440CO], la Universidad Nacional del Litoral (Santa Fe) [Proyecto CAI+D 2020-50620190100005LI] y la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (Agencia I+D+i) [proyecto PICT 2019-209]. Este trabajo fue llevado a cabo como parte de la Práctica Extracurricular en Investigación de María Paula González (Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional del Litoral) [Código PE18CA-I01_ID 365].

REFERENCIAS

- [1] Fabbri, A.; Cevoli, C.; Troncoso, R. (2014). Moisture diffusivity coefficient estimation in solid food by inversion of a numerical model. *Food Research International*, 56, 63-67.
- [2] Hao, F.; Lu, L.; Wang, J. (2017). Finite element analysis of moisture migration of multicomponent foods during storage. *Food Process Engineering*, 40(1), e12319.
- [3] Guillard, V.; Broyart, B.; Guilbert, S.; Bonazzi, C.; Gontard N. (2004). Moisture diffusivity and transfer modelling in dry biscuit. *Journal of Food Engineering*, 64, 81-87.
- [4] Saleem, Q.; Wildman, R. D.; Huntley, J. M.; Whitworth, M. B. (2005). Material properties of semi-sweet biscuits for finite element modelling of biscuit cracking. *Journal of Food Engineering*, 68, 19-32.
- [5] Tong, C. H.; Lund, D. B. (1990). Effective moisture diffusivity in porous materials as a function of temperature and moisture content. *Biotechnology Progress*, 6, 67-75.
- [6] Demirkol, E.; Erdoğan, F.; Palazoğlu, T. K. (2006). Analysis of mass transfer parameters (changes in mass flux, diffusion coefficient and mass transfer coefficient) during baking of cookies. *Journal of Food Engineering*, 72, 364-371.
- [7] Delgado, J. M. P. Q. (2006). Measurement of diffusion coefficients in building materials using the initial rate of sorption. *Defect and Diffusion Forum*, 258-260, 85-90.
- [8] Crank, J. (1975). *The Mathematics of Diffusion*. 2^{da} edición. Oxford University Press Inc, Whilstshire, Reino Unido.
- [9] Guillard, V.; Royart, B.; Bonazzi, C.; Guilbert, S.; Gontard, N. (2003). Evolution of moisture distribution during storage in a composite food modelling and simulation. *Journal of Food Science*, 68(3), 958-966.
- [10] Romani, S.; Rocculi, P.; Tappi S.; Dalla Rosa, M. (2016). Moisture adsorption behaviour of biscuit during storage investigated by using a new Dynamic Dewpoint method. *Food Chemistry*, 195, 97-103.
- [11] Indrani, D.; Rao, G. V. (2008). Functions of ingredients in the baking of sweet goods. En S. G. Sumnu y S. Sahin (Eds.), *Food Engineering Aspects of Baking Sweet Goods* (31-47). CRC Press, Boca Raton, USA.

Deshidratador Convectivo para Alimentos Vegetales usando Células Termoeléctricas como Generador de Calor

Raquel del Valle Brito¹, Cecilia Navarro², Marcelo Cortes², Sergio Daniel Lera²

1. Centro de Investigación e Innovación Tecnológica Universidad Nacional de La Rioja.

2. Universidad Nacional de La Rioja

Contacto: rbrito@unlar.edu.ar



RESUMEN

El desarrollo y la innovación tecnológica se encuentran a la vanguardia a la hora de resolver problemas energéticos fruto de la necesidad de buscar soluciones que disminuyan el impacto que aparece su consumo. Actualmente el mercado está ofreciendo pequeños módulos domésticos o electrodomésticos con un alto consumo energético para su funcionamiento, habida cuenta que estos aparatos deben trabajar durante varias horas antes de obtener un alimento correctamente deshidratado. Es por ello, que surge la necesidad de valorar el desarrollo y diseño de un deshidratador prototipo de tipo convectivo para frutas y vegetales como módulo electrodoméstico, a través de células termoeléctricas como generador de calor, para poder proveer calor mediante un dispositivo calefactor no resistivo y de bajo consumo.

ABSTRACT

There is a need to look for solutions in order to diminish the impact of energy consumption. Technological development and innovation are key when dealing with such energy issues. Nowadays, the market offers small household appliances that consume a considerable amount of energy, given that they must work for several hours before yielding correctly dehydrated food. This is why there emerges the need to design and develop a prototypical convective dehydrator for fruit and vegetables as a household appliance. This dehydrator works with thermoelectric cells which generate heat, thus being a non-resistive, energy-efficient heater.

Palabras clave: Peltier, Prototipo, deshidratador, alimentos, energético.

Keywords: Peltier, prototipo, dehydrator, food, energetic.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y la innovación tecnológica se encuentran a la vanguardia a la hora de resolver problemas energéticos fruto de la necesidad de buscar soluciones que disminuyan el impacto que aparea su consumo. En este caso particular se analizan los deshidratadores de alimentos domésticos los cuales pueden encontrarse de muy diferentes materiales y mecanismos destinados a distribuir el calor a través de las bandejas y eliminar el contenido de agua de los alimentos tratados, como así también, aquellos fabricantes que ofrecen dispositivos con control de temperatura y tiempo de deshidratación entre otras características.

En este sentido, actualmente el mercado ofrece pequeños módulos domésticos o electrodomésticos a muy altos costos, pero más importante, con un alto consumo energético para su funcionamiento, habida cuenta que estos aparatos deben trabajar durante varias horas antes de obtener un producto deshidratado. Es por ello, que surge la necesidad de valorar el desarrollo de un equipo que aproveche el uso y aplicación de nuevas ideas y tecnologías que permitan superar los clásicos deshidratadores, en este caso, a través del empleo de celdas termoeléctricas (peltier).

Se puede decir que este proyecto debe enfocarse sobre dos componentes relevantes y que serán tratados a continuación. En el primero de ellos se establece a partir de entender la importancia de la deshidratación de alimentos, las características más significativas, los métodos y los equipos que se usan a pequeña escala. Como segundo término, poder reconocer el principio de funcionamiento de las celdas peltier y de cómo se adaptaría en el nuevo diseño planteado.

Para comenzar se puede mencionar que alimentos como las frutas y hortalizas en general, son una fuente esencial de vitaminas y minerales necesarios para el ser humano. Además, cabe aclarar que el cultivo de vegetales es cada día más importante, ya que representa un sector destacado en la economía de muchos países y que su consumo está en pleno aumento, lo que hace necesaria la aplicación de procesos de conservación para lograr incrementar la vida útil del alimento en almacenamiento.

Del mismo modo, cabe mencionar que la economía familiar puede verse beneficiada al administrar los recursos en su hogar al tener la capacidad de almacenar eficientemente los alimentos de estación. Recordando además, que “en ciertas épocas del año este tipo de alimentos disminuye, por lo que es conveniente darles un tratamiento que permita consumirlos en épocas de escasez” [1].

Merece la pena subrayar que la deshidratación o el desecado es una de las técnicas más usadas

para conservación de alimentos. La historia ha mostrado la destreza del ser humano que desde el principio aprovechó los beneficios de secar al sol alimentos como frutas, granos, vegetales, carnes y pescados, mediante prueba y error, para tener alimentos en épocas de escasez. La importancia comercial de esta técnica, que convierte alimentos frescos en deshidratados, añadiendo valor agregado a la materia prima utilizada, del mismo modo que favorece al pequeño productor agropecuario bajando los costos de transporte, distribución y almacenaje por la reducción de peso y volumen del producto que produce [2].

Los mismos autores también mencionan que los alimentos deshidratados mantienen gran proporción de su valor nutritivo original si el proceso se realiza en forma adecuada. Entre otras ventajas o beneficios que pueden describirse de este tipo de conservación, es la facilidad para llevarla a cabo inclusive por la población de más bajos recursos y en otros casos requiriendo hasta inversiones razonables a escala familiar, especialmente si no se tiene la posibilidad de acceder a otro método de conservación como por ejemplo un frízer. No obstante, del mismo modo se establece que para avanzar sobre este tipo de tratamiento también será preciso no desconocer aquellos parámetros fundamentales como por ejemplo, los niveles de humedad adecuados a los efectos de asegurar la calidad en cuanto al contenido residual de nutrientes, textura, aroma, entre otras características que se irán desarrollando en los lineamientos teóricos.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo general de este trabajo fue desarrollar el diseño de un deshidratador prototipo de tipo convectivo para frutas y vegetales como módulo electrodoméstico, a través de células termoeléctricas como generador de calor. Para ello, fue necesario proveer calor mediante un dispositivo calefactor no resistivo de bajo consumo. Proponer un equipo de bajo o nulo riesgo de shock eléctrico para el ser humano garantizando seguridad para su uso o manipulación. Desarrollar un equipo portátil que pueda ser empleado fuera de la red eléctrica alterna mediante una batería de continua (de auto o las usadas en paneles solares). Proyectar un equipo prototipo que tenga funcionalidad, es decir, fácil mantenimiento, montaje y desmontaje y reposición rápida de sus partes y piezas.

DESARROLLO

Lineamientos teóricos

Para diferenciar conceptualmente, se puede decir que el secado consiste en eliminar de forma

natural, un porcentaje del agua contenida en el interior de la fruta, incrementando el periodo de vida útil del producto; por ejemplo el uso directo o indirecto de la radiación solar, siendo este, un método barato y accesible. En cambio los deshidratadores son aparatos sencillos que facilitan el secado de los alimentos como frutas, verduras, carnes, setas, hierbas y especias, estos pueden llevarse a cabo por diferentes métodos, mecanismos y procesos fisicoquímicos, por ejemplo, el prensado, centrifugación, osmosis, liofilización, absorción, adsorción, etc., pero de todas estas técnicas, la más utilizada en la deshidratación de productos agroalimentarios es la evaporación superficial, es decir, secado por aire caliente, secado de vacío, secado solar y secado por microondas. En otros casos estas técnicas suelen también combinarse para facilitar o mejorar el proceso.

Cuando se habla de evaporación superficial, se refiere a aquel producto que se somete a la acción de una corriente de aire caliente que provoca que el líquido que contiene se evapore aumentando su contenido en el aire, es llamado también deshidratación por aire caliente [3]. También, es importante saber de qué manera se va transmitir el calor, ya sea por convección, conducción o radiación. Esto influirá en la cinética del proceso y los costos; en cuanto al último, estará relacionado con las fuentes de energía usadas para el funcionamiento del equipo. En este caso particular se ha elegido trabajar sobre el diseño de un secado convectivo, donde el calor se transfiere al sólido mediante una corriente de aire caliente que además de transmitir el calor necesario para la evaporación del agua, esta corriente actúa como agente transportador del vapor de agua que se elimina del sólido (alimento).

No obstante, existen diferentes métodos, mecanismos y un mayor número de modificaciones y adaptaciones de los mismos. El método escogido depende del tipo de alimento que se va a deshidratar, el nivel de calidad que se puede alcanzar y, como ya se señaló, el costo que se pueda justificar. En este mismo sentido si bien existen distintos métodos de deshidratación [4], el sistema basado en aire caliente sigue siendo el método más usado en la industria alimentaria [5].

Factores que intervienen en el proceso

Se han realizado muchos estudios donde interviene el uso de aire caliente en un alimento a deshidratar y se ha logrado predecir la humedad de equilibrio que éste alcanzará en función de las condiciones del aire de secado, como así también, se han desarrollado isotermas de desorción de distintos productos [6], que pueden ser descritas por varios modelos matemáticos. Si se entiende la

complejidad que puede proponer un estudio de estas características; es decir, abordar el mismo a través de una modelación matemática en cuyo diseño de proceso debe considerarse el efecto de los fenómenos de transferencia de calor y materia, sobre la estructura del tejido alimentario según especie y variedad a procesar o someter a deshidratación; es que no se profundizará en el análisis del mismo en ese sentido, sino solo en el componente teórico sobre sus resultados, ya que en tal caso, no respondería a los alcances planteados en este trabajo[2].

Sin embargo, conviene especificar que existen parámetros que establecen los rangos máximos y mínimos de trabajo adecuados para una buena y correcta deshidratación, la cual se irá ajustando, clasificando y estudiando sobre los ensayos específicos que se realicen con el equipo prototipo producto de este proyecto. En ese mismo orden, cabe señalar que por las características descritas, todavía el diseño de equipos destinados al proceso de estudio es semiempírico, es decir, basado en la experiencia y ensayos que deben realizarse en el equipo piloto [4]. Esto llevará a desarrollar los esquemas experimentales donde se analicen las variables de temperatura, potencia y tiempo adecuado para cada alimento tratado, a los efectos de ajustar los tratamientos más apropiados y elegir el modelo más significativo y con mejor ajuste, en función de las respuesta obtenida de la experiencia [7].

Entre los factores con rangos de trabajos establecidos que intervienen y que conviene recordar es la temperatura de proceso, ya que el secado de vegetales con altas temperaturas afecta a las propiedades organolépticas del producto y su valor nutricional [8]. Durante esta operación se afecta la textura, color, densidad, porosidad y características de adsorción de materiales [9], además se pueden presentar los fenómenos de endurecimiento y encogimiento [10], por lo que la temperatura de secado es una variable a tener en cuenta en el diseño de equipos, pues aunque temperaturas elevadas pudieran acelerar el proceso, la pérdida de calidad del producto no compensaría la reducción de tiempo.

Se ha estudiado el efecto de algunas variables tecnológicas, tales como, temperatura de aire, humedad relativa del aire de secado, velocidad del aire y el tamaño de partículas que influyen en el secado de varios vegetales modelando la cinética del proceso con ecuaciones empíricas [6]. Esto lleva asegurar en primera instancia que la temperatura para el secado nunca debe exceder los 60°C, ya que con temperaturas más altas comienzan los procesos de cocción debido al deterioro evidenciado en

la oxidación de los tejidos, con consecuencias en el cambio de color [2], [4]. Es preciso tener presente que además de que a temperaturas mayores se cocina la fruta en su exterior, mantiene el agua en el interior [11] favoreciendo el desarrollo microbiano, es por ello, que se recomiendan para hierbas temperaturas no mayores que 35°C, algunos vegetales 42°C y frutas 50°C como máximo.

Para secar un alimento se utiliza una corriente de aire a temperatura, humedad y dirección de flujo constante que cruza a través de la misma. A partir de ello, el peso de la muestra comienza a reducir continuamente en función del tiempo. Generalmente se subdivide el alimento a deshidratar en piezas pequeñas o capas delgadas a fin de acelerar la velocidad de secado o se trata de exponer una mayor superficie de contacto, lo que se facilitará la transferencia de masa y calor [12].

Existen varios tipos y tamaños de secadores disponibles para satisfacer las necesidades de los productores. Las ventajas son que la velocidad de secado puede ser cuidadosamente controlada independientemente de las condiciones climáticas externas para lograr un producto seco de alta calidad. No obstante, la velocidad de deshidratación depende de factores determinantes en la cinética de secado como la fisicoquímica y la forma del producto [5], así como de la temperatura, velocidad y humedad del aire de secado y por supuesto el tiempo destinado al proceso [13].

Es aceptado que, para que un producto deshidratado sea estable, las reacciones de degradación deben ocurrir a muy baja velocidad a fin de que el desarrollo de microorganismos se vea impedido en función de su actividad de agua [aw]1 a través del deshidratado, para lo cual la $aw \leq 0,6$. [3].

Celdas Peltier

Esta célula o celda como ya se mencionó, mueve energía calorífica desde la placa fría a la placa caliente a través del control de la energía eléctrica proporcionada por una fuente de alimentación. Por lo general, una celda Peltier está conformada por dos materiales semiconductores, uno tipo P y otro tipo N, como lo muestra la figura 1, que por lo general están compuestas por dos tipos de elementos semiconductores: telurio de bismuto y seleniuro de antimonio [14].

Las placas cerámicas que están dispuestas en ambas caras llevan pistas de cobre que permiten unir los semiconductores eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo. El desarrollo de las celdas Peltier ha permitido fabricar dispositivos capa-

ces de disipar más de 100 W de calor y obtener una diferencia de temperatura entre sus caras de hasta 70 °C [15].



Figura 1: Componentes Principales de la Célula Peltier.2

Se caracterizaron las Peltier estudiando el comportamiento de la corriente a través de la celda y la diferencia de temperatura (ΔT) para distintos niveles de voltaje de polarización. Los resultados obtenidos establecieron un cauteloso análisis en la velocidad de respuesta, encontrando un factor favorable de estos dispositivos al compararlo con los sistemas térmicos tradicionales como resistencias, calefactores o focos incandescentes entre otros [16]. En la actualidad, diversos aparatos se destacan por presentar este tipo de sistemas especialmente en refrigeración, basados en el efecto Peltier. No obstante, es preciso aclarar que la celda Peltier es un elemento poco explotado por las empresas que fabrican tecnología electrónica debido a la dificultad de obtener un comportamiento estructurado o, posiblemente, de detallar un patrón de funcionamiento lineal o predecible de este [15], haciendo referencia a la cara fría de la celda. No obstante, el sistema planteado funciona con mayor estabilidad en la producción de calor y que puede ser usado en este prototipo, ya que sería empleada la propiedad de la cara caliente de la celda termoeléctrica sin influir la inestabilidad de la cara opuesta.

Distintos sistemas a pequeña escala

Dentro de los sistemas más utilizados se encuentran como primer término el *Secado Solar*: Estos pueden llegar hasta 14 días para frutas con alto contenido de agua aunque, como ya se ha mencionado, también depende de factores como grosor de la fruta, humedad relativa y temperatura ambiente [17]. Como segundo término la Deshidratación *In-*

1. Es la humedad en equilibrio de un producto, determinada por la presión parcial del vapor de agua en su superficie

2. Figura tomada y adaptada. <https://acortar.link/g4tjEx>

frarroja que se distingue de otros, porque no necesita un medio para la transmisión de la energía desde la fuente emisora al producto a secar; ya que es el propio producto el que absorbe la radiación IR reduciendo el tiempo de secado, aumenta la eficiencia energética, la temperatura es homogénea en el producto mientras se seca [18].

Por último se menciona el sistema por *Microondas*, técnica que emplea como forma de calentamiento la generación de energía térmica directamente en el interior del alimento, lo que permite superar excesivos tiempos de deshidratación con respecto a otros métodos y por consiguiente puede tener consecuencias directas en términos de eficiencia energética y calidad de los alimentos. El objetivo principal del uso de microondas en las aplicaciones de deshidratación es acortar el tiempo de proceso. No obstante, si bien en el primer caso el tiempo es prolongado, el consumo de energía es mínimo, en cambio en los otros dos sistemas el tiempo es menor, pero, los costos energéticos son altos.

Equipos ofrecidos en el mercado

El mercado ofrece pequeños deshidratadores domésticos o familiares, como electrodomésticos manejables y ligeros. Sus características técnicas son de las más variadas particularidades como las que se describen a continuación: Son deshidratadores que pueden tener entre 2 a 9 bandejas perforadas, rejillas o microrejillas, en algunos casos fijas y en otros desmontables pudiendo agregarse hasta un límite máximo, el material con la que son fabricadas oscilan entre Polycarbonatos, acero inoxidable o plásticos resistentes; con tamaños (cm) entre 27 a 45 de lado y con capacidades entre 550 y 5.000 g de pulpa fresca, dependiendo de la cantidad de bandejas y las medidas adoptadas. El equipo o la unidad completa pueden llegar a pesar hasta 10 kg. Algunos tienen control de tiempo y temperatura ajustable y alcanzan una potencia entre 250 y 800 Wattios, de 220 voltios o 110 voltios si este es fabricado en USA.

Algunos declaran un consumo de energía máximo de 0,6 kWh. El equipo forzador o ventilador tiene dimensiones que pueden alcanzar hasta los 18 cm de diámetro de paletas como máximo y contar con un volumen total de 29 a 66 cm³ pudiendo formar un prisma rectangular o cuadrangular como así también, equipos cilíndricos de 26 cm de altura y 32 cm de diámetro aproximadamente. Existen diseños donde cada bandeja cuenta con un regulador de temperatura independiente para cada una, como así también aquellos que cuentan con la fuente de calor en la parte inferior del equipo que permite un flujo de aire vertical ascendente, como aquellos que proponen un flujo axial a las bandejas.

METODOLOGÍA

El estudio consideró necesario tener en cuenta en el diseño de este prototipo la funcionalidad; es decir, fácil mantenimiento, montaje y desmontaje y reposición rápida de sus partes y piezas en concordancia con los objetivos planteados.

Por su parte, la ingeniería de diseño y construcción de un deshidratador por aire caliente totalmente automatizado, debe caracterizarse primero por el material usado o empleado en la construcción del mismo, sabiendo que no debe desprender contaminantes al alimento; en este caso particular sus partes y piezas están conformadas con plásticos que no constituyen un riesgo para la salud, no modifican la composición de los productos y no producen modificaciones sensoriales en el alimento. En cuanto al forzador de aire, ha sido regulado para transmitir el caudal apropiado y requerido por los alimentos. En tanto que la fuente calefactora no resistiva de bajo consumo fue acoplada a una Placa Peltier de 30 W (Tabla 1) y ensamblada a disipadores de calor de aluminio, siendo este, el material más conveniente para extraer el calor de la placa y transmitirlo al medio.

Estas células termoeléctricas permiten generar temperaturas que alcanzan al menos entre 60°C y 65°C, niveles de temperaturas medidas con un termómetro por infrarrojo laser.

Tabla 1: Características de la placa Peltier³

Característica	Información
Modelo	TEC1-12706
Voltaje de Operación	0-15V DC (12V nominal)
Corriente de trabajo	0-4 A
Potencia nominal	30 W
Temperatura de trabajo	-30°C hasta 70°C
Color	Blanco
Material	de plástico + cerámica
Longitud del cable	30 cm
Dimensiones	4,0cm x 4,0 cm x 0,3cm
Peso	23 g

En el módulo de deshidratado o gabinete principal (Figura 2) la cámara de secado está pensada con deslizadores que permitan mover las bandejas perforadas o rejillas enmalladas colocadas en un formato apilable para favorecer la circulación del aire caliente que envuelva la mayor superficie posible del alimento para que el secado sea más rápido.

Además, el diseño del equipo deshidratador contempla un controlador de temperatura altamen-

3. Datos suministrados por el fabricante.

te funcional, con la capacidad para mantener la misma en el rango requerido para cada alimento. Del mismo modo, el controlador mencionado gobierna los forzadores de aire de acuerdo a los requerimientos señalados en la tabla 2.

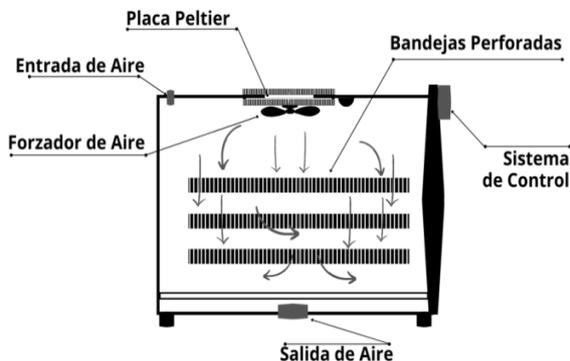


Figura 2: Corte longitudinal del gabinete con la distribución general de los dispositivos.

En resumen, el prototipo está planteado con elementos tecnológicos básicos y fundamentales para el proceso de deshidratado; y cuyas partes son fáciles de adquirir en el mercado.

RESULTADOS

La figura 3 presenta un esquema funcional del equipo deshidratador proyectado, y como puede observarse consta de las siguientes partes: Una celda peltier, cuya cara caliente debe estar en contacto a un disipador de aluminio a través de la pasta de transferencia térmica.

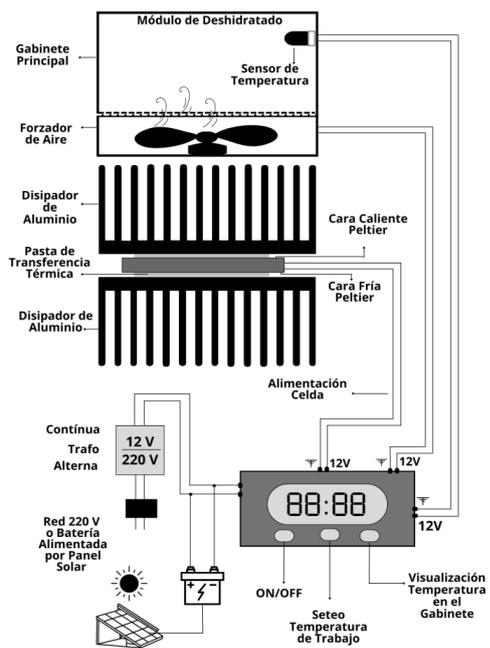


Figura 3: Esquema funcional del equipo deshidratador.

Asimismo, el disipador cuenta con un cooler que será el encargado de extraer el calor del disipador y dirigirlo al conjunto de bandejas perforadas apilables (Figura 2); a la vez que la cara fría de la peltier estará en contacto con otro disipador de aluminio con el objeto de mejorar el diferencial de temperatura existente entre ambas caras de la celda y favorecer la trasmisión de baja temperatura al medio exterior del gabinete. Se ha considerado necesario incorporar al diseño un microcontrolador de temperatura (Figura 4) en la parte frontal del módulo de deshidratado, el cual dispone de la programación adecuada para la activación o desactivación de la celda termoeléctrica y del cooler que extrae el calor del disipador.



Figura 4: Panel de control principal-Disipador de cara fría.

Al mismo tiempo, dicho control incluye una entrada analógica que se vincula al sensor de temperatura principal y que está alojado dentro del gabinete principal, el mismo a través de la programación en el panel de control guía la desactivación o activación del sistema de secado.

Este diseño tiene incorporado un regulador de velocidad para cooler, ya que se ha encontrado que, cuanto menor velocidad tiene el mismo, el disipador de aluminio adquiere una mayor temperatura para ser disipado en el medio circundante y viceversa, admitiendo así, una mejor estabilidad en la temperatura definida para el gabinete. Además este regulador de velocidad permite definir la temperatura máxima que adquirirá el disipador de aluminio, pudiendo ser fijado a una velocidad constante y manejar la temperatura de trabajo del gabinete mediante el panel de control principal.

Todos los dispositivos que integran este equipo, funcionan con tensión nominal de 12V de corriente continua (Figura 5). En el caso de ser conectado a una red eléctrica tradicional se puede usar un transformador de 220V/12V (Trafo) o ser conectado directamente a la batería de un auto o una batería de almacenamiento de paneles solares.

El equipo deshidratador a base de células termoeléctricas presenta características y parámetros que se pueden observar en la tabla 2, como sigue:



Figura 5: Tensión y Corriente de Trabajo del Gabinete

Tabla 2: Tabla descriptiva del equipo deshidratador diseñado con placas peltier.

Partes	Características	Parámetros
Uso	Electrodoméstico	Familiar
Alimentación	Tipo	Mixto (Energía de red o paneles solares)
Características físicas	Área módulo principal	0,18 m ²
	Capacidad de secado	300 g de fruta fresca
	Número de bandejas	2 a 3 bandejas

Comportamiento térmico	Tiempo de secado	Variable de acuerdo a la Fruta u hortaliza
	Velocidad de secado	Variable de acuerdo a la Fruta u hortaliza
	Temperatura del aire	25-70°C promedio
	Flujo del aire	50 – 100 CFM
Características del secado del producto	Contenido inicial de humedad	Variable de acuerdo a la fruta
	Contenido final de humedad	Variable de acuerdo a la fruta
	Temperatura máxima de secado	70°C
Controlador de temperatura Micro-controlador programable	Rango de control: -55 a 120°C Resolución: 0,1°C Precisión de la medición: 0,1°C. Frecuencia de actualización: 0.5 s Voltaje de entrada: DC 12 V Capacidad del Relé: Hasta 20 A y 220 V.	

Se considera importante establecer las diferencias más significativas o relevantes que permiten comparar las cualidades y ventajas de usar los equipos deshidratadores a base de células o celdas termoeléctricas frente a los diseños comerciales que son ofrecidos actualmente cuyo principio de funcionamiento se basan en el uso de resistencias eléctricas de potencia (Tabla 3).

Tabla 3: Características comparativas entre Deshidratadores resistivos y termoeléctricos

Característica	Deshidratadores Resistivos -Comerciales	Deshidratadores Prototipo Termoeléctrico
Potencia nominal	250 y 800 W	30 W
Voltaje de Operación	220/110 V	220/12V

Corriente	1,14 - 3,6 A (Alterna)	0,14 A-Alterna
Temperatura	hasta 70°C	hasta 70°C
Programación de temperatura	Termostato mecánico	Termostato digital-electrónico
Material	Adecuado alimentos	Adecuado alimentos
Tecnología de generación de calor	Resistencia eléctrica de potencia (tensión alterna de funcionamiento)	Celda peltier tensión continua.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El desarrollo de las celdas peltier han sido diseñadas inicialmente con el propósito de poder aprovechar el uso de esta propiedad física de los semiconductores para generar bajas temperaturas, las cuales han tenido muchas aplicaciones en algunos electrodomésticos como por ejemplo en las cavas de vino, frigobares o pequeñas conservadoras portátiles entre otros.

No obstante, estos dispositivos además son capaces de disipar más de 100 W de calor y obtener una diferencia de temperatura entre sus caras de hasta 70°C. Estas características admiten la posibilidad de trabajar con estas mismas celdas pero, con una aplicación muy diferente. Corresponde aclarar que en la mayoría de los casos el uso de estas celdas requiere una disipación del calor convirtiéndose en una pérdida de energía, por lo tanto dicho calor no estaría siendo usado para ninguna función. Es esa generación de calor la que permitió el diseño de este prototipo, es decir, poder usar las celdas pero como generadores de calor.

La célula usada en el prototipo es una celda peltier, la cual está conformada por dos materiales semiconductores, uno tipo P y otro tipo N, coincidiendo con las recomendadas en [14]. Es importante mencionar que estos tipos de semiconductores, siempre que se mantengan en las condiciones de corriente, temperatura y tensión adecuadas, son dispositivos estables y de larga duración.

Se concluye que el diseño proyectado ha dejado resultados satisfactorios, permitiendo alcanzar los objetivos propuestos para este proyecto de innovación. Primero, ha sido posible construir un des-

hidratador prototipo de tipo convectivo para frutas y vegetales como módulo electrodoméstico, a través de células termoelectricas como generador de calor; lo que implica que su uso reemplaza las resistencias eléctricas adaptándose a las exigencias mundiales de ahorro energético de calidad.

En segundo lugar, este prototipo ha logrado utilizar este elemento calefactor con un mejor rendimiento en comparación con las resistencias eléctricas, debido a la gran diferencia del consumo eléctrico y además, presenta una mejor respuesta a los requerimientos del sistema de control.

En tercer lugar, con respecto al riesgo de shock eléctrico, resulta totalmente seguro ya que las celdas peltier son de bajo voltaje de trabajo por tratarse de dos semiconductores que en caso de entrar en cortocircuito no representa un riesgo para el ser humano a diferencia de los equipos resistivos.

En cuarto lugar, se ha logrado desarrollar un equipo liviano y de uso práctico que puede ser empleado fuera de la red eléctrica alterna mediante una batería de continua. El hecho de poder prescindir de un elemento calefactor que emplee corriente alterna, permite diseñar un dispositivo que además de ser seguro en su manipulación, es realmente portátil puesto que no requiere de un inverter que permita su funcionamiento fuera de la red eléctrica alterna, como sucedería con un horno portátil eléctrico resistivo. Por último, en cuanto a la funcionalidad, ha demostrado ser de fácil mantenimiento, montaje y desmontaje y reposición rápida de sus partes y piezas, las cuales podrían obtenerse fácilmente en el mercado.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNLaR, CENIIT y al Departamentos Académico de Ciencias y Tecnologías Aplicadas a la Producción al Ambiente y al Urbanismo de la UNLaR. Al Ing. Electrónico Conrado Alejandro de Caminos como consultor externo.

REFERENCIAS

- [1] Ceballos, E. y Jiménez, M. (2012). Cambios en las propiedades de frutas y verduras durante la deshidratación con aire caliente y su susceptibilidad al deterioro microbiano. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 1(6),98-110. <https://acortar.link/c3T4b1>
- [2] De Micheli A. y Ohaco E. (2015). Deshidratación y desecado de frutas, hortalizas y hongos: Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala. *INTA Ediciones*. <https://acortar.link/WjbBVK>
- [3] Maupoey P.F., Grau A. A.; Albors Sorolla A.M.; Barat Baviera J. M. (2020). Introducción al secado de ali-

- mentos por aire caliente. Universidad politécnica de Valencia. <https://acortar.link/NN7ZH>
- [4] Castillo, W.; Manayay, D.; Dominguez, J.; Palacios, A.; Quezada, S.; Gonzales, J. (2014). Evaluación del proceso de secado por aire caliente de manzana (*Pyrus malus*) variedad San Antonio. *Revista Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*. Vol 1/N° 2 pp.17-28. <https://acortar.link/fv9rSQ>.
- [5] Krokida, M. K., Karathanos V.T., Maroulis Z.B. y Marinou-Kouris D. (2003). Drying kinetics of some vegetables. *Journal of Food Engineering*, 59(4), 391-403.
- [6] Vega Gálvez A.A. (2003). *Estudio de la deshidratación y rehidratación del pimiento rojo (Capsicum Annuum L.) var. Lamuyo*. [Tesis Doctoral]. Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, España. <https://acortar.link/qKlZq2>.
- [7] Arteaga, S.; Flores, C.; Jara J. y Guevara C. (2013). Harina de lúcuma (*Pouteria obovata*) obtenida por método combinado aire caliente y microondas. *Agroindustrial Science* (2) pp.107-117. <https://acortar.link/GLS8Aw>.
- [8] Jarayaman, K.S. y Das Gupta D.K. (1995). Drying of fruits and vegetables, In: *Handbook of Industrial Drying*. (pp. 643-690). New York. Mujumdar, A.S. Edit. Marcel Dekker Inc.
- [9] Krokida, M. y Maroulis Z.B. (2001). Structural properties of dehydrated products during rehydration. *International Journal of Food Science and Technology*, 36(5), 529-538.
- [10] Marí, M.J., (2002). Cinética de transferencia de materia durante el proceso de rehidratación de cubos de pimiento seco (*Capsicum Annuum L.*). [Trabajo Final de Carrera], Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- [11] Valdés P.(2008). Manual de deshidratación I. <http://manualdeshidratacion.blogspot.com/>
- [12] Brennan j. (1987). Manual del procesado de alimentos- <https://acortar.link/cIL5Fn>.
- [13] Sharma, S.K.; Mulvaney, S.J.; Rizvi, S.S.H. (2003). Ingeniería de alimentos: operaciones unitarias y prácticas de laboratorio. *Limusa Wiley*. P.348.
- [14] Sandoval, A., Espinosa, E., y Barahona, J. (2010). *Construcción de sistemas de enfriamiento con base en semiconductores*. Huajuapán de León, México: Universidad Tecnológica de la Mixteca / Instituto de Electrónica.
- [15] Cristian Rubio Ramírez, Guillermo Martheyn Lizarazo, Emilio Vera Duarte (2017). Termoelectricidad: uso de las celdas peltier en el campo de la refrigeración y sus principales aplicaciones. *Inventum* (1) pp.9-16. <https://acortar.link/R2QbIW>
- [16] Sandoval A.P., Espinosa E. J., Barahona J L. y Ramírez H. L. (2008). *Celdas Peltier: Una alternativa para sistemas de enfriamiento con base en semiconductor*. 11º Foro Estatal de Investigación Científica y Tecnológica. Universidad Tecnológica de la Mixteca. <https://www.researchgate.net/publication/268343902>.
- [17] Gascón, A.; Muravnick N. y Andreuccetti C. (2013). *Tecnología de elaboración Industria de Frutas y Hortalizas Deshidratadas*. Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo.
- [18] Nindo, C.; y Mwithiga, G., (2011). Infrared Drying. En: PAN, Z., y Atungulu, G.G. (2011). *Infrared heating for food and agricultural processing*. Boca Ratón. CRC Press. 89-99 p.

Exposición a intemperie de bolsas de polietileno con aditivos oxodegradantes

María Silvia Alonso, Sergio Omar Madregal, Víctor Iván Escalier, Daiana Soledad Romero

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Jujuy

Contacto: msalonso12@gmail.com



RESUMEN

Este trabajo fue realizado para determinar, a través de mediciones de las propiedades mecánicas y de peso, el grado de degradación de muestras de bolsas de polietileno con diferentes aditivos pro-degradantes, al exponerlas a intemperie sobre un panel con diferentes inclinaciones, en distintas estaciones del año. Debido al tratamiento, ocurrió una disminución en los valores de las propiedades de tracción, con respecto a controles sin tratar. El peso final de las muestras expuestas pudo determinarse sólo en los períodos otoño-invierno, en los cuales hubo un aumento compatible con una captación de oxígeno molecular. Los cambios en las variables medidas dependieron del aditivo oxodegradante, de la época del año (condiciones climáticas) y de la inclinación del panel. Los resultados obtenidos indican que los plásticos han sido oxodegradados de manera significativa en las condiciones aplicadas, lo cual podría favorecer una posterior degradación biótica, con participación de microorganismos, proceso que será estudiado.

ABSTRACT

This work was carried out to determine, through measurements of the weight and mechanical properties, the degree of degradation of samples of polyethylene bags with different pro-degrading additives, when exposed to the weathering conditions on a panel with different inclinations, in different seasons. Due to the treatment, there was a decrease in the values of the tensile properties, with respect to untreated controls. The final weight of the exposed samples could only be determined in the autumn-winter periods, in which there was an increase compatible with uptake of molecular oxygen. The changes in the measured variables depended on the oxodegrading additive, the time of year (climatic conditions), and the inclination of the panel. The results obtained indicate that the plastics have been significantly oxodegraded under the applied conditions, which could favor a subsequent biotic degradation, with the participation of microorganisms, process that will be studied.

INTRODUCCIÓN

El polietileno es uno de los plásticos presentes en mayor porcentaje en los residuos sólidos urbanos; en el caso de Argentina, así lo muestran las mediciones que, al respecto, fueron realizadas en las últimas décadas para poblaciones de diferentes regiones del país [1], [2]. La fracción de polietileno en los residuos sólidos domiciliarios incluye una importante cantidad de objetos tales como bolsas, que no son separados para reciclaje sino que, luego de recolectados, son directamente dispuestos en rellenos sanitarios, en donde ocupan volúmenes muertos importantes, ya que en condiciones naturales se degradan muy lentamente. Esta permanencia en el ambiente también ocurre, y es más evidente a simple vista, para la basura plástica desechada libremente ("litter").

A fin de paliar las consecuencias ambientales de las bolsas de plástico, se está promoviendo en Argentina desde hace algunos años, el uso de bolsas degradables, a través de disposiciones legales, provinciales y nacionales, algunas ya sancionadas y vigentes y otras propuestas aún por aprobar [3, 5].

A partir de estas medidas han empezado a utilizarse en nuestro país bolsas de polietileno de un solo uso que contienen aditivos pro-degradantes, aunque no se han realizado a nivel local estudios previos de degradación de estos nuevos materiales con diferentes agentes degradadores (radiaciones o microorganismos, entre otros), lo que de hacerse permitiría inclusive poder comparar el efecto de los diferentes aditivos pro-degradantes.

Este trabajo fue realizado con el objetivo de conocer el grado de degradación alcanzado al exponer a la intemperie, en S.S. de Jujuy (Argentina), durante diferentes épocas del año, bolsas de polietileno conteniendo distintos aditivos pro-degradantes.

METODOLOGÍA

Materiales y equipos

Para la realización de este trabajo se seleccionaron bolsas de polietileno de alta densidad (PEAD) pos-consumo que, según sus leyendas, contenían algún aditivo pro-degradante: AddiFlex® o d2w®. Estas bolsas son expandidas en algunos supermercados de San Salvador de Jujuy.

Para la exposición de los plásticos a los agentes físicos naturales se utilizó como soporte un panel construido en acero según las normas ASTM D 5272-08 y ASTM G 7-05 [6], [7].

El peso de las muestras fue medido por medio de una balanza analítica con precisión de diezmilésima de gramo.

Los ensayos de tracción se realizaron con una máquina uniaxial.

Preparativos

De las bolsas se cortaron muestras cuyas dimensiones promedio fueron de 13 cm x 20 cm, evitando las zonas con leyendas.

Se midió el espesor de cada película de PE con un espesímetro con apreciación de 1 µm. El espesor de las películas de PEAD con AddiFlex fue de 16,7 µm, y el espesor de las películas con d2w fue de 15,4 µm.

Una vez cortadas las muestras se las limpió con solución de etanol, sumergiéndolas durante 15 min. Luego se secaron en estufa por 30 min a 70 °C y se las colocó en desecador hasta peso constante. Finalmente se midió el peso inicial de las muestras (Figura 1) que serían sometidas luego a la exposición a intemperie.



Figura 1: Pesaje de muestra plegada antes del tratamiento de exposición a intemperie.

Exposición a intemperie

El tratamiento de exposición a intemperie se hizo en la ciudad de San Salvador de Jujuy (Latitud S24°11'40", Longitud O65°17'49", Altitud s.n.m. 1260 m) en distintos períodos del año, con diferentes inclinaciones del panel, y con orientación al Norte, según se propone en las normas ASTM D 5272-08 y ASTM G 7-05 [6], [7]. La Figura 2 muestra los plásticos colocados en el panel.



Figura 2: Foto del panel con películas de polietileno expuestas a intemperie. En la parte central se observan las muestras de PEAD con aditivos oxodegradantes AddiFlex® y d2w®.

Un primer grupo de muestras se expuso a 45° en la época de otoño e invierno, y luego un segundo grupo de muestras se expuso con la misma inclinación del panel durante la época primaveral. Un tercer grupo de muestras fue expuesto a una inclinación de 24° (aproximada a la latitud del lugar) en la época de verano. Y finalmente un cuarto grupo se expuso a esta última inclinación durante la época de invierno. El tiempo de exposición fue elegido en función de que otros autores [8], [9], que informaron haber hallado, para otras latitudes y otras condiciones climáticas, una degradación importante de polietileno, por exposición a intemperie durante más de dos meses.

Determinación de la degradación

Terminado el tiempo de exposición de cada grupo de muestras, éstas fueron retiradas del panel. Luego se las limpió con etanol, se las secó en estufa por 30 min a 70 °C y se colocaron en desecador hasta peso constante.

Para determinar el grado de degradación de las muestras se midió el peso final de cada una en la balanza analítica mencionada, determinando la variación de peso de cada muestra después de expuesta, con respecto a su peso original y sobre probetas cortadas de cada muestra se hicieron ensayos de tracción.

Las probetas para los ensayos de tracción tuvieron una dimensión de 33 mm x 6 mm. Desde las bolsas sin tratamiento se cortaron los respectivos controles. Para el ensayo de tracción se siguieron las normas IRAM 13316 y ASTM-D638-14 [10], [11]. El equipo utilizado para medir las propiedades de tracción trabajó a una temperatura ambiente promedio de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y a una velocidad de 1mm/s. En la Figura 3 se muestra una probeta luego de la tracción.



Figura 3: Muestra de polietileno con aditivo oxodegradante expuesta a intemperie luego del ensayo de tracción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para los tratamientos de exposición a intemperie realizados en otoño e invierno, con las diferentes inclinaciones del panel, se encontró un aumento en el peso de las muestras, lo cual es compatible con una incorporación de O_2 durante un proceso de oxodegradación [12]. Esta captación de oxígeno molecular habría estado favorecida en el caso de estos estudios por la presencia de los aditivos d2w o AddiFlex, habiéndose obtenido un aumento de peso hasta 9 veces mayor para el polietileno conteniendo el primer aditivo con respecto al que contenía el segundo aditivo. Para los ensayos correspondientes a períodos de primavera y verano, no se pudo determinar el peso final de las muestras con certeza, ya que las mismas mostraban una importante fragilidad al manipularlas, lo que condujo visiblemente, o pudo haber conducido probablemente, a pérdidas de material durante la operación de limpieza de los plásticos antes de su pesaje final.

Para ensayos realizados por este grupo de trabajo, con los mismos plásticos de este estudio, en cámara de intemperismo acelerado, con lámparas UV-A, 50°C, 50 % de humedad y aireación intermitente, durante 500-1000 horas, se obtuvieron muestras finales que no presentaban el alto grado de suciedad de las resultantes de los ensayos a intemperie natural presentados aquí, y, en todos los casos, las muestras de ese ensayo en laboratorio, en recinto cerrado, mostraron un aumento de peso una vez terminado el tratamiento [13].

En las Tablas 1 y 2 se presentan los resultados de tracción de las muestras luego de la exposición de los plásticos, para los diferentes períodos de ensayo, y para los respectivos controles sin exponer. Debido al tratamiento de exposición a intemperie, en todos los casos hubo una disminución importante en los valores de estas propiedades mecánicas de los materiales estudiados, con mayor intensidad de variación para la elongación a rotura (hasta más de 95 % de reducción) que para la tensión a rotura (disminución promedio de 60 %). Para ambas inclinaciones del panel ensayadas, los cambios en las propiedades de tracción fueron mayores para los períodos de primavera y verano (con mayor temperatura, precipitaciones e irradiancia) que para las de otoño-invierno.

Tabla 1: Resultados de tracción para PEAD+d2w®

Plástico Inclinación panel	Período de expo- sición	Dirección longitudinal			
		Control		Muestra tratada	
		Elongación [%]	Tensión [MPa]	Elongación [%]	Tensión [MPa]
PEAD + d ₂ w 45°	Otoño-Invierno 2018	546	44	36	26
	Primavera 2018	546	44	12	4
PEAD + d ₂ w 24°	Verano 2019	546	44	7	25
	Invierno 2019	546	44	15	25

Tabla 2: Resultados de tracción para PEAD + AddiFlex®

Plástico Inclinación panel	Período de exposición	Dirección longitudinal			
		Control		Muestra tratada	
		Elongación [%]	Tensión [MPa]	Elongación [%]	Tensión [MPa]
PEAD + AddiFlex 45° 2018	Otoño-Invierno 2018	290	42	48	24
	Primavera 2018	290	42	21	4
PEAD + AddiFlex 24° 2019	Verano 2019	290	42	9	14
	Invierno 2019	290	42	16	23

Comparando las propiedades de tracción de las muestras al final de cada período de exposición con las propiedades de los controles, sin tratamiento, la disminución ocurrida por el tratamiento, especialmente para la elongación a rotura, resulta mayor para las muestras con d₂w, lo cual indica, a partir de estos estudios, un mejor desempeño de este aditivo como pro-degradante.

Otros autores [8], [9] expusieron a intemperie, en Porto Alegre (Brasil) y en Quito (Ecuador), trozos de bolsas de polietileno utilizadas en esos países, y que contenían aditivos pro-degradantes. Los primeros [8] encontraron una progresiva disminución en las propiedades mecánicas de polietileno de alta densidad con d₂w: A los 3 meses de exposición de las muestras, contenidas en el interior de sobres transparentes de polipropileno, y con una inclinación del panel a 30° hacia el Ecuador, hallaron una tensión a rotura de 16 MPa y una elongación a rotura de 60 %, con respecto a 52MPa y 400 % respectivamente para las condiciones iniciales de las

muestras sin tratar, y a más de 4 meses estos valores cayeron a 0, por desintegración del material. En el caso de los estudios realizados en Quito [9], con un panel inclinado a 45°, se encontraron, para dos tipos de bolsas de polietilenos con aditivos (sin especificación de los mismos), expuestas durante 4 meses, reducciones tanto de la tensión a rotura y de la elongación a rotura de 56 % en el caso de las bolsas plásticas con uno de los aditivos, y de 79% en el caso de las bolsas con el otro aditivo.

Por otra parte, Ojeda [8] encontró que, de manera similar a lo hallado por otros autores y con otros microorganismos, una exposición prolongada de plásticos oxodegradables a la intemperie favorece el desarrollo de biopelículas de algunas especies de mohos y de bacterias, las cuales estarían utilizando los productos de la degradación abiótica como fuente de carbono y de energía. De modo que, una etapa previa de tratamiento a intemperie de plásticos oxo-degradables podría favorecer su biodegradación posterior, lo cual debería ser moti-

vo de un estudio complementario para las bolsas de polietileno con aditivos utilizadas, y desechadas como residuos, en S. S. de Jujuy, con una etapa abiótica realizada en las condiciones locales.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados encontrados, se puede concluir que:

1. Es posible degradar, en San Salvador de Jujuy, bolsas pos-consumo de polietileno de alta densidad conteniendo diferentes aditivos promotores de oxodegradación, por exposición prolongada a intemperie.
2. La degradación lograda depende de: el aditivo agregado al polímero de base para favorecer su degradación (habiendo resultado, para estos estudios, mejor el d2w que el Ad-diFlex), de la inclinación del panel soporte de las muestras, y sobre todo de la época del año en la que se realice el tratamiento. Para estos estudios se encontró una mayor degradación para los ensayos realizados durante los meses de primavera y verano, con mayor radiación, temperatura ambiente y precipitaciones.
3. El tratamiento de este estudio podría ser aplicado para mayores cantidades de residuos de bolsas de polietileno con pro-degradantes, y podría constituir una primera etapa de degradación, para favorecer una posterior degradación biótica, sucesión de procesos que está siendo estudiada por este equipo de trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a SECTER-UNJu, por el financiamiento de estos estudios, y al personal del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy, en cuya máquina uniaxial se han realizado los ensayos de tracción de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Cittadino, A.; Fontan, C.; De Luca, M.; Rosso, M. (2020). Los plásticos en los residuos sólidos urbanos. Tipos y cantidades en las estadísticas de CEAMSE. En N. Sbarbati Nudelman (editora). *Residuos Plásticos en Argentina. Su impacto ambiental y en el desafío de la economía circular*, 127-139.
- [2] Alonso, M.S., Madregal S.O., Lozano A.R. (2006). Minimización de los residuos plásticos domiciliarios de San Salvador de Jujuy. *15º Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente*, 2,40-43
- [3] Legislatura de Jujuy (2009). Ley N° 5630 *Prohibición del uso de bolsas de material no biodegradable en el territorio de la Provincia de Jujuy*.
- [4] Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2009). Ley N° 3147.
- [5] Fernández Langan, E.; Berisso, H.; Piccolomini, C.; Sahad, J. (2020). *Proyecto de Ley: Régimen de reducción del uso de plásticos descartables*. Congreso de la Nación Argentina, Buenos Aires.
- [6] ASTM International (2008). *ASTM D5272-08 Standard Practice for Outdoor Exposure Testing of Photodegradable Plastics*. American Society for Testing Materials, Conshohocken, Pensilvania, 4pp.
- [7] ASTM International (2005). *ASTM G-7-05 Standard Practice for Natural Weathering of Materials*. American Society for Testing Materials, Conshohocken, Pensilvania, 7pp.
- [8] Ojeda, T. F. M.; Dalmolin, E.; Forte, M. M. C.; Jacques, R. J. S.; Bento, F. M.; Camargo, F. A. O. (2011). Degradability of linear polyolefins under natural weathering. *Polymer Degradation and Stability*, 96, 703-707
- [9] Quiroz, F.; Cadena, F.; Sinche, L.; Chango I.; Aldás, M. (2009). Estudio de la degradación en polímeros oxo-biodegradables. *Revista Politécnica*, 30(1), 179–191.
- [10] IRAM (1989). *Norma 13316 Plásticos: ensayos de tracción*. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires, 9pp.
- [11] ASTM International. (2003). *ASTM D-638-02a. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. American Society for Testing Materials, Conshohocken, Pensilvania, 13pp.
- [12] Alonso, M. S.; Madregal, S. O.; Escalier, V. I.; Viturro, C. I. (2018). Variación en el peso de polietileno con aditivo oxo-degradante por acción simultánea de calor y radiación ultravioleta. *IV Congreso Argentino de Ingeniería – X Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería*, Art. 195.
- [13] Arutchelvi, J.; Sudhakar, M.; Arkatkar, A.; Doble, M.; Bhaduri, S.; Uppara, P.V., (2008). Biodegradation of polyethylene and polypropylene. *Indian Journal of Biotechnology*, 7, 9-22.

Regionalización Hidrológica de la Cuenca del Arroyo Feliciano, Entre Ríos, Argentina

Roxana Guadalupe Ramírez ^{a, b}, Marcelo Germán Wilson ^c, Emmanuel Adrián Gabioud ^c, Ramiro Joaquín Pighini ^{c, d}, Natalia Verónica Van Opstal ^c

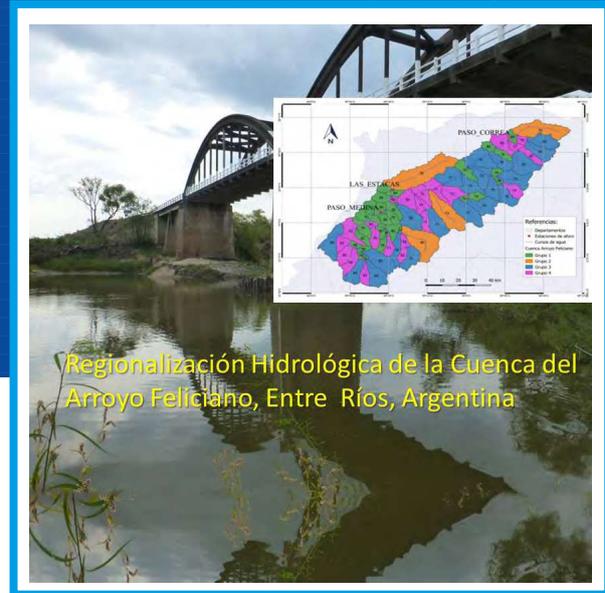
a. Facultad Regional Paraná, UTN

b. Facultad de Ciencia y Tecnología, UADER

c. INTA Estación Experimental Agropecuaria Paraná.

d. CONICET.

Contacto: roxanaguadaluperamirez@yahoo.com.ar



Regionalización Hidrológica de la Cuenca del Arroyo Feliciano, Entre Ríos, Argentina

RESUMEN

El procedimiento que incluye la regionalización de caudales es utilizado para suplir la ausencia de información hidrológica en aquellos lugares de escasa o ninguna disponibilidad de datos. Con ayuda del modelo HydroBID se procedió a estimar los caudales en las diferentes subcuencas que la conforman, a partir de los datos de aforo registrados en tres puntos de la cuenca. El propósito de este trabajo consiste en identificar zonas hidrológicamente homogéneas en la cuenca del Arroyo Feliciano. La misma se subdividió en 77 subcuencas y se logró cuantificar 22 variables del tipo fisiográfico y climático. Se emplearon técnicas de estadística multivariada, para identificar las subcuencas hidrológicamente relacionadas en función de las variables analizadas, en el cual se determinó que el caudal, el área, la pendiente, el valor de curva número y la precipitación, son las variables que aportaron al modelo mayor significancia para la diferenciación de regiones hidrológicamente homogéneas.

ABSTRACT

The procedure that includes the regionalization of flows is used to fill the absence of hydrological information in places with little or no data availability. With the help of the HydroBID model, we proceeded to estimate the flows in the different sub-basins that make it up, based on the gauging data recorded at three points in the basin. The purpose of this work is to identify hydrologically homogeneous zones in the Feliciano Stream basin. It was subdivided into 77 sub-basins and it was possible to quantify 22 physiographic and climatic variables. Multivariate statistical techniques were used to identify the hydrologically related sub-basins based on the variables analyzed, in which it was determined that the flow, the area, the slope, the value of the curve number and the precipitation, are the variables that contributed to the analysis, model greater significance for the differentiation of hydrologically homogeneous regions.

Palabras clave: regionalización de caudales, estadística multivariada, cuenca Arroyo Feliciano.

INTRODUCCIÓN

En hidrología el concepto de regionalización se lo emplea para transferir información de las cuencas o subcuencas aforadas a las no aforadas [1], proporcionando datos a aquellos lugares en donde no se disponen o son escasos los instrumentos de medición que lleven un registro, que los mismos no cuenten con mantenimiento o hayan dejado de funcionar. Las metodologías utilizadas para el trabajo de regionalización comprenden las etapas de identificación de las cuencas o subcuencas que compartan características hidrológicas homogéneas y la aplicación de métodos de análisis que permitan reconocer los parámetros morfométricos y climáticos en toda la región de estudio [2]. El análisis morfométrico de una cuenca comprende el estudio de variables de superficie, relieve y drenaje. Permite conocer las características físicas de la cuenca en estudio como así también, su funcionalidad hidrológica [3]. Los parámetros físicos de la cuenca se relacionan con los factores edáficos, como los tipos de suelo, la cobertura vegetal, la pendiente y los geológicos hacen referencia a la forma, al tipo de relieve, la densidad de drenaje, entre otros.

La tarea de delimitar aquellas zonas que comparten características hidrológicas idóneas es fundamental para identificar las variables que responden de manera significativa el comportamiento hidrológico y poder así comprender y aprovechar al máximo la gestión integral de la cuenca en estudio, en pos del beneficio de los servicios ecosistémicos de la zona [4].

Este trabajo tiene por objetivo analizar y determinar los parámetros morfométricos y climáticos que describen una respuesta hidrológica en la cuenca del Arroyo Feliciano, pudiendo identificar, mediante técnicas de estadística multivariada, aquellas subcuencas que explican un comportamiento hidrológico semejante. En trabajos previos realizados en esta región en estudio, se obtuvo un modelo generado por el modelo HydroBID que permitió capturar y simular el comportamiento hidrológico de la cuenca, estimando los caudales medios diarios para cada subcuenca [5].

Lo que motiva esta investigación es identificar en la cuenca del Arroyo Feliciano aquellas regiones que comparten características hidrológicas homogéneas y así, poder identificar y analizar las variables que las correlacionan para luego extrapolar los resultados obtenidos al resto de las cuencas en la Provincia de Entre Ríos (Argentina). Esto permitirá a futuro replicar este modelo en cuencas y subcuencas de características similares a la de estudio, durante diferentes períodos de sequía e inundaciones y evaluar la disponibilidad de agua superficial en la región para un mejor aprovechamiento de la gestión integral de la cuenca.

ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del Arroyo Feliciano cubre una superficie de 8300 km², abarca en gran parte a los departamentos La Paz, Feliciano y Federal, constituyendo uno de los tributarios del Río Paraná. Se localiza entre los 58° 20' a los 59° 36' longitud Oeste y a los 30° 15' de latitud Sur, como se muestra en la Figura 1.

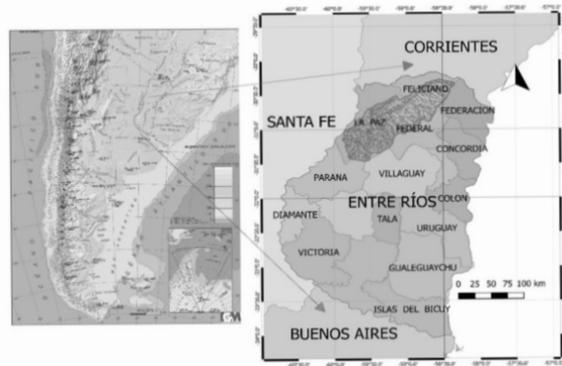


Figura 1: Ubicación de la cuenca del Arroyo Feliciano (Fuente: elaboración propia).

Esta cuenca pertenece a la ecorregión de las sabanas mesopotámicas, presenta un relieve ondulado conformado por una planicie con suaves lomadas y suelos arcillosos con predominio de arcillas esmectitas que dieron origen a numerosos interfluvios.

Registra un clima subtropical húmedo y cálido con precipitaciones medias anuales que rondan entre los 1100 y 1200 milímetros; las temperaturas máximas absolutas pueden superar los 35°C en verano y en invierno la temperatura media es de 12°C, con una amplitud térmica que oscila los 20°C. La vegetación predominante son los bosques de especies xerófilas con vegetación herbácea densa, la especie arbórea dominante es el ñandubay, le continúa el algarrobo, espinillo, tala, entre otras especies.

Los vientos predominantes durante el verano son del Norte (N), Este (E), Noroeste (NE) y Sureste (SE); con aumento durante el otoño e invierno de los vientos Sur (S) y Suroeste (SO). Este régimen de vientos de intensidades de suaves a leves evidencia promedios diarios mensuales que oscilan entre 10 y 12 km/h [6].

Delimitación de las subcuencas

Se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG), que trabaja de manera conjunta con el software QGis [7] ya que complementa la Base de Datos de Hidrología Analítica (AHD) del modelo HydroBID. Esta base de datos incluye información de precipitación, temperatura, tipos de suelos, topografía y usos del suelo. Con la integración de toda

esta información se logró delimitar 77 subcuencas de aporte en los diferentes puntos de cierre, desde aguas arriba hacia aguas abajo y la determinación de los centroides para la posterior interpolación con los datos climáticos. Cada subcuenca de aporte se encuentra delimitada en la base de datos del SQLite y se la identifica con un número denominado COMID (Figura 2).

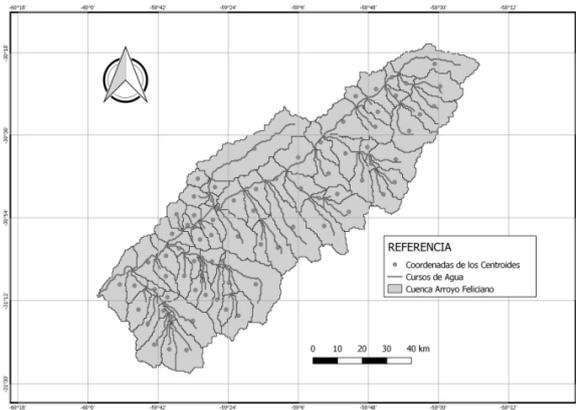


Figura 2: Localización de los centroides de las subcuencas obtenidos a partir de QGIS. (Fuente: elaboración propia).

Cada subcuenca delimitada en la AHD posee un conjunto de atributos necesarios para el desarrollo de la modelación como el área, tipo y uso de suelos, pendiente media, temperatura, precipitación, entre otros. Acorde a la base de datos generada se realizaron las primeras simulaciones en la cuenca del Arroyo Feliciano, en donde se logró capturar y simular el comportamiento hidrológico de toda la cuenca con datos de caudales relevados desde el 1° de enero del año 2001 al 30 de mayo del 2018; dando resultados de caudales preliminares a nivel medio mensual y diario con parámetros de validación aceptables.

METODOLOGÍA

La metodología adoptada reside en la aplicación de técnicas de estadística multivariada, para lo cual se elaboró una matriz de datos conformada por 77 subcuencas y 22 variables que incluyen información morfológica y climática, (Tabla 1). Los registros hidrométricos utilizados corresponden al período enero 2001 a mayo 2018, los cuales se extrajeron de la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Entre Ríos.

Tabla 1: Identificación de los parámetros morfométricos y climáticos empleados en el estudio.

Variables	Descripción	Unidad
Q	Caudal	m ³ /s
Area	Área	Km ²
P	Perímetro	Km
LM	Longitud máxima	Km
AC	Ancho de cuenca	Km
L	Longitud cauce	Km
Hmáx	Altura máxima	m
Hmín	Altura mínima	m
DA	Desnivel altitudinal	m
Rf	Factor de forma	-
Kc	Índice de compacidad	-
Cc	Coefficiente de circularidad	-
Pend	Pendiente	%
Ldr	Longitud de drenaje	Km
D	Densidad del drenaje	l/km
Tc	Tiempo de concentración	horas
R Clark	Coefficiente de almacenamiento	pie/milla
E	Relación de elongación	-
λ	Lambda	-
CN	Curva número	-
Prec	Precipitación	mm
T	Temperatura	°C

En la Tabla 2, se detalla la matriz de valores de curva número (CN) sustentado en la cobertura de suelos descrita en el Inventario de Bosques Nativos [8] y teniendo en cuenta la clasificación del manual de sistematización de tierras [9].

Tabla 2: Valores de CN en función de la cobertura vegetal y del grupo hidrológico.

COBERTURA	Grupo Hidrológico			
	A	B	C	D
Cuerpos de agua	100	100	100	100
Cultivos	72	81	88	91
Bosque de ñandubay tipo parque	36	60	74	80
Bosque de ñandubay + espinillo	32	59	73	79
Bosque de ñandubay + espinillo con otras especies	25	55	70	77
Bosques en galerías	25	55	70	77
Plantaciones forestales	40	64	75	80
Pastizales, palmares, arbustales	49	69	79	84

Para analizar la relación de estas variables en cada una de las subcuencas se trabajó con el software libre RStudio [10]. Este software está desarrollado en un marco integrado al lenguaje de programación R (IDE), permite trabajar con grandes bases de datos y tiene un gran alcance a las aplicaciones estadísticas computacionales en donde se logra obtener rapidez y precisión en los gráficos.

La base de datos relevados para este estudio, se dividió en un conjunto de entrenamiento que considera el 80% de las observaciones y un conjunto de validación que contempla el 20% restante. Con el propósito de corregir los problemas de escalas y unidades se procedió a la estandarización de las variables utilizando la siguiente expresión:

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{S_x} \quad (1)$$

Donde:

X_{ij} : valor de la j -ésima observación de la i -ésima subcuenca,

\bar{X}_i : media aritmética de la variable X_{ij}

S_x : desviación estándar de X_{ij}

Y_{ij} : j -ésima observación de la i -ésima variable transformada.

Correlación lineal múltiple

Para determinar la asociación entre las variables en estudio se procedió a analizar la correlación lineal entre las mismas utilizando la siguiente expresión:

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n(\sum X^2) - (\sum X)^2][n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2]}} \quad (2)$$

Donde:

r : correlación entre las variables, representado a través de un número decimal que varía en el intervalo [-1; 1]. Cuanto más cercano es el valor a los extremos de este intervalo indica una fuerte relación lineal directa entre las variables analizadas.

n : número de observaciones

$\sum X$: suma de los valores de la variable X .

$\sum Y$: suma de los valores de la variable Y .

$(\sum X^2)$: suma de los valores de X elevados al cuadrado.

$(\sum X)^2$: cuadrado de la suma de los valores de X .

$(\sum Y^2)$: suma de los valores de Y elevados al cuadrado.

$(\sum Y)^2$: cuadrado de la suma de los valores de Y .

$(\sum XY)$: suma de los productos de X por Y .

Análisis de componentes principales

Esta técnica de aprendizaje no supervisado contribuye a explicar la variabilidad de los datos, en donde se emplea variables métricas que estén correlacionados con el objetivo de buscar interdependencia. Analiza la proyección de los datos, es decir que transforma el conjunto de datos en variables sin correlación lineal denominadas componentes

principales; las cuales facilitan la interpretación de la información y contribuye al análisis exploratorio para diseñar modelos predictivos.

Este método reside en la descomposición de la matriz de covarianza de los datos en autovalores, con el fin de reducir la dimensionalidad de las variables en estudio.

Clasificación por conglomerados

Con este método de clasificación automática se busca agrupar las variables de interés en función de las analogías que comparten entre ellas, con el propósito de identificar las subcuencas que comparten parámetros homogéneos.

Regresión lineal múltiple

Para la selección del modelo se utilizó el método de regresión lineal, en donde se busca determinar una expresión matemática que represente la variable respuesta, el caudal, en función de un conjunto de variables predictoras independientes, a través de la siguiente expresión:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 * X_{i1} + \dots + \beta_j * X_{ij} + \dots + \beta_p * X_{ip} + \varepsilon_i \quad (3)$$

Donde el parámetro p representa la variable predictora observaciones

Donde el parámetro p representa la variable predictora ($j=2, \dots, p$), y n observaciones ($i=1, \dots, n$).

Y_i : observación i de la variable respuesta Y para las diferentes variables predictoras.

β_0 : intercepto, que corresponde al valor medio verdadero de Y cuando todas las variables X valen cero.

β_i : efecto promedio que tiene el incremento en una unidad de la variable predictora X_i sobre la variable dependiente Y , manteniéndose constante el resto de las variables.

ε_i : residuo, diferencia entre el valor observado y el valor estimado por el modelo.

Gráfico de Andrews

Para la visualización esquemática de los resultados se aplicó una técnica gráfica [11], que permite representar un punto del espacio multidimensional en una curva en el plano, empleando la siguiente función:

$$f(x) = \frac{x_1}{\sqrt{2}} + x_2 \text{sen}(t) + x_3 \text{cost}(t) + x_4 \text{sen}(2t) + x_5 \text{cos}(2t) + \dots \quad (4)$$

Donde x_1, x_2, x_3, \dots son las variables que se emplean para caracterizar cada una de las subcuencas análogas.

Andrews [11] reveló que la diferencia entre dos curvas es proporcional a la distancia euclídeana, por lo que esta técnica permite comparar de manera visual los grupos homogéneos. Estas curvas permiten identificar los grupos de cuencas que comparten variables paramétricas homogéneas, representado ondas sinusoidales que describen una trayectoria similar [12], que afectan la frecuencia, la amplitud y la periodicidad, dando una representación única para cada variable. Esta gráfica se fundamenta en la transformación de Fourier sobre el conjunto de datos multivariados y se grafica en el rango $[-\pi; \pi]$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Correlación múltiple

Tras procesar la información, se dividió la misma en dos conjuntos de datos, el conjunto de entrenamiento con el 80% de las observaciones y el conjunto de validación con el 20% restante. Se procedió a la estandarización de los datos, en ambos grupos y se realizaron las pruebas de normalidad empleando el test de Spearman por tratarse de un modelo robusto y monótono. Posteriormente, se obtuvo la matriz de correlación entre las variables predictoras con respecto al Caudal (Q) (Figura 3).

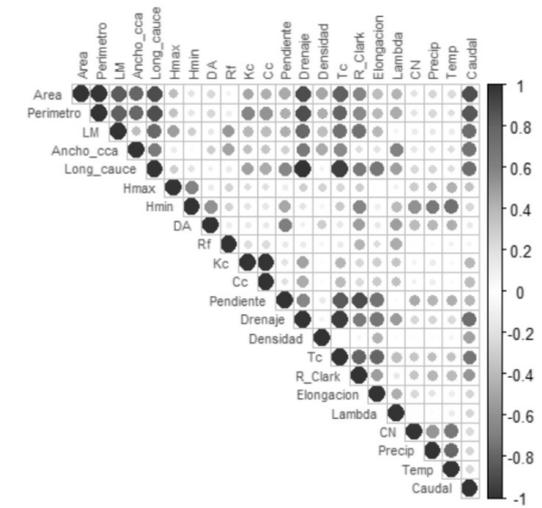


Figura 3: Matriz de correlación de las variables morfométricas y climáticas de las subcuencas en estudio (Elaboración propia).

A continuación se indican las variables que presentaron alta correlación con respecto a Q, como el perímetro, longitud máxima, ancho de la cuenca, longitud del cauce y drenaje (p mayor a 0.70), que se tendrán en cuenta en el modelo final.

Análisis de componentes principales

Esta técnica contribuyó a explicar la variabilidad total del conjunto de datos, transformándolas

en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas [13]. El propósito de este análisis fue reducir la dimensionalidad del conjunto original de variables [14], por lo que se procedió a determinar el número de componentes principales a emplear en el modelo, utilizando un Plot Scree (Figura 4).

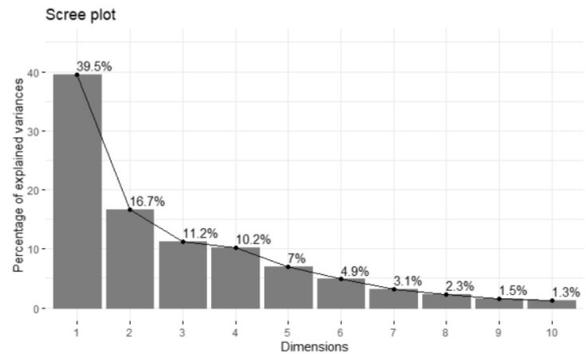


Figura 4: Porcentaje de las variables explicadas (Elaboración propia).

De la figura anterior, se determina que el 56,2% de la información contenida en los datos es retenida por las primeras dos componentes principales. A partir de ello, se procedió a construir el modelo predictivo a partir de la combinación lineal de sus factores no asociados entre sí, facilitando la interpretación de los datos.

En la Figura 5 se visualiza la contribución de las variables más significativas correspondiente a las dos primeras componentes. Las mismas se identifican por sobresalir de la línea punteada.

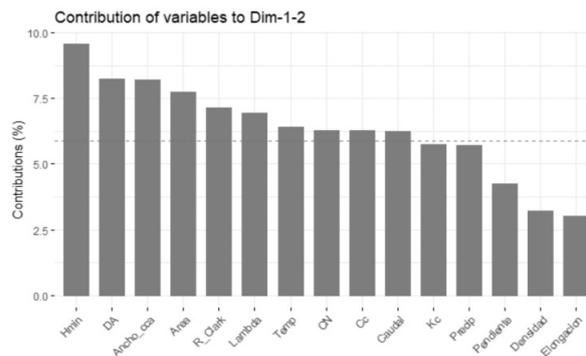


Figura 5: Contribución de las variables de las dos primeras componentes principales (Elaboración propia).

Clasificación por conglomerados

El análisis de los conglomerados se sustentó en el análisis de componentes principales (PCA), en donde se utilizó el método de Ward [14], para identificar los grupos homogéneos que incluyen las variables en estudio, en función de sus similitudes, Figura 6.

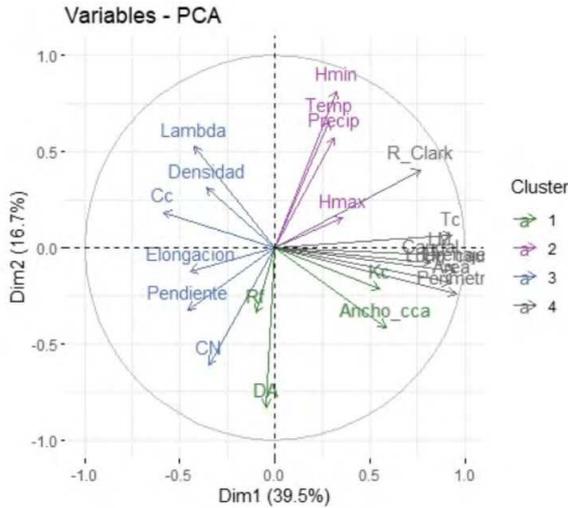


Figura 6: Análisis de conglomerados “clusters” empleando la información brindada por el PCA (Elaboración propia).

Como se observa en la figura anterior, se identifican cuatro grupos que comparten características homogéneas.

En la Figura 7, se observa un PCA-Biplot en donde se visualiza la información de las subcuencas identificadas a través de puntos enumerados y las variables en estudio a través de vectores. Se pudo identificar la asociación entre las variables de estudio y las correspondientes subcuencas, en donde se logró reconocer qué subcuencas se encuentran más estrechamente vinculadas a las mismas, como se muestra en la elipse.

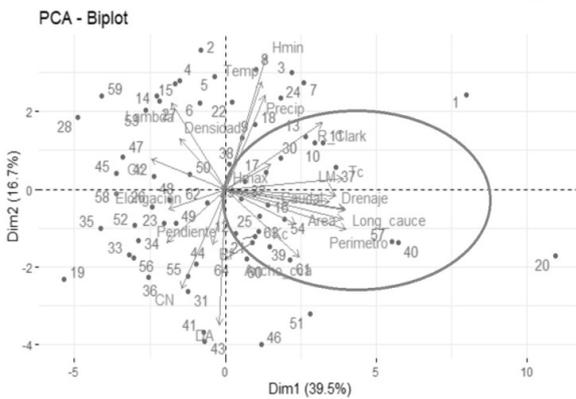


Figura 7: Biplot multivariado que combina la información de la matriz de datos (Elaboración propia).

Regresión lineal múltiple

A partir de los resultados parciales obtenidos de las técnicas de conglomerado, se planteó un modelo de regresión lineal en donde se consideró la contribución de las variables más importantes de las dos primeras componentes principales. Con ayuda del software RStudio se aplicaron los procedimientos

de eliminación hacia atrás (Backward), selección de eliminación hacia adelante (Forward) y la selección paso a paso (Stepwise), para identificar y escoger las variables que mejor describen el caudal medio diario. El modelo obtenido es:

$$Q = 1,69 + 1,24A + 0,20P - 1,10CN + 0,15Prec \quad (5)$$

De este modelo se obtiene que el error standard (RSE) indica un valor de Adjusted R-squared = 0,78 y un p-valor < 2,2e-16, lo cual señala que el modelo ajusta muy bien. Se logró identificar que las variables predictivas son independientes, es decir que carecen de colinealidad entre ellas, obteniendo un modelo parsimonioso capaz de explicar con mayor precisión la variable respuesta empleando el menor número de predictores.

En la Figura 8, se visualiza la representación gráfica del aporte de las variables de importancia relativa para la variable respuesta Q. La variable de mayor influencia es el Área con un R² = 78,11%, y le siguen las variables predictivas CN y precipitación.

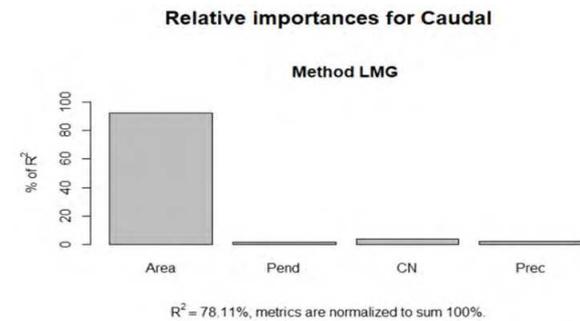


Figura 8: Variables de importancia relativa para el Q (Elaboración propia)

Una mejor visualización de la relación entre las variables de importancia relativa, aporta la Figura 9.

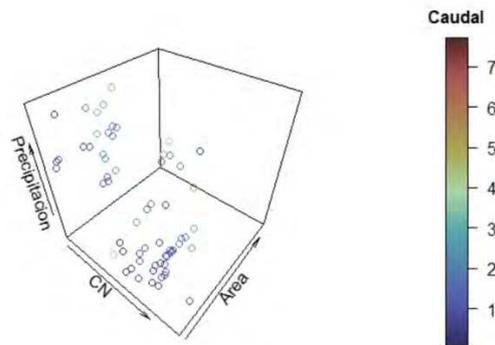


Figura 9: Representación gráfica de las tres variables predictivas de mayor importancia relativa para el Q (Elaboración propia)

Del gráfico anterior se puede observar que hay una relación estrecha entre el Área y los valores de CN (diferentes usos del suelo) y que se ven afectados de manera directa con la precipitación. Es decir, en esta región en donde se destaca la presencia de lomadas (pendientes entre 1% y 4%), y donde el uso del suelo predominante en la región es el cultivo de soja, con valores de CN muy elevados, la variable contributiva precipitación influye enormemente en los caudales de la región. Esto es una de las mayores problemáticas de la cuenca, que se encuentra en relación directa con la erosión del suelo y la disminución de los nutrientes del mismo.

Luego se analizó la relación entre la variable respuesta, Q, con la variable predictiva de mayor influencia A, debido a que en subcuencas de mayor superficies se registran caudales mayores como consecuencia de las precipitaciones. Cabe recordar que las precipitaciones medias en esta región oscilan entre 1200 mm y 1300 mm anuales.

La aplicación del estudio de conglomerados y las representaciones gráficas de las curvas de Andrews, tuvieron el propósito de distinguir las regiones hidrológicamente homogéneas de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de regresión lineal múltiple. Es decir, se logró identificar grupos de subcuencas que describen regiones hidrológicamente homogéneas donde es válido transmitir información ya que comparten características morfométricas y climáticas similares, además de responder a los valores de caudales medios diarios estimados para cada subcuenca.

A continuación, se expone una agrupación jerárquica representada en un dendrograma, en donde se logró identificar cuatro grupos homogéneos de subcuencas en función de las características de las variables analizadas en el estudio e identificadas por el software (Figura 10).

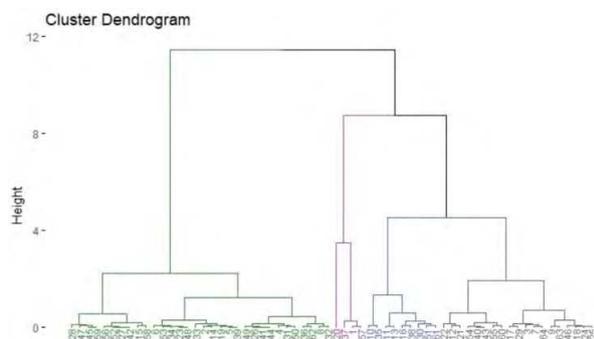


Figura 10: Dendrograma de subcuencas homogéneas que responden al Q para cuatro grupos (Elaboración propia).

Curvas de Andrews

Las curvas de Andrews (Figura 11), identificaron las divisiones de la cuenca en regiones hidroló-

gicamente homogéneas, que responden al modelo de regresión lineal múltiple reducido del caudal en función de las variables fisiográficas seleccionadas (Ecuación 5).

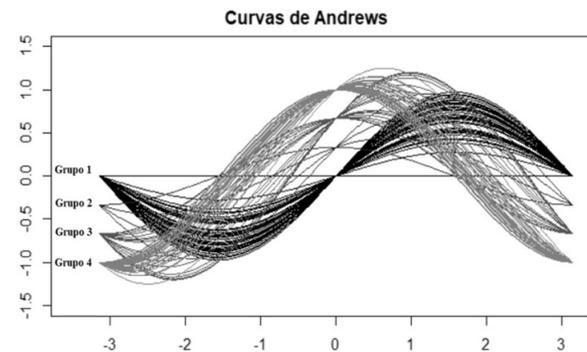


Figura 11: Grupos de subcuencas hidrológicamente homogéneas identificadas por el método Andrews (Elaboración propia).

La aplicación de las gráficas de Andrews y el análisis de conglomerados, proporcionaron como resultado la identificación de regiones hidrológicamente homogéneas en relación con el modelo obtenido de la regresión lineal múltiple del caudal medio diario, en función de las variables predictoras que describen los parámetros morfométricos y climáticos.

El método de Andrews como el de conglomerados, coincidieron en la existencia de cuatro regiones hidrológicamente homogéneas en la cuenca del Arroyo Feliciano (Figura 12) definidas a partir de sus parámetros morfométricos descritos en la Ecuación 5.

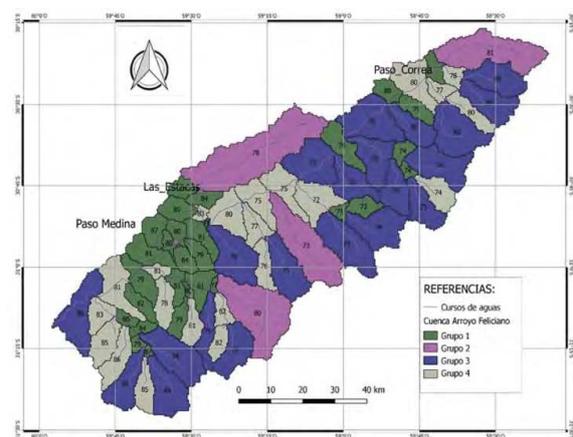


Figura 12: Regiones hidrológicamente homogéneas identificadas en la cuenca del Arroyo Feliciano (Elaboración propia).

El grupo 1 registra bajo valores de caudales medios diarios, las subcuencas se caracterizan por describir áreas pequeñas, de reducida cursos

de agua y poca pendiente con valores de CN muy elevados que se corresponden a las zonas de cultivos. El grupo 2 se caracteriza por presentar menor longitud de las subcuencas de superficies medias y se observa un leve aumento en la densidad de los cursos de agua y en su pendiente, el valor de CN es mediano ya que coincide con la ubicación de los bosques tipo parques que acompañan los cursos naturales de agua. El grupo 3 registra un aumento en los valores de los caudales medios diarios, como así también del ancho de las subcuencas, de su pendiente y del índice de R Clark. Los valores de CN se corresponden con valores medios bajos ya que coinciden con la ubicación de los bosques mixtos de ñandubay-espínillo con otras especies. Por último, el grupo 4 se caracteriza por describir subcuencas de gran superficie con un mayor ancho de cuenca, acompañado de una mayor longitud del cauce y de un elevado índice de R Clark. Se observa que estas subcuencas se encuentran mal drenadas por presentar un bajo valor de densidad y los valores de CN son bajos, coincidiendo con la ubicación de los bosques de ñandubay-espínillo.

CONCLUSIONES

De los resultados alcanzados se logró identificar cuatro regiones que describen características hidrológicas semejantes, a partir del análisis estadístico multivariado, en donde se obtuvo un modelo matemático reducido que sólo contempla las variables más significativas desde el punto de vista estadístico e hidrológico. Las variables que tienen una influencia significativa en el modelo para explicar el caudal medio diario estimado para las subcuencas son: área, pendiente, CN y precipitación.

Es importante ampliar este estudio, en futuras investigaciones, con el fin de alcanzar una regionalización hidrológica hacia las subcuencas adyacentes de la Provincia de Entre Ríos y así poder cuantificar la disponibilidad de los diferentes recursos ecosistémicos de la región. Además se deberá incluir una red de monitoreo de variables hidrológicas que permita disponer de datos de cantidad y calidad del agua, para plantear estrategias adecuadas de uso y manejo de suelos, con los diferentes grupos interdisciplinarios planteados en la gestión del trabajo de cuenca.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó en el marco del Proyecto de INTA PE I041 "Aportes para la región integrada de los recursos hídricos (GIRH) en cuencas del Sistema Agroalimentario Argentino".

REFERENCIAS

- [1] Álvarez Olguín, G.; Hotait Salas, N.; Sustaita Rivera, F., (2011). Identificación de regiones hidrológicas homogéneas mediante análisis multivariado. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 12 (3), 277-284. *Cement, Concrete and Aggregates*, 4(1), 33-36. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432011000300004&lng=es&tlng=es.
- [2] Ouarda T.B.M.J., Bâ K.M., Diaz-Delgado C., Cârsteanu A., Chokmani K., Gringras H., Quentin E., Trujillo E. y Bobée B. (2008). *Intercomparison of Regional Flood Frequency Estimation Methods at Ungauged Sites for a Mexican Case Study*. *Journal of Hydrology*, 348, 40-58. ISSN: 0022-1694.
- [3] Gaspari, F.J. (2012). *Caracterización Morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina*. VII Congreso de Medio Ambiente AUMG, La Plata, Argentina.
- [4] CEPAL (2013). *Guía análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial*. Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo (SUBDERE). Primera Edición. Propiedad Intelectual N° 229.978. ISBN: 978-956-8468-42-2.
- [5] Ramírez, R.G.; Wilson, M.G.; Marizza, M.S.; Van Opstal, N.V.; Pighini, R.J.; Gabioud, E.A. (2020). *Aplicación del modelo Hidro BID a la gestión integrada de la cuenca Arroyo Feliciano: Resultados preliminares*. X Congreso sobre Uso y Manejo de Suelos: Gestión Sostenible de Suelos y Recursos Hídricos, UMS2020-1.2, pp4. Universidad Da Coruña.
- [7] Lenzi, L.M. (2017). *Evaluación del impacto del cambio climático en los procesos hidrológicos de la Cuenca del Arroyo Feliciano, Entre Ríos, Argentina*. [Tesis de doctorado publicada online]. Universidad Da Coruña.
- [8] QGIS Org. (2018). *User Guide/Manual (QGIS Testing)*.
- [9] Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques Nativos (2017). *Pérdida de Bosque Nativo*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Argentina.
- [10] Scotta, E.; Paparotti, O. (1990). *Agua excedentes y tecnológicas de control y capacitación*. Publicación Misceláneas N° 57. Jornadas Regionales: Labranzas y conservación del suelo. INTA EEA Rafaela. Pp 57-69.
- [11] RStudio Software (2020). Version 4.0.3.
- [12] Andrews D.F. (1972). Plots of High Dimensional Data. *Biometrics*, 28, 125-136. ISSN: 0006-34LX.
- [13] Nathan R.J.; McMahon T.A. (1990). *Identification of Homogeneous Regions for the Purposes of Regionalization*. *Journal of Hydrology*, 121, 217-238. ISSN: 0022-1694.
- [14] Almenara J.; González J.L.; García C.; Peña P. (1998). *¿Qué es el análisis de Componentes Principales?*. *Jano*, 1268, 58-60.
- [15] Peña D. (2002). *Análisis de datos multivariados*. Madrid: McGraw Hill.

Índice de calidad de playa en el municipio de Pinamar

Ana Faggi, Patricia Perelman

Facultad de Ingeniería (LABIOC), Universidad de Flores.

Contacto: anamfaggi@gmail.com



RESUMEN

Se calcula la calidad de tres playas urbanas (Ostende, Pinamar Centro y Norte) y otras tres de poblado (Cariló, Valeria del Mar Centro y Norte) por medio de un índice holístico que integra las dimensiones Protección, Conservación, Sanitario y Recreación. Se estima por medio de una matriz las diferentes variables para finalmente luego de las ponderaciones correspondientes, calcular los indicadores que se adicionan para obtener el índice de calidad BQV. La playa de mejor calidad es Cariló que alcanza el mayor valor, seguida de Pinamar Norte y Valeria Centro, mientras que Pinamar Centro es la que peor clasifica. Todas las playas obtienen los mayores valores para las condiciones sanitarias con buena calidad del agua, de la arena, escasa presencia de residuos y las de protección al ser playas anchas de arena fina a media, con suaves pendientes, sin defensas costera duras y escasa vulnerabilidad a la subida del nivel del mar. Los menores valores se obtienen para el dominio de conservación, por lo que se recomienda reforzar las medidas de restauración de médanos ya en marcha en el municipio.

Palabras clave: indicadores, calidad, playas.

ABSTRACT

The quality of three urban beaches (Ostende, Pinamar Centro and Norte) and another three towns (Cariló, Valeria del Mar Centro and Norte) is calculated by means of a holistic index that integrates the Protection, Conservation, Sanitary and Recreation dimensions. The different variables are estimated by means of a matrix to finally, after the corresponding weightings, added to obtain the BQV index. The best quality beach is Cariló, which reaches the highest BQV value, followed by Pinamar Norte and Valeria Centro, while Pinamar Centro ranks worst. All the beaches obtain the highest values for sanitary and protection conditions. They have good water and sand quality, low presence of waste are wide beaches of fine to medium sand, with gentle slopes, without hard coastal defenses and little vulnerability to the rise of the sea level. The lowest values are obtained for the conservation domain. For this reason, it is recommended to reinforce the sand dune restoration measures already underway.

INTRODUCCIÓN

Desde mitad del siglo XX las áreas costeras del mundo se han convertido en sitios turísticos preferidos. Bajo el lema de "Sol y Playa" se desarrollaron a lo largo de la costa argentina diferentes localidades con balnearios, hoteles, propiedades particulares, comercios, vías de acceso para acceder a la playa como principal escenario.

Micallef y Williams [1] definieron los requisitos de la playa ideal como recurso recreativo-paisajístico, la cual debería ser arenosa, limpia, con aguas no demasiado profundas de temperatura agradable, con buena accesibilidad, contar con sanitarios, guardavidas, sombra y una pequeña área comercial. En la valoración de playas se consideran variables de carácter objetivo referidas por ej. a la arena, limpieza, infraestructura, con otros de tenor subjetivo como temperatura agradable. Sin embargo, en toda playa hay muchos más atributos a considerar que influyen en su calidad como el ancho de la playa, limpieza, contaminación del agua, presencia de animales, paisaje, densidad de personas, ruido. La definición de la calidad se ve complejizada aún más si se tiene en cuenta que hay playas urbanas bien dotadas de infraestructuras y otras agrestes donde la calidad escénica del paisaje natural son los factores que definen la elección por encima, inclusive, de la calidad del agua o la seguridad [2]. Por ello, surge la pregunta a cuál de todos estos atributos priorizar cuando se quiere determinar calidades. Por otro lado, el concepto de calidad también es amplio. Según Harvey [3] calidad puede referirse a lograr una distinción, a exceder determinados estándares o en otros casos, a cumplir determinados propósitos. Harvey y Green [4] señalan por su parte la relatividad del concepto de calidad, ya que éste puede tener distintos significados para diferentes públicos. A similar conclusión se llega en un estudio que compara las diferencias entre una evaluación técnica de playas arenosas argentinas y valoraciones subjetivas de percepción de usuarios obtenidas por medio de entrevistas [5].

A pesar de estas dificultades resulta importante el disponer de indicadores de calidad que permitan establecer prioridades sobre las acciones a encarar para facilitar la gestión de playas. El manejo de la playa debiera garantizar un uso óptimo sustentable de los recursos naturales, socioeconómicos y culturales donde selectivamente en algunas localidades se priorice la recreación y en otras la conservación [6]. En 2005 por medio de un trabajo colaborativo se publicaron las directrices y guía de autoevaluación de playas y balnearios que reconocen las complejidades y definen seis campos de acción: 1) Ambiente, Recursos y Paisaje, 2) Infraestructura y Servicios Básicos, 3) Seguridad, 4) Personal, 5) Información y Educación Ambiental y 6)

Documentación del Sistema de Gestión [7].

Oliveira [8] desarrolló un índice de calidad de playas (BQV) que permitiera una priorización con una perspectiva holística y sistémica, capaz de identificar, tanto los atributos turísticos como posibles disfunciones recurrentes riesgosas para diferentes tipos de playas. Para ello, realizó la revisión de 72 indicadores medidos individualmente, los cuales se fusionaron para conformar categorías. La fortaleza de este índice es reducir la subjetividad de las clasificaciones, al clarificar y normalizar criterios de comparación, que respetan características particulares de las playas a evaluar.

El objetivo de este trabajo fue evaluar mediante este índice la calidad de seis playas de la provincia de Buenos Aires: en Pinamar (Centro y Norte), Ostende, Valeria del Mar (Centro y Norte) y Cariló, de las cuales no se tenían un índice comparativo. De Pinamar y Cariló se contaba con un estudio sobre calidad de playa en base a evaluaciones técnicas objetivas por medio de una lista de chequeo y subjetivas a través de entrevistas a turistas y residentes [9].

En este artículo se pretende comunicar y generar información que oriente al usuario en su elección de visita y que al mismo tiempo, pueda convertirse en una herramienta de gestión.

DESARROLLO

Se aplicó la metodología propuesta por Oliveira [8] que tiene en cuenta un abordaje holístico basado en una estructura dividida en dominios y categorías, inspirada en el marco de los "Círculos de Sostenibilidad"[10]. Los dominios o ámbitos abordan temas sobre Protección, Conservación, Aspectos Sanitarios y Recreación.

Recreación refiere a la provisión de servicios e infraestructura que permite al usuario el disfrute. El dominio Protección evalúa el potencial de la playa a disipar la energía de los elementos climáticos (oleaje, viento) que permite defender a la urbanización de posibles inclemencias. Conservación tiene en cuenta la preservación ambiental y el dominio de Sanitario considera la contaminación. Cada uno de ellos comprende 5 categorías, dentro de las cuales se agrupan diferentes criterios.

El marco de priorización está diseñado para aplicarse en tres tipos de playa: urbana, poblado o rural de acuerdo con la clasificación de Williams & Micallef [11] (Tabla 1). Ello va a determinar la ponderación que se utiliza para cambiar los pesos usados para hacer los cálculos de calidad. Esto se fundamenta en que cada tipo de playa tiene según su tipología, características intrínsecas. Por ejemplo, para una playa urbana la seguridad pesa más en el índice que el valor escénico.

Tabla 1: Tipos de playa a considerar para aplicar en el indicador de calidad de playa.

Playa Urbana	Playa Poblado	Playa Rural
dentro o junto a la zona urbana, de acceso libre, servicios públicos bien establecidos, un distrito comercial central bien marcado.	fuera del entorno urbano principal y asociado a una población pequeña pero permanente con servicios comunitarios organizados a pequeña escala; se puede llegar en transporte público o privado.	fuera del entorno urbano/poblado; no es fácilmente accesible en transporte público y prácticamente no tiene instalaciones; tiene poco o ningún desarrollo frente a la playa, pero pueden tener algunas viviendas.

Las playas fueron visitadas en enero y febrero de 2023 para relevar los diferentes criterios que exige el índice. Para ello se utilizó la tabla de clasificación de criterios propuesta por Oliveira [8] y se eligió la opción que mejor describiera el estado de cada categoría en las playas seleccionadas. Los valores a adjudicar varían de 1 para la peor situación a 5 que representa el mejor estado.

Luego de calculado el indicador, éste fue normalizado dividiendo la suma de los valores de cada indicador en una categoría dada por el máximo posible para cada categoría (valor 5). El valor final de calidad de la playa (BQV) se obtuvo mediante la suma según las siguientes ecuaciones (Tabla 2).

Tabla 2: Ecuaciones para el cálculo de cada dominio según categorías.

<p>Recreación: $RD = [(r1 \times AP) + (r2 \times CC) + (r3 \times FS) + (r4 \times SV) + (r5 \times Saf)]$</p> <p>AP = Acceso & Estacionamiento; CC = Capacidad de Carga; FS = Infraestructura & Servicios; SV = Valor escénico; Saf = Seguridad.</p> <p>Protección: $PD = [(p1 \times SB) + (p2 \times SS) + (p3 \times IC) + (p4 \times SbD) + (p5 \times RV)]$</p> <p>SB = Camello de tormentas; SS = Estabilidad de la línea de costa; IC = Cambios inducidos; SbD = Disipación Subaérea; RV = Riesgo & Vulnerabilidad.</p> <p>Conservación: $CD = [(c1 \times EQ) + (c2 \times GA) + (c3 \times Hb) + (c4 \times SP) + (c5 \times Her)]$</p> <p>EQ = Calidad ambiental; GA = Acciones gubernamentales; Hb = Hábitat; SP = Especies; Her = Patrimonio.</p> <p>Sanitario: $SD = [(s1 \times WQ) + (s2 \times SQ) + (s3 \times EP) + (s4 \times SF) + (s5 \times LW)]$</p> <p>WQ = Calidad del agua; SQ = Calidad de la arena; EP = Contaminación episódica; SF = Infraestructura & Servicios; LW = Residuos.</p>
--

Coefficientes: r, p, c and s para ajustar la importancia de las categorías de cada dominio.

El índice BQV se calcula de la siguiente forma, donde el coeficiente w ajusta la importancia de los dominios para cada tipo de playa sea urbana, de poblado o rural.

$$BQV = (w1 \times RD) + (w2 \times PD) + (w3 \times CD) + (w4 \times SD)$$

Los coeficientes de ajuste [8] para cada tipo de playa se observan en la Tabla 3.

Para playas urbanas el coeficiente de recreación y sanitario tienen mayor peso que el de conservación. Para las playas de poblado los dominios tienen pesos similares. Las diferencias están relacionadas con las expectativas que despierta cada tipología, ya que las urbanas son visitadas preferentemente por la infraestructura y los servicios que ofrecen, mientras que las rurales son significativas por el paisaje y por su naturalidad.

Tabla 3: Pesos asignados a dominios y categorías para la ponderación.

		Urbano	Poblado	Rural
Dominio	Recreación	0,37	0,26	0,104
	Conservación	0,14	0,27	0,414
	Protección	0,19	0,22	0,260
	Sanitario	0,27	0,24	0,182
Categorías				
Recreación	Acceso y Estacionamiento	0,17	0,12	0,126
	Capacidad de carga	0,16	0,22	0,242
	Infraestructura y Servicios	0,17	0,13	0,122
	Seguridad	0,26	0,17	0,196
	Valor escénico	0,19	0,33	0,285
Protección	Disipación subaérea	0,18	0,23	0,177
	Riesgo y vulnerabilidad	0,23	0,14	0,200
	Cambios inducidos	0,22	0,22	0,196
	Estabilidad de línea de costa	0,18	0,17	0,204
	Buffer de tormentas	0,17	0,23	0,196
Conservación	Calidad ambiental	0,27	0,18	0,169
	Acciones gubernamentales	0,18	0,20	0,124
	Hábitat	0,22	0,22	0,268
	Especies	0,18	0,19	0,212
	Patrimonio costero	0,15	0,19	0,203
Sanitario	Calidad del agua	0,21	0,27	0,198
	Calidad de la arena	0,18	0,16	0,252
	Contaminación episódica	0,26	0,20	0,216
	Infraestructura/Servicios	0,14	0,10	0,079
	Residuos	0,20	0,24	0,237

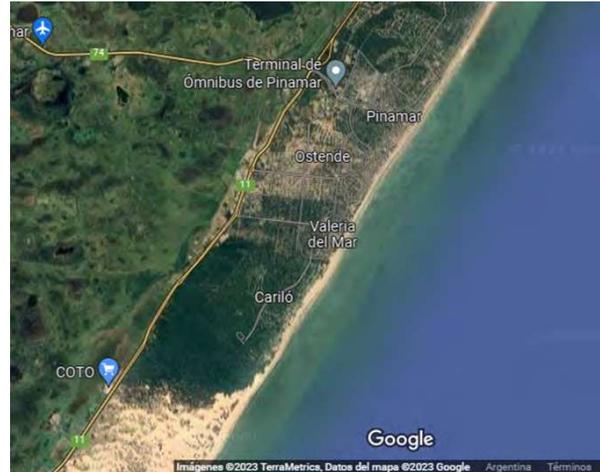


Figura 1: Localización de las playas elegidas.

Las playas de Ostende y Pinamar son playas urbanas con un frente costero bien desarrollado (Fig. 2 y 3). Tienen fácil acceso libre a pie, por transporte particular y público. Están bien provistas de todo tipo de tipo de infraestructura acorde a los servicios que ofrecen.



Figura 2: Frente urbano en Ostende visto desde la playa.



Figura 3: Frente urbano en Pinamar visto desde la playa.

Valeria del Mar (Fig. 4) y Cariló (Fig. 5) son ejemplos de playa de poblado asociadas a una población estable de menor tamaño con servicios comunitarios organizados a pequeña escala donde si bien son de fácil acceso, hay que atravesar el médano vegetado por pasarelas de madera. El transporte público en Valeria pasa a unos 200 m de la playa, en Cariló a unos 600 m y para llegar a la playa es preciso caminar.



Figura 4: Playa céntrica de Valeria del Mar, pasarela de acceso.



Figura 5: Playa de Cariló.

La tabla 4 muestra los valores asignados a las playas seleccionadas. La sumatoria de las categorías normalizadas y ponderadas se observa en la Figura 6. Todas las playas obtienen los mayores valores para las condiciones sanitarias (buena calidad del agua, de la arena, escasa presencia de residuos) y las de protección (playas ancha de arena fina a media, con suaves pendientes, disipativas, sin defensas costera duras y escasa vulnerabilidad a la subida del nivel del mar). Los menores valores se obtienen para el dominio de conservación. Predominan las playas con biodiversidad intermedia con ausencia de algunas comunidades y presencia de especies invasoras plantadas para la fijación de médanos (*Tamarix gallica*, *Carpobrotus edulis*) y con potencial de impacto por su alta cobertura y competencia por hábitat, lo que va en detrimento de la flora nativa.

Tabla 4: Puntaje para las categorías según dominios de Recreación, Protección, Conservación y Sanitario en las playas urbanas y de poblado seleccionadas.

DOMINIO	CATEGORIA	PUNTUACION					
		Playas urbanas			Playas de poblado		
		PICentro	PINorte	Ostende	VaCentro	VaNorte	Cariló
Recreación	Acceso & estacionamiento	5	4	4	5	3	1
	Capacidad de carga	5	5	5	5	5	5
	Servicios & Infraestructura	4	4	3	2	1	2
	Valor escénico	2	3	3	4	5	5
	Seguridad	4	4	4	4	4	4
Protección	Camellón de tormentas	2	3	3	4	4	5
	Estabilidad línea de costa	4	5	5	5	5	5
	Cambios inducidos	5	5	5	5	5	5
	Disipación sub-aérea	5	5	5	5	5	5
	Vulnerabilidad & Riesgo	4	4	4	4	4	4
Conservación	Calidad ambiental	3	4	4	4	5	4
	Acciones de Gestión	3	3	3	3	3	3
	Hábitat	1	3	2	3	3	4
	Especies	1	2	1	3	3	4
Patrimonio	3	3	4	3	3	3	
Sanitario	Calidad del agua	3	5	5	5	5	5
	Calidad de la arena	4	5	5	5	5	5
	Contaminación episódica	4	5	5	5	5	5
	Servicios sanitarios	5	5	4	3	1	3
	Basura y residuos	5	5	5	5	5	5

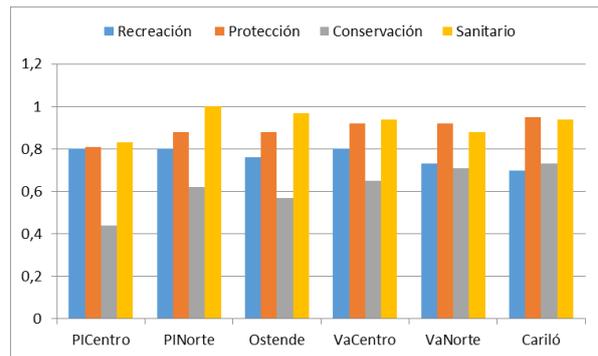


Figura 6: Calidad de las playas según dominios.

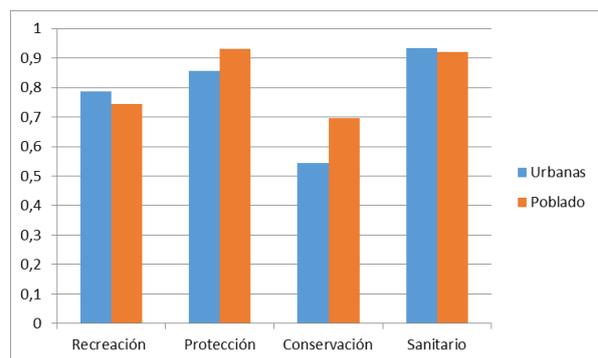


Figura 7: Promedio de los dominios en playas urbanas y de poblado.

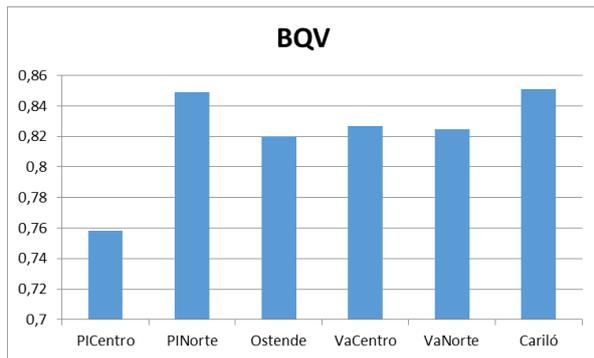


Figura 8: Índice BQV de Calidad de playa.

Cariló es la playa que alcanza el mayor valor de BQV (Fig. 8), seguida de Pinamar Norte y Valeria Centro, mientras que Pinamar Centro es la que peor clasifica. A través de los índices se observa la presión en las áreas céntricas en las diversas categorías, tanto para las playas urbanas (Pinamar Centro y Ostende).

En ambos tipos de playas los aspectos de hábitat y especies son lo menos atendidos, con lo cual es allí donde se debería focalizar los esfuerzos de mejora. Al respecto, es preciso señalar que la municipalidad de Pinamar lleva desde el año 2019 acciones de restauración de la flora nativa de médano, sin embargo, se deberá esperar unos años para que una vez definitivamente establecidas las comunidades vegetales y logrado el avance de la duna frontal, estas acciones se reflejen en el índice. Esto visibiliza que los procesos ecológicos, como el que desencadena una restauración, requieren de un tiempo considerable.

La predominancia del dominio sanitario y protección coincide con lo discutido por Manfredi [9] para Pinamar y Cariló y por Padilla y Benseny [12] para las playas de Mar del Sud, donde amplitud y extensión son las características que definen la elección del usuario. Respecto al dominio conservación que es el de menor valor, se confirma el impacto del turismo que ha estado desde sus orígenes en función de satisfacer demandas de los veraneantes en detrimento del hábitat natural. Si bien, este último es un aspecto que debería ser salvaguardado por los planificadores urbanos y respetado por la comunidad, coincide con las demandas cortoplacistas de los usuarios, los cuales en su mayoría desconocen los servicios ecosistémicos ligados al borde costero. Un estudio en las playas de Puerto Madryn [13] concluye que la gran mayoría de los encuestados desconocía la importancia ambiental de los médanos y que solo un pequeño grupo manifestó conocer sus funciones, entre las que mencionaron protección del frente costero y acumulación de arena. Ese desconocimiento también se reporta para Pinamar, lo cual alerta de la necesidad de profundizar en la

concientización sobre estas temáticas [9].

CONCLUSIONES

El índice multidimensional (BQV) señala a Cariló como la playa de mayor calidad seguida de Pinamar Norte y Valeria Centro, mientras que Pinamar Centro es la que peor clasifica. Se observa la presión en las áreas céntricas en las diversas categorías estudiadas y se recomienda concientización sobre las funciones del frente costero.

REFERENCIAS

- [1] Micallef, A.; Williams, A. (2003). Application of function analysis to bathing areas in the Maltese Islands. *Journal of Coastal Conservation*, 9. 147-158.
- [2] Nelson, C.; Botterill, D. (2002). Evaluating the contributions of beach quality awards to the local tourism industry in Wales. *The Green coast award. Ocean & Coastal Management* 45:157-170.
- [3] Harvey, L. (2006). Understanding quality. In: Froment, E.; Kohler, J.; Purser, L. & Wilson, L. (Eds.), *EUA Bologna Handbook: Making Bologna work* (1-29). Berlin: Raabe.
- [4] Harvey, L.; Green, D. (1993). Defining Quality. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 18(1), 9-34.
- [5] Madanes, N.; Faggi, A.; Espejel, I. (2011). Sistemas de valoración de calidad de playas turísticas En Dadon, J. (ed). *Ciudad Paisaje, Turismo. Frentes Urbanos costeros*, 301-312. Buenos Aires. Nobuko.
- [6] Botero, C.; Pereira, C.; Tomic, M.; Manjarrez, G. (2015). Design of an index for monitoring the environmental quality of tourist beaches from a holistic approach. *Ocean & Coastal Management*, 108, 65-73
- [7] Dadon J. (2005). *Playas y Balnearios de Calidad: Gestión turística y Ambiental. Directrices y guía de autoevaluación*, 65. Buenos Aires.
- [8] Oliveira, E.B. (2022). Developing a management-based ranking of beaches from a worldwide perspective. Unpublished bachelor's thesis. Alma Mater Studiorum, School of Science, University of Bologna.
- [8] Manfredi, E. (2020). Usos de las playas y percepción del usuario en Pinamar y Cariló en el 2014. Tesis de Maestría UCES.
- [9] James, P. (2015). *Urban sustainability in theory and practice: circles of sustainability*. New York: Routledge.
- [10] Williams, A.; Micallef, A. (2009). *Beach Management Principles & Practice*. London- Sterling: Earthscan.
- [11] Padilla, N.; Benseny, G. (2014). *Percepción Ambiental del Territorio Litoral en Mar del Sud (Argentina)*. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- [12] Solana, J. (2009). *Valoración de las playas de Puerto Madryn*. Facultad de Ingeniería. Universidad de Flores.

Biodegradación de bandejas desechables de poliestireno

Daiana Soledad Romero¹, María Silvia Alonso¹, Víctor Iván Escalier¹, Sergio Omar Madregal

1. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy

Contacto: msalonso12@gmail.com



RESUMEN

Se estudió la biodegradación de bandejas desechables de poliestireno en suelo sin inocular e inoculado con microorganismos degradadores previamente aislados. En el ensayo, realizado a 30°C y 50% de humedad, durante 21 meses, se midió la variación en las propiedades mecánicas y en el peso de las muestras y la concentración de los mohos y bacterias en la biopelícula formada en el proceso. Se encontró una disminución en el peso y en las propiedades de tracción, como así también una concentración de bacterias y mohos en la biopelícula adherida, mucho más pronunciadas para el suelo con el agregado de microorganismos degradadores, que para el suelo sin inocular. De los cambios obtenidos, se concluye que la biodegradación del plástico estudiado mejora notablemente al incorporar a un medio natural, como el suelo, microorganismos específicamente degradadores, lo cual podría aplicarse para un tratamiento a mayor escala de residuos similares.

ABSTRACT

The biodegradation of disposable polystyrene trays in soil without inoculation and inoculated soil with previously isolated degrading microorganisms was studied. In the test, carried out at 30°C and 50% humidity, for 21 months, the variation in the mechanical properties and the weight of the samples was measured, as well as the concentration of molds and bacteria in the biofilm formed in the process. A decrease in weight and tensile properties was found, as well as a concentration of bacteria and molds in the adhering biofilm, much more pronounced for the soil with the addition of degrading microorganisms, than for the soil without inoculation. From the changes obtained, it is concluded that the biodegradation of the studied plastic improves markedly by incorporating specifically degrading microorganisms into a natural environment, such as the soil, which could be applied for a larger-scale treatment of similar waste.

Palabras clave: poliestireno, biodegradación, residuos pos-consumo, bandejas

INTRODUCCIÓN

La versatilidad en el uso de productos fabricados con poliestireno, muchos de los cuales son de corta vida útil, ha transformado a este plástico en un problema medioambiental, ya que los millones de toneladas que se producen anualmente en el mundo son desechadas como residuos, muchos de los cuales y en particular los de espuma de poliestireno, no son reciclados para su aprovechamiento, sino que son dispuestos directamente en rellenos sanitarios [1].

Por otra parte, este plástico, al igual que los demás plásticos sintéticos, se degrada en condiciones naturales (como podrían ser las de un relleno sanitario) a una velocidad extremadamente lenta, ocasionando daños en los ecosistemas durante su larga permanencia en los mismos [2].

En las últimas décadas, como aporte para disminuir las graves consecuencias de este problema, a partir de estudios realizados en diferentes condiciones operativas, se ha propuesto aplicar a estos residuos procesos de degradación, recurriendo, en el caso de una biodegradación, al empleo de diversos microorganismos, entre los que se encuentran bacterias y mohos de diversos géneros y especies [3,10].

Sin embargo, muchos de esos ensayos se han limitado a evaluar las posibilidades de los microorganismos como degradadores de poliestireno en condiciones y con técnicas de laboratorio, tales como el uso de medios agarizados, que no resultan reproducibles para practicar este tratamiento a una escala mayor.

Este trabajo fue realizado con el objetivo de determinar el grado de biodegradación alcanzado al tratar poliestireno, en suelo, con microorganismos potencialmente degradadores de este plástico, aislados localmente, con miras a una futura aplicación de este proceso a grandes volúmenes de residuos similares.

METODOLOGÍA

Se usaron muestras de espuma de poliestireno, provenientes de bandejas comercializadas en la ciudad de San Salvador de Jujuy (Figura 1). El espesor promedio de las bandejas fue de 3,60 mm, medido con tornillo micrométrico (rango 0-25 mm y apreciación 0,01 mm).



Figura 1: Bandeja de espuma de poliestireno.

Para el tratamiento de biodegradación se utilizó suelo de la zona del relleno sanitario de Jujuy y microorganismos recuperados desde biopelículas sobre poliestireno en ensayos anteriores del equipo de trabajo [11,12]. Los medios de cultivo empleados fueron agar de Sabouraud con Cloranfenicol (ASC), agar nutritivo estándar (ANS), y un medio salino mínimo (MSM) sin fuente de carbono, cuya composición se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Composición del MSM.

Componente	Concentración [g/L]
Cloruro de amonio, NH ₄ Cl	0,5
Cloruro de sodio, NaCl	0,5
Hidrógeno fosfato dipotásico, K ₂ HPO ₄	0,3
Hidrógeno fosfato monopotásico, KH ₂ PO ₄	0,4
Cloruro de magnesio hexahidratado, MgCl ₂ ·6H ₂ O	0,1
Extracto de levadura	0,1

Para determinar el grado de biodegradación se utilizaron: una balanza analítica con precisión de diezmilésima de gramo para pesar las muestras antes y al final del tratamiento, una máquina uniaxial de ensayos de tracción para medir las propiedades mecánicas de los controles sin tratar y de las muestras tratadas.

Preparativos

Las muestras de las bandejas de espuma de poliestireno se cortaron con las siguientes dimensiones: 70 mm x 33 mm para las muestras réplica de peso, y 33 mm x 6 mm [13] para las muestras réplica de tracción, todas en número suficiente como controles y para ser sometidas a tratamiento. Una vez cortadas las muestras se sumergieron en solución de etanol por 15 minutos y se secaron en estufa a 70 °C por media hora y luego se colocaron en desecador hasta peso constante.

Luego de la limpieza de las muestras, se midió el peso inicial de las muestras para peso (Figura 2) y se hizo el ensayo de tracción de las muestras controles para determinar las propiedades mecánicas iniciales según Normas ASTM [14], para lo cual se utilizó una máquina de tracción (Figura 3) que operó a una velocidad de ensayo de 1 mm/s y a 20 ± 2 °C.



Figura 2: Pesaje de muestra.

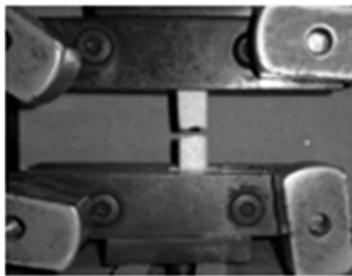


Figura 3: Tracción de muestra.

Las muestras de peso y las de tracción, destinadas al ensayo de biodegradación, se esterilizaron previamente con luz UV-C.

De manera simultánea se hizo la recuperación de los mohos y de las bacterias, disponibles desde ensayos anteriores en el laboratorio del estudio, en ASC y ANS, respectivamente.

Tratamiento de biodegradación

Los microorganismos recuperados se suspendieron en el MSM para formar el inóculo para los recipientes de ensayo. Se hizo además una siembra en ANS y en ASC de este inóculo para determinar la concentración de los microorganismos en el momento inicial del ensayo.

Las muestras a tratar, se colocaron en recipientes previamente desinfectados entre dos capas de suelo no esterilizado de la zona del relleno sanitario de Jujuy de 2 cm de altura cada una. Se prepara-

ron dos recipientes con condiciones diferentes: en el recipiente 1 el suelo no se inoculó con microorganismos (suelo sin inóculo de enriquecimiento) mientras que en el recipiente 2 se inoculó con microorganismos (suelo con inóculo de enriquecimiento). Cada una de las capas del recipiente 2 fue sembrada con 40 mL del inóculo, en tanto las del recipiente 1 fueron humedecidas con agua destilada estéril.

El tratamiento de biodegradación duró 21 meses y se hizo a una temperatura promedio de 30 °C, humedad del 50% y con aireación intermitente.

Medición de propiedades finales

Completado el plazo del tratamiento de biodegradación, las muestras fueron extraídas. Los restos de suelo adherido en las muestras se retiraron con agua destilada estéril.

La biopelícula formada en las caras de cada muestra fue retirada con solución de Tween® al 1%. Desde las suspensiones formadas se tomaron las muestras destinadas al recuento final de microorganismos adheridos a las muestras.

Una vez retirada la biopelícula, las muestras se lavaron con solución de Tween® al 5 % y luego se procedió de manera similar a lo practicado para pesar las muestras antes del tratamiento.

Las muestras de tracción luego de ser desenterradas se lavaron con solución de etanol para retirar completamente los restos de suelo. Luego de ser secadas se les hicieron las pruebas de tracción según Normas ASTM [14] para medir las propiedades mecánicas finales con la máquina de tracción uniaxial.

RESULTADOS

Los valores promedio de variación en el peso de las muestras debido al tratamiento, como así también de la concentración promedio de microorganismos en las biopelículas adheridas a las diferentes muestras al momento de la extracción de las mismas, se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2: Variación promedio de peso de las muestras y concentración promedio de microorganismos en las biopelículas al final del estudio.

Recipiente	Concentración de microorganismos en biopelícula final [UFC/muestra para peso]		Variación de peso [10^{-5} g] (Peso final - peso inicial)
	Bacterias	Mohos	
1	$4,81 \times 10^5$	$2,00 \times 10^3$	-213
2	$8,34 \times 10^5$	$4,20 \times 10^3$	-327

Los resultados de los ensayos de tracción se presentan en la Tabla 3, tanto para los controles como para las muestras tratadas en los diferentes recipientes, en distintas condiciones de aporte microbiano, en donde se muestra que hubo una reducción de hasta 60 % respecto de los controles para el recipiente inoculado con mohos y bacterias.

Tabla 3: Propiedades de tracción (valores promedio de réplicas)

Muestras	Tensión a rotura [kPa]		Elongación a rotura [%]	
	Dirección de corte 1	Dirección de corte 2	Dirección de corte 1	Dirección de corte 2
Controles (sin tratamiento)	1170	980	32	23
Biodegradadas en recipiente Nro 1	910	600	22	13
Biodegradadas en recipiente Nro 2	870	380	21	10

DISCUSIÓN

Por el tratamiento de biodegradación practicado en este estudio, hubo una disminución de peso de las muestras, como así también de las propiedades mecánicas de tracción tensión a rotura y elongación a rotura). Estos cambios fueron más importantes para las muestras incubadas en el recipiente con suelo inoculado con microorganismos potencialmente degradadores de poliestireno que para las del que no recibió este aporte inicial de bacterias y mohos.

Los resultados hallados para estas variables guardan coherencia entre sí, y además están en concordancia con ellos las concentraciones de bacterias y de mohos en las biopelículas de las muestras al final del ensayo de biodegradación. En efecto, para ambos grupos de microorganismos, se encontró, para el recipiente inoculado inicialmente con microorganismos potencialmente degradadores de poliestireno, una concentración, tanto de bacterias como de mohos, mayor (aproximadamente el doble) que las respectivas concentraciones promedio encontradas para las biopelículas adheridas a las muestras finales del recipiente cuyo suelo de relleno no recibió esa inoculación inicial.

Otros equipos de trabajo estudiaron la degradación de espuma de poliestireno con diversos microorganismos diferentes a los utilizados para este trabajo y en condiciones que no resultan, en general, similares a las de este estudio, y evaluaron la biodegradación ya sea a través de variaciones en el peso (de manera directa o indirecta) o en las propiedades

mecánicas de las muestras. Ojeda et al. [10] informaron haber encontrado una variación insignificante de las propiedades mecánicas y una disminución de peso de hasta 2 % para espuma de PS tratada con un cultivo mixto compuesto por *Mycobacterium fortuitum*, *Bacillus cereus*, *Fusarium oxysporum*, entre otros microorganismos), en compost maduro, a 58°C y durante 90 días. Para una duración similar, Chunga [5] obtuvo, con bandejas de espuma de PS, a 25°C, sobre humus de lombricultura (conteniendo bacterias de los géneros *Clostridium* y *Bacillus*) una disminución de peso de 0,4 % medido con una balanza con precisión de lectura de 1 mg.

En otros casos, otros grupos [3], [4], [6], [7] han trabajado sobre la biodegradación ya sea solamente de poliestireno cristal, o con espuma de poliestireno pero midiendo otras variables, diferentes al peso y a las propiedades mecánicas, para evaluar las consecuencias del tratamiento aplicado, por lo que sus resultados no son comparables con los de este estudio; sin embargo algunas de esas variables podrían resultar útiles de aplicar como complemento de las utilizadas aquí, para ensayos de biodegradación futuros.

Cabe destacar que la mayoría de los estudios de otros autores sobre biodegradación de poliestireno, han sido realizados en condiciones que, técnicamente o económicamente, resultarían imposibles de practicar para un tratamiento de residuos de poliestireno a gran escala.

CONCLUSIONES

1- En las condiciones aplicadas para este estudio, ha sido posible lograr una biodegradación de espuma de poliestireno con los microorganismos utilizados (cultivo mixto de bacterias del género *Bacillus* y mohos de los géneros *Penicillium* y *Cephalosporium*). Esto se ha puesto en evidencia por la disminución de peso y de tensión y elongación a rotura de las muestras debido al tratamiento practicado, como así también por la obtención de una biopelícula final adherida a las muestras más rica tanto en bacterias como en mohos para el caso en que el suelo que rodeaba a las muestras se inoculó con estos microorganismos de manera adicional, los que fueron confirmados, así, como degradadores del material plástico estudiado.

2- Para evaluar y realizar el seguimiento del proceso de biodegradación de residuos de espuma de poliestireno, tales como las bandejas de este estudio, se pueden utilizar las diferentes variables de este trabajo: variación de peso y de propiedades de tracción de las muestras, y composición y concentración de la biopelícula que se adhiera al material tratado. También sería recomendable introducir la evaluación de la biodegradación a través de otras

técnicas, como ser microscopía electrónica de barrido y espectroscopía infrarroja, entre otras, ya que podrían aportar información adicional a la proporcionada por las variables analizadas en este trabajo.

3- El tratamiento de este estudio podría ser utilizado como base para diseñar un tratamiento que permita biodegradar cantidades importantes de residuos similares a los de este trabajo, antes de lo cual sería importante determinar la influencia que tendría, sobre el proceso, realizar reinoculaciones periódicas de los microorganismos degradadores durante el período de incubación, como así también comparar los resultados de una biodegradación realizada en condiciones aerobias con otra en condiciones anaerobias.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a SECTER-UNJu, por el financiamiento de estos estudios, y al personal del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jujuy, en cuya máquina uniaxial se han realizado los ensayos de tracción de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Ho, B. T.; Roberts, T. K.; Lucas, S. (2017). An overview on biodegradation of polystyrene and modified polystyrene: the microbial approach. *Critical Reviews in Biotechnology*, 38(2), 308–320.
- [2] Ccallo Arela, M.; Scaca Masco, F.; Callata Churac, R.A.; Vigo Rivera, J. E.; Calla Calla, J. (2020). Biodegradación de polímeros de plástico por *Pseudomonas*. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 6(2), 46-59.
- [3] Mor, R.; Sivan, A. (2008). Biofilm formation and partial biodegradation of polystyrene by the actinomycete *Rhodococcus ruber*. *Biodegradation*, 19, 851–858.
- [4] Murali, M.; Umamaheswari, S. (2019). Potential of soil microbes in degrading polystyrene foam. *International Journal of Advanced Scientific Research and Management*, 4(4), 109-117.
- [5] Chunga Campos, L. R.; Cieza Martínez, C. A. (2017). *Biodegradación de poliestireno utilizando microorganismos presentes en el humus de lombriz durante los meses, octubre – diciembre 2016*. Universidad de Lambayeque. Perú.
- [6] Kim H. W.; Jo, J. H.; Kim, Y. B.; Le, T. K., Cho, C. W., Yun, C. H.; Chi, W. S.; Yeom, S. J. (2021). Biodegradation of polystyrene by bacteria from the soil in common environments. *Journal of Hazardous Materials*, 416, Art.126239.
- [7] Santacoloma-Londoño, S.; Buitrago-González, M. E.; Lamus-Molina, V.; Asprilla-Asprilla, S.; Ruíz-Terán, J. E.; Villegas-Méndez, L. C. (2019). Evaluation of the biodegradation of polyethylene, polystyrene and polypropylene, through controlled tests in solid suspension with the fungus *Aspergillus flavus*. *Scientia et Technica XXIV*, 24(3), 532-540.
- [8] Jiménez Pérez, C. (2017) *Biodegradación de poliestireno por microorganismos aislados de un basurero municipal*. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- [9] Condori Álvarez, K. C. (2021). Biodegradación de poliestireno expandido mediante *Pseudomonas sp.* aisladas del botadero de residuos sólidos de la ciudad de Azángaro. Universidad Nacional de Juliaca. Perú.
- [10] Ojeda, T. F. M.; Dalmolin, E.; Forte, M. M. C.; Jacques, R. J. S.; Bento, F. M.; Camargo, F. A. O. (2009). Abiotic and biotic degradation of oxo-biodegradable polyethylenes. *Polymer Degradation and Stability*, 94, 965–970.
- [11] Alonso, M.S.; Mamaní, C.D.; Carrazana, D.F.; Madregal, S.O.; Lozano A.R. (2010). Recuperación de bacterias viables por remoción, con Tween, de biopelículas adheridas a poliestireno, Estudios físicos, químicos y biológicos en sólidos y líquidos. *La investigación y su transferencia a la comunidad*, 505-509.
- [12] Altamirano, F. E.; Alonso, M. S.; Madregal, S. O.; Carrazana, D. F. (2012). Identificación de mohos de biopelículas degradadoras de plásticos. *Experiencias Innovadoras en investigación aplicada*, 31-35.
- [13] IRAM (1969). *Norma 13316 Plásticos: ensayos de tracción*. Instituto Argentino de Normalización, Buenos Aires, 9pp
- [14] ASTM International.(2003). *ASTM D-638-02a. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*. American Society for Testing Materials, Conshohocken, Pensilvania, 13pp.

Resumen

Este documento es un extracto para los artículos a ser presentados en la Revista Argentina de Ingeniería. Se recomienda que este resumen contenga no más de 150 palabras, escrito en un solo párrafo. Brevemente y con claridad, debe describirlos objetivos, el planteamiento y las conclusiones del trabajo. No hacer citas bibliográficas y, preferentemente, tampoco introducir acrónimos, ni fórmulas, en el Resumen o en el título del trabajo.

Abstract

El Resumen también deberá presentarse en idioma inglés.

Palabras clave:

Incluir entre 3 y 5 términos, separados por comas. Elija aquellas palabras que permitan la identificación del artículo en la web de la revista. No repetir todo el título, se recomienda que estas palabras estén contenidas en el Resumen.

INTRODUCCIÓN

La Revista Argentina de Ingeniería (RADi) recibirá y publicará artículos de autores argentinos y del exterior, escritos en idioma español, el material presentado debe responder a una o más de las distintas secciones que componen cada edición; estas son:

- Gestión Educativa;
- Desarrollo Regional. Vinculación Universidad, Empresa y Estado;
- Ingeniería Sostenible. Energía, Gestión Ambiental y Cambio Climático;
- Biotecnología, Nanotecnología, Bioingeniería y Materiales;
- Tecnología de la Información y Comunicación;
- Forestal, Agronomía y Alimentos;
- Proyectos de Desarrollo Tecnológico y Social;
- Innovación y Emprendedorismo en Ingeniería;
- Obras y Proyectos de Ingeniería;
- Empresas y Servicios de Ingeniería; y
- Ejercicio Profesional de la Ingeniería.

DESARROLLO

El título del trabajo no deberá tener más de 18 palabras, puede contener un subtítulo sin excederse del límite de palabras. Si no se cumple con este requisito, el Editor se reserva el derecho de cambiar el título, respetando el espíritu del trabajo. Debe quedar claro que, un título para una revista es similar a un título periodístico, no es lo mismo que el ti-

tulo para una publicación académica, que muchas veces lleva varios renglones y conceptos extensos.

El trabajo debe guardar una lógica interna en su formulación y lograr el desarrollo de un tema completo, en una extensión que no debe exceder las ocho (8) páginas, ni tener menos de cuatro (4) páginas, en tamaño A4 (21 x 29,7 cm), con márgenes superior e izquierdo de 2 cm e inferior y derecho de 1,5 cm, incluyendo, figuras, tablas y referencias, no se aceptará el uso de anexos. El texto debe presentarse en el formato de este Template. Las fuentes a utilizar son: letra tipo Arial, en tamaño 11 pt para el texto, en general; en 12 pt con mayúscula para los títulos de los ítems, ubicado en el margen izquierdo y destacados en negrita; en 12 pt los subtítulos, utilizando la primera letra en mayúscula y el resto en minúscula, marginados a la izquierda y en negrita; en caso de ser necesario el uso de un subtítulo de inferior nivel, utilizar letra tamaño 11pt, en itálica. En un tamaño 8 pt se colocarán: el texto correspondiente a las notas aclaratorias y las citas textuales cuya extensión justifique el uso de un párrafo adentrado.

No utilizar el subrayado y ni negritas dentro del texto. El interlineado debe ser sencillo, sin separación entre párrafos. Se dejará una línea en blanco, de separación, antes de cada título o subtítulo y el párrafo anterior. En el comienzo de cada párrafo, dejar sangría.

Evitar el uso de las múltiples viñetas, con que cuenta que el procesador Word, el trabajo se pasará a un programa de edición, por lo que se solicita enviar el texto lo más sencillo posible.

Ecuaciones

Si el texto contiene formulas o ecuaciones, las mismas deben estar intercaladas en el texto, en el lugar que corresponda; en ningún caso colocarlas como imágenes. Las ecuaciones menores o definiciones de variables, pueden insertarse directamente en un párrafo, por ejemplo, considérese que se desea definir $a: \ln = w_{i-1}, w_{i-1}, \dots, w_{i+n+1}$ que está asociada a otra variable w_i . Para insertar ecuaciones más complejas, se recomienda utilizar un formato de párrafo aparte, con el estilo correspondiente:

Instrucciones para la publicación de trabajos en RADi

$$\hat{P}_I(w_i | \mathbf{h}_i^k) = \sum_{j=0}^{k-1} \lambda_j \hat{P}(w_i | \mathbf{h}_i^j) \quad (1)$$

Una vez colocada la ecuación centrada y el número de la misma, entre paréntesis, hacer invisibles los bordes de la tabla. Para hacer referencia a esta ecuación dentro del texto se menciona, por ejemplo, en (1) se puede ver la estimación de la probabilidad de..., a partir de una simple combinación lineal de...

Figuras

Las figuras deberán estar numeradas consecutivamente, no incluya dentro de ellas epígrafes. El epígrafe se coloca abajo de las figuras en letra Arial, 9 pt, itálica, centrado y cuyo texto debe ser conciso (ver Figura 1). Separar a cada figura de los párrafos anterior y posterior, por medio de una línea en blanco.

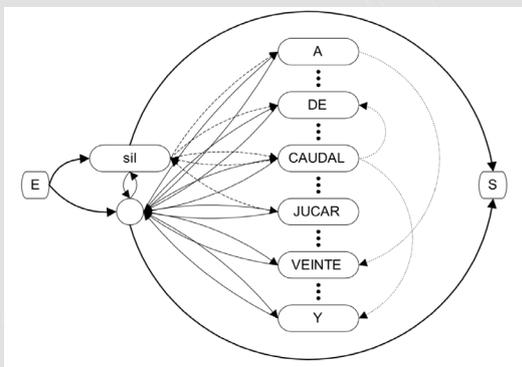


Figura 1: Red para una gramática estándar.

imágenes, fotografías y gráficos deberán ser enviados como archivos independientes del archivo que contiene al trabajo, con la mayor definición y tamaño posible, lo ideal en imágenes y fotos es que cuenten con al menos 300 dpi, esa es una calidad fotográfica adecuada para imprimir una publicación.

as imágenes, fotografías y gráficos deberán ser enviados como archivos independientes del archivo que contiene al trabajo, con la mayor definición y ta-

maño posible, lo ideal en imágenes y fotos es que cuenten con al menos 300 dpi, esa es una calidad fotográfica adecuada para imprimir una publicación. Las imágenes pueden ser de color o blanco y negro.

Los gráficos, en lo posible enviarlos vectorizados, de lo contrario exportarlos desde el programa en que se confeccionaron con extensiones: jpg o tiff.

Si hay dificultades para exportar imágenes y gráficos, enviarlos en el formato del programa en que fueron generados y aclarar qué programa se utilizó, para emplearlo en la edición final, capturando adecuadamente la imagen.

En el archivo de Word, es necesario que se coloquen las imágenes, sin importar la definición empleada, pero siempre anexar la misma imagen, con una buena definición como archivo adjunto. Esto servirá para tener claro el lugar donde el autor quiere insertar esa imagen. Se podrán utilizar las dos columnas de la publicación, para colocar una imagen, siempre que sea necesario para una apropiada visualización.

Se solicita especial cuidado en las fotografías que se colocan, las tomadas de internet es posible que tengan Derechos de Autor. Cerciorarse que la imagen es de dominio público o libre uso; de lo contrario, solicitar el permiso de uso pertinente al dueño de la imagen, en caso de no existir esta autorización, no se colocará la imagen. En las figuras y tablas que no sean del autor, deberá citarse la fuente.

En la Figura 2 se puede ver otro tipo de figura, donde se destacan varias regresiones. Si en la figura se utilizan ejes cartesianos, recuerde indicar el nombre de cada eje. No incluya colores en las gráficas, preferentemente, utilice distintos tipos de líneas. Las letras y números utilizados dentro de las figuras debe tener una altura (en el formato de impresión) no inferior a 7 pt, para poder ser leídas sin inconveniente.

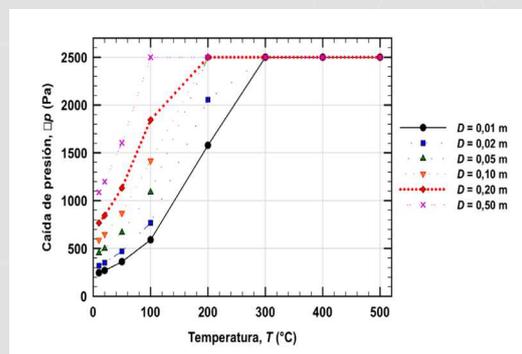


Figura 2: Caída de presión máxima optimizada en función de la temperatura.

Tablas

Las tablas no deben repetir información que ya esté contenida en las figuras. Las tablas estarán numeradas consecutivamente y tendrá su título en la parte superior, utilizando letra Arial, 9 pt, itálica, centrado y cuyo texto debe ser conciso (ver Tabla 1). Separar a las tablas de los párrafos anterior y posterior con una línea en blanco. Las tablas confeccionadas en Excel o Word se insertan con el formato de tablas, no como imágenes. Si por alguna razón no se puede pegar en Word como tabla, se pega como imagen y se manda en un adjunto, el archivo de Excel, para ser procesado con mayor calidad.

Tabla 1: Resultados finales de los errores de reconocimiento.

Errores de reconocimiento	SER %	WER%	WAER %	Reducción %WER
Referencia	38,30	7,54	8,53	-
HMM-PASS	30,55	5,36	6,67	28,91

Citas bibliográficas

Las citas bibliográficas se realizan entre corchetes, por ejemplo [1]. Cuando se hacen citas múltiples utilice la coma para separar dos citas [2], [3] o bien la notación de rangos de citas [2]-[5]. No utilice términos particulares antes de la cita, como en la "referencia [2]" o en "Ref. [4]". Las referencias se deben presentar por orden de aparición en el texto. El estilo general para las referencias se muestra con varios ejemplos, ubicados en la sección correspondiente. Observe estrictamente el estilo propuesto en: la utilización de tipografía, las mayúsculas, la forma de nombrar a los autores, los datos requeridos para libros, revistas y congresos, etc. Si se cita al autor de una referencia, el número de orden va a continuación de su nombre. Por ejemplo: "Lewis [2], en cambio, considera que...". En el caso de citas textuales, se transcriben entre comillas y se identificará su procedencia, colocando al final del párrafo el número entre corchetes.

Otras consideraciones generales

Defina adecuadamente cada uno de los acrónimos, la primera vez que aparece en el texto (salvo en el Resumen), por ej. relación de grandes masas (RGM). Luego utilice siempre el acrónimo en lugar del término completo.

Recuerde definir cada uno de los símbolos que aparecen en las ecuaciones y aclarar la notación, cuando se utilizan operadores matemáticos espe-

ciales o poco comunes.

Observe la utilización de mayúsculas, como regla general se coloca mayúscula en la primera letra de la primera palabra de cada frase y en los nombres propios, tanto en títulos, como en el texto en general.

CONCLUSIONES

En las conclusiones debería presentarse una revisión de los puntos clave del artículo, con especial énfasis en las conclusiones del análisis y discusión de los resultados, que se realizó en las secciones anteriores. Pueden incluirse recomendaciones relacionadas con el trabajo. No debe reproducirse el resumen, en esta sección.

AGRADECIMIENTOS

Si los hubiere, dirigirlos a quien corresponda.

REFERENCIAS

Las referencias bibliográficas deberán colocarse en orden numérico, reduciéndose a las indispensables, conteniendo únicamente las mencionadas en el texto. En función del tipo de publicación, se deberá emplear el siguiente formato:

Artículos en publicaciones periódicas:

[1] Czarnicka, E.T.; Gillott, J.E. (1982). Effect of different types of crushers on shape and roughness of aggregates. *Cement, Concrete and Aggregates*, 4(1), 33-36.

[2] Añel Cabanelas, E. (2009). Formación on-line en la universidad. *Revista de Medios y Educación*, 33, 155-163. Recuperado de: <http://www.sav.us.es/pixelbit/pixelbit/articulos/n33/11.pdf>

Anales de Congresos y Seminarios:

[3] Batliner, A.; Kießling, A.; Kompe, R.; Niemann, H.; Nöth, E. (1997). Tempo and its Change in Spontaneous Speech. Proc. of the 5th European Conference on Speech Communication and Technology, 2, 763-766.

Libros:

[4] Giuliano, G. (2007). *Interrogar la Tecnología. Algunos fundamentos para un análisis crítico*. Nueva Librería. Buenos Aires, 125-130.

Instrucciones para la publicación de trabajos en RADi

Capítulos de libros:

[5] Boekaerts, M. (2009). La evaluación de las competencias de autorregulación del estudiante. En C. Monereo (coord.), *PISA como excusa: repensar la evaluación para cambiar la enseñanza*, (55-69). Graó, Barcelona.

Norma:

[6] AENOR (2009). *UNE 216501 Auditorías Ener-géticas, Requisitos*. Asociación Española de Normalización, Madrid, 14 pp.

Monografía:

[7] Sears, F.W.; Zemansky, M.W.; Young, H.D. (1988). *Física Universitaria*. Addison Wesley Iberoamericana.

Tesis de Grado, Maestría y Doctorado:

[8] García, L. (2009). Educación ambiental y evaluación de la densidad poblacional (tesis de Maestría). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

En el caso que existan notas aclaratorias, se ubicarán al final del texto, antes de las referencias, sin emplear numeración automática; escribir uno por uno los números de las notas y el texto que las acompañan.

En un archivo aparte se incluirán el nombre y apellido del/los autor/es y datos de la institución a la que pertenece, para ser incluido como filiación y una sola dirección de correo electrónico de contacto.

Enviar el artículo en formato .rtf a:
secretaria@confedi.org.ar

RECEPCION DE TRABAJOS

Se efectuara en forma permanente. El Comité Editorial, previa consulta y evaluación por parte uno o más Evaluadores, decidirá sobre la publicación del material presentado.

El Director de RADi y el Comité Ejecutivo de CONFEDI convocaran a los Evaluadores especialistas de las respectivas disciplinas y, si corresponde, a los Editores Asociados

ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA EVALUACION DE LOS TRABAJOS

Los Evaluadores consideran, entre otros, los siguientes aspectos:

Título

- Responde a las áreas temáticas abordadas por la revista.
- Es sintético y adecuado al contenido.

Estructura

- El trabajo presenta una introducción que sintetice la idea, los objetivos, los antecedentes y el interés que puede tener el trabajo.
- El desarrollo del trabajo sigue una secuencia lógica, sobre la base de argumentos fundamentados y de los objetivos formulados.
- El trabajo contiene dibujos, cuadros sinópticos, diagramas, mapas, esquemas que lo enriquecen, al aclarar visualmente algunos detalles que pueden resultar más difíciles de considerar, si solamente figuran por escrito.
- Las conclusiones responden al propósito del trabajo y destacan los resultados obtenidos.
- Las conclusiones subrayan el aporte original del trabajo realizado.
- El trabajo significa un avance original sobre lo ya conocido, en relación con su temática.
- Está escrito en un lenguaje claro y preciso.
- El trabajo es un aporte a la difusión pedagógico-didáctica del tema tratado.
- Si existen las notas aclaratorias (al final del artículo), las mismas esclarecen conceptos vertidos.
- Las referencias son adecuadas, actualizadas y respetan el formado indicado.

Gráfica

Habrà una evaluación del material enviado, para corregir y de ser necesario, se deberán cambiar imágenes, gráficos, tablas, etc.

Dictamen

Considerados estos aspectos generales, los Evaluadores pueden realizar las siguientes observaciones o sugerencias:

- No aprobación, fundamentando su juicio.
- Aprobación, sugiriendo que el trabajo se publique tal cual ha sido presentado, puesto que no hay correcciones que los autores deban realizar.
- Aprobación, aconsejando algunas correcciones a los efectos de su publicación.



Foto: Proyecto Argerich - www.argentina.gob.ar



 radi@confedi.org.ar

 [@confediok](https://twitter.com/confediok)

 [FaceBook.com/confedi](https://www.facebook.com/confedi)

La RADI fue declarada de interés para la comunicación social, la ciencia y la educación por la Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires