

Diseño de un tablero general de baja tensión

Jara Miguel

Carrera: Ingeniería Mecánica
Tutor: Ing. Diego Caputo

Facultad Regional Buenos Aires, Universidad Tecnológica Nacional

Contacto: djara@frba.utn.edu.ar



RESUMEN

En este informe se desarrolla el diseño de un tablero general de baja tensión, el cual cuenta con elementos de protección y maniobra seleccionados para el correcto funcionamiento del mismo. Se realizan cálculos y verificaciones en base a normas y reglamentos que rigen esta práctica. A raíz de estos y en función de determinados catálogos de la especialidad, se pueden determinar los elementos que componen al tablero. El objetivo de este artículo es mostrar cómo se realizó el trabajo de determinar el diagrama unifilar del tablero general de baja tensión, el cual es enviado a la empresa encargada de fabricarlo.

ABSTRACT

This report develops the design of a general low voltage panel, which has selected protection and maneuver elements for its correct operation. Calculations and verifications will be observed based on rules and regulations that govern this practice. As a result of these, and depending on certain catalogs of the specialty, the elements that make up the board can be determined. The aim is to show how the work of determining the single line diagram of the general low voltage board was carried out, which is sent to the company in charge of manufacturing it.

INTRODUCCIÓN

Se aborda el diseño y la selección de elementos de protección y maniobra de un Tablero General de Baja Tensión (TGBT) de un edificio de 10000 m² de superficie en el marco de prácticas profesionales de la carrera de Ingeniería Mecánica en el UTN en la empresa M- Eléctrica. La misma se dedica al diseño, proyecto y ejecución de instalaciones eléctricas y de baja tensión, contando con una trayectoria de más de 30 años en el rubro eléctrico. En M-Eléctrica ocupó el puesto de proyectista y supervisor eléctrico desde el año 2021.

DESARROLLO

En Av. Córdoba 3650, CABA, se lleva a cabo una obra civil destinada a construir un laboratorio. En dicha ubicación se realizó el trabajo de proyectar el TGBT, teniendo en cuenta que el mismo debía contar con todos los ramales de Tableros Seccionales (TS) del edificio.

En el local existente, anterior a la obra, se contaba con un suministro de potencia de 136 Kilowatt (KW), y al realizarse el estudio de cargas, se determinó que se necesitaba un suministro de 600KW para abastecer el edificio.

Para ello, se efectuó un estudio de factibilidad y se envió a la empresa prestataria del suministro, en este caso, EDESUR. La misma indicó en respuesta al estudio enviado, que el resultado del mismo para satisfacer adecuadamente el requerimiento de aumento de potencia a 600KW en baja tensión, sería con un centro de transformación (CT) y una medición indirecta.

Este tipo de medición es aquella cuyo medidor de energía se encuentra conectado a equipos auxiliares de medición, tales como transformadores de corriente (TC) y de potencial (TP) no siendo la medición del tipo directa. Por este motivo, la corriente que pasa a través del medidor es proporcional a la corriente de carga. En este caso al tener un consumo de potencia superior a 50kW, la prestataria del servicio indica que la misma será tarifa T3.

Para otorgar la nueva potencia se deberá ceder un espacio para la instalación del CT sobre línea municipal dentro del predio del cliente y construir el pilar de medición indirecta T3 acorde a la capacidad de suministro requerida y en función de las observaciones que serán suministradas por el departamento técnico, cuyo personal tendrá a su cargo el asesoramiento técnico, control y aprobación de las obras e instalaciones a ejecutar”.

Con la premisa mencionada, se confirmó que el TGBT se debe alimentar desde el CT. El esquema unifilar de conexión se muestra en la Fig. 1.

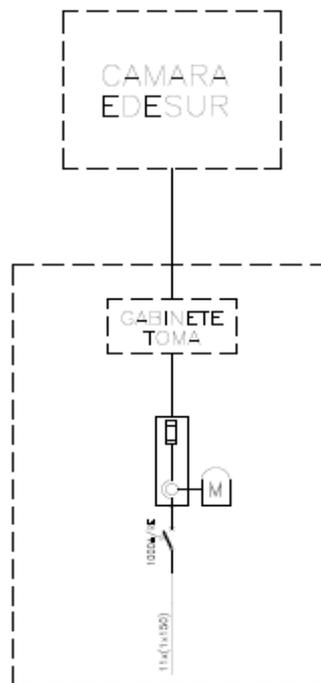


Fig. 1: Esquema de alimentación de cámara a Medidor y a TGBT.

En el CT se ubica un transformador, que provee la empresa distribuidora. Este transforma la tensión de entrada de 13200V a 400V/220V de salida. La construcción y la instalación del mismo está normalizada y la prestataria del suministro fue la encargada de brindar el instructivo para la construcción de la misma.

Para el diseño del TGBT se consultó a la dirección de obra (DDO) las especificaciones técnicas de los equipos que serán instalados. Los mismos son:

- Bombas pluviales
- Bombas cloacales
- Bombas elevadoras
- Bombas de incendio
- Ascensores
- Montacargas
- Instalación termo mecánica
- Equipamientos de laboratorio varios, según el sector que corresponda.

A raíz de la información brindada por DDO, y adicionando las potencias de iluminación y tomacorrientes, se diseñan los TS. Los mismos fueron distribuidos en distintos sectores del edificio y su diseño no se tendrá en consideración en este artículo.

Con el consumo de potencia que demanda cada TS, se procedió a calcular la sección requerida en el conductor que se utiliza en los distintos ramales. Con esta determinación, se seleccionaron los elementos de protección y maniobra requeridos.

Se identifican la totalidad de los TS que contiene el TGBT en la tabla 1

Tabla 1: Potencias de tableros seccionales.

Descripción Tablero	Potencia total [VA]	Tensión [V]
Mantenimiento 2ss	7400	380
Bombas elevadoras	3530	380
Bombas achique	3530	380
Bombas achique	2353	220
Mantenimiento 1ss	7400	380
Area Automatizada de Sueros	41439	380
Iluminación Nave	18000	380
Puestos de cinta	55000	380
CINTA	88000	380
Microbiología	60680	380
Serología	30559	380
Laboratorio	12901	380
Vestuarios	11200	380
Biología Molecular	56816	380
Acceso Córdoba	22611	380
Acceso Tucumán	25500	380
Comedor y depósito	16100	380
Dirección (Bulnes)	18900	380
Dirección (Salguero)	18900	380
Estacionamiento	3500	380
Q2	38500	380
Logística	10100	380
Sistemas	46100	380
Administración	58100	380
Aire Tucumán	95541	380
Aire Cordoba Sur	105882	380
Aire Cordoba Centro	108235	380
Aire Cordoba Norte	138824	380
Montacargas 1	13176	380
Iluminación Montacargas	500	220
Grupo electrógeno	5000	380
Bombas incendio	20353	380
Ascensor Dirección	12941	380
iluminacion Ascensor Dirección	500	220

Calculo de sección de conductores

Para el cálculo de las secciones de los conductores se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = U \times I \times \cos fi \times \sqrt{3} \quad (1)$$

$$I = \frac{P}{ux \cos fi \times \sqrt{3}} \quad (2)$$

Donde:

P: Potencia W

U: Tensión V

I: Corriente A

Cosfi: Varía en función de la carga reactiva.

Al contar con la potencia en Volt- Amper (VA) no se afecta por el coeficiente.

Con la corriente que circula por el conductor se determinó la sección del mismo. Dicha selección se hizo utilizando como base catálogos de cables Norma 2178 y verificando con el reglamento de AEA 2006, apartado 771.16.2.3.1.

Una vez seleccionados los conductores, se procedió a realizar las verificaciones necesarias para asegurar el cumplimiento del reglamento.

La primera verificación es por caída de tensión. Se debe verificar el conductor a una caída de tensión admisible. Esta será del orden de 2% entre tableros y 3% entre consumo y tablero.

Se utilizó para el cálculo la siguiente ecuación:

$$U = \left(\sqrt{3} \times L \times I \times \frac{(R \times \cos fi + X \times \sin fi)}{\eta} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Donde:

U: tensión V

L: longitud del ramal en metros

R: Resistencia a 70° y 50hz

X: reactancia a 50hz

La segunda verificación es por corriente de cortocircuito. Cuando en un sistema eléctrico se pone en contacto dos conductores con distinto potencial, se produce una alta corriente en circulación que se denomina cortocircuito.

Los tipos de cortocircuitos en sistemas eléctricos son:

1) Corto circuito Trifásico – Tierra (Fig. 2 a)

Es el más destructivo, pero el menos común.

Tiene un valor de ocurrencia del 5%.

2) Corto circuito Fase – Fase (Fig. 2 b)

Se ponen en contacto 2 fases aisladas sin conexión a tierra. Tiene un valor de ocurrencia del 15%.

3) Corto circuito Fase- Tierra (Fig. 2c) y Fase-Neutro (Fig. 2d)

Es de los menos destructivos, pero es de los más comunes. Tiene un valor de ocurrencia del 80%

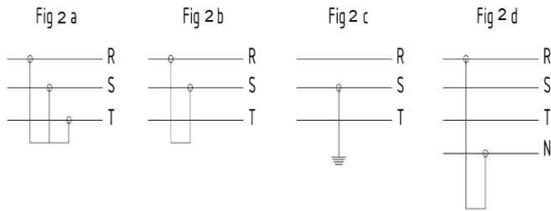


Fig. 2: Tipos de corto circuito.

Para esta verificación se recurrió a la siguiente ecuación:

$$s = icc \times \frac{\sqrt{t}}{K} \quad (4)$$

$$icc \max = \frac{S \times k}{\sqrt{t}} \quad (5)$$

Icc Max: máxima corriente de cortocircuito

S: sección del cable

K: constante propia del conductor. En este caso para conductor de PVC es 114

t: Tiempo máximo que soporta el conductor circulando la Icc sin presentar falla (s)

Realizando las iteraciones necesarias hasta cumplir con las dos verificaciones, se pudo confirmar la sección de conductor para cada ramal del TGBT.

A modo de ejemplo se seleccionará el ramal del tablero del sector "Microbiología". El mismo tiene las siguientes características:

- 1) Potencia: 60680VA a plena carga
- 2) Distribución de tensión 380V
- 3) Longitud del ramal desde el TGBT al TS de 100m
- 4) Instalación en bandeja perforada.

Con la utilización de la formula (2) se obtuvo el valor de corriente de 94 A.

En función del pliego eléctrico que fue otorgado por DDO, los conductores son de la marca "Prismyan", por lo que se utiliza su catálogo para la selección del mismo.

En la sección del catálogo de Prismyan se elige el modelo "Sintenax Valio norma 2178 tetrapolares" y se verifica con la reglamentación de AEA. De esta manera, se seleccionó un conductor comercial. En la Fig. 3 se muestra la hoja de datos para los conductores comerciales seleccionados.

Sintenax Valio

Datos Eléctricos

Sección nominal	Método B1 y B2 Caño Embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido		Método E Bandeja perforada	
mm ²	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1,5	14	13	17	15	19	16
2,5	20	17	23	21	26	22
4	26	23	31	28	35	30
6	33	30	40	36	44	37
10	45	40	55	50	61	52
16	60	54	74	66	82	70
25	78	70	97	84	104	88
35	97	86	120	104	129	110
50	-	103	146	125	157	133
70	-	130	185	160	202	170
95	-	156	224	194	245	207
120	-	179	260	225	285	240
150	-	-	299	260	330	278
185	-	-	341	297	378	317
240	-	-	401	350	447	374
300	-	-	461	403	516	432

(1) Un cable bipolar.
 (2) Un cable tripolar o tetrapolar
 (3) Un cable bipolar o dos cables unipolares
 (4) Un cable tripolar o tetrapolar o tres cables unipolares
 (5) Un cable bipolar
 (6) Un cable tripolar o tetrapolar

Fig. 3: Catalogo Prysmian, Sintenax Valio.

En la tabla 2 se muestran los datos técnicos de los conductores seleccionados.

Tabla 2: Ramal de TS- Microbiología.

Descripción Tablero	Ramal	Corriente admisible (A)
Microbiología	3x50/25	133

Selección de elementos de protección y maniobra.

En este apartado se procede a seleccionar la capacidad que se necesita en estos elementos y, de esta manera, poder realizar el diagrama unifilar. Con el diagrama confeccionado, se envió a fabricar el tablero por una empresa tercerizada. Esta última fue la encargada de determinar, en función del requerimiento, el modelo acorde de los elementos.

Se realiza la selección del elemento de protección y maniobra del ramal calculado previamente.

Para el mismo, se utiliza interruptores termo magnéticos automáticos. Los interruptores automáticos son dispositivos de protección y maniobra que pueden establecer, conducir e interrumpir corriente en condiciones normales de operación de un circuito. En este caso, son interruptores termo magnéticos en caja moldeada. Estos interruptores contienen disparadores térmicos contra sobrecar-



gas y disparadores electromagnéticos para protección contra cortocircuitos.

Para la selección de los mismos, se tiene en cuenta que debe actuar en un valor de corriente menor al admisible del cable previamente seleccionado. Además, se debe verificar que el tiempo de actuación sea menor que el que soporta el conductor cuando es sometido a una corriente de cortocircuito sin presentar falla.

Por el pliego eléctrico, la marca seleccionada para los elementos de protección y maniobra es "Schneider".

En la Fig. 4 se observa el interruptor seleccionado del catálogo de la marca. El mismo es un interruptor "ComPact NSX"



Fig. 4: Interruptor automático.

Esta Línea Premium de interruptores automáticos de baja tensión en caja moldeada, cuenta con las siguientes especificaciones destacadas:

- 1) 4 polos
- 2) Corriente nominal 125A
- 3) Poder de corte 40kA
- 4) Tensión de aislamiento 680V
- 5) Tensión impulsional 8kV
- 6) Tensión de funcionamiento 220V/240V; 380V/415V
- 7) La protección térmica se puede ajustar en Amper de 0,7 a 1 veces la especificación de la unidad.
- 8) Un retardo no ajustable
- 9) Protección magnética (Im) contra cortocircuitos inicia el disparo instantáneo en caso de que se superen los 1250^a.
- 10) Categoría A

En la tabla 3 se muestra el interruptor seleccionado para el tablero que se cita de ejemplo.

Tabla 3: Elemento de protección y maniobra del ramal en estudio.

Descripción Tablero	Elemento de protección y maniobra	Protection termica ir (A)
Microbiología	CVS100F	125-88

Escenarios de funcionamiento

Dado que el Laboratorio cuenta con 2 grupos electrógenos (GE) los cuales entrarán en funcionamiento ante un eventual corte de suministro, se establecieron distintos escenarios de funcionamiento.

Escenario normal:

En este contexto, que es el funcionamiento estándar del edificio, se alimentan todos los servicios. Estos incluyen iluminación, tomas y servicios, así como también los equipos de aire acondicionado, ascensores y bombas. La energía proviene del medidor de compañía.

Escenario de emergencia:

Este caso, se activa a partir de la falta de energía (detección a través de bobina tensión cero en las barras de entrada de red al TGBT).

Como primer paso el PLC ordena el arranque del GE, si la tensión provista por el Grupo es correcta, entra en servicio el TGBT.

Escenario de incendio:

Los únicos consumos que se alimentan en esta escena, son los exclusivamente necesarios, (bombas de incendio) previa ejecución del roll out de ascensores. Esto es activado por una combinación de eventos del Panel de Incendio alojado en la Guardia del edificio. Al ser activado, da orden de arranque al GE e inicia la secuencia de arranque de los servicios antedichos.

Se utiliza un puente de barra para (By-pass) se desvinculan todos los ramales que no fueran seleccionados para este escenario.

Demanda de potencia máxima de GE

Se instalaron dos grupos electrógenos de 600kVA cada uno. Uno de ellos funciona como back up del primero, por lo que nunca funcionarán en simultáneo. Esto se logra con un sistema de enclavamiento entre grupos para que no puedan entrar juntos

Utilizando la ecuación (2), se llega a un valor de corriente de 930A, por lo que seleccionamos una llave de corte de grupo de 1000 A. Para la misma se ingresa al catálogo de Schneider en el apartado "seccionadores" y se elige el "Int. Secc. Nw10Na 4X1000A 88Ka Fijo". Se observa el mismo en la Fig. 5.

Ficha técnica del producto



Fig. 5: Seccionador.

Demanda de potencia máxima de red

Sumados todos los consumos vistos en la tabla 1 y afectados por un coeficiente de simultaneidad que se cree pertinente por prácticas similares, se obtiene el consumo máximo que se tendría de la red en un escenario normal. El mismo asciende a un valor de 553KVA. Con este consumo de potencia, y utilizando la ecuación 2, se llega a un valor de corriente de 860A. La corriente de cortocircuito presunto será de 35 kA eficaz, durante 1 segundo y la corriente de cresta admisible deberá ser de 87.5 kA. Por este motivo, se ingresa al catálogo de Schneider y se elige "Int. Secc. Nw10Na 4X1000A 88Ka Fijo" mismo modelo que el de GE de la Fig. 5.

Se utilizan los seccionadores de la Fig. 5. para los puentes de barras (By-pass).

Barras repartidoras

Cuando las corrientes a transmitir dentro de un tablero son elevadas, la solución con cables resulta dificultosa, por lo que se suele optar por barras sostenidas por aisladores

La instalación con barras posee algunas ventajas: rigidez, claridad de conexiones, seguridad de las distancias, etc. Dichas ventajas justifican la elección de las mismas dentro del TGBT.

Las barras deben estar dimensionadas para la corriente que deben transportar en régimen permanente. Se utiliza como material de las barras E-Cu F25, E-Cu F30.

En función de la corriente calculada, las mismas fueron seleccionadas para soportar un valor de corriente nominal 1000A. Este dato será enviado a la empresa fabricante del tablero quien será la encargada de que la misma cumpla con las condiciones previstas.

Se observa una imagen de las barras repartidoras en la Fig. 6.



Fig. 6: Barras repartidoras.

Consideraciones de diseño adicionales

Como condición extra de diseño, en los circuitos destinados a ascensores y montacargas se utilizan

disyuntores superinmunizados (SI). Estos elementos evitan las desconexiones intempestivas por corrientes de alta frecuencia que son provocadas por circuitos informáticos, circuitos con reactancias electrónicas, corrientes inducidas por descargas de origen atmosférico, entre otros.

Otra condición de diseño impuesta por DDO es que el circuito de bomba de incendio debe contar con interruptor del tipo seccionador bajo carga como el de la Fig. 7.

Hoja de características del producto



Fig. 7: Seccionador bajo carga INTERPACT INS 40 4P.

Gabinete

En el pliego eléctrico se exige que el gabinete sea de la marca "Genrod". Se utiliza la línea "S97". El mismo es un sistema de gabinetes modulares, componibles entre sí, con un grado de protección IP42. Están orientados a la construcción de tableros generales de baja tensión (TGBT), centros de control de motores (CCM), tableros principales (TP) y secundarios o seccionales (TS), de potencia y/o comando. Se forman conjuntos versátiles y de elevada rigidez estructural. Todas las partes son de fácil ensamblado, mediante el uso de herramientas de mano, utilizando bulones estándar. El mismo se utiliza para el TGBT y para el tablero de distribución (TDGE). Se observa en la Fig. 8.



Fig. 8: Gabinete modular Genrod.

Diseño del diagrama unifilar

Una vez finalizada la etapa de dimensionamiento y selección de componentes, se procedió al armado del diagrama unifilar el cual se observa en la Fig. 9. En el diagrama unifilar se colocan las notas aclaratorias:

1. En todas las barras deberán instalarse descargadores de sobretensión.
2. La UPS será on-line de 3kVA
3. Los interruptores motorizados deberán contar con contactos auxiliares para monitoreo y operación de la transferencia.
4. Todas las barras deberán ser acordes a sus interruptores de cabecera.
5. Por secuencia de transferencia ver pliego de especificaciones técnicas.
6. Se deberán dejar interruptores rotativos y pulsadores de operación manual del tablero.

Como se mencionó con anterioridad, una vez obtenido este diagrama unifilar, se procedió a enviarlo a la empresa encargada de fabricarlo bajo las normas de calidad necesarias.

La empresa que lo fabrica asegura que el TGBT cuenta con los ensayos de rutina realizados por su personal con instrumental homologado. De esta manera se logra garantizar la calidad del mismo.

Antes de proceder a la fabricación del TGBT se realizan las consultas pertinentes con la empresa encargada de fabricarlo, y así confirmar el aspecto técnico y funcional de todos los elementos que lo conforman. Para ello, se utilizó en detalle el pliego eléctrico brindado por DDO.

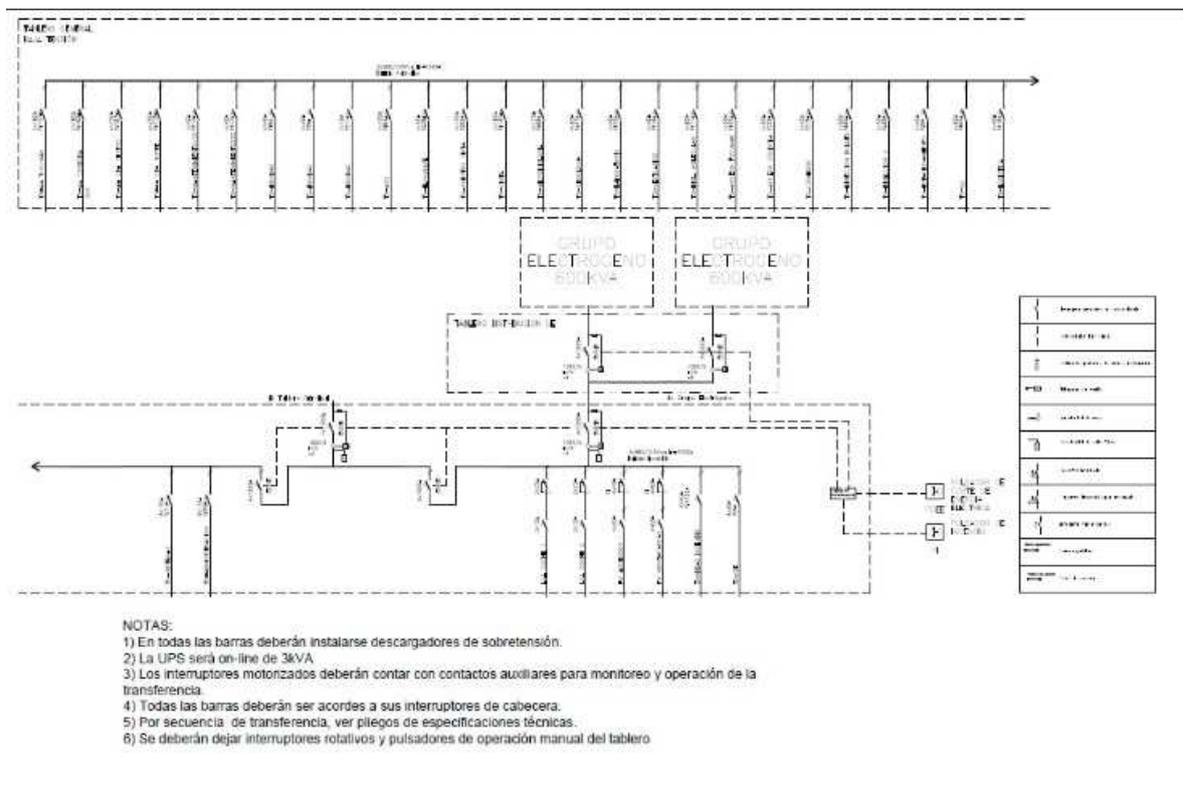


Fig. 9: Diagrama unifilar.

Funcionamiento y operación del TGBT

El funcionamiento automático del TGBT mediante el control del PLC Zelio depende de la energía entregada por la UPS On-Line instalada sobre el tablero. Es de vital importancia el mantenimiento del mismo, ya que si éste no funciona, el sistema de arranque automático del grupo, transferencia a escenario de emergencia, no funcionaría.

En caso de falla del sistema automático del TGBT, existe la opción de funcionamiento manual del mismo.

Preparado para funcionar automáticamente, comandado por el PLC Zelio, cuenta también con accionamiento manual de las llaves, tanto de ingreso de energía, como puentes de barras (By-Pass) y entrada de Grupo.

En el caso de que la operación de los interruptores fuera errónea, nunca podrán ingresar la tensión de red y de GE en el tablero, pues los interruptores se encuentran enclavados.

Tablero distribución GE

El tablero de distribución GE sólo podrá operar a través de la entrada de grupo electrógeno por la falta de energía detectada en el TGBT.

El tablero cuenta con:

- 1) Gabinete Genrod. Fig. 8
- 2) interruptores de 4x1000 motorizados con relevamiento de fases Schneider idénticos al que se muestra en la Fig.5.
- 3) Juego de barras 1000A. Fig. 6

El diseño del mismo no se encuentra dentro de los alcances del presente trabajo.

CONCLUSIONES

Se abordaron normas, reglamentos y conceptos técnicos para el diseño y construcción del TGBT. El mismo se encuentra terminado y en fase de conexión.

Fue de suma importancia lo aprendido en diversas cátedras de la Universidad Tecnológica Nacional. Estos conocimientos tuvieron aplicación teórica y práctica para el desarrollo de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Tecnológica Nacional regional Buenos aires y a la empresa M-eléctrica

REFERENCIAS

Normas:

- [1] IRAM 2178 (2009). *Conductores subterráneos*
- [2] IEC 60947 regula los interruptores automáticos para aplicaciones industriales

Reglamento:

- [3] AEA 2006: ELECTROTECNICA. EJECUCION DE INSTALACIONES. ELECTRICAS. ARGENTINA

Material de apoyo:

- [4] Catedra "Instalaciones industriales, UTN-FRBA"
- [5] Catedra "Electrotecnia y maquinas eléctricas", UTN-FRBA

Catálogos:

- [6] "Prysmian" cables subterráneos IRAM 2178,
- [7] "Schneider" interruptores automáticos en caja moldeada ComPact NSX
- [8] "Schneider" interruptores seleccionadores MasterPact NW
- [9] "Schneider" interruptores seleccionadores Compact INS / INV
- [10] "Schneider" Interruptor diferencial Acti iID