



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

FACULTAD REGIONAL SANTA FE

Proyecto Final De Carrera

Ingeniería Eléctrica

***“Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y  
Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos  
Para Una Estación De Rebombeo De Agua Potable  
Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”***

Director De Cátedra: Ing. Javier Acosta

Co-Director De Cátedra: Ing. Gustavo Pacheco

Director: Ing. José Fabián Cabeza

Co-Director: MBA Ing. José Alberto Stella

Autor: Milanesio Lucas Matias

Junio de 2024

### **Declaración De Responsabilidad**

El contenido, conceptos desarrollados, análisis, conclusiones y opiniones efectuadas en el Informe escrito del proyecto final de carrera son de exclusiva responsabilidad del autor, eximiendo a la Universidad Tecnológica Nacional y los directores de responsabilidad alguna con relación a la obra.

La obra es un proyecto académico formulado a título de propuesta, es una instancia formativa del Estudiante desarrollada en el marco de las carreras de Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, por tal motivo la utilización que se realice sobre el contenido de este exime de responsabilidad tanto al autor, como los directores y la propia Universidad.

## Agradecimientos

A Dios por darme vida y salud, y acompañarme en cada una de mis metas y momentos más difíciles.

A la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe, al equipo de docentes, no docentes y personal administrativo que, de alguna forma, hicieron posible mi formación académica. Agradezco profundamente el apoyo incondicional desde el inicio al termino de mi carrera, siempre me sentí acompañado y motivado, por el gran trabajo de los profesores.

A mis directores de proyecto, Fabián Cabeza y José Stella, y director de cátedra, Javier Acosta, por estar presente en toda instancia del desarrollo de este proyecto para darme orientación y apoyo constante. Su experiencia y compromiso han sido fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos y para mi crecimiento profesional.

A la empresa Bridge Hydrogen SA y su buen equipo de trabajo, por su valiosa colaboración al ofrecerme la información necesaria para llevar a cabo este proyecto.

## Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi hija Lucia y sus hermanos Adriel y Lionel. A mi pareja Vanina por su ayuda y apoyo incondicional.

A mi mamá que desde el primer momento puso toda la fe en mí brindándome todo su apoyo incondicional para que estudie y me pueda recibir.

A mi hermano, que gracias a muchas charlas me enseñó a no bajar los brazos y pelear por mis sueños.

A los docentes de la escuela secundaria EET. N°453 de la ciudad de Ceres, provincia de Santa Fe, con especial agradecimiento a Adriel y Edgardo Ceccotti, Leonides Diaz, Raul Farias, Alejandro Rassetto, Diego Ordoñez y Miguel Bruno, por ser los principales impulsores del inicio en mi carrera de grado.

A mi viejo.

### Resumen Ejecutivo

El presente proyecto se enmarca en la obra “Cisternas Malvinas Argentinas,” para la realización de las obras de construcción de una cisterna de agua de 2.000 m<sup>3</sup> para su utilización como centro de mezcla, junto con su rebombeo, una perforación al Acuífero Hipopuelche, sus servicios auxiliares y obras complementarias, en el partido de Malvinas Argentinas, provincia de Buenos Aires.

El presente proyecto, tiene como objeto calcular y diseñar el sistema eléctrico de potencia para la estación de rebombeo de agua vinculada a la cisterna de mezcla y con inyección directo a la red de consumo, en conjunto con el sistema de bombeo de la toma de agua subterránea del Acuífero Puelche, Acuífero Hipopuelche y cargas auxiliares para el funcionamiento operativo de toda la planta.

Como actividad de cierre, determinar indicadores energéticos para comparar con los de referencia según lo expuesto en la introducción de este proyecto, y obtener el grado de incidencia de la obra eléctrica en el presupuesto total de la obra.

Palabras Claves:

Calcular; Diseñar; Sistema; Eléctrico; Potencia; Cisterna; Factibilidad; Incidencia.

## TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	15
2. ALCANCE .....	20
2.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	22
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	23
3. METODOLOGÍA .....	24
4. MARCO TÉCNICO INTRODUCTORIO.....	30
4.1. DEFINICIONES Y CRITERIOS DE CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y PROTECCIÓN DE CONDUCTORES SEGÚN REGLAMENTACIÓN AEA 90364-7-771.....	30
4.1.1. GRADO DE ELECTRIFICACIÓN .....	30
4.1.2. PROTECCIÓN DE LOS CONDUCTORES Y CABLES CONTRA LAS CORRIENTES DE SOBRECARGA, CORTOCIRCUITO Y VERIFICACIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN .....	32
4.1.3. EVALUACIÓN DE LOS FACTORES MEDIOAMBIENTALES Y CONDICIONES OPERATIVAS DEL INMUEBLE PARA DETERMINAR EL TIPO DE CABLEADO Y MONTAJE ELÉCTRICO DE LA IMPLANTACIÓN .....	33
4.2. FACTORES DE DEMANDA .....	34
4.2.1. FACTOR DE UTILIZACIÓN .....	34
4.2.2. FACTOR DE SIMULTANEIDAD .....	35
5. DESARROLLO.....	37
5.1. CONDICIONES BASE DE DISEÑO .....	37
5.1.1. CONDICIONES AMBIENTALES .....	37
5.1.1.1. Temperaturas y Humedad .....	37
5.1.1.2. Tormentas Eléctricas.....	38
5.1.2. EXPOSICIÓN AMBIENTAL DEL INMUEBLE.....	40
5.1.3. DESCRIPCIÓN DE ENCLAVAMIENTOS Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA .....	42
5.1.3.1. Circuito De Alimentación a Cisterna De Mezcla .....	42
5.1.3.2. Circuito De Impulsión a La Red .....	45
5.1.3.3. Circuito De Control y Monitoreo De Calidad De Agua De Impulsión a La Red .....	46
5.1.3.4. Circuito De Dosificación De Hipoclorito De Sodio .....	47
5.1.3.5. Circuito De Presurización a La Red De Distribución.....	48
5.1.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA OBRA ELECTROMECAÁNICA.....	50
5.1.4.1. Estación De Bombeo a La Red .....	50
5.1.4.2. Electrobomba De Toma Pozo Acuífero Hipopuelche.....	52
5.1.4.3. Electrobomba De Toma Pozo Acuífero Puelche .....	54
5.1.4.4. Electrobomba De Achique .....	56
5.1.4.5. Electrobombas De Dosificación .....	57

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombéo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

5.1.5.	APARAMENTA DE PROTECCIÓN GENERAL CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE POTENCIA .....	60
5.2.	CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA .....	61
5.2.1.	DEMANDA DE POTENCIA SIMULTÁNEA PARA LOS CIRCUITOS ACU .....	63
5.2.2.	DEMANDA DE POTENCIA SIMULTÁNEA DEL GRUPO EDIFICIOS .....	71
5.2.2.1.	Determinación De Los Grados De Electrificación En Los Edificios .....	74
5.2.3.	DEMANDA MÁXIMA DE POTENCIA SIMULTANEA .....	75
5.2.4.	CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE CONDUCTORES Y DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN .....	77
5.2.4.1.	Cálculo De La Sección Del Conductor De Alimentación Principal, Selección y Verificación Del Dispositivo De Protección Asociado .....	78
5.2.4.2.	Cálculo De La Sección De Los Conductores y Dispositivos De Protección Asociados Para Los Circuitos De ACU .....	103
5.2.4.3.	Verificación a La Apertura De Los Dispositivos De Protección Ante Fallo Por Corriente De Cortocircuito Mínima .....	107
5.2.4.4.	Verificación De Selectividad Protecciones.....	110
6.	ESTUDIO DE INDICADORES ENERGÉTICOS.....	116
7.	PORCENTAJES DE INCIDENCIA EN EL COSTO TOTAL DE OBRA .....	119
8.	CONCLUSIONES.....	121
9.	REFERENCIAS.....	122
Anexo A.	Definiciones y Criterios De Cálculo Para El Dimensionamiento y Protección de Conductores Según Reglamentación AEA 90364-7-771	123
Anexo B.	Definiciones y Método De Cálculo Para La Obtención De La Corriente De Cortocircuito Según AEA 90909 “Corrientes De Cortocircuito En Sistema Trifásico De Corriente Alterna”	142
Anexo C.	Definiciones Incluidas En El Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI)	154
Anexo D.	Características Generales Interruptores Automáticos	164
Anexo F.	Extracto De La Norma AEA 92305-11 / IRAM2184-11. Protección Contra Los Rayos	167
Anexo G.	Partes y Definiciones Generales De Bombas Rotodinámicas	172
Anexo H.	Planillas Verificación Dimensionamiento Conductores y Cables De Potencia	178
Anexo I.	Planos Eléctricos	182

## LISTADO DE TABLAS

<b>TABLA 1</b> .....	22
PARÁMETROS DE SALIDA AGUA POTABLE CISTERNA DE MEZCLA MALVINAS ARGENTINAS .....	22
<b>TABLA 2</b> .....	30
RESUMEN DE TIPOS DE CIRCUITOS Y ÁREA DE ALCANCE EN EL PRESENTE PROYECTO .....	30
<b>TABLA 3</b> .....	38
VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA PARA EL PERÍODO 1991- 2020 EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES .....	38
<b>TABLA 4</b> .....	40
CONDICIONES DE UTILIZACIÓN DEL INMUEBLE CISTERNA DE MEZCLAS MALVINAS ARGENTINAS .....	40
<b>TABLA 5</b> .....	51
DATOS GARANTIZADOS ELECTROBOMBAS DE IMPULSIÓN A LA RED .....	51
<b>TABLA 6</b> .....	53
DATOS GARANTIZADOS ELECTROBOMBA DE TOMA ACUÍFERO HIPOPUELICHE.....	53
<b>TABLA 7</b> .....	55
DATOS GARANTIZADOS ELECTROBOMBA DE TOMA ACUÍFERO PUELICHE .....	55
<b>TABLA 8</b> .....	56
DATOS GARANTIZADOS ELECTROBOMBA DE ACHIQUE .....	56
<b>TABLA 9</b> .....	58
DATOS GARANTIZADOS ELECTROBOMBAS DE DOSIFICACIÓN .....	58
<b>TABLA 10</b> .....	66



Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De  
 Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombeo De Agua Potable Cisterna De  
 Mezcla Malvinas Argentinas”-.

CAUDALES VS RENDIMIENTOS PARA AMTM / AMTM.....	66
<b>TABLA 11</b> .....	70
PARÁMETROS ELÉCTRICOS Y CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL CONJUNTO DE ELECTROBOMBAS .....	70
<b>TABLA 12</b> .....	72
ÁREA TOTAL OCUPADA POR EDIFICIO, GRADO DE ELECTRIFICACIÓN Y DPS.....	72
<b>TABLA 13</b> .....	73
COEFICIENTES DE SIMULTANEIDAD PARA CONJUNTOS DE VIVIENDAS Y LOCALES (UNITARIOS) .....	73
<b>TABLA 14</b> .....	74
GRADO DE ELECTRIFICACIÓN Y NÚMERO MÍNIMO DE CIRCUITOS. ....	74
<b>TABLA 15</b> .....	79
CORRIENTES ADMISIBLES PARA CABLES DE COBRE (CU) CON AISLACIÓN DE PVC SEGÚN IRAM 2178 Y RELACIÓN PROMEDIO ENTRE DISTINTOS MÉTODOS DE INSTALACIÓN. ....	79
<b>TABLA 16</b> .....	82
FACTORES DE CORRECCIÓN POR AGRUPAMIENTO DE CIRCUITOS EN CAÑOS CON UN SOLO CONDUCTOR POR CAÑO.....	82
<b>TABLA 17</b> .....	85
RESUMEN DEL MÉTODO ITERATIVO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE TERNAS (N°T).....	85
<b>TABLA 18</b> .....	88
DATOS CARACTERÍSTICOS CABLE DE CU, DOBLE AISLACIÓN IRAM 2178, MARCA PRYSMIAN RV .....	88
<b>TABLA 19</b> .....	96
CORRIENTES DE CORTOCIRCUITOS MÁXIMAS Y MÍNIMAS EN FUNCIÓN DEL PUNTO DE FALLO Y RESISTIVIDAD DEL CABLE. ....	96

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombeo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

**TABLA 20**..... 97

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES IA ..... 97

**TABLA 21**..... 105

FACTORES DE CORRECCIÓN POR CORRIENTE ADMISIBLE CONDUCTORES Y CABLES ..... 105

**TABLA 22**..... 107

VERIFICACIÓN A LA APERTURA DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN ANTE FALLO POR CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO MÍNIMA ..... 107

**TABLA 23**..... 113

SELECTIVIDAD PROTECCIONES APARAMENTA TGBT ..... 113

**TABLA 24**..... 117

ENERGÍA CONSUMIDA EN EL SISTEMA DE REBOMBEO CISTERNA DE MEZCLA MALVINAS ARGENTINAS ..... 117

**TABLA 25**..... 119

PORCENTAJES DE INCIDENCIAS POR CADA RUBRO DE OBRA..... 119

## LISTADO DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> .....	19
UBICACIÓN CISTERNA DE MEZCLA MALVINAS ARGENTINAS, PARTIDO MALVINAS ARGENTINAS, PROVINCIA DE BUENOS AIRES .....	19
<b>FIGURA 2</b> .....	19
UBICACIÓN DETALLADA CISTERNA DE MEZCLA MALVINAS ARGENTINAS, PARTIDO MALVINAS ARGENTINAS, PROVINCIA DE BUENOS AIRES .....	19
<b>FIGURA 3</b> .....	28
ESQUEMA ELÉCTRICO UNIFILAR CON CARÁCTER ORIENTATIVO A LA METODOLOGÍA PRESENTADA .	28
<b>FIGURA 4</b> .....	29
METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO FINAL DE CARRERA .....	29
<b>FIGURA 5</b> .....	37
DATOS METEOROLÓGICOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA PARA EL PERÍODO 1991-2020 EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES .....	37
<b>FIGURA 6</b> .....	41
BOBINA CABLE SUBTERRÁNEO IRAM 2178.....	41
<b>FIGURA 7</b> .....	41
CONDUCTOR FLEXIBLE IRAM 247-3 .....	41
<b>FIGURA 8</b> .....	52
ELECTROBOMBAS DE IMPULSIÓN A RED .....	52
<b>FIGURA 9</b> .....	54
ELECTROBOMBA SUMERGIBLE, (CUERPO BOMBA – MOTOR), PARA TOMA DE AGUA EN ACUÍFERO HIPOPUELCHE .....	54

<b>FIGURA 10</b> .....	54
CUERPO MOTOR ELÉCTRICO BOMBA SUMERGIBLE.....	54
<b>FIGURA 11</b> .....	57
ELECTROBOMBA PARA DRENAJE.....	57
<b>FIGURA 12</b> .....	59
ELECTROBOMBA PARA DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO.....	59
<b>FIGURA 13</b> .....	62
VISTA GENERAL IMPLANTACIÓN CIVIL, CISTERNA DE MEZCLA MALVINAS ARGENTINAS.....	62
<b>FIGURA 14</b> .....	64
PUNTO DE TRABAJO ELECTROBOMBA ACUÍFERO HIPOPUELCHE.....	64
<b>FIGURA 15</b> .....	65
PUNTO DE TRABAJO ELECTROBOMBA DE IMPULSIÓN A LA RED.....	65
<b>FIGURA 16</b> .....	66
CURVAS DEL SISTEMA BOMBAS DE IMPULSIÓN A LA RED, PARA AMTM Y AMTM.....	66
<b>FIGURA 17</b> .....	78
DETALLE GENERAL TRAZA CONDUCTOR ALIMENTACIÓN PRINCIPAL.....	78
<b>FIGURA 18</b> .....	81
CRITERIO DE INSTALACIÓN PARA 2 TERNAS EN PARALELO (2 CONDUCTORES EN PARALELO POR FASE).....	81
<b>FIGURA 19</b> .....	82
CRITERIO DE INSTALACIÓN PARA 4 TERNAS EN PARALELO (4 CONDUCTORES EN PARALELO POR FASE).....	82

<b>FIGURA 20</b> .....	83
ESQUEMA DE INSTALACIÓN CAÑERO ELÉCTRICO - FORMACIÓN TRIANGULO RECTÁNGULO CON UN CONDUCTOR POR CAÑO.....	83
<b>FIGURA 21</b> .....	83
ESQUEMA DE INSTALACIÓN CAÑERO EN COPLANAR HORIZONTAL CON UN CONDUCTOR POR CAÑO. .....	83
<b>FIGURA 22</b> .....	86
ESQUEMA DE INSTALACIÓN CAÑERO ELÉCTRICO DE ALIMENTACIÓN PRINCIPAL PLANTA. ....	86
<b>FIGURA 23</b> .....	90
TRANSFORMADOR DE POTENCIA, ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA PLANTA CISTERNA DE MEZCLA MALVINAS ARGENTINAS.....	90
<b>FIGURA 24</b> .....	100
VALORES DE $I^2T$ EN FUNCIÓN DE LA CORRIENTE PICO DE CORTOCIRCUITO Y DEL MODELO DEL IA SELECCIONADO .....	100
<b>FIGURA 25</b> .....	101
VALORES DE $I^2T$ EN FUNCIÓN DE LA CORRIENTE ASIGNADA DEL FUSIBLE .....	101
<b>FIGURA 26</b> .....	103
BANDEJA PORTACABLES TIPO PERFORADA.....	103
<b>FIGURA 27</b> .....	103
BANDEJA PORTACABLES TIPO ESCALERA.....	103
<b>FIGURA 28</b> .....	111
CURVAS DE DISPARO TIEMPO-CORRIENTE DEL ELEMENTO FUSIBLE .....	111
<b>FIGURA 29</b> .....	112

CURVAS DE DISPARO TIEMPO-CORRIENTE DEL ELEMENTO IA..... 112

**FIGURA 30**..... 120

DISTRIBUCIÓN DEL COSTO TOTAL DE LA OBRA DISCRIMINADO POR SECTOR MECÁNICO, CIVIL Y  
ELÉCTRICA/AUTOMATISMOS..... 120

## 1. Introducción

“El agua y la energía eléctrica están interrelacionadas entre sí. Se requiere agua en los procesos de generación de energía eléctrica y se usa energía eléctrica para extraer, potabilizar y distribuir agua potable a la población” (Martín, 2020, pág. 325). Esta estrecha relación que existe entre agua y energía, y en virtud de un crecimiento económico, trae aparejado un incremento en la demanda de energía, que también necesita del recurso hídrico para su producción, y el crecimiento demográfico conlleva una mayor demanda de los servicios de agua potable y alcantarillado, incluido el tratamiento de aguas servidas que implica un mayor consumo energético (Ferro & Lentini, 2015, pág. 8). En relación al agua, el problema anterior se potencia por determinadas condiciones ambientales debido a fuentes de abastecimiento más lejanas a los centros de consumo, contaminadas y situadas en lugares de poca conveniencia y la calidad requerida de los servicios, necesidad de mayor tratamiento del agua para potabilizarla producto de la contaminación de las aguas superficiales.

El sector de agua y saneamiento de Argentina enfrenta un déficit significativo en la cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado, y requiere mejoras tanto en la calidad como en la eficiencia de los mismos. Según estimaciones bibliográficas, alrededor de 39,8 millones de personas residen en áreas urbanas (año 2015), de las cuales aproximadamente el 87% tienen acceso al agua de red pública y el 58% cuentan con servicios de alcantarillados. Si bien no existen estadísticas fiables sobre el nivel de tratamiento de aguas residuales, algunas fuentes calculan que se encuentra entre el 15 y el 20% de las aguas recolectadas (Sagardoy & Dubrovsky, 2020, pág. 23).

En términos de rendimientos el indicador clave para evaluar el desempeño del sistema de agua potable es cuanto se consume por habitante; si los valores son elevados puede significar altos niveles de derroche de los usuarios mientras que los valores demasiado bajos podrían indicar problemas en la continuidad del servicio. Las cifras de estudios disponibles indican que en promedio el agua que se consume por habitante por día es de 318 litros y el rango de datos varía desde 253

l/h/d (Cooperativa de Trelew) hasta 397 l/h/d (AdCSapem, Catamarca) es decir según el lugar geográfico que se analice. A pesar de ello, los valores se encuentran muy por encima de los registrados según en la Asociación de Entes Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas (ADERASA) para América Latina donde la media es de 173 l/h/d y el rango de dispersión de los datos va desde 49 a 366 l/h/d” (Sagardoy & Dubrovsky, 2020, pág. 27).

Por otra parte, el agua que no se contabilizada es una problemática que se ven expuestos los organismos de provisión y distribución y se refiere a la cantidad de agua producida que finalmente no llega a los usuarios para su consumo o no se factura (agua no facturada). Las pérdidas producidas en la red pueden ser físicas o comerciales. Las primeras se refieren a roturas de la red mientras que las segundas se refieren a conexiones clandestinas no registradas. Según Informe Anual del Año 2018 del Ente Regulador de Agua y Saneamiento, que controla la prestación del servicio en el Área Metropolitana de Buenos Aires concesionada a la empresa Agua y Saneamientos Argentinos S.A, se observa que se producen un promedio de 1,61 m<sup>3</sup>/d de agua potable por usuario registrado y que la eficiencia en el uso del recurso (porcentaje de agua captada que es facturada a los usuarios) se encuentra en el orden del 53% y con tendencia levemente decreciente en los últimos 10 años. Si analizamos nivel país se tiene que la media del agua no contabilizada se encuentra en un 39% y el rango de variación de datos oscila entre el 17% (Aguas Cordobesas) al 59% (Adlandes, Jujuy). Estos valores se encuentran en consonancia con los valores de ADERASA donde la media registrada es del 42% y los extremos mínimo y máximo oscilan entre el 17% y 66%, respectivamente (Sagardoy & Dubrovsky, 2020, pág. 28).

En este contexto y en grandes urbes surgen nuevos desafíos para servir agua potable a la población. Antiguamente y aun así en el presente, posterior a la etapa de potabilización, algunas plantas siguen utilizando los tradicionales tanques elevados (TE) para distribuir agua a los habitantes. Con el tiempo estos tanques van presentando filtraciones lo cuales deben ser reparados y, aun así,



producto del crecimiento demográfico concentrado, hace que los mismos vayan quedando pequeños para solventar agua a toda la red que abarca, no logrando satisfacer los mínimos requisitos en presión y caudal y además se hace dificultoso detectar perdidas de agua a tiempo, bajando así la eficiencia del sistema.

En relación a la distribución del agua en grandes ciudades, se plantean alternativas de mejora para poder satisfacer la demanda, y cumplir los objetivos de que cada día más habitantes logren obtener agua potable de forma segura y al menor costo posible. Tecnologías como los sistemas hidroneumáticos y sistemas de presurización logrados mediante electrobombas acopladas directo a la red de agua con accionamientos por dispositivos electrónicos conocidos como variadores de frecuencia (VDF), permiten por un lado, llegar con presión y caudal aceptable a mayor cantidad de habitantes, y por el otro, aumentar la eficiencia energética del sistema en particular por la detección temprana de las pérdidas por roturas de cañerías, en comparación con el antiguo sistema de presurización por gravedad TE explicado en el párrafo anterior.

Si observamos el consumo energético del sector vemos que esta discriminado por etapas productivas, en los siguientes usos: bombeo para captación, transporte, potabilización de agua y distribución. Hasta el momento, uno de los valores nacionales que pueden asignarse al consumo de energía eléctrica para el sector de agua y saneamiento provienen de datos del Informe Anual del Año 2018 del ERAS (Ente Regulador de Agua y Saneamientos), que indica para 2017 la cantidad de energía necesaria para bombear un  $m^3$  de agua a 100 m de altura, y de valores inferidos a partir de datos de CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A). En cuanto al valor informado por ERAS, el mismo es de  $0,42 \text{ kWh}/m^3$  a 100 metros de columna de agua (m.c.a.) para las estaciones elevadoras del sistema de agua potable y menciona que los valores esperados deberían estar entre  $0,27$  y  $0,40 \text{ kWh}/m^3$ , (Sagardoy & Dubrovsky, 2020, pág. 32). Este valor se entiende que hace referencia únicamente a los sistemas de bombeo del conjunto de la red de agua potable, sin

tener en cuenta el consumo de las plantas potabilizadoras. Para el caso de AySA (Aguas y Saneamientos Argentinos), según el reporte de sustentabilidad del año 2021 (AySA et al., 2021, pág. 58), indica que, para el proceso de transporte de agua, registraron un consumo anual de 324.940.581,82 [KWh/año]. Si se lo confronta con el valor de producción promedio de agua citado en el mismo reporte 6.146.533 [m<sup>3</sup>/día], se tiene un valor de 0,145[KWh/m<sup>3</sup>] de agua en el proceso de transporte y distribución.

En concomitancia a la distribución del agua en grandes ciudades, y teniendo en cuenta que, para toda la cadena de producción del agua potable, desde su extracción, potabilización y distribución, se requiere energía eléctrica, el presente proyecto pretende calcular y diseñar el sistema eléctrico de potencia para el funcionamiento operativo de la estación de rebombeo “Cisterna de Mezcla Malvinas Argentinas” y obtener indicadores energéticos que nos permita comparar la eficiencia energética de diseño con indicadores de referencia citados en el párrafo anterior.

El proyecto eléctrico, está enmarcado en una obra en ejecución “Cisterna de mezcla Malvinas Argentinas”, ubicada en la provincia de Buenos Aires, partido Malvinas Argentinas, en la calle Combate de San Lorenzo, entre calles Cangallo y Burmeister, figura 1 y figura 2. El predio posee una superficie total de aproximadamente 3800 m<sup>2</sup> y actualmente en el centro se encuentra un TE de 1000 m<sup>3</sup> de capacidad, que funcionaba con el llenado de agua de pozos mediante una interconexión y luego distribuida a la red potable bajo el sistema por gravedad. De acuerdo al informe de servicio del partido Malvinas, el TE se encuentra fuera de uso debido a filtraciones según informe de pliego (AySA et al., 2020, pág. 7). Por lo tanto, el proyecto marco tiene como alcance la construcción de una cisterna de agua de 2000 m<sup>3</sup> para su utilización como centro de mezcla más una estación de rebombeo de agua directo a la red potable, con todas sus obras civiles y electromecánicas complementarias.

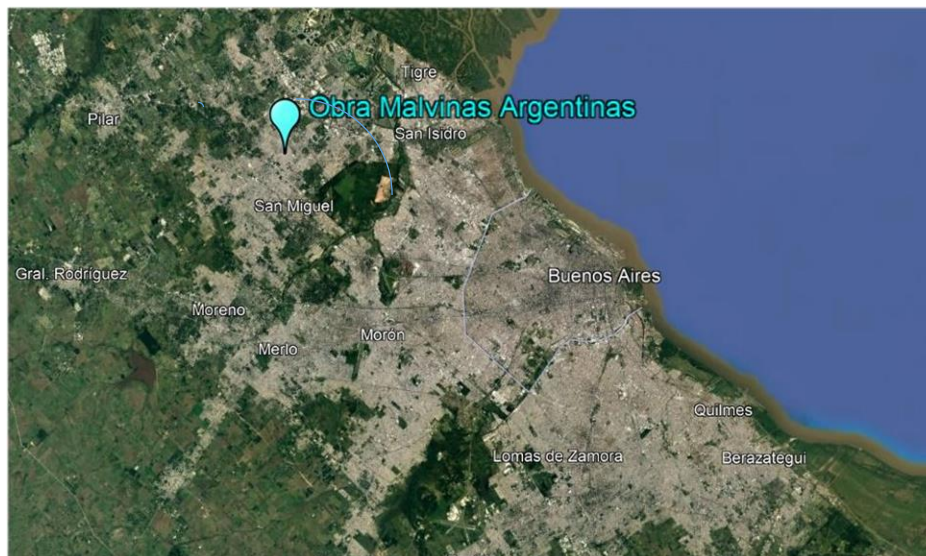
Si bien el proyecto marco es de carácter multidisciplinario, en lo que respecta al proyecto final de carrera, tiene como alcance el cálculo y diseño del sistema eléctrico de potencia para el

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombeo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

funcionamiento operativo de toda la planta. Luego como actividad de cierre, determinar indicadores energéticos que nos permitan comparar con los indicadores de referencia citados en párrafos anteriores, y, por último, obtener el grado de incidencia de la obra eléctrica en el presupuesto total de la obra.

**Figura 1**

Ubicación Cisterna de Mezcla Malvinas Argentinas, partido Malvinas Argentinas, provincia de Buenos Aires



**Figura 2**

Ubicación detallada cisterna de mezcla Malvinas Argentinas, partido Malvinas Argentinas, provincia de Buenos Aires



## 2. Alcance

El presente proyecto forma parte de la *ingeniería de detalle* de la obra Cisternas Malvinas Argentinas, ubicada en el partido de Malvinas Argentinas provincia de Buenos Aires. La obra en carácter general consiste en la construcción de una cisterna de agua de 2.000 m<sup>3</sup> para su utilización como centro de mezcla, una estación de bombeo, una perforación al Acuífero Hipopuelche, servicios auxiliares más obras complementarias como la realización de edificios para servicios múltiples. Dada la heterogeneidad de las diversas actividades profesionales que coexisten en el desarrollo de la obra es oportuno destacar que las tareas a cabo son interdisciplinarias, principalmente entre las siguientes ingenierías: Ing. en Recursos hídricos, Ing. civil, Ing. mecánica, Ing. Eléctrica, especialistas en automatismos, entre otras.

La *ingeniería de detalle*, comprende el conjunto de memorias de cálculos, dibujos, diagramas, ilustraciones, esquemas, planos de ejecución, muestras a nivel detalle para cada componente de la obra, folletos y cualquier otra información que sirva para el avance de la ejecución de una obra particular. De esta manera se puede justificar el dimensionamiento de las diferentes partes de la obra y definir los detalles constructivos de las mismas, ya sean a modo provisorio o definitivo. En lo que concierne al proyecto eléctrico, el mismo corresponde a una estación de bombeo a la red de distribución, con bombas centrifugas de turbina vertical sumergidas y con motor en superficie, una instalación de dosificación de hipoclorito de sodio con tanques contenedores y bombas dosificadoras, la instalación de una bomba sumergible de pozo en la perforación del Acuífero Hipopuelche, repotenciación eléctrica de una bomba sumergible de pozo al Acuífero Puelche y todos los accesorios, instrumentos necesarios para el correcto funcionamiento de la planta.

Para la ejecución del proyecto eléctrico, como punto de partida, se comienza con la obtención de información detallada sobre cada una de las cargas electromecánicas. Tomando como ejemplo, la estación de bombeo, se tiene: cantidad de electrobombas a utilizar, simultaneidad de grupo, factor

de carga, características eléctricas y ambientales, método de accionamiento, y ubicación (criterio de instalación). Luego de una forma similar, se procede a obtener información sobre cada una de las cargas eléctricas restantes, que no pertenecen al grupo de cargas electromecánicas pero que forman parte del correcto funcionamiento operativo de toda la planta. En este sentido corresponde al grado de electrificación de los edificios operativos del inmueble. Luego en función de los datos reclutados, se calcula la potencia eléctrica total del inmueble para luego seleccionar los equipos eléctricos adecuados como transformadores, interruptores, tableros de distribución y otros dispositivos de protección.

Como actividad de cierre, determinar indicadores energéticos para comparar con los de referencia según lo expuesto en la introducción de este proyecto, y obtener el grado de incidencia de la obra eléctrica en el presupuesto total de la obra.

### 2.1. Objetivo Principal

Este proyecto tiene como objetivo principal, aumentar la disponibilidad de agua y mejorar su calidad en el radio servido actual del partido de Malvinas Argentinas provincia de Buenos Aires. Para lo anterior, es necesario calcular y diseñar el sistema eléctrico de potencia para que la planta pueda operar y servir de agua potable con un caudal de salida de 770 m<sup>3</sup>/h y abastecer la demanda de hasta 42500 habitantes a razón de 435 litros / día / habitantes y cumplir con los parámetros de salida de la planta, ver tabla 1<sup>1</sup>.

**Tabla 1**

Parámetros de salida agua potable cisterna de mezcla Malvinas Argentinas

Caudal Medio	Nitratos	Arsénico	Residuo Conductimétrico
m <sup>3</sup> /h	mg/l	µg/l	mg/l
770	27,3	11,7	779,5

<sup>1</sup> Valores extraídos de pliego: (AySA, PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES TÉCNICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECIALES "CISTERNA MALVINAS ARGENTINAS, PERFORACIÓN HIPOPUELCHÉ Y OBRAS COMPLEMENTARIAS", 2020)

## **2.2. Objetivo Específico**

Calcular y diseñar el sistema eléctrico de potencia para asegurar la recepción, gestión y distribución de la energía eléctrica (sistemas de potencia y servicios auxiliares) y sus sistemas asociados (automatismos, control y comunicaciones) para la operación de las perforaciones en conjunto con el resto del establecimiento garantizando el funcionamiento correcto de equipos, sistemas e instalaciones en conjunto de la seguridad operativa y del personal bajo el cumplimiento de las reglamentaciones vigentes.

Determinar el consumo energético de forma teórica, en base al diseño del sistema eléctrico de potencia teniendo en cuenta el modelo de funcionamiento de la planta. Si bien estos valores pueden diferir de los reales, el objetivo principal es poder verificar que tales indicadores se encuentren en los parámetros aportados por el Informe del ERAS para el año 2018 y el de sustentabilidad del año 2021 confeccionado por AySA y en caso de no verificar proponer alternativas de mejora que permita alcanzar dichos parámetros. Por último, obtener el grado de incidencia de la obra eléctrica en el presupuesto total de la obra.

### 3. Metodología

A continuación, se describe la metodología para la elaboración del presente proyecto final de carrera.

#### 1) Asentar las bases de diseño del proyecto

- Describir los procesos e instrumentación, (P&D)

De acuerdo con el documento “Memoria Descriptiva de Funcionamiento y Enclavamientos de la Cisterna Malvinas Argentinas” (bhysa et al., 2023, pág 2-17) con referencia al documento Diagrama de Procesos P&D - Malvinas Argentinas, (bhysa et al., 2023, pág 1), se obtiene:

#### a) Secuencias de Funcionamientos en los Procesos de Operación

Obtener las secuencias de funcionamiento en los procesos de operación: normal, carga de cisterna e impulsión de agua potable a la red, con sus respectivos enclavamientos por nivel.

#### b) Simultaneidad de Funcionamiento de Equipos Electromecánicos.

Determinar la simultaneidad del grupo de equipos electromecánicos para luego determinar la Demanda Máxima de Potencia Eléctrica de las cargas electromecánicas, en base al criterio de Funcionamiento.

#### c) Implantación civil de las cargas electromecánicas.

Corresponde a identificar la ubicación de cada carga eléctrica de potencia, siendo: (electrobombas de impulsión a la red, electrobombas de toma pozo, electrobombas dosificadoras, electrobomba de achique, aparejo), para luego calcular y diseñar el tipo de conductor y traza para abastecer de energía eléctrica a cada una de las cargas.

#### d) Implantación civil de los instrumentos de medición y control.



Corresponde a identificar la ubicación de los instrumentos de medición y control, siendo: (caudalímetros, presostatos, conductímetros, electroválvulas, sensores de nivel ultrasónicos y de tipo pera), que reportan y responden al PLC de la planta.

- 2) Definir los elementos básicos que componen una instalación de bombeo, curvas características y puntos de operación.
- 3) Calcular y Diseñar el Sistema Eléctrico de Potencia (CyDSEP) para garantizar la seguridad operativa y del personal bajo el cumplimiento de las reglamentaciones vigentes de la AEA 90364-7-771 en sus correspondientes cláusulas. Los pasos a desarrollar son:
  - a) Obtener la Demanda de Potencia Eléctrica Simultánea (DPES) de los circuitos Alimentación Carga Única (ACU). Los mismos corresponde con el sistema de impulsión a la red, toma de pozos, y equipos de dosificación de hipoclorito de sodio y cargas auxiliares.
  - b) En base a planos de implantación Civil general, junto con la reglamentación AEA 90364-7-771 – Cláusula 771.8 - “Grados de electrificación, número mínimo de circuitos y número mínimo de puntos de utilización” y, AEA 90364-7-771 – Cláusula 771.9 - “Carga total correspondiente a un inmueble”, determinar la DPES para el funcionamiento de los edificios operativos y servicios auxiliares.
  - c) Calcular la Demanda Máxima de Potencia Eléctrica Simultánea (DMPES) de toda la implantación en base a los resultados obtenidos en los ítems a), y b), teniendo en cuenta los lineamientos de la AEA 90364-7-771 – Cláusula 771.9.3 – “Determinación de la carga total correspondiente a viviendas, oficinas o locales (unitarios)”.
  - d) En función de la corriente de proyecto obtenida,  $I_B$ , calcular la sección de los conductores y dispositivos de protección del circuito seccional (CS) para la

alimentación del Tablero Seccional General (TSG) en adelante, Tablero General de Baja Tensión (TGBT), en base a la metodología de cálculo de la AEA 90364-7-771 – Anexo 777-H “Tabla resumen para determinar la sección de conductores”.

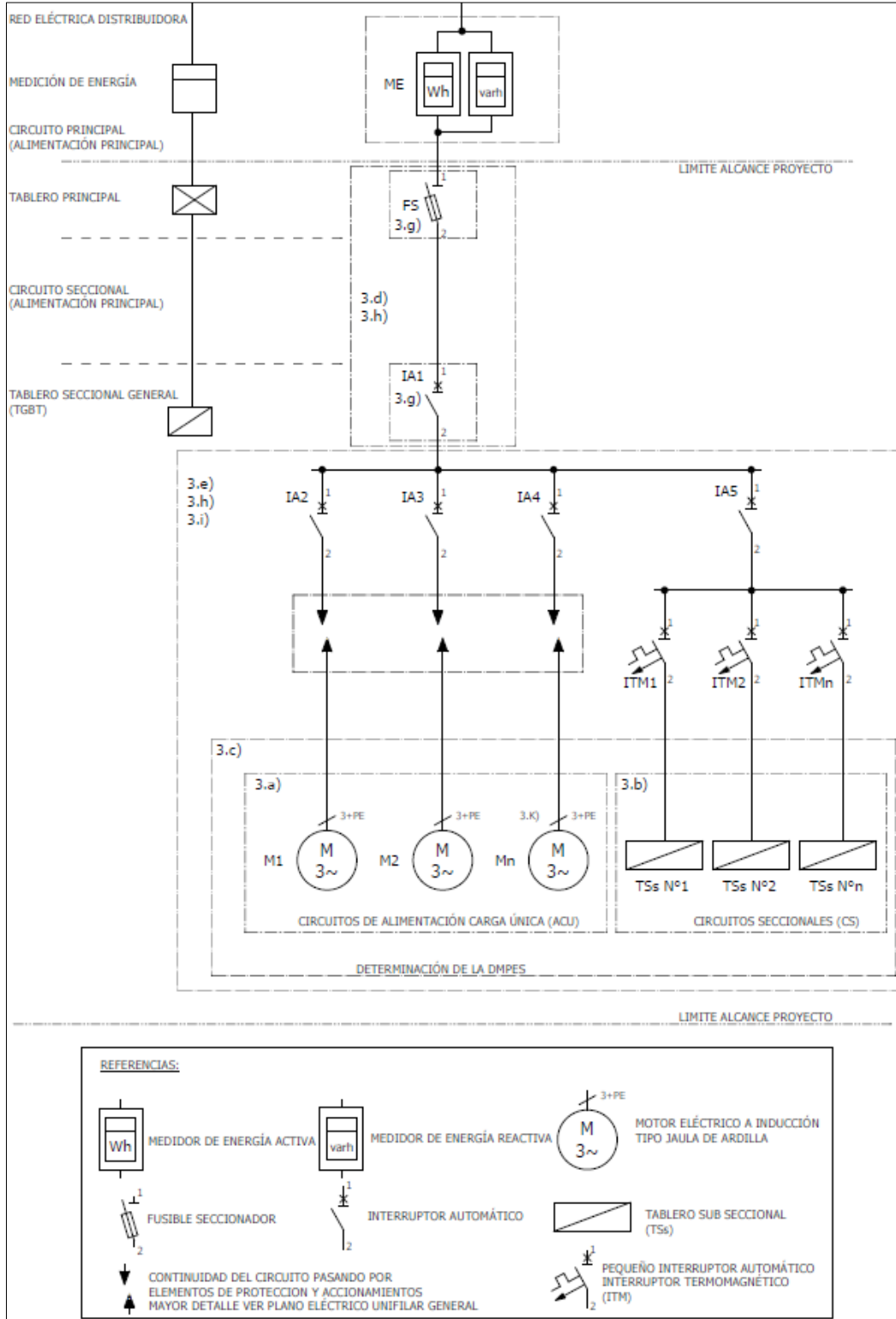
- e) Calcular la sección de los conductores y dispositivos de protección de los circuitos terminales (CT) para la alimentación de carga única (ACU) y CS aguas abajo del TGBT.
- f) Realizar los diagramas eléctricos de implantación donde se representa la ubicación de cañeros y cámaras de inspección y sus vistas de detalles para el tendido de conductores de potencia y de comando / instrumentación de toda la planta.
- g) Calcular la corriente de cortocircuitos máxima y mínima obtenidas en barras del TP, TGBT y en bornes de las cargas, respectivamente, conforme a las recomendaciones de AEA 90909 “Corrientes de Cortocircuito en Sistemas Trifásicos de Corriente Alterna”
- h) Verificar la Selectividad Eléctrica de las Protecciones en función de la corriente de cortocircuito calculadas en barras de los tableros eléctricos según el criterio de cálculo empleado en la reglamentación AEA 90364-7-771 – Cláusula 771.H.2 – “Consideraciones acerca de las corrientes de cortocircuitos” y, AEA 90909 - “Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna, en conjunto de manuales técnicos de fabricantes, determinar si las protecciones seleccionadas verifican la selectividad Parcial o Total para cada uno de los circuitos.
- i) Dimensionar el TGBT conforme a la reglamentación AEA 90364-7-771 y su Cláusula 771.20, para garantizar la funcionalidad y seguridad al personal que los utiliza.
- j) Realizar los diagramas eléctricos unifilares de potencia correspondientes al TGBT.

- 4) Calcular indicadores energéticos que permitan comparar con los de referencia establecidos por el reporte del Informe Anual del Año 2018 del ERAS (Ente Regulador de Agua y Saneamientos) y el de sustentabilidad del año 2021 de AySA.
- 5) Determinar el porcentaje de incidencia en el costo total de obra discriminado por sector Mecánico, Civil y Eléctrico/Automatismos.

Para orientación del lector los ítems descriptos arriba se representan en la figura 3 lo cual indican el / los puntos de incumbencia en la obra eléctrica. La figura 4 corresponde con el diagrama que resume la metodología presentada.

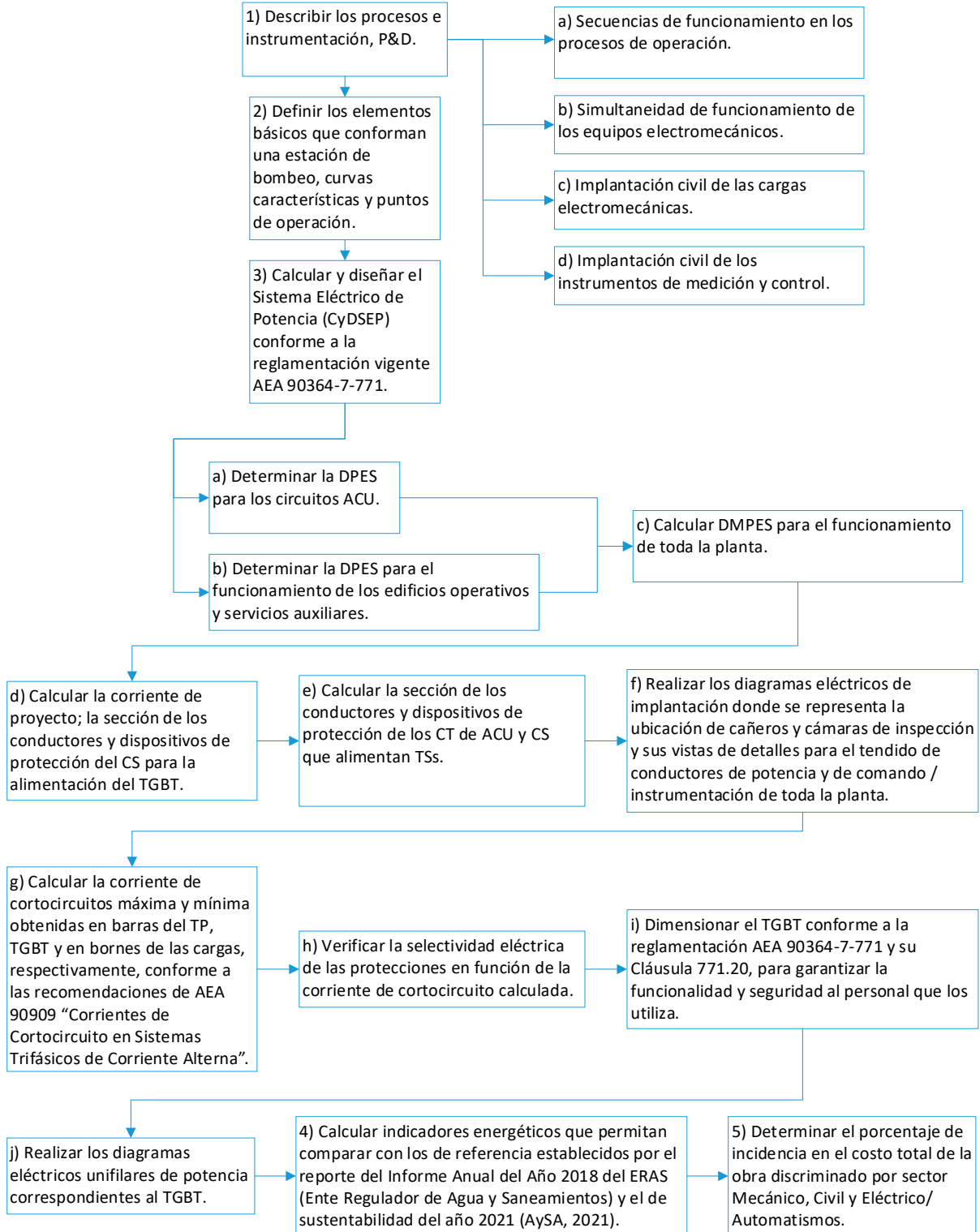
Figura 3

Esquema eléctrico unifilar con carácter orientativo a la metodología presentada



**Figura 4**

Metodología para la elaboración del proyecto final de carrera



## 4. Marco Técnico Introductorio

El presente apartado tiene como propósito familiarizar al lector con los conceptos técnicos relevantes para el proyecto. Se muestra de manera concisa un conjunto de definiciones y criterios de cálculo que conforman el marco estructural del proyecto. Para mayor información, véase el apartado anexos según corresponda.

### 4.1. Definiciones y Criterios De Cálculo Para El Dimensionamiento y Protección De Conductores

#### Según Reglamentación AEA 90364-7-771

##### 4.1.1. Grado De Electrificación

Se establece el grado de electrificación de un inmueble a los efectos de determinar, en la instalación, el número de circuitos y los puntos de utilización que deberán considerarse como mínimo para Usos No Específicos, es decir, para Usos Generales o para Usos Especiales, donde su utilización no se encuentra definida “a priori” sino que surge de estimaciones estadísticas generales. En efecto, se define como Demanda de Potencia Máxima Simultánea calculada (sólo aplicable para determinar el grado de electrificación) a la determinada conforme al procedimiento indicado en la Cláusula 771.9.1 del citado reglamento y con excepción de los circuitos para usos específicos, que se tratan por separado. (Véase anexo A).

En la tabla 2 se resume el grado de electrificación correspondiente al presente proyecto y que se trata en detalle en el apartado 5 “Desarrollo”.

**Tabla 2**

Resumen de tipos de circuitos y área de alcance en el presente proyecto

Designación	Sigla	Máxima cantidad de Bocas	Máximo Calibre de Protección	Áreas de Alcance Proyecto

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombeo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

Iluminación Uso General	IUG	15	16 [A]	Interior Edificios.
Tomacorriente Uso General	TUG	15	20 [A]	Interior Edificios.
Iluminación Uso Especial	IUE	12	32 [A]	Exterior Edificios.
Tomacorriente Uso Especial	TUE	12	32 [A]	Interior Edificios.
Alimentación Pequeños Motores	APM	15	25 [A]	Electrobombas de Dosificación, Aparejo Eléctrico, Electrobomba de Achique. <sup>2</sup>
Alimentación Tensión Estabilizada	ATE	15	--	Automatismos, Accionamientos, Comunicación.
Circuito de Muy Baja Tensión de Seguridad	MBTS	Sin Límite	Responsabilidad del Proyectista	No Aplica.
Alimentación Carga Única	ACU	No corresponde	Responsabilidad del Proyectista	Electrobombas de Impulsión, Electrobomba acuífero Hipopuelche Electrobomba acuífero Puelche.
Iluminación Trifásica Específica	ITE	12 por Fase	Responsabilidad del Proyectista	No Aplica.

<sup>2</sup> Se emplea para el desagote por rebalse de la Cisterna.

#### **4.1.2. Protección De Los Conductores y Cables Contra Las Corrientes De Sobrecarga,**

##### **Cortocircuito y Verificación Por Caída De Tensión**

En la presente reglamentación se entiende por conductor al conductor aislado con aislación básica y se entiende por cable al conductor aislado y con una cubierta aislante. Este último tipo de cable puede ser unipolar (un solo conductor aislado y con cubierta aislante) o multipolar (varios conductores aislados bajo una misma cubierta aislante). Cuando se trata de conductor desnudo este se indica expresamente.

Para los cálculos y verificación de los conductores, se toma de referencia la cláusula 771.19.2 “Protección de los conductores y cables contra las corrientes de sobrecarga y cortocircuito” del reglamento citado (véase anexo A).

Para la verificación por caída de tensión se toma de referencia la cláusula 771.13 “Sección nominal de los conductores” apartado b) del reglamento, el cual describe:

- Caída de tensión para circuitos terminales, de uso general o especial y específico, para iluminación: 3%.
- Caída de tensión para circuitos específicos que solo alimentan motores: 5% en régimen nominal y 15% durante el arranque.

El método de cálculo a emplear es mediante la ecuación a) de la cláusula 771.19.7 “Caída de tensión” del reglamento (véase anexo A).



#### **4.1.3. Evaluación De Los Factores Medioambientales y Condiciones Operativas Del**

##### **Inmueble Para Determinar El Tipo De Cableado y Montaje Eléctrico De La Implantación**

Las instalaciones eléctricas pueden estar expuestas a diferentes influencias provocadas por el medio que la rodea. Tales influencias pueden provenir del medio ambiente tales como el viento, el calor, los efectos sísmicos; pueden provenir también de la capacidad de las personas que las operan y de los materiales que forman la estructura del inmueble, como así también de las sustancias almacenadas, etc. Ese conjunto de influencias, que son ajenas a la construcción misma de los equipos y materiales eléctricos y que limitan su utilización o su forma de instalación, son tratadas en la reglamentación citada como “influencias externas”. La elección de las características de los materiales eléctricos en función de las influencias externas es necesaria, no solamente para su funcionamiento correcto, sino también para asegurar la confiabilidad de las medidas de protección para preservar la seguridad, de acuerdo con las reglas generales de la reglamentación, (véase anexo A).

## 4.2. Factores De Demanda

Para calcular la demanda de potencia eléctrica máxima simultánea de todo el inmueble, se aplican los factores que se definen a continuación.

### 4.2.1. Factor De Utilización

En condiciones normales de funcionamiento, y con la salvedad de lámparas de iluminación, el consumo de potencia de una carga es a veces inferior que la indicada como potencia nominal, una circunstancia bastante común que justifica la aplicación de un factor de utilización (FU) en la estimación de los valores reales. Este factor se le debe aplicar a cada carga individual, con especial atención a los motores eléctricos, que raramente funcionan con carga completa. El FU se define según la ecuación 1.

$$FU = \frac{P_{1PT} [KW]}{P_{100\%} [KW]}; \text{ donde } 0 \leq FU \leq 1 \quad (1)$$

Siendo:

$P_{1PT}$  = Potencia eléctrica consumida por el motor en el punto de trabajo de la carga (PT), en [KW].

$P_{100\%}$  = Potencia eléctrica consumida por el motor al 100% de carga nominal, en [KW].

El valor de la potencia eléctrica consumida por el motor (al 100% de carga nominal) se puede obtener empleando la ecuación 2 o ecuación 3 respectivamente:

$$P_{100\%} = \frac{P_2}{\eta} \quad (2)$$

$$P_{100\%} = K * U_n * I_n * \cos\varphi \quad (3)$$

Siendo:

$P_2 =$	Potencia nominal en el eje del motor. Valor obtenido de datos característicos fabricante.
$\eta =$	Rendimiento eléctrico motor a carga nominal. Valor obtenido de datos característicos fabricante.
$K =$	Constante igual a 1 para motores monofásicos y $\sqrt{3}$ para motores trifásicos.
$U_n =$	Tensión nominal motor. Valor obtenido de datos característico fabricante.
$I_n =$	Corriente nominal motor. Valor obtenido de datos característico fabricante.
$\cos\varphi =$	Factor de potencia motor a carga nominal. Valor obtenido de datos característico fabricante.

#### 4.2.2. Factor De Simultaneidad

Es una práctica común que no se produzca la simultaneidad de funcionamiento de todas las cargas eléctricas en una instalación dada. Es decir, siempre hay cierto grado de variabilidad y este hecho se tiene en cuenta a nivel de estimación mediante el uso del factor de simultaneidad (FS). El FS se aplica a cada grupo de cargas (por ejemplo, para obtener el suministro de un tablero principal, TP, o tablero seccional general, TSG). En tal sentido y para el presente proyecto el FS va a depender del criterio de funcionamiento de la planta y se define según la ecuación 4, donde la misma conforma el término “M” y la ecuación 5:

$$FS = \frac{M [KW]}{\sum_{i=1}^{i=n} P_{i(\text{máx})} [KW]}; \text{ donde } 0 \leq FS \leq 1 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} P_{i(\text{máx})} \quad (5)$$

Siendo:

$M =$  Demanda máxima “real”, en [KW], del grupo. (6.a)

$P_{i(\text{máx})} =$  Demanda máxima individual, en [KW], del consumo de orden  $i$  del grupo.

$n =$  Cantidad de cargas del grupo.

Para obtener la demanda de potencia máxima simultánea de todo el inmueble,  $M$ , se suman los valores de potencia obtenidos de dos grandes grupos, siendo, por un lado, el cálculo de la potencia máxima simultánea para circuitos de usos específicos, y por el otro, el cálculo de la potencia máxima simultánea por todos los edificios operativos del inmueble.

## 5. Desarrollo

### 5.1. Condiciones Base De Diseño

A continuación, se describen las condiciones bases de diseño para llevar a cabo el presente proyecto.

#### 5.1.1. Condiciones Ambientales

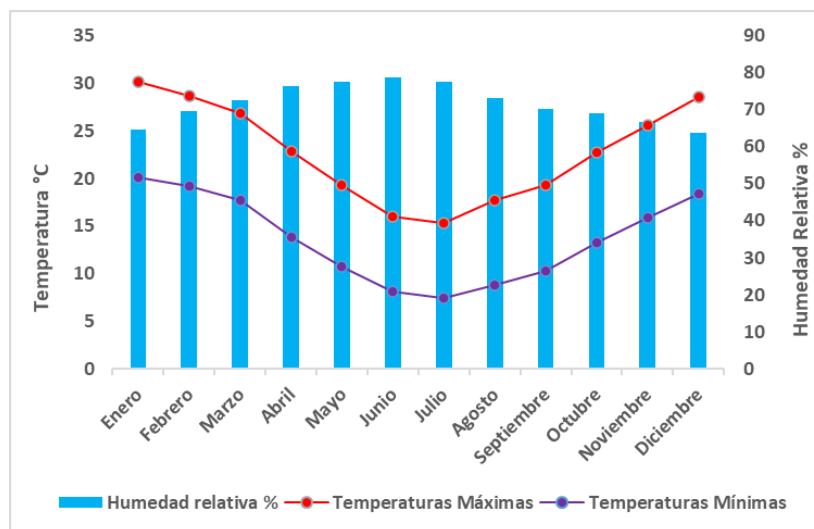
Las condiciones ambientales que se describen a continuación son consideradas relevantes para el presente proyecto.

##### 5.1.1.1. Temperaturas y Humedad

Se tienen los siguientes datos meteorológicos históricos mensuales en valores máximos y mínimos para las temperaturas, y valores medios para la humedad relativa en base de los registros del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para el periodo 1991-2020 en la ciudad de Buenos Aires, figura 5.

**Figura 5**

Datos meteorológicos de temperatura y humedad relativa para el período 1991-2020 en la ciudad de Buenos Aires



Según la figura 5, la variación anual de las temperaturas mensuales alcanza un valor de 22,8°C para las máximas y 13,55°C para las mínimas con una amplitud media anual de 9,25°C. Las temperaturas mínimas media alcanzan un valor máximo en enero de 20,10°C y en julio de 7,4°C. Las máximas medias dan un máximo para enero de 30,1°C y un mínimo de 15,3°C para el mes de julio.

Por otra parte, la humedad relativa alcanza un valor medio anual de 71,35% con un máximo de 78,7% para el mes de junio y un mínimo de 63,6% para el mes de diciembre.

De acuerdo con la figura 5, se obtienen los valores máximos y mínimos de temperatura y humedad relativa, tabla 3.

**Tabla 3**

Valores máximos y mínimos de temperatura y humedad relativa para el período 1991-2020 en la ciudad de Buenos Aires

Parámetro	Unidad	Mínima	Máxima
Temperatura de bulbo seco	°C	7,4	30,1
Humedad relativa	%	63,6	78,7

**5.1.1.2. Tormentas Eléctricas**

En lo referente a las tormentas eléctricas, la norma AEA 92305-11 / IRAM 2184-11 está dedicada a la protección contra estructuras contra la descarga eléctrica atmosférica. En dicha norma, en el Anexo C, figura C.1, [anexo F en el presente proyecto, figura F2], se muestran curvas de niveles cerámicos que representan el número promedio anual de días con tormentas eléctricas (Td [días/año]) de un lugar geográfico de la superficie terrestre. En la misma norma, en el Anexo C, figura C.2, [anexo F en el presente proyecto, figura F3], muestra el número promedio anual de descargas a tierra (o de impactos de rayos) caídos en el área de 1 km<sup>2</sup> de un cierto lugar geográfico, Ng

$$\left( \frac{\text{Descargas a tierra}}{\text{Km}^2 \cdot \text{año}} \right).$$

Del (anexo F, figura F2) se tiene que en la región del Gran Buenos Aires donde se ubica la planta Cisterna de Mezclas Malvinas Argentinas, la cantidad de tormentas al año está entre las curvas de 40 a 50 días de tormentas eléctricas/año.

Del (anexo F, figura F3), se muestra para la zona donde estará ubicada la planta, una densidad cerámica entre 4 y 5 [descargas a tierra/Km<sup>2</sup>.año].

Del (anexo F), se obtiene que la frecuencia anual promedio de descargas directas esperados sobre la instalación,  $N_d$ , es entre 0,069 y 0,087 descargas directas/año. Este dato es a modo informativo para otra etapa del proyecto. Queda fuera del alcance en el presente proyecto el cálculo y diseño del Sistema de Protección Contra Rayos (SPCR).

### 5.1.2. Exposición Ambiental Del Inmueble

La obra Cisterna de Mezclas Malvinas Argentinas, con ubicación en el partido Malvinas Argentinas, provincia de Buenos Aires, se encuentra expuesta a las condiciones ambientales que se muestra en la tabla 4 y son consideradas convencionalmente como normales dentro de la mayor parte del territorio de la República Argentina según la reglamentación AEA90364-7-771.

**Tabla 4**

Condiciones de utilización del inmueble Cisterna de Mezclas Malvinas Argentinas

Utilización	Código	Descripción
Capacidad de las personas	BA1	Normal u ordinaria
	BA4	Instruidos en seguridad eléctrica
Resistencia eléctrica del cuerpo humano	BB1	Normal
Contacto con personas al potencial de tierra	BC2	Bajo
Condiciones de evacuación ante un siniestro	BD1	Baja densidad ocupacional y condiciones fáciles de evacuación
Naturaleza de los materiales procesados o almacenados	BE1	Riesgos insignificantes (Normal)
Materiales de construcción	CA1	No combustibles (Normal)
Proyecto de edificio	CB1	Riesgo despreciable

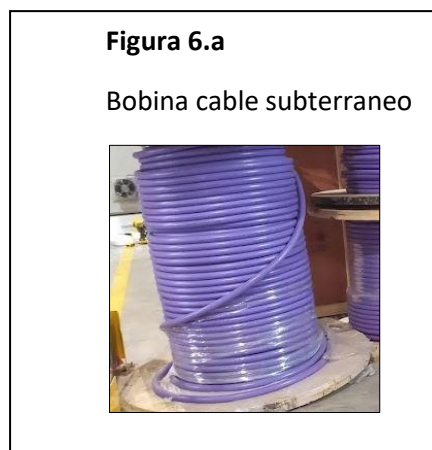
En base a las condiciones de utilización del inmueble, del [anexo A, tabla A5] se concluye emplear en el presente proyecto, para todo el montaje eléctrico en campo, bandejas portables o cañerías del tipo metálicas en conjunto con cañerías de PVC enterradas a 0,7 [m] bajo el nivel del terreno. En el interior del tablero general en baja tensión (TGBT) y tableros seccionales (TS) los conductores y cables quedan alojados en cablecanales con tapas removible de material aislante de



PVC y no propagante de llamas. Los cables a emplear son del tipo subterráneos IRAM 2178, figura 6, tanto para la alimentación eléctrica principal de la planta y de todas las cargas en campo (mediante el tendido por bandejas portacables o caños enterrados de material PVC). En el interior de los tableros, los conductores a emplear son del tipo unipolares flexibles IRAM NM 247-3 (conocidos comúnmente como cables unipolares flexibles para instalación en cañería interior tipo mampostería), figura 7. El mismo para utilizar en el cableado interno de tableros eléctricos y para equipotencializar todas las masas eléctricas del inmueble, siendo en este último caso conductor de Protección Eléctrica (PE) color verde y amarillo según IRAM NM 247-3 a instalar en bandejas portacables y cañerías enterradas.

**Figura 6**

Cable subterráneo IRAM 2178



**Figura 7**

Conductor flexible IRAM 247-3



### 5.1.3. Descripción De Enclavamientos y Funcionamiento Del Sistema

De acuerdo con el documento “Memoria Descriptiva de Funcionamiento y Enclavamientos de la Cisterna Malvinas Argentinas” (bhysa et al., 2023, pág 2-17) con referencia al documento Diagrama de Procesos (P&D) - Malvinas Argentinas, (bhysa et al., 2023, pág 1) [véase plano en anexo I] se obtienen las secuencias de funcionamiento en los procesos de operación: normal, carga de cisterna e impulsión de agua potable a la red, con sus respectivos enclavamientos por nivel, tenor de nitratos y residuo conductimétrico, de cada equipo e instrumento de medición, que reportan a un controlador lógico programable (PLC) central, en adelante nombrado (PLC100). Este PLC se ubicará en el tablero de Automatismos y tendrá como objetivo el control y acción, en modo automático, de todas las partes que intervienen y se indican en el diagrama de procesos P&D.

Para poder describir cada uno de los procesos e identificar su ubicación en la obra, se divide en 5 circuitos, siendo:

- a) Circuito de alimentación a Cisterna de Reserva de Agua;
- b) Circuito de Impulsión a la red;
- c) Circuito de control y monitoreo de calidad de agua de impulsión a la red;
- d) Circuito de dosificación de hipoclorito de sodio.
- e) Circuito de presurización

#### 5.1.3.1. Circuito De Alimentación a Cisterna De Mezcla

La cisterna de mezcla será alimentada desde tres corrientes de agua diferentes, siendo:

- Agua superficial proveniente de la planta Juan Manuel de Rosas:

Dispone en el ducto de ingreso a la cisterna de mezcla, los siguientes equipos e instrumentos de medición que reportan y responden al PLC de control, (PLC100);

- Caudal, (FT100).
- Válvula de alimentación, (VDB 100).
- Agua de una batería de pozos existentes en el acuífero Puelche:

Dispone en el ducto de ingreso a la cisterna de mezcla, los siguientes equipos e instrumentos de medición que reportan y responden al PLC de control, (PLC100);

- Caudal, (FT200).
- Conductímetro, (CI 200).
- Válvula de alimentación, (VDB 200).
- Agua de una nueva perforación del acuífero Hipopuelche:

Pozo a ejecutar en el predio interno de la planta. Dispone en el ducto de ingreso a la cisterna de mezcla, los siguientes equipos e instrumentos de medición que reportan y responden al PLC de control, (PLC100);

- Caudal, (FT 300).
- Presión, (PI 300).
- Conductímetro, (CI 300).

A su vez, la electrobomba sumergible a instalar (BS 300) en la nueva perforación del acuífero Hipopuelche, cuenta con:

- Sensor de humedad en el estator, (MT300).
- Sensor de temperatura en el estator, (TT300).

#### **5.1.3.1.1. Cisterna De Mezcla y Reserva De Agua**

La cisterna cuenta con un volumen de 2000 m<sup>3</sup> de capacidad útil, con un sobrante que conlleva a un desagüe y que luego deriva a un canal pluvial. Esta cisterna cuenta con un sensor/trasmisor de nivel continuo tipo ultrasónico, (LT400), para reportar de manera permanente la altura de agua y también distintos sensores tipo pera que actúan como switch en diferentes niveles y estados que son:

- Nivel mínimo, (LSLL400).
- Parada de electrobombas, (LSL400).
- Arranque de bombas, (LSH400).
- Nivel máximo, (LSHH400).

Luego, a través del instrumento (LT400) comandar las secuencias de suministro de agua a la cisterna de mezcla, donde el nivel de Set Point que se busca mantener en el mismo es de 2,5 metros de altura. Con este objetivo, arrancan/paran las distintas electrobombas que alimentan la cisterna siguiendo una lógica establecida. El nivel máximo de cisterna es de 3,0 metros, por lo que, si el mismo se aproxima a este valor, se ordena la parada de todo el suministro de agua.

#### **5.1.3.1.2. Control De Nivel En La Cisterna De Mezcla**

El sistema de control automático de la cisterna de mezcla es por nivel, es decir la activación y parada del sistema de llenado y mezcla es controlado por un sensor de nivel ultrasónico, (LT400), instalado en la cisterna que se conecta al (PLC100) vía analógica de 4-20 mA. Como respaldo se tiene como seguridad las 4 (cuatro) peras de nivel que son muy alto (LSHH400), alto (LSH400), bajo (LSL400), y muy bajo (LSLL400), en caso de falla en el sensor ultrasónico.

#### 5.1.3.1.3. Régimen De Carga De La Cisterna De Mezcla

En el régimen de carga normal de la cisterna de mezcla, a la misma le convergen 3 fuentes de agua. Para que esto ocurra, se debe tener las válvulas (VDB100), (VDB200) y (VDB300) en estado abierto y la electrobomba, (BS300) encendida. Dichas válvulas son con actuador a diafragma, con lo cual requieren de aire comprimido y electricidad para su accionamiento.

Cabe aclarar que el grado de regulación de apertura/cierre de las válvulas (VDB100), (VDB200) y (VDB300) es controlada por el (PLC100) mediante una señal 4-20 mA proveniente de sus canales de salida analógica. Esta última varía de acuerdo a determinados lazos de control cerrado vinculados con los caudalímetros, (FT100) y (FT200), para mantener constante los caudales de diseño. Además, y en cierta similitud con lo anterior se determina la velocidad de la electrobomba, (BS300), a través del caudalímetro, (FT300), y su variador de frecuencia.

De esta manera, se asegura mantener la proporción de mezcla de cada una de las corrientes de agua para asegurar los parámetros fisicoquímicos de agua potable como ya se mostró en tabla 1, del presente proyecto, a razón de los siguientes caudales de diseño:

- Agua Superficial: 350 m<sup>3</sup>/h.
- Agua de pozos del acuífero Puelche: 270 m<sup>3</sup>/h.
- Agua de pozos del acuífero Hipopuelche: 150 m<sup>3</sup>/h.

#### 5.1.3.2. Circuito De Impulsión a La Red

La impulsión a la red es lograda mediante electrobombas<sup>3</sup> centrífugas de turbinas vertical (BS400, BS401, BS402) a instalar sobre la cisterna. Se incluyen 3 (tres) electrobombas que impulsaran un caudal total nominal de operación de 770 m<sup>3</sup>/h con picos que alcancen los 950 m<sup>3</sup>/h. Las

<sup>3</sup> Partes y Definiciones Generales De Bombas Rotodinámicas (Véase anexo G).

velocidades de estas electrobombas son controladas por el (PLC100) bajo una señal 4-20 mA proveniente de sus canales de salida analógica. Este canal de control y mediante variadores de frecuencia corrigen la velocidad de las electrobombas por la acción de un lazo de control cerrado mediante la comparación entre el valor real medido de presión, (PT500), en el ducto de salida con un valor de consigna (Set Point) deseado.

El (PLC100) quien determina, en modo automático, las ordenes de arranque y parada de cada electrobomba del sistema de presurización, mantiene una configuración en marcha de 2+1. Es decir, 2 electrobombas en marcha + 1 en reserva. Esta electrobomba de reserva, se la denomina reserva caliente, ya que la misma se acopla ante cualquier falla que presente algunas de las que están en funcionamiento, con el propósito de mantener constante el funcionamiento de 2 electrobombas en simultáneo.

Estas electrobombas están protegidas por sensores de humedad, (MT400, MT401, MT402), y de temperatura, (TT400, TT401, TT402), en el estator. A su vez, el control de nivel de agua en la cisterna de mezcla mediante el sensor ultrasónico, (LT400), y la protección de respaldo por muy bajo nivel, (LSLL400), harán de protección de marcha por falta de nivel de líquido.

Por otro lado, en la cañería de impulsión a la red se coloca un sensor de presión, (PT600), y un caudalímetro, (FT700), para controlar estas variables de proceso y a su vez modular el funcionamiento de las electrobombas por lazos de control cerrados según la demanda en la propia red de agua.

### **5.1.3.3. Circuito De Control y Monitoreo De Calidad De Agua De Impulsión a La Red**

Desde el colector de impulsión a la red se deriva una cañería de PVC hacia la sala de tablero de calidad donde se monitorea continuamente el agua que es impulsada a la red. Las variables que se miden son:

- Cloro residual, (RCI800).

- Puente Hidrógeno, (pHI800).
- Conductividad, (CI800).
- Concentración de nitratos, (NI800).

#### **5.1.3.4. Circuito De Dosificación De Hipoclorito De Sodio**

El sistema de dosificación está compuesto por 2 (dos) electrobombas dosificadoras, (BD600, BD601), tanque de preparación/almacenamiento, filtros y válvulas. El (PLC100) quien determina las ordenes de arranque y parada automáticamente de cada electrobomba dosificadora, mantiene una configuración de marcha 1+1. Es decir, 1 electrobomba en marcha + 1 electrobomba de reserva. Esta electrobomba de reserva se la denomina de reserva caliente, ya que la misma se acopla ante cualquier falla que presente la que está en funcionamiento con el propósito de mantener constante la dosificación de hipoclorito de sodio.

El caudal a dosificar por estas electrobombas es controlado por el (PLC100) mediante una señal 4-20mA proveniente de sus canales de salida analógica. Este será proporcional y en relación a la señal obtenida por este mismo (PLC100) del analizador de cloro libre, (RCI800).

Para el control del nivel de los tanques de dosificación, (TK600/TK601), se prevén flotantes que limitan la altura máxima y mínima del líquido, (LSH600/LSH601) y (LSL600/LSL601), respectivamente, emitiendo una señal de alarma de proceso identificativa. En el caso de alarma por bajo nivel, (LSL600/LSL601), detienen el funcionamiento de las bombas dosificadoras para evitar trabajar sin líquido.

Por último, el monitoreo de cloro libre se lleva a cabo por un analizador de cloro libre residual (RCI800), con punto de muestreo en el tubo de impulsión de las electrobombas a la red, a los efectos de monitorear este importante parámetro de calidad del agua destinada al consumo humano.

### **5.1.3.5. Circuito De Presurización a La Red De Distribución**

El recorrido de presurización a la red de distribución, parte inicialmente de las cisternas de agua, la cual contiene agua potable formulada a partir de la mezcla de agua proveniente de las tres fuentes mencionadas anteriormente. Esta mezcla es clorada mediante dosificación de hipoclorito de sodio en el ingreso a la cisterna de mezcla.

La cisterna de mezcla posee un volumen útil de 2000 m<sup>3</sup> y cuenta con el sensor de nivel ultrasónico, (LT400), para operar como enclavamiento para el funcionamiento operativo del sistema de bombeo a la red. Mediante este sensor, (LT400), se cumplirán las funciones de protección y enclavamientos para las electrobombas que se encuentren en funcionamiento, (BS400, BS401, y BS402), ya sea por bajo nivel y superior para prevenir rebalse, ordenando en este último la parada de la electrobomba, (BS300), y el cierre de las válvulas actuadas, (VDB100 y VDB200). Por otro lado, mediante la pera de nivel, (LSLL400), que actúa como contacto por muy bajo nivel en la cisterna de mezcla, agrega una protección de respaldo a las electrobombas para que estas no funcionen sin agua, dando la orden de parada ante esta situación.

#### **5.1.3.5.1. Lógica De Funcionamiento De Las Electrobombas De Impulsión a La Red**

Como ya se explicó, la presurización de la red se lleva a cabo por las electrobombas, (BS400, BS401, y BS402), manteniendo 2 de las mismas en estado de servicio y 1 en estado de reserva caliente, siendo esta ultima la que se utilizara de manera alternada con las que se encuentran en funcionamiento. La presión de suministro a la red (Set Point) se mantiene a través de un lazo de control cerrado, compuesto por un sensor de presión, (PT500), y el (PLC100) que determina la velocidad de las electrobombas mediante el accionamiento de los variadores de frecuencia.



#### **5.1.3.5.2. Arranque Del Sistema De Presurización**

Al inicio del proceso el (PLC100) envía la señal de marcha para encender la primera de las electrobombas seleccionadas, si la presión en el conducto de salida, transmitido al PLC por un sensor que envía la información en modo analógico 4-20mA es menor que el valor de consigna o Set Point y el variador de frecuencia de dicha electrobomba alcanzó la frecuencia de 50 Hz, se mantendrá en ese valor sin superarlo. En el caso de que esta condición se mantenga durante 1 (un) minuto, el (PLC100) encenderá la segunda electrobomba comenzando desde los 30 Hz hasta alcanzar la frecuencia que asegura la presión de consigna. En esta condición, el sistema se mantendrá funcionando con una bomba a plena carga y la segunda variando para mantener la presión constante.

El proceso inverso ocurre si la presión de impulsión de agua a la red supera el valor de consigna, el (PLC100) deberá bajar la velocidad de la segunda electrobomba hasta alcanzar el valor de consigna. Dada la situación de que se mantenga la condición donde la presión de impulsión es mayor a la de consigna se apagará la segunda electrobomba, quedando en funcionamiento solo la primera electrobomba y regulando esta última la presión del sistema bajo el accionamiento del variador de frecuencia.

Por último, si la presión en el conducto de salida sigue siendo mayor que el valor de consigna y también solo hay un variador de frecuencia en funcionamiento y este llega a la frecuencia mínima de 30 Hz, se mantendrá en ese valor sin disminuirlo y en caso de que esta condición persista por 1 (un) minuto, el (PLC100) debe reportar una alarma en la pantalla HMI ubicada en el tablero de automatismos, para que los operarios procedan a intervenir.

Hasta aquí y a modo informativo se describe la lógica de funcionamiento de la planta, todo diagrama funcional de lógica y enclavamientos del sistema queda fuera del alcance del presente proyecto, con propósito de proyectos futuros.

#### **5.1.4. Especificaciones Técnicas De La Obra Electromecánica**

El proyecto electromecánico se compone de una estación de rebombéo a red de distribución, con bombas centrifugas de turbina vertical sumergidas, con motor en superficie, una instalación de dosificación de hipoclorito de sodio, con tanques contenedores y bombas dosificadoras, la instalación de una bomba sumergible de pozo en la perforación al acuífero Hipopuelche, la repotenciación eléctrica de una bomba sumergible de pozo en la perforación del acuífero Puelche, y las cañerías, válvulas, accesorios, instrumentos, etc., necesarios para el correcto funcionamiento de la planta. Como alcance del presente proyecto, solo se describen las especificaciones técnicas de todos los sistemas de bombeo y que serán de estudio posteriormente para el cálculo y diseño del sistema eléctrico de potencia.

##### **5.1.4.1. Estación De Bombeo a La Red**

En la tabla 5, se muestran los datos garantizados de las electrobombas de impulsión a la red. La estación de bombeo está compuesta por 3 (tres) electrobombas centrifugas de turbina vertical con cuerpo sumergido, accionadas directamente por motores eléctricos verticales en superficie, estando como máximo 2 (dos) en funcionamiento y 1 (una) en reserva. Para realizar las tareas de izaje y descenso de las bombas se ha proyectado un puente grúa con aparejos eléctricos y un acceso adecuado sobre la losa de la cisterna transitable. Sobre la impulsión a la salida del múltiple se complementa la instalación con las correspondientes válvulas de cierre tipo esclusa, válvulas de retención, válvula de aire triple efecto, válvula de alivio para prevenir los efectos transitorios hidráulicos y uniones de desarme. Las bombas impulsan el líquido por medio de tuberías individuales hasta un múltiple de impulsión que luego converge a un único conducto de alimentación a la red de 600 mm de diámetro. Ver figura 8.

**Tabla 5**

Datos garantizados electrobombas de impulsión a la red

Cantidad	3 (tres)	
Ubicación	En sala de bombas	
Marca	RuhrPumpen	
Tipo	Bomba centrífuga vertical con cuerpo sumergido y motor en superficie.	
Servicio	Alternado	
Sistema de Funcionamiento	2 (dos) en funcionamiento + 1 (una) en reserva caliente	
Horas de operación	24.00 Hs / día	
Modelo	VTP-14D-275-1770	
País de origen	México	
Representante en Argentina	RuhrPumpen	
Características generales de la bomba	Fluido	Agua
	Caudal	500.00 [m <sup>3</sup> /h]
	Cuerpo	Acero inoxidable AISI 316 o 304
	Fluido / Temperatura	Agua / ambiente
	Altura Manométrica	30.00 [m.c.a]
	Potencia Mecánica	56.90 [KW]
	Tipo de rotor	Impulsor
	Masa aproximada (con motor)	1250.00 [Kg]
Características generales de Motor	Marca	WEG
	Nivel de eficiencia	IE4 Super Premium Efficiency
	Potencia Nominal, P2	75.00 [KW]
	Rendimiento, $\eta$	0.96
	Cos $\phi$	0.82
	Velocidad de rotación	1490.00
	Tensión nominal, Un	0.4 [KV]
	Corriente nominal, In	145 [A]
	Corriente de arranque, Ia	8.5 In
	Frecuencia	50 [Hz]
	Protección / Aislación	IP 55 / Clase F
Arranque	Variador de Frecuencia (VDF)	
Regímen de Servicio	S1	

Características generales de Motor	Accesorios	(Con) Medidor de temperatura y vibraciones
	Temperatura ambiente	-20°C hasta +40°C
	Masa aproximada motor	836 [Kg]

**Figura 8**

Electrobombas de impulsión a red



#### 5.1.4.2. Electrobomba De Toma Pozo Acuífero Hipopuelche

En la tabla 6, se muestran los datos garantizados de la electrobomba para la extracción de agua del Acuífero Hipopuelche. La toma del Acuífero está comprendida en una cámara de bombeo compuesta de cañería de impulsión, accesorios y piezas especiales, la electrobomba sumergible de la perforación, la manguera de elevación, los instrumentos, etc. La electrobomba es centrífuga, del tipo multicelular, apta para operar con agua potable. Es accionada por un motor eléctrico de eje vertical y lubricado por agua. En la figura 9 se representa el cuerpo bomba-motor y en la figura 10 únicamente el motor eléctrico de dicha bomba.

**Tabla 6**

Datos garantizados electrobomba de toma acuífero hipopuelche

	Cantidad	1(una)
	Ubicación	Acuífero Hipopuleche
	Marca	Grundfos
	Tipo	Sumergible
	Modelo	SP 215-2
	País de origen	Dinamarca
	Representante en Argentina	Grundfos
Características generales de la bomba	Fluido	Agua
	Caudal	215 [m <sup>3</sup> /h]
	Cuerpo	Acero inoxidable AISI 316 o 304
	Altura Manométrica	49 [m.c.a]
	Potencia Mecánica	30.00 [KW]
	Tipo de rotor	Impulsor
	Peso (con motor)	237.00 [Kg]
Características generales de Motor	Marca	Grundfos MMS8000
	Potencia Nominal, P2	45.00 [KW]
	Rendimiento, $\eta$	0.86
	Cos $\phi$	0.82
	Velocidad de rotación	2800 / 2900
	Tensión nominal, Un	0,4[KV]
	Intensidad nominal, In	96.5 [A]
	Intensidad de arranque	6.In
	Frecuencia	50 Hz
	Protección / Aislación	IP 68 / F
	Arranque	Variador de Frecuencia (VDF)
	Regímen de Servicio	S1
	Accesorios	(Sin) Medidor de temperatura y vibraciones
	Temperatura ambiente	Sin especificar
Masa aproximada	177 g]	

**Figura 9**

Electrobomba sumergible, (cuerpo bomba – motor), para toma de agua en Acuífero Hipopuelche



**Figura 10**

Cuerpo motor eléctrico bomba sumergible



#### **5.1.4.3. Electrobomba De Toma Pozo Acuífero Puelche**

En la tabla 7, se muestran los datos garantizados de la electrobomba para la extracción de agua del Acuífero Puelche. La toma del acuífero al igual que la electrobomba del acuífero Hipopuelche está comprendida en una cámara de bombeo compuesta de cañería de impulsión, accesorios y piezas especiales, la electrobomba sumergible de la perforación, la manguera de elevación, y los instrumentos. La electrobomba es centrífuga, y del tipo multicelular, apta para operar con agua potable. Es accionada por un motor eléctrico de eje vertical y lubricado por agua. Ver figura 9 y figura 10 presentada en el ítem anterior.

**Tabla 7**

Datos garantizados electrobomba de toma acuífero puelche

	Cantidad	1(una)
	Ubicación	Acuífero Puelche
	Marca	Grundfos
	Tipo	Sumergible
	Modelo	SP 125-2
	País de origen	Argentina
	Fluido	Agua
	Caudal	125 [m <sup>3</sup> /h]
Características generales de bomba	Cuerpo	Acero inoxidable AISI 316 o 304
	Altura Manométrica	40 [m.c.a]
	Potencia Mecánica	18.01 [KW]
	Tipo de rotor	Impulsor
	Masa aproximada (con motor)	137 [Kg]
Características generales de Motor	Marca	Grundfos MMS6000
	Potencia Nominal, P2	22.00 [KW]
	Rendimiento, $\eta$	0.795
	Cos $\phi$	0.84
	Velocidad de rotación	2800.00 / 2900.00
	Tensión nominal, Un	0.4[KV]
	Intensidad nominal, In	47.5 [A]
	Intensidad de arranque	6.In
	Frecuencia	50 Hz
	Protección / Aislación	IP 68 / F
	Arranque	Variador de Frecuencia (VDF)
	Regímen de Servicio	S1
	Accesorios	(Sin) Medidor de temperatura y vibraciones
	Temperatura ambiente	Sin especificar
Masa aproximada	65 [Kg]	

#### 5.1.4.4. Electrobomba De Achique

En la tabla 8, se muestran los datos garantizados de la electrobomba para la extracción de agua de la cámara de desagüe de la cisterna, figura 11. Con aplicación para socorrer desbordes de agua proveniente de la cisterna, la planta cuenta con una electrobomba para drenaje sumergible en la cámara de aspiración.

**Tabla 8**

Datos garantizados electrobomba de achique

	Cantidad	1(una)
	Ubicación	Cámara de aspiración
	Marca	Grundfos
	Tipo	Sumergible de drenaje
	Modelo	DWK.O.10.80.37.5.0D.R
	País de origen	Dinamarca
	Representante en Argentina	Grundfos
Características generales de la bomba	Fluido	Agua
	Cuerpo	Acero inoxidable AISI 316 o 304
	Caudal	50.00 [m <sup>3</sup> /h]
	Altura Manométrica	6.50 [m.c.a]
	Potencia Mecánica	Sin Especificar
	Tipo de rotor	Impulsor
	Masa aproximada (con motor)	96.00 [Kg]
Características generales de Motor	Marca	Grundfos
	Nivel de eficiencia	Sin especificar
	Potencia Nominal, P2	3.7 [Kw]
	Potencia Eléctrica, P <sub>100%</sub>	4.26
	Rendimiento, η	0.869
	Velocidad de rotación	2800.00 / 2900.00
	Tensión nominal, Un	0.4[KV]
	Intensidad nominal, In	7.1[A]
	Intensidad de arranque	6.In
Frecuencia	50 [Hz]	



Protección / Aislamiento	IP 68 / F
Arranque	Directo
Regímen de servicio	S1
Accesorios	(Con) Medidor de temperatura PTO
Masa aproximada	Sin especificar

**Figura 11**

Electrobomba para drenaje



#### 5.1.4.5. Electrobombas De Dosificación

En la tabla 9, se muestran los datos garantizados de la electrobomba para la dosificación de hipoclorito de sodio. Para la dosificación del hipoclorito de sodio, se cuenta con dos (2) electrobombas a diafragma, 1 (una) en servicio y 1 (una) de reserva caliente. Las bombas se construirán con materiales resistentes a la corrosión que pueda producirse debido a la acción del hipoclorito de sodio. Las bombas dosificadoras son accionadas por motor eléctrico directamente acoplado, con la posibilidad de efectuar la variación de caudal. Ver figura 12.

**Tabla 9**

Datos Garantizados electrobombas de dosificación

Cantidad	2 (dos)	
Sistema	1 (una) en funcionamiento + 1 (una) en reserva caliente	
Ubicación	Impulsión a red	
Marca	Grundfos	
Tipo	A diafragma	
Modelo	DDA 60-10 AR-PVC/E/CF	
País de origen	Dinamarca	
Representante en Argentina	Grundfos	
Características generales de la electrobomba	Fluido	Hipoclorito de sodio
	Concentración	80.00 %
	Cabezal de dosificación	PVC
	Caudal	60.00 [l/h]
	Altura Manométrica	10.00 [bar]
	Potencia Eléctrica, $P_{100\%}$	0.062 [Kw]
	Peso (con motor)	6.00 [Kg]
	Tensión	0,22[KV]
	Frecuencia	50 [Hz]
	Protección	IP 65
	Entrada analógica	0/4-20mA
	Salida analógica	0/4-20mA
	Control de contactos	Si
	Parada adicional	Si
	Relés de salida	2
Comunicación por autobús	Si	

**Figura 12**

Electrobomba para dosificación de hipoclorito de sodio



#### **5.1.5. Apararmenta De Protección General Circuitos Eléctricos De Potencia**

El diseño eléctrico de la obra se ajusta a la aplicación de dispositivos de protección, medición y de accionamientos de la marca Schneider. En lo que respecta a los dispositivos de protección, a lo largo del documento, se va haciendo referencia a los mismos mediante su código comercial de donde se extraen las curvas de protección correspondiente obtenidas de catálogos del fabricante. Para mayor detalle de los dispositivos de protección a utilizar en el presente proyecto (véase anexo D).

## 5.2. Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia

El presente apartado corresponde con el Cálculo y Diseño del Sistema Eléctrico de Potencia (CyDSEP) para garantizar la seguridad operativa y del personal bajo el cumplimiento de la reglamentación vigente de la AEA 90364-7-771 en sus correspondientes cláusulas según lo expuesto en el (anexo A). Tiene como alcance principal:

- Determinar, el grado de electrificación, número mínimo de circuitos y número mínimo de puntos de utilización de cada uno de los edificios<sup>4</sup> que forman parte de todo el inmueble y definir la Demanda de Potencia Máxima Simultánea de estos sectores.
- Obtener la Potencia Máxima Simultánea correspondiente a los circuitos de usos específicos.<sup>5</sup>
- Determinar la Potencia Eléctrica Máxima Simultánea del inmueble.
- Calcular y diseñar los circuitos de potencia.

En vista general, y para referencia del presente proyecto, se representa en la figura 13 la implantación civil de la obra.

---

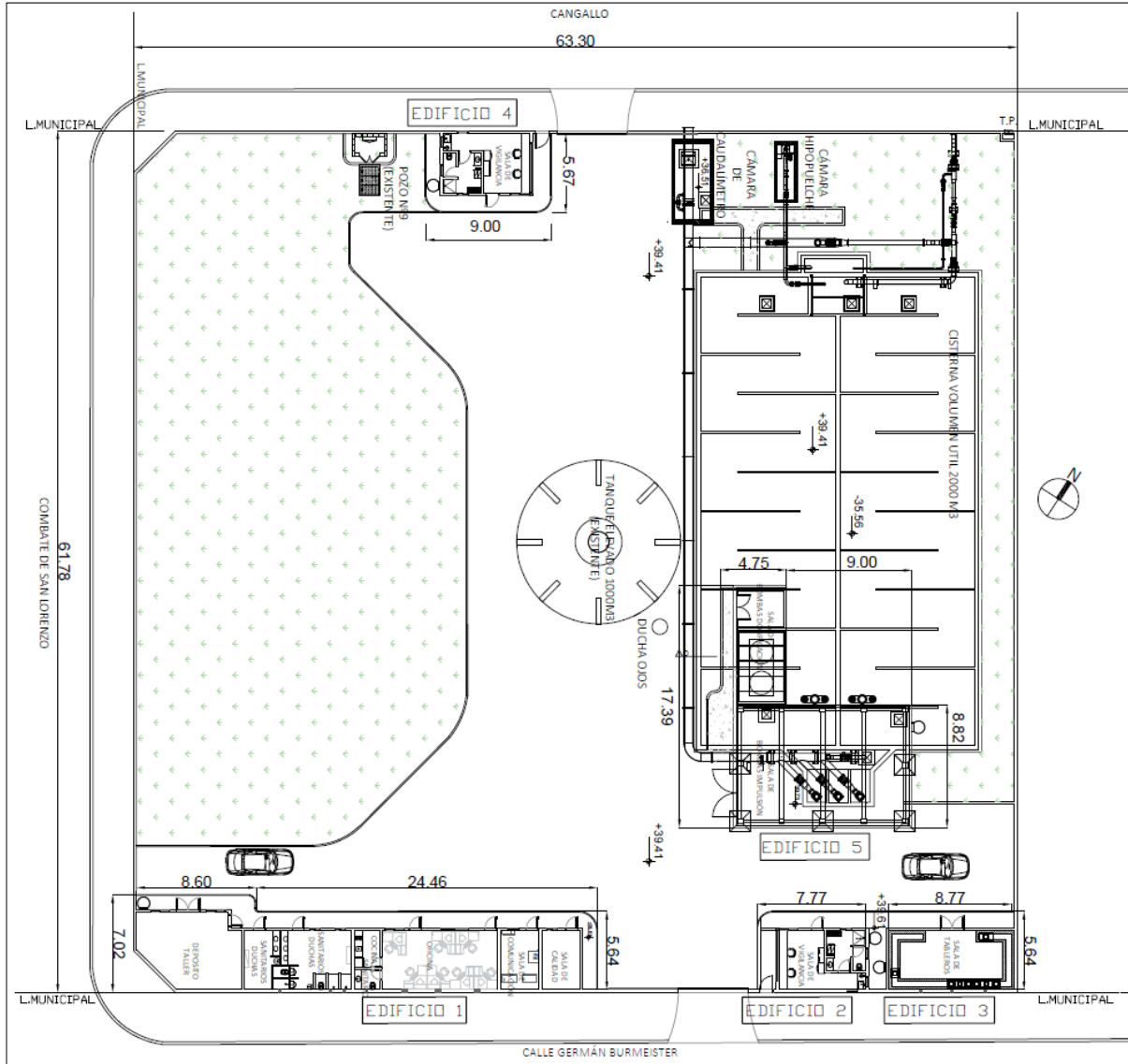
<sup>4</sup> Conformado por 5 (Cinco) edificios, figura 13.

<sup>5</sup> El alcance del presente proyecto corresponde a los circuitos: ACU, ATE, MBTF.

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombeo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

Figura 13

Vista general implantación civil, Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas<sup>6</sup>



<sup>6</sup> Autor Plano Base Civil: Ing. José Fabián Cabeza

### 5.2.1. Demanda De Potencia Simultánea Para Los Circuitos ACU

Se definen circuitos de alimentación a carga única (ACU) a los que alimentan motores eléctricos tipo monofásico o trifásico en corriente alterna, (véase anexo A). En el presente proyecto, se consideran circuitos de alimentación a carga única (ACU) a los que alimentan equipos electromecánicos.

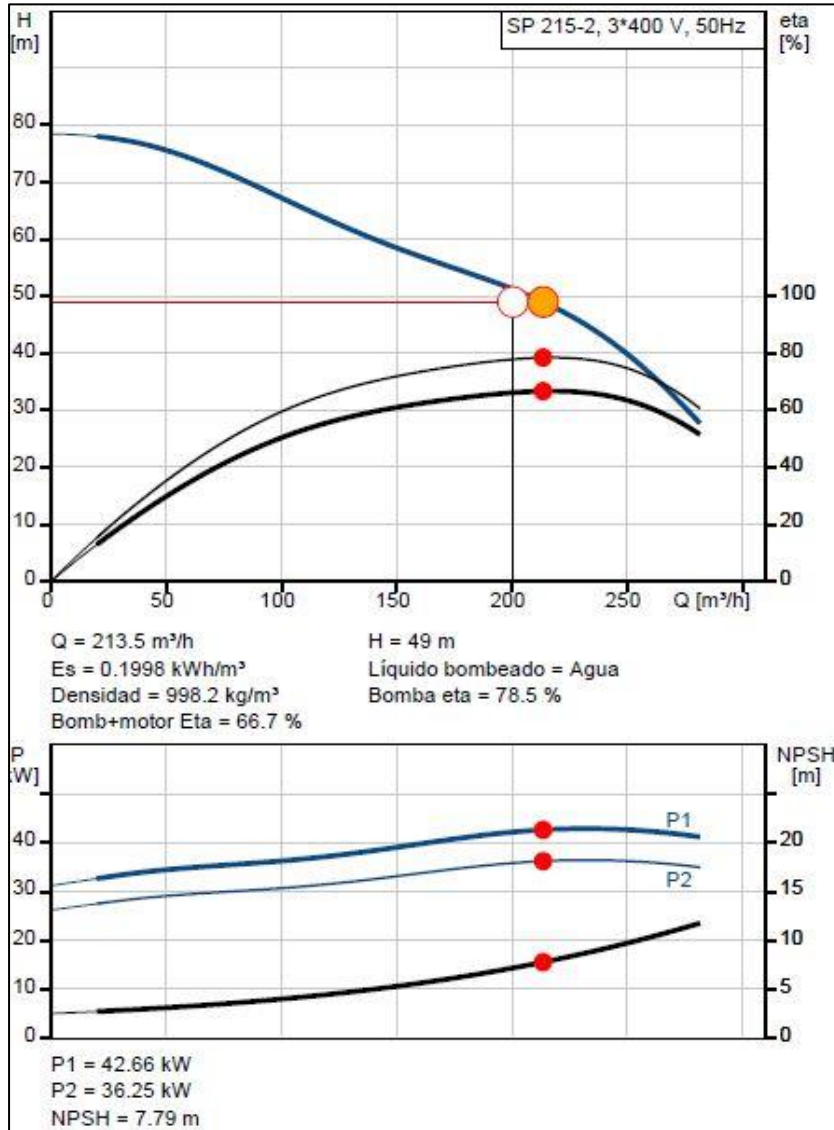
Según lo descripto en el ítem 4.2 “Factores de demanda” la experiencia demuestra que, en general, la potencia eléctrica consumida por una electrobomba es menor que la presentada en la chapa característica del motor eléctrico del fabricante. Esto se demuestra en la figura 14, que corresponde con la electrobomba del Acuífero Hipopuelche. Se observa que, para el punto de trabajo de la bomba<sup>7</sup>, la potencia eléctrica consumida,  $P_{1_{PT}}$ , es de 42.66 [KW], en tanto que la potencia eléctrica consumida a carga nominal del motor,  $P_{1_{100\%}}$ , es de 52.32[KW]. Con esto se demuestra que la electrobomba tiene un factor de utilización, FU, del 81.54%.

Vale aclar que, diversos fabricantes de electrobombas, especifican el valor de potencia consumida para el punto de trabajo como P1, como se puede observar en la figura 14. Esta nomenclatura permite ser discutida porque desde el punto de vista eléctrico, siendo que P1 surge de afectar el valor nominal de potencia en el eje (P2) por el rendimiento eléctrico del motor. Por lo tanto, tiene más sentido nombrar a la potencia eléctrica consumida, para el punto de trabajo considerado, como  $P_{1_{PT}}$ .

<sup>7</sup> Punto de operación a un caudal de 200 [m<sup>3</sup>/h] y a una altura manométrica de 49 metros de columna de agua (m.c.a.).

**Figura 14**

Punto de trabajo electrobomba Acuífero Hipopuelche.<sup>8</sup>



Otro ejemplo se presenta en el sistema de bombeo impulsión a la red. Se observa en la figura 15, para el punto de operación de la bomba<sup>9</sup>, la  $P1_{PT}$ , es de 55.92 [KW], en tanto que la  $P1_{100\%}$  es de 78.12[KW] (ver tabla 5). Con esto se demuestra que la electrobomba tiene un FU, del 71.6 %.

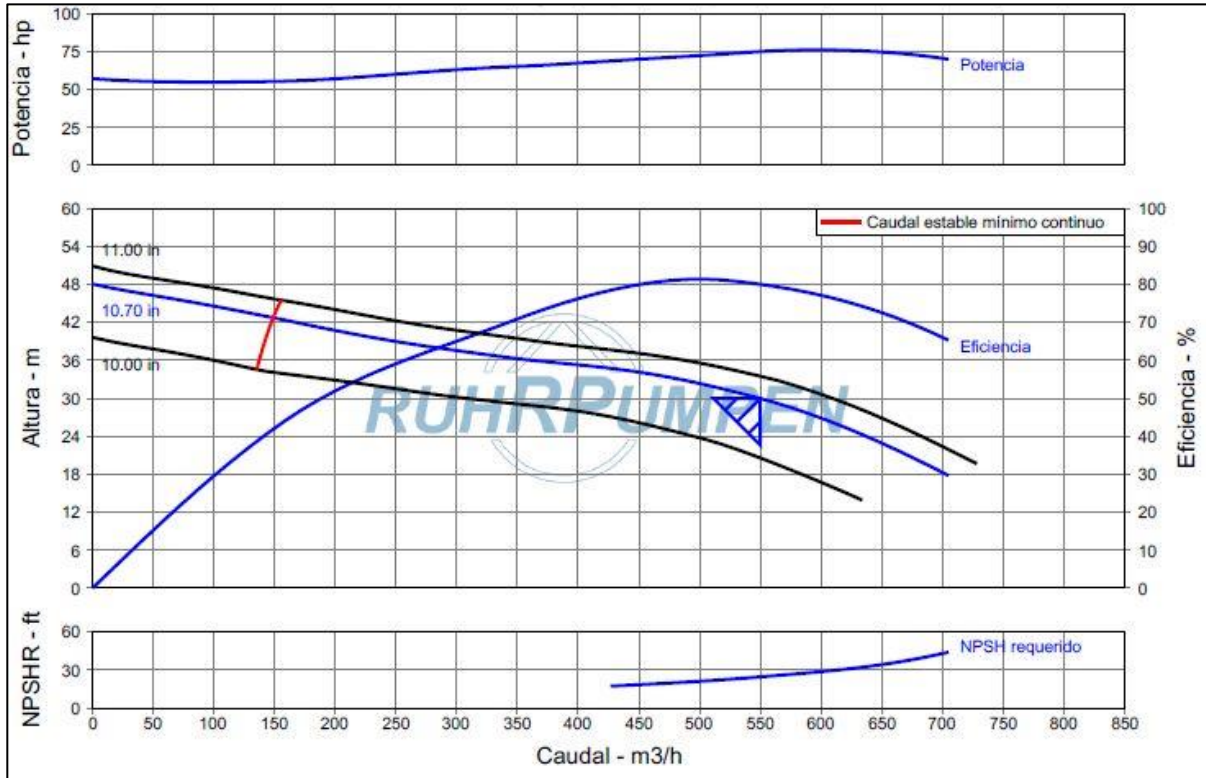
<sup>8</sup> Según datos característicos de fabricante electrobomba Grundfos modelo: SP 215-2. Fuente: Ing. José Fabián Cabeza.

<sup>9</sup> Punto de operación unitario a un caudal de 550 [m³/h] y a una altura manométrica de 30 [m.c.a.].



**Figura 15**

Punto de trabajo electrobomba de impulsión a la red.<sup>10</sup>

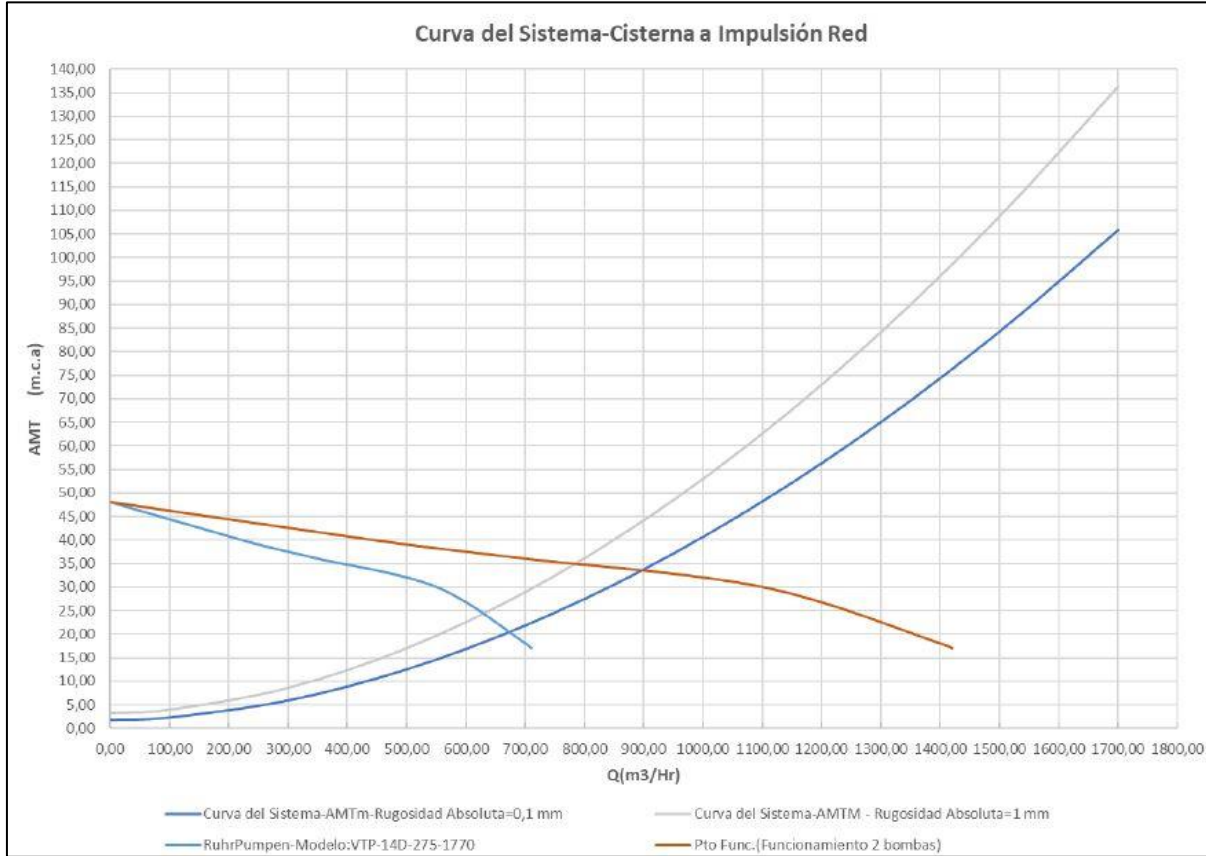


Para el caso particular del sistema de impulsión a la red, que corresponde a un sistema de bombeo 2 (dos) electrobombas en funcionamiento + 1 (una) en reserva caliente, y en el caso de mayor demanda, ambas electrobombas reparten por igual el caudal máximo entregado. En esta condición de funcionamiento se obtiene la figura 16 y que de la misma se elabora la tabla 10.

<sup>10</sup> Según datos característicos de fabricante electrobomba RuhrPumpen modelo: VTP-14D-275-1770. Fuente: Ing. José Fabián Cabeza.

**Figura 16**

Curvas del Sistema bombas de impulsión a la red, para AMTM y AMTm.<sup>11</sup>



**Tabla 10**

Caudales Vs Rendimientos para AMTM / AMTm.<sup>12</sup>

2 Bombas en Funcionamiento. Para AMTM			
Caudal Conjunto [m <sup>3</sup> /Hr]	A.M.T. [m.c.a.]	Potencia Conjunta [HP] / [KW] <sup>13</sup>	Rendimiento Hidráulico Conjunto [%]
770.00	35.00	140.00 / 104.40	75.55
Caudal Unitario [m <sup>3</sup> /Hr]	A.M.T. [m.c.a.]	Potencia Unitaria [HP] / [KW]	Rendimiento Hidráulico Unitario [%]
385.00	35.00	70.00 / 52.20	75.55
2 Bombas en Funcionamiento. Para AMTm			

<sup>11</sup> Fuente: Ing. José Fabián Cabeza.

<sup>12</sup> Fuente: Ing. José Fabián Cabeza.

<sup>13</sup> Multiplicar por el factor 0,7475 para convertir de HP a KW.

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombado De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

Caudal Conjunto [m <sup>3</sup> /Hr]	A.M.T. [m.c.a.]	Potencia Conjunta [HP] / [KW]	Rendimiento Hidráulico Conjunto [%]
870.00	34.00	142.00 / 105.90	79.08
Caudal Unitario [m <sup>3</sup> /Hr]	A.M.T. [m.c.a.]	Potencia Unitaria [HP] / [KW]	Rendimiento Hidráulico Unitario [%]
435.00	34.00	71.00 / 52.90	79.08
Punto de Funcionamiento requerido. Q = 550 m <sup>3</sup> /Hr a Hm = 30 m.c.a.			
Caudal Unitario [m <sup>3</sup> /Hr]	A.M.T. [m.c.a.]	Potencia Unitaria [HP] / [KW]	Rendimiento Hidráulico Unitario [%]
550.00	30.00	75.00 / 55.92	80.07

Siendo:

AMTM = Altura manométrica total máxima, en metros de columna de agua [m.c.a.].

AMTm = Altura manométrica total mínima, en [m.c.a.].

De la tabla 10, se puede observar que para el punto de trabajo de 2 (dos) electrobombas en funcionamiento para la condición de AMTm y máximo caudal entregado del conjunto, caso más desfavorable, corresponde una potencia de grupo consumida de 105.90[KW], repartiéndose en partes iguales de 52.90[KW] cada electrobomba. En este sentido, se tiene para cada electrobomba una  $P_{1PT}$  de 52.90 [KW]. Recordando que la  $P_{100\%}$  de cada electrobomba es de 78.12[KW] se demuestra que, para el conjunto, cada electrobomba trabaja con un FU, del 67.71%.

Una relación directa que guarda el FU es el rendimiento del motor eléctrico. Debido que los motores eléctricos generalmente prestan su mayor rendimiento al 75% de plena carga, los fabricantes de bombas diseñan los equipos para que el motor trabaje en su punto de mayor eficiencia y que generalmente se da en el punto de trabajo de la carga. Por tal motivo, en las curvas características de

los fabricantes de bombas, la  $P_{1PT}$  es menor incluso a la potencia nominal,  $P_2$ , que figura en la chapa característica del fabricante del motor.

Los valores de  $FU$  descriptos hasta aquí es aplicable para un sistema de bombeo con un caudal máximo fijo en el tiempo (sin incrementos del máximo), como por ejemplo un acueducto que abastece de agua a una cisterna de volumen fijo. Tal es el caso que, al ser un caudal con un pico máximo constante en el tiempo (sin variación) y teniendo en cuenta el aumento de la resistencia hídrica en las cañerías producto de la suciedad acumulada en el tiempo, hace que el punto de trabajo se desplace hacia la izquierda en la curva del sistema, figura 16, disminuyendo el caudal con la consiguiente disminución de la potencia eléctrica a futuro.

Considerando la aplicación del sistema de bombeo en la red de distribución de agua, tema del presente proyecto, ocurre todo lo contrario a lo descripto en el párrafo anterior. Producto de la variabilidad del consumo de agua a lo largo del tiempo y las futuras ampliaciones de la red de distribución, hace que el punto de trabajo se desplace hacia la derecha en la curva del sistema, aumentando el caudal de servicio, y consigo un incremento de la  $P_{1PT}$  que se acerca más a futuro al valor de  $P_{100\%}$  del motor. Por lo tanto, desde el punto de vista más conservador, se considera el  $FU = 1$ .

Para obtener la potencia eléctrica máxima simultánea, se realiza la suma aritmética de la potencia eléctrica nominal de cada electrobomba afectado por el rendimiento eléctrico del sistema (conjunto motor – accionamiento).

Las electrobombas de pozo y de impulsión a la red, son accionadas por variador de frecuencia (VDF). En general, la eficiencia eléctrica de los VDF empleados en el presente proyecto se encuentran en un 90%. Entonces, aplicando las ecuaciones 4 y 5 descripta en el apartado 4.2.2 “Factor de simultaneidad”, se determina la potencia eléctrica instalada y simultánea del grupo electromecánico, teniendo en cuenta para el cálculo el valor de  $P_{100\%}$  de cada electrobomba y dicho valor afectado

por el rendimiento del accionamiento. Para esto se tienen en cuenta todas las cargas electromecánicas descritas en el apartado 5.1.4 “Especificaciones técnicas de la obra electromecánica” siendo: 1 (una) electrobomba de toma Acuífero Hipopuelche + 1 (una) electrobomba de toma Acuífero Puelche + 3 (tres) electrobombas de impulsión a red + 2 (dos) electrobombas dosificadoras de hipoclorito de sodio + 1 (una) electrobomba para drenaje.

Entonces, aplicando la ecuación 5, se tiene:

$$\sum_{i=1}^{i=8} P_{i(\text{máx})} = \frac{52.32 + 27.67 + 3 * 78.12}{0.90} + 0.062 * 2 + 4.26 \cong 353,60 [KW]$$

Luego de la ecuación 4-a, se determina la demanda de potencia simultánea del grupo electromecánico ( $DPS_{G1}$ ), teniendo en cuenta que, en base a lo descrito en el ítem 5.1.3 “Descripción de Enclavamientos y Funcionamiento del sistema”, se tienen las cargas eléctricas simultaneas de: 1 (una) electrobomba de toma Acuífero Hipopuelche + 1 (una) electrobomba toma Acuífero Puelche + 2 (dos) electrobombas de impulsión a red + 1 (una) electrobomba dosificadora de hipoclorito de sodio.

Aplicando la ecuación 4-a, se tiene:

$$M = DPS_{G1} = \frac{52.32 + 27.67 + 2 * 78.12}{0.90} + 0.062 \cong 262.54 [KW] \quad (4-a)$$

Por último, aplicando la ecuación 4, se determina el factor de simultaneidad del grupo electromecánico ( $FS_{G1}$ ):

$$FS_{G1} = \frac{262.54 [KW]}{353.60 [KW]} \cong 0.74$$

De los cálculos anteriores, para el sector electromecánico (electrobombas), se obtiene una potencia eléctrica instalada ( $P_i$ ), de 353.60 [KW] y una demanda de potencia simultánea, ( $DPS_{G1}$ ), de

262.54 [KW] obtenido de aplicar un factor de simultaneidad ( $FS_{G1}$ ) de 0,74 y con un FU igual a la unidad. En la tabla 11 se resumen los parámetros eléctricos de todas las electrobombas empleadas.

**Tabla 11**

Parámetros eléctricos y condiciones de funcionamiento del conjunto de electrobombas

Equipo	Cantidad	Funcionamiento	P2 [KW]	P1 <sub>100%</sub> [KW]	FU	$\eta$	$\text{Cos}(\varphi)$	$FS_{G1}$
Electrobomba de impulsión a red	3	1 bomba en marcha + 2 bombas en reserva	75.00	78.12	1	0.96	0.80	0.74
		2 bombas en marcha + 1 en reserva	75.00	78.12	1	0.96	0.80	
Electrobomba Acuífero Hipopuelche	1	Única bomba en marcha	45.00	52.32	1	0.86	0.88	
Electrobomba Acuífero Puelche	1	Única bomba en marcha	22.00	27.67	1	0.795	0.82	
Electrobomba Achique	1	Única bomba en marcha	3.70	4.26	1	0.869	0.90	
Electrobomba Dosificadora	2	1 bomba en marcha + 1 bomba en reserva	0.062	0.062	1	-	-	

### 5.2.2. Demanda De Potencia Simultánea Del Grupo Edificios

El presente capítulo tiene como objeto, en primer lugar, calcular el valor de la  $DPS_{G2}$  y en segundo lugar, determinar el grado de electrificación, número mínimo de circuitos y número mínimo de puntos de utilización de cada uno de los edificios que conforman al inmueble Cisterna de Mezcla Malvinas Argentinas. Para los cálculos eléctricos, el grupo 2 (G2) se divide en subsectores, ver figura 13, y que corresponden a los siguientes edificios:

- Edificio “1”: Comprende de 1 (una) Sala de Comunicaciones, 1 (una) Sala de Depósito/Taller, 1 (una) Sala de Calidad, 1 (una) Sala de Vestuario, 1 (una) Sala de Baños, 1 (una) Sala de Oficina.
- Edificio “2”: Comprende de 1 (una) sala de vigilancia + 1 (una) sala de baños.
- Edificio “3”: Comprende de 1 (una) sala de tableros.
- Edificio “4”: Comprende de 1 (una) sala de vigilancia + 1 (una) sala de baños.
- Edificio “5”: Comprende de 1 (una) sala de bombas de impulsión a la red, 1 (una) sala de bombas para dosificación de hipoclorito de sodio.

Para definir el grado de electrificación de cada uno de los edificios, se calcula el área ocupada (cubierta más el 50 % de la semicubierta), y en función del valor obtenido se determina el grado de electrificación según lo indicado en el reglamento AEA90364-7-771 cláusula 771.8.3.2.1 “Grado de electrificación de las oficinas y locales comerciales constituidos originalmente para tal fin”, que además define tipo y número de circuitos y la demanda de potencia máxima simultánea correspondiente. En la tabla 12, se resume para cada edificio el área total ocupada, grado de electrificación y DPS correspondiente.

**Tabla 12**

Área total ocupada por edificio, grado de electrificación y DPS.

Implantación	Área Cubierta [m <sup>2</sup> ]	Área semicubierta [m <sup>2</sup> ]	Área total [m <sup>2</sup> ]	Grado de Electrificación	DPS [KVA] <sup>14</sup> (Por edificio)
Edificio 1	148.12	21.20	169.32	Elevado	12.2
Edificio 2	29.44	7.83	37.27	Medio	7.8
Edificio 3	40.94	5.40	46.34	Medio	7.8
Edificio 4	30.36	11.07	41.43	Medio	7.8
Edificio 5	136.27	9.20	145.47	Elevado	12.2

En virtud de calcular la  $DPS_{G2}$  se suman los valores de DPS de la tabla 12, para cada uno de los edificios, y dicho valor se afecta por un factor de simultaneidad de grupo  $FS_{G2}$  valor que se adjunta en la tabla 13.

<sup>14</sup> Valores extraídos del reglamento AEA90364-7-771 cláusula 771.8.3.2.1 “Grado de electrificación de las oficinas y locales comerciales constituidos originalmente para tal fin” - Tabla 771.8.IV “Resumen de los grados de electrificación de oficinas y locales comerciales proyectados originalmente para tal fin” -, pág.32.



**Tabla 13**

Coefficientes de simultaneidad para conjuntos de viviendas y locales (unitarios).<sup>15</sup>

Cantidad de viviendas y locales (unitarios)	Factor de simultaneidad (FS <sub>G2</sub> )	
	Grados de electrificación Mínimo y Medio	Grados de electrificación Elevado y Superior
2 a 4	0.9	0.7
5 a 15	0.8	0.6
16 a 25	0.6	0.5
>25	0.5	0.4

Para el caso de 5 edificios, (n=5), y para un grado de electrificación elevado y superior, corresponde un FS<sub>G2</sub> de 0,6. Aplicando la ecuación 5:

$$\sum_{i=1}^{i=5} P_{i(\text{máx})} = 12.20 + 7.80 + 7.80 + 7.80 + 12.20 \cong 47.80[\text{KVA}]$$

Luego aplicando la ecuación 4, despejando y reemplazando “M” por DPS, se tiene:

$$DPS_{G2} = \sum_{i=1}^{i=5} P_{i(\text{máx})} \times FS_{G2} \cong 47.80[\text{KVA}] \times 0.60 \cong 28.68[\text{KVA}]$$

Por lo tanto, se tiene para el sector de edificios una potencia eléctrica instalada (Pi) de 47,80 [KW] y una demanda de potencia simultánea, (DPS<sub>G2</sub>) de 28,68 [KW] obtenido de aplicar un factor de simultaneidad (FS<sub>G2</sub>) de 0,6.

<sup>15</sup> Valores extraídos del reglamento AEA90364-7-771 cláusula 771.9.4.2 “Determinación de la carga total para conjuntos de viviendas y locales (unitarios)” - Tabla 771.9.III “Coeficientes de simultaneidad para conjuntos de viviendas y locales (unitarios)”-, pág.46.

### 5.2.2.1. Determinación De Los Grados De Electrificación En Los Edificios

En la tabla 14, se resume el número y tipos de circuitos para cada edificio en función del grado de electrificación.

**Tabla 14**

Grado de electrificación y número mínimo de circuitos.<sup>16</sup>

Implantación	Grado Electrificación	Número Circuitos	Iluminación	Tomacorriente	Tomacorriente
			Uso General (IUG)	Uso General (TUG)	Uso Especial (TUE)
Edificio 1	Elevado	5	2	2	1
Edificio 2	Medio	3	1	1	1
Edificio 3	Medio	3	1	1	1
Edificio 4	Medio	3	1	1	1
Edificio 5	Elevado	5	2	2	1

La distribución de la cantidad de bocas (puntos de consumo) queda fuera del alcance del presente proyecto.

<sup>16</sup> Valores extraídos del reglamento AEA90364-7-771 cláusula 771.8.3.2.2 “Número mínimo de circuitos en las oficinas y locales comerciales construidos originalmente para tal fin” - Tabla 771.8.V “Resumen de los números mínimos de circuitos de las oficinas y locales comerciales construidos originalmente para tal fin” -, pág.32.

### 5.2.3. Demanda Máxima De Potencia Simultanea

La reglamentación AEA90364-7-77AEA cláusula 771.16.2.5 “Cálculo de alimentadores de tableros de comando y protección de motores y otras cargas”, describe que, si desde el tablero se alimentan además de motores, otras cargas, los conductores de alimentación del tablero deberán estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma del 125 % de la intensidad nominal del motor de mayor potencia más la intensidad nominal de todos los demás motores y cargas con una simultaneidad del 100 %. Y de existir un factor de simultaneidad menor del 100 % y/o enclavamientos que impidan el funcionamiento simultáneo de dos motores o grupos de motores o cargas, la alimentación deberá estar dimensionada para una intensidad no menor a la suma del 125% de la intensidad nominal del motor de mayor potencia más la intensidad nominal de todos los demás motores y cargas con el factor de simultaneidad que corresponda.

En base a lo anterior se calcula la demanda máxima de potencia simultanea (DMPS) mediante la suma del 125% de la potencia nominal del motor más grande y adicionalmente la potencia nominal de todos los demás motores y cargas con el factor de simultaneidad correspondiente. Aplicando la ecuación 4-a, se obtiene la DMPS.

$$DMPS = 1.25 * (P_n \text{ motor más grande}) + DPS_{G1} + DPS_{G2} * 0.85$$

$$DMPS = 1.25 * 86.8[KW] + 262.54[KW] + 28.68 * 0.85 [KW] \cong 395.5 [KW]$$

El valor de la corriente de proyecto<sup>17</sup> ( $I_B$ ) se obtiene con la ecuación 14:

<sup>17</sup> Queda fuera del alcance del presente proyecto el estudio de armónicos y el cálculo/diseño del banco de capacitores. Se asume para los cálculos una corriente sinusoidal y un factor de potencia corregido a 0,95 inductivo.

$$I_B = \frac{DMPS}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos(\varphi)} \quad (14)$$

$$I_B = \frac{395.5 \text{ [KW]}}{\sqrt{3} \times 0.4 \text{ [KV]} \times 0.95} \cong 600 \text{ [A]}$$

Siendo:

$U_n =$  Tensión de línea nominal, en [KV]

$\varphi =$  Angulo de desfasaje entre la corriente y la tensión.

Por último, el valor de potencia aparente de proyecto ( $S_p$ ) se determina con la ecuación 15:

$$S_p = \frac{395.5 \text{ [KW]}}{0.95} \cong 416.3 \text{ [KVA]} \quad (15)$$

#### 5.2.4. Cálculo De La Sección De Conductores / Cables y Dispositivos De Protección

El presente ítem corresponde con calcular la sección de los conductores / cables y dispositivos de protección asociados a cada circuito seccional (CS) y circuito terminal (CT). En base a lo especificado en la reglamentación AEA90364-7-771 cláusula 771.6 “Esquema de distribución eléctrica en inmuebles”, se considera tablero seccional general (TSG), [en adelante tablero general de baja tensión (TGBT)], al que está vinculado eléctricamente al tablero principal (TP) por medio de un CS. El TP se ubica en el pilar de acometida de la distribuidora y es donde se aloja la protección eléctrica principal de todo el inmueble. El TP queda vinculado mediante un circuito principal (CP) al transformador de potencia de la distribuidora.

En lo que respecta al proyecto, el TGBT está conformado por 8 módulos vinculados entre sí, siendo:

Modulo 1: Tablero de Transferencia Automática.

Modulo 2: Acometida Principal.

Modulo 3: Corrección Factor de Potencia

Modulo 4: Centro Control Motor Bomba Impulsión N°1.

Modulo 5: Centro Control Motor Bomba Impulsión N°2.

Modulo 6: Centro Control Motor Bomba Impulsión N°3.

Modulo 7: Centro Control Motor Bomba Acuífero Hipopuelche.

Modulo 8: Centro Control Motor Bomba Acuífero Puelche.

Modulo 9: Tablero de Circuitos Auxiliares.

Para mayor detalle ver Plano N°4 (anexo I).

**5.2.4.1. Cálculo De La Sección Del Cable De Alimentación Principal, Selección y Verificación**

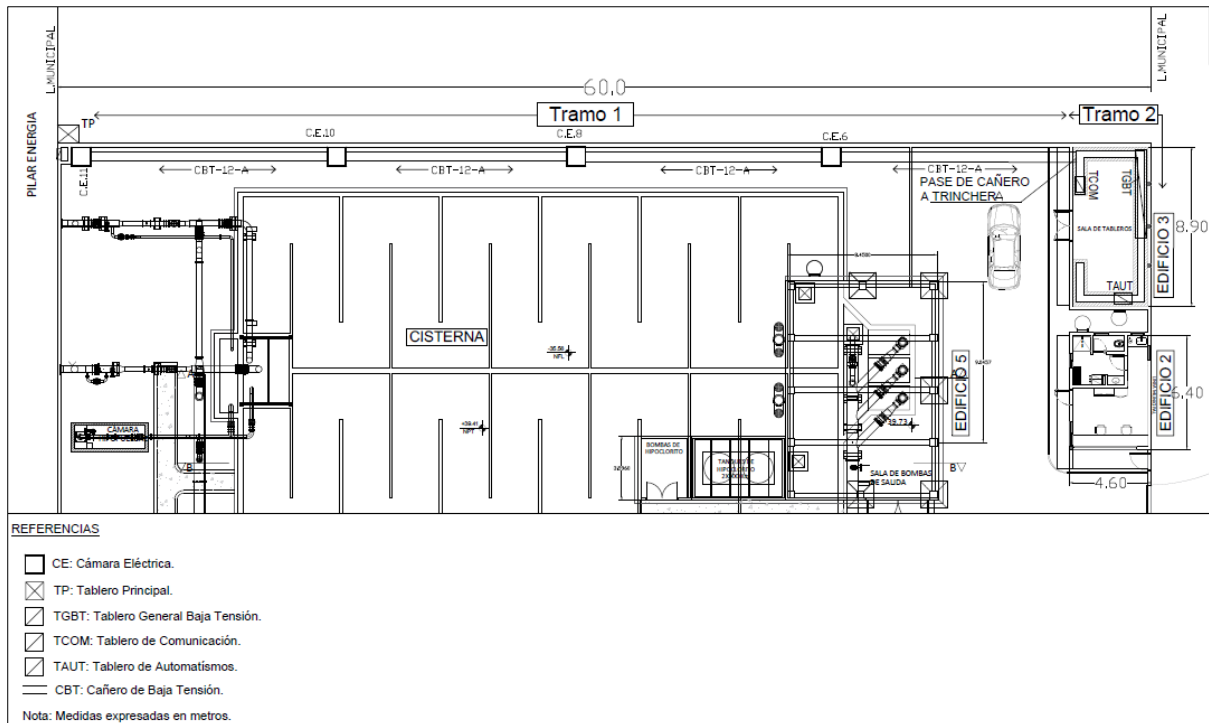
**Del Dispositivo De Protección Asociado**

En lo que respecta a la traza del cable, el mismo está conformado por dos tramos. El tramo 1 (uno), conformado por cañero enterrado a una profundidad de 0.7[m] bajo el nivel del terreno, con un recorrido de 60 [m]. Luego el cable acomete a la sala de tableros a través de canalización abierta (trinchera) por bandeja metálica tipo escalera hasta ingresar al TGBT, el cual su ingreso al TGBT es por la parte inferior y luego finalizar en bornes de tren de barras que luego mediante estas acometen al interruptor automático principal (IA1). Para mayor detalle ver Plano N°4 (anexo I).

En la figura 17 se muestra en detalle general lo descrito en el párrafo anterior. Para mayor detalle ver Plano N°2 (anexo I).

**Figura 17**

Detalle general traza cable alimentación principal



De la reglamentación AEA90364-7-771 cláusula 771.16.2.3 “Cables formados por conductores aislados y envoltura de protección según normas IRAM 2178 y 62266”, se elabora la tabla 15 con las

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombéo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

corrientes admisibles de conductor dispuesto en cañero enterrado, y con las corrientes admisibles de cable dispuesto en bandeja metálica tipo escalera.

De los dos métodos de instalación presentados, se concluye que para tendido de cable bajo el método de instalación 771.16.V-D1 (mediante cañero enterrado), admite una corriente menor respecto a cualquier de los métodos de instalación 771.16.III, F y G (mediante bandeja). Vale decir que la relación promedio porcentual de corriente admisible para los cables con método de instalación D1 respecto a los métodos de instalación F y G es entre un 13.6 % y un 47.0 % respectivamente, con lo cual para el cálculo del cable se debe considerar el método de instalación más conservador, es decir, D1.

**Tabla 15**

Corrientes admisibles para cables de cobre (Cu) con aislación de PVC según IRAM 2178 y relación promedio entre distintos métodos de instalación.

Sección Conductor Cu [mm <sup>2</sup> ]	Método F - Bandeja tipo escalera a 40°C - Tabla 771.16.III.		Método G - Bandeja tipo escalera a 40°C - Tabla 771.16.III.		En cañero enterrado a 25°C y resistividad térmica del terreno de 1km/W. Método D1 - Tabla 771.16.V.
	F1	F2	G2	G1	
	3x1x trébol	3x1x plano	3x1x vertical	3x1x horizontal	
25	96	99	113	127	96
35	119	124	141	157	115
50	145	151	171	191	137
70	188	196	221	244	169

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombéo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

95	230	239	271	297	201
120	268	279	315	345	228
150	310	324	365	397	258
185	356	371	418	453	289
240	422	441	495	535	333
Relación promedio	F1 / D1 1,136	F2 / D1 1,183	G2 / D1 1,337	G1 / D1 1,470	- -

En consideración de que la corriente de proyecto,  $I_B$ , de 600[A] supera a los valores admisibles de los cables propuestos en la tabla 15, se deben instalar más de un cable por fase.

Definiéndose como terna al paquete de conductores que forman las fases (L1, L2, L3, N) para un sistema de distribución trifásico, se procede a calcular el número de ternas, ( $n^{\circ}_t$ ), necesarias para poder abastecer la demanda. Para el cálculo se procede a un método iterativo, donde por cada iteración se suma un número de terna afectado por todos los coeficientes de corrección que se detallan en la ecuación 33. El método finaliza cuando  $n^{\circ}_T$  verifica la corriente admisible de los conductores para la  $I_B$ , esto se da cuando el término de la ecuación 15 es menor o igual a la unidad.

$$A = \frac{I_B}{(\sum n^{\circ}_t * I_Z * F_{C1} * F_{C2} * F_{C3} * F_{C4n^{\circ}_T} * F_{C5n^{\circ}_T})} \leq 1 \tag{15}$$

Siendo,

$I_B$ : Corriente de proyecto (intensidad proyectada de la corriente de carga o corriente de empleo para la cual el circuito fue diseñado.

$n^{\circ}_t$ : Número de terna propuesto tomando como valor inicial 2.

$F_{C1} = 0,95$  Factor de corrección por utilizar conductor de formación flexible (Clase 5 de la IEC 60228 / IRAM NM 280). Las tablas de corriente admisibles confeccionadas por la AEA90364-7-771 están calculadas para cables con conductores de formación rígida (Clase 2 de la IEC 60228 / IRAM NM 280)



$F_{C_2} = 1,00$  Factor de corrección para temperaturas del terreno distintas de 25 °C, para cables enterrados o tendidos dentro de caños o conductos enterrados. Para el presente proyecto, se considera igual a la unidad, es decir temperatura del terreno igual a 25°C. Valores de referencia tabla 771.16.VII – a) de la reglamentación.

$F_{C_3} = 1,00$  Factor de corrección para resistividades térmicas del terreno diferentes de 1 K.m / W. Para el presente proyecto, se considera igual a la unidad. Valores de referencia tabla 771.16.VII – b) de la reglamentación.

$F_{C_{4n^{\circ}T}}$ : Factor de corrección por agrupamientos de cañeros enterrados. Este factor varía en función del número de ternas,  $n^{\circ}T$ , y de la separación entre bordes internos. Valores de referencia tabla 771.16.VII – d1) de la reglamentación.

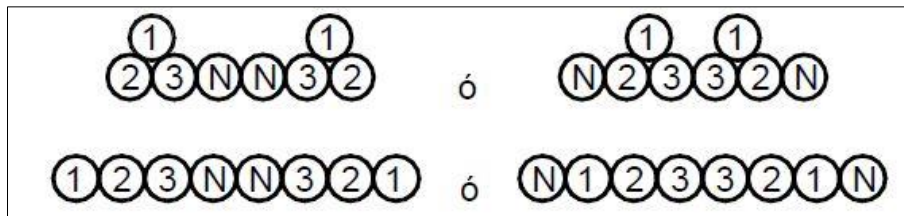
$F_{C_{5n^{\circ}T}}$ : Factor de corrección por asimetría lo que provoca un eventual reparto desigual de corriente entre los conductores y puede originar un calentamiento anormal del mismo. Este factor es igual a la unidad para números pares de ternas y se reduce a 0,8 para valores impares. Valores de referencia tabla 771.16.IV de la reglamentación.

$I_Z$ : Corriente admisible conductor a proteger según método de instalación.

Para el caso de tener que instalar más de un conductor por fase, la AEA90364-7-771 subclausula 771.12.3.13 determina la formación correcta del tendido de los conductores. Para el caso de 2 ternas en paralelo, se debe verificar con uno de los métodos de instalación de la figura 18. Para el caso de 4 ternas en paralelo, el criterio de instalación debe verificar con uno de los métodos de instalación de la figura 19.

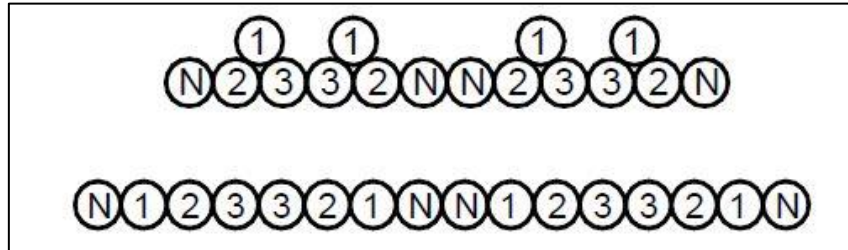
**Figura 18**

Criterio de instalación para 2 ternas en paralelo (2 conductores en paralelo por fase)



**Figura 19**

Criterio de instalación para 4 ternas en paralelo (4 conductores en paralelo por fase)



Debido que el factor de corrección por agrupamiento de cañeros enterrados ( $F_{C4n^oT}$ ) depende de la cantidad de circuitos agrupados, se tienen los distintos factores de reducción en la tabla 16.

**Tabla 16**

Factores de corrección por agrupamiento de circuitos en caños con un solo cable por caño.<sup>18</sup>

Numero de circuitos de dos o tres conductores	Separación (a) entre bordes internos			
	En contacto	0.25 m	0.5 m	1.0 m
2	0.80	0.90	0.90	0.95
3	0.70	0.80	0.90	0.90
4	0.65	0.75	0.80	0.90
5	0.60	0.70	0.80	0.90
6	0.60	0.70	0.80	0.90

En las figuras 20 y 21, se muestra el esquema de instalación que corresponde con la tabla 16. La figura 20 representa un esquema de instalación en tres bolillos y la figura 21 muestra un esquema de instalación coplanar horizontal. Cualquier de los dos criterios de instalación, se debe afectar el agrupamiento de los circuitos por la tabla 16. Por otra parte, “n” representa el número de ternas a

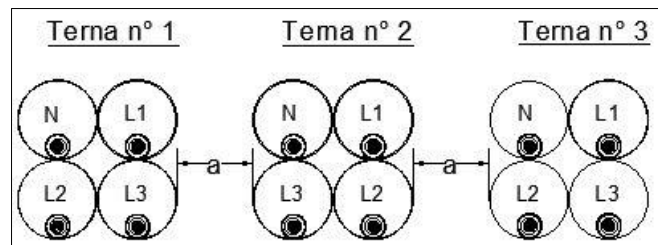
<sup>18</sup> Valores extraídos del reglamento AEA90364-7-771 cláusula 771.16.2.3.5 “Factores de corrección para cables enterrados en forma directa o dentro de caños o conductos enterrados” – Tabla d2) “Un cable unipolar en caño no metálico” -, pág.109.

instalar, que por recomendación de la reglamentación no se debe superar cuatro conductores por fase, es decir un máximo de 4 ternas ( $n = 4$ ).

Por cuestiones de espacio físico para el tendido de cañeros, en el presente proyecto, se aplica el criterio de instalación de la figura 20, se emplean cañeros de PVC rígidos clase 6, en contacto entre bordes internos, es decir con  $a = 0$ .

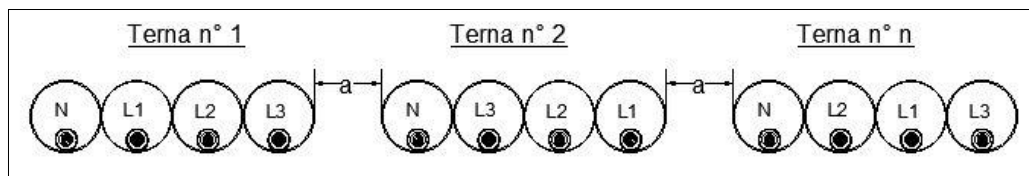
**Figura 20**

Esquema de instalación cañero eléctrico - formación triangulo rectángulo con un cable por caño



**Figura 21**

Esquema de instalación cañero en coplanar horizontal con un cable por caño



#### 5.2.4.1.1. Cálculo Del Número De Ternas a Instalar

En base a la corriente de proyecto calculada de 600[A] y teniendo en cuenta que los valores normalizados de corriente asignada ( $I_e$ ) en los dispositivos de protección, siendo interruptores automáticos en caja moldeada (IA) o (MCCB), son en el rango de: 100[A], 160[A], 250[A], 400[A], 630[A], 800[A] y hasta 6300[A] conforme a IEC60947-2, se deduce que el valor de  $I_e$  inmediato superior a 600[A] del IA a utilizar es de 630[A]. Por tal motivo, se calcula el número de ternas en base al valor de 630[A].

A modo de ejemplo, se realiza el proceso de iteración para el conductor de sección 95[mm<sup>2</sup>].

##### Iteración n°1

$$n^{\circ}_t = 2$$

$$\frac{630 [A]}{2*201[A]*0.95*0.8} \cong 2.06 \rightarrow \text{No verifica } n^{\circ}_t \rightarrow n^{\circ}_t = 3.$$

##### Iteración n°2

$$n^{\circ}_t = 3$$

$$\frac{630 [A]}{3*201[A]*0.95*0.7*0.8} \cong 1.69 \rightarrow \text{No verifica } n^{\circ}_t, \rightarrow n^{\circ}_t = 4.$$

##### Iteración n°3

$$n^{\circ}_{TP} = 4.$$

$$\frac{630 [A]}{4*201[A]*0.95*0.65} \cong 1.26 \rightarrow \text{No verifica } n^{\circ}_t.$$

Por lo tanto, no es factible instalar conductores de 95[mm<sup>2</sup>] siendo que, para el valor de 4 conductores por fase,  $I_B$  supera en un 26% el valor de  $I_z$ .

De esta manera se realiza el proceso de iteración para las restantes secciones de conductores y se resumen en la tabla 17.

**Tabla 17**

Resumen del método iterativo para determinar el número de ternas (n°t)

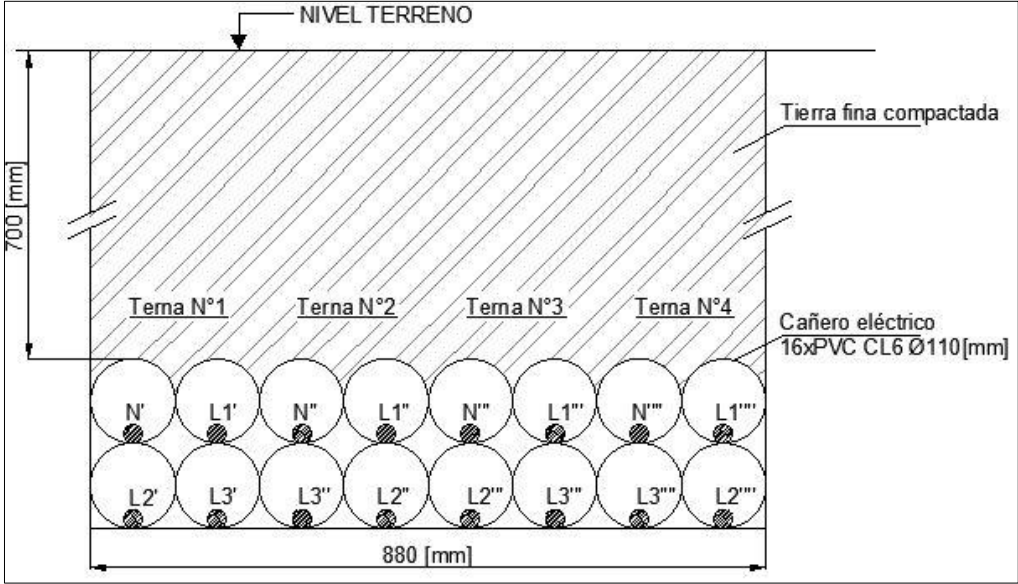
S [mm <sup>2</sup> ]	95	n°t	A	Reserva	Observación
I <sub>z</sub> [A]	201	2	2,06	-	No verifica
I' <sub>B</sub> [A]	630	3	1,96	-	No verifica
		4	1,26	-	No verifica
S [mm <sup>2</sup> ]	120	2	1,81	-	No verifica
I <sub>z</sub> [A]	228	3	1,73	-	No verifica
I' <sub>B</sub> [A]	630	4	1,11	-	No verifica
S [mm <sup>2</sup> ]	150	2	1,6	-	No verifica
I <sub>z</sub> [A]	258	3	1,52	-	No verifica
I' <sub>B</sub> [A]	630	4	0,98	2,0%	Verifica
S [mm <sup>2</sup> ]	185	2	1,43	-	No verifica
I <sub>z</sub> [A]	289	3	1,36	-	No verifica
I' <sub>B</sub> [A]	630	4	0,88	13,6%	Verifica
S [mm <sup>2</sup> ]	240	2	1,24	-	No verifica
I <sub>z</sub> [A]	333	3	1,18	-	No verifica
I' <sub>B</sub> [A]	630	4	0,76	31,6%	Verifica

De la tabla 17, se concluye instalar 4 (cuatro) ternas de cables de 185[mm<sup>2</sup>] más neutro de 95[mm<sup>2</sup>]. Para el neutro, se instala 1 (un) neutro por terna.

Mediante el criterio de instalación presentado anteriormente en la figura 20, y teniendo en cuenta que se requiere instalar 4 conductores por fase, el esquema de instalación definitivo se representa en la figura 22.

Figura 22

Esquema de instalación cañero eléctrico de alimentación principal planta



#### 5.2.4.1.2. Verificación De Los Conductores Por Caída De Tensión

Para el cálculo de la caída de tensión se emplea la ecuación (A11, anexo A), siendo:

$$\Delta U = K.I.L.(R \cos\varphi + X \sin\varphi) [V] \quad (A11)$$

Los valores de la resistencia (R) y reactancia inductiva (X) se pueden obtener de catálogos fabricantes de cables o bien por cálculo directo. Para el caso particular del valor de la reactancia, producto de la particularidad geométrica del tendido eléctrico, figura 22, debe ser calculado. Para esto, mediante la (ecuación A12 y ecuación A13 del anexo A) se obtiene el valor de la inductancia L y el valor de la reactancia X respectivamente para el grupo de conductores, entonces:

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \left( \frac{DMG}{RMG} \right) \quad (A12)$$

$$X = 2\pi.f.L \quad (A13)$$

De las secciones de conductores que verifican la  $I_B'$ , tabla 25, se selecciona conductor de 185[mm<sup>2</sup>] ya que el mismo tiene un buen margen de reserva adicional respecto al valor de la corriente asignada ( $I_e$ ) de la protección asociada. Vale decir, en la jerga eléctrica, que el conductor no se encuentra ahorcado en su diseño. Por lo tanto, aplicando la ecuación A12, se tiene:

$$L \cong 4,16 \times 10^{-4} [H/Km]$$

Y el valor calculado de la reactancia inductiva para el grupo de 4 conductores en paralelo y por fase, aplicando la ecuación A13, es:

$$X = 2\pi.f.L = 2\pi.50[Hz].4,16 \times 10^{-4} [H/Km] \cong 0,131[\Omega/Km]$$

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombado De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

El valor de resistencia eléctrica del conductor, puede ser obtenido directamente de datos característicos del fabricante. En la tabla 18, se muestra los datos característicos para cable de cobre (Cu) unipolar doble aislación según IRAM 2178 de la marca Prysmian Retenax Valio (RV).

**Tabla 18**

Datos característicos cable de Cu, doble aislación IRAM 2178, marca Prysmian RV

Sección nominal [mm <sup>2</sup> ]	Diámetro del conductor [mm]	Espesor de aislación nominal [mm]	Espesor de envoltura nominal [mm]	Diámetro exterior aproximado [mm]	Masa aproximada [Kg/Km]	Resistencia eléctrica a 90°C y 50 Hz [Ohm/Km]	Reactancia a 50 Hz [Ohm/Km]
<b>UNIPOLARES</b>							
4	2,5	0,7	1,4	7	80	6,3	0,187
6	3,0	0,7	1,4	7,6	100	4,2	0,176
10	3,8	0,7	1,4	8,5	145	2,44	0,166
16	4,7	0,7	1,4	9,5	205	1,54	0,159
25	5,9	0,9	1,4	12	315	0,995	0,151
35	7	0,9	1,4	13,5	410	0,707	0,147
50	8,1	1,0	1,4	15	560	0,493	0,144
70	9,6	1,1	1,4	17	755	0,347	0,141
95	11,3	1,1	1,5	19	955	0,264	0,139
120	12,8	1,2	1,5	22,5	1245	0,207	0,136
150	14,3	1,4	1,6	24	1535	0,166	0,137
185	16	1,6	1,6	26,5	1855	0,137	0,137
240	18,4	1,7	1,7	31	2440	0,105	0,134

Para un conductor de 185[mm<sup>2</sup>], la resistencia eléctrica a 90°C y frecuencia de 50[Hz] es de 0,137 [Ω/Km].

$$R \cong 0,137 [\Omega/Km].$$

Considerando una longitud de cableado, desde el tablero principal, TP, hasta la sala de tableros, de 80 [m], se calcula la caída de tensión entre estos dos puntos, con una I<sub>b'</sub> de 630 [A] y un cosφ inductivo de 0,95. Por lo tanto aplicando la ecuación A11 se tiene:

$$\Delta U^{19} = \sqrt{3} \cdot 630[A] \cdot 0,08[Km] \cdot \left( \frac{0,137}{4} \left[ \frac{\Omega}{Km} \right] \cdot 0,95 + 0,131 \left[ \frac{\Omega}{Km} \right] \cdot 0,31 \right) \cong 6.38 [V]$$

<sup>19</sup>El método de cálculo supone una distribución de la corriente igual en todas las fases.



Que en porcentaje representa:

$$\Delta U\% = \frac{6,38[V]}{400[V]} \cdot 100 \cong 1,60$$

Por lo tanto, verifica instalar 4 ternas de conductores, (4 cables por fase), unipolares de 185[mm<sup>2</sup>] por fase activa y unipolares de 95[mm<sup>2</sup>] para neutro; los mismos verifican por corriente admisible y por caída de tensión, siendo esta última menor al 3%.

#### 5.2.4.1.3. Cálculo De La Corriente De Cortocircuito

Para poder seleccionar las protecciones de cabecera asociadas al conductor de alimentación principal, siendo que el poder de corte de la protección debe ser superior al valor de la corriente de cortocircuito, se debe calcular dicha corriente del alimentador principal. AEA90909 “Corrientes De Cortocircuito En Sistema Trifásico De Corriente Alterna” (véase anexo B). En adelante, todas las ecuaciones para los cálculos correspondientes al presente ítem son descriptas en el (anexo B).

En lo que respecta a la provisión de energía eléctrica, la planta se abastece mediante un transformador de distribución, con una potencia aparente de 500[KVA] y una tensión nominal de 13,2 / 0,4-0,22 [KV], figura 23.

#### Figura 23

Transformador de potencia, alimentación eléctrica Planta Cisterna de Mezcla Malvinas Argentinas



#### 5.2.4.1.3.1. Cálculo De La Impedancia De Cortocircuito De La Red De Alimentación

Se calcula el valor de la impedancia de cortocircuito de la red ( $Z_{ccQ}$ ) aplicando la ecuación B2:

$$Z_{ccQ} = \frac{c U_{nQ}^2}{S''_{kQ}} \cdot \frac{1}{tr^2} \quad (B2)$$

Datos de cálculo:

- Potencia aparente de cortocircuito de la red en MT,  $S_{kQ} = 300[\text{MVA}]$
- Tensión nominal de la red en MT,  $U_{nQ} = 13,2[\text{KV}]$ .
- Tensión nominal del transformador, referido al lado de baja tensión (BT),  $U''_{rT} = 0,4[\text{KV}]$ .

Entonces, el valor de la impedancia de cortocircuito de la red, referida al lado de BT, es:

$$Z''_{ccQ} = \frac{(13,2[\text{KV}])^2}{300\text{MVA}} \left( \frac{0,4[\text{KV}]}{13,2[\text{KV}]} \right)^2 \cong 5,33 \times 10^{-4} [\Omega]$$

Luego, el valor de la reactancia y resistencia de cortocircuito de la red, referida al lado de BT se obtiene aplicando la ecuación B3, y B4 respectivamente:

$$X''_{ccQ} = 0,995 Z''_{ccQ} = 0,995 * 5,33 \times 10^{-4} [\Omega] \cong 5,30 \times 10^{-4} [\Omega]$$

$$R''_{ccQ} = 0,1 Z''_{ccQ} = 0,1 * 5,33 \times 10^{-4} [\Omega] \cong 5,33 \times 10^{-5} [\Omega]$$

#### 5.2.4.1.3.2. Cálculo De La Impedancia De Cortocircuito Del Transformador ( $Z_{ccT}$ )

Para calcular la impedancia de cortocircuito del transformador, se aplican las ecuaciones B5, B6, y B7 respectivamente, referidas al lado de BT. Para el transformador de la figura 23, se tienen los siguientes datos característicos:

- Potencia aparente,  $S_{rT} = 500[\text{KVA}]$ ;
- Tensión nominal lado BT,  $U''_{rT} = 0,4[\text{KV}]$
- Tensión de cortocircuito,  $u_{kr} = 4\%$
- Perdidas de cortocircuito,  $P_{krT} = 6000[\text{W}]$

Reemplazando valores en la ecuación 16, se tiene:

$$Z''_{ccT} = \frac{u_{kr} U_{rT}^2}{100\% S_{rT}} = \frac{4}{100\%} * \frac{(0,4[KV])^2}{500[KVA]} \cong 0,0128[\Omega]$$

Luego para calcular el valor de la reactancia y resistencia efectiva de cortocircuito del transformador, referida al lado secundario, se aplican las ecuaciones 19 y 20, respectivamente:

$$R''_{ccT} = \frac{P_{krT}}{3 I_{rT}^2} = \frac{P_{krT} U_{rT}^2}{S_{rT}^2} = \frac{6000[W] * (0,4[KV])^2}{(500[KVA])^2} \cong 3,84 \times 10^{-3} [\Omega]$$

$$X''_{ccT} = \sqrt{Z''_{ccT}^2 - R''_{ccT}^2} = \sqrt{(0,0128[\Omega])^2 - (3,84 \times 10^{-3} [\Omega])^2} \cong 0,0122 [\Omega]$$

#### 5.2.4.1.3.3. Factor De Corrección De La Impedancia Del Transformador

Al valor de impedancia obtenido en el punto anterior, se lo debe corregir aplicando la ecuación

B8:

$$K_T = 0,95 \frac{C_{m\acute{a}x}}{1 + 0,6x_T} \tag{B8}$$

Donde el valor de  $x_T = X_T / (U_{rT}^2 / S_{rT})$  y  $C_{m\acute{a}x}$  corresponde con el factor de tensión nominal del sistema en bornes del lado de BT del transformador de red.

De la tabla B1, el valor de  $C_{m\acute{a}x}$  es igual a 1,05. Por otra parte, se calcula el valor de  $x_T$ , siendo:

$$x_T = X_T / (U_{rT}^2 / S_{rT}) = \frac{0,0122[\Omega]}{\left(\frac{0,4[KV]^2}{500[KVA]}\right)} \cong 0,038 [p. u]$$

Reemplazando el valor de  $C_{m\acute{a}x}$  y  $x_T$  en la ecuación B8, se tiene:

$$K_T = 0,95 \frac{C_{m\acute{a}x}}{1 + 0,6x_T} = 0,95 \frac{1,05}{1 + 0,6 * 0,038} \cong 0,975$$

Por último, el valor de impedancia del transformador corregida queda:

$$Z''_{ccT\_corregido} = Z''_{ccT} * K_T = (R''_{ccT} + jX''_{ccT}) * K_T = (3,84 \times 10^{-3} [\Omega] + j0,0122 [\Omega]) * 0,975$$

$$Z''_{ccT\_corregido} \cong 3,74 \times 10^{-3} [\Omega] + j0,012 [\Omega]$$

#### 5.2.4.1.3.4. Cálculo De La Impedancia De Cortocircuito De La Línea De Alimentación

Para el cálculo de la impedancia del conductor, se debe obtener el valor de resistencia y el valor de la reactancia. Para el cálculo de la resistencia se aplica la ecuación B9:

$$R_L = \frac{\rho}{q_n} \quad (B9)$$

Con valor de resistividad del cobre (Cu),  $\rho$ , igual a  $0,01851 [\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}]$  a  $20^\circ\text{C}$  obtenida de la tabla B2. Para un conductor de Cu y sección nominal,  $q_n$ , de  $185 [\text{mm}^2]$  se tiene:

$$R_L = \frac{0,01851 \left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]}{185 [\text{mm}^2]} \cong 1,00 \times 10^{-4} \left[ \frac{\Omega}{\text{m}} \right] \rightarrow 1,00 \times 10^{-7} \left[ \frac{\Omega}{\text{km}} \right]$$

Que para una longitud de  $80 [\text{m}]$ , y 4 conductores por fase, se tiene:

$$R_{ccL} = 1,00 \times 10^{-4} \left[ \frac{\Omega}{\text{m}} \right] * \frac{80 [\text{m}]}{4} \cong 2,00 \times 10^{-3} [\Omega]$$

Se puede observar que el valor de  $R_{ccL}$  es mucho menor al valor obtenido en la tabla 17 para una sección del conductor igual a  $185 [\text{mm}^2]$  (con un valor de tabla de  $0,137 [\Omega]$ ). Lógicamente se debe a que, en dicha tabla, la temperatura de referencia es  $90^\circ\text{C}$  y a una frecuencia de red de  $50 [\text{Hz}]$ . Esto origina un aumento de la resistencia del conductor debido, por un lado, a que a mayor temperatura del conductor mayor será su resistividad eléctrica y su incremento cumple con la expresión B1 (véase anexo B) y adicionalmente por el (efecto pelicular que se origina al transitar una corriente alterna)<sup>20</sup>.

Con el objetivo de calcular la corriente de cortocircuito máxima presunta, desde el punto de vista más conservador, es válido aplicar el valor de resistencia obtenido por la ecuación B9.

<sup>20</sup> Queda fuera del alcance del presente proyecto la demostración física del efecto pelicular o efecto “skin” originado en los conductores ante la circulación de una corriente alterna.

Por otra parte, para el valor de la reactancia, producto de la disposición geométrica, figura 22, se toma el valor obtenido en el apartado 5.2.4.1.2 “Verificación De Los Conductores Por Caída De Tensión”, mediante las ecuaciones A12 y A13 (véase anexo A).

Por lo tanto, el valor de reactancia por Km es:

$$X_L \cong 0,131[\Omega/Km]$$

Que para una longitud de 80 [m], se tiene:

$$X_{ccL} = 0,131 \left[ \frac{\Omega}{Km} \right] * 0,080[Km] \cong 0,0105[\Omega]$$

Por último, el valor de impedancia es:

$$Z_{ccL} = \sqrt{R_{ccL}^2 + X_{ccL}^2} = \sqrt{(2,00 \times 10^{-3})^2 + (0,0105)^2} \cong 0,01068 [\Omega]$$

#### 5.2.4.1.3.5. Cálculo De La Corriente De Cortocircuito

Para calcular la corriente de cortocircuito se aplica la ecuación B10:

$$I''_k = \frac{C_{m\acute{a}x} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{cc}} \quad (B10)$$

El valor de la impedancia de cortocircuito total es:

$$Z_{cc} = \sqrt{(R''_{ccQ} + R''_{ccT_{corregida}} + R_{ccL})^2 + (X''_{ccQ} + X''_{ccT_{corregida}} + X_{ccL})^2}$$

Reemplazando valores:

$$Z_{cc} = \sqrt{(5,33 \times 10^{-5} + 3,74 \times 10^{-3} + 2,00 \times 10^{-3})^2 [\Omega^2] + (5,30 \times 10^{-4} + 0,012 + 0,0105)^2 [\Omega^2]}$$

$$Z_{cc} \cong 0,0236 [\Omega]$$

Reemplazando valores en la ecuación B10, se tiene:

$$I''_k = \frac{C_{m\acute{a}x} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{cc}} = \frac{1,05 * 0,4[KV]}{\sqrt{3} * 0,0236[\Omega]} \cong 10,26[KA]$$

La contribución a la corriente pico de cortocircuito queda expresada mediante la ecuación B11, siendo:

$$i_p = K \cdot \sqrt{2} \cdot I''_k \quad (B11)$$

Donde el factor K es obtenido en función de las relaciones R/X o X/R obtenido de la figura B4 o mediante la ecuación B12, recordando:

$$K = 1,02 + 0,98 e^{-\frac{3R}{X}} \quad (B12)$$

Reemplazando valores:

$$K = 1,02 + 0,98 e^{-\frac{3R}{X}} = 1,02 + 0,98 e^{-\frac{3*0,0579}{0,0229}} \cong 1,48$$

Y el valor de  $i_p$  queda:

$$i_p = 1,48 \cdot \sqrt{2} \cdot 10,26[KA] \cong 22[KA]$$

Por lo tanto, el valor de la corriente pico de cortocircuito calculada en bornes del interruptor automático ubicado dentro de la sala de tableros, es de 21,45[KA].<sup>21</sup>

En la tabla 19 se resumen los valores de corrientes pico de cortocircuito máximas y mínimas obtenidas para los distintos puntos de fallo considerados.

<sup>21</sup> Para el calculo se considera que el interruptor automático (IA) no limita la corriente de cortocircuito (caso mas conservador). Para mayor detalle (véase anexo C).

**Tabla 19**

Corrientes de cortocircuitos máximas y mínimas en función del punto de fallo y resistividad del cable.

Corriente máxima de cortocircuito							
Punto de Fallo	Distancia al Transformador [m]	Zcc[Ω]	Ucc [KV]	I <sup>''</sup> k [KA]	Factor K	I <sub>p</sub> [KA]	Resistividad del cable a 20°C
En bornes Fusibles Pilar Acometida	10	0,01432	1,05*0,4	16,92	1,42	34	0,01851 $[\frac{\Omega\text{mm}^2}{m}]$
En bornes IA (Sala de tableros)	70	0,02363	1,05*0,4	10,26	1,48	22	
Corriente mínima de cortocircuito							Resistividad del cable a 160°C
En bornes Fusibles Pilar Acometida	10	0,01436	0,95*0,4	15,26	1,42	30	0,0288 $[\frac{\Omega\text{mm}^2}{m}]$
En bornes IA (Sala de tableros)	70	0,02393	0,95*0,4	9,16	1,42	18	



#### 5.2.4.1.4. Selección y Verificación De Los Dispositivos De Protección

Los dispositivos de protección relacionados con el conductor principal de alimentación son seleccionados teniendo en cuenta tanto la corriente de proyecto asignada ( $I_B$ ) como de la corriente de cortocircuito pico obtenida ( $i_p$ ). La salvaguarda del grupo de conductores se establece mediante dos dispositivos: uno principal y otro de respaldo.

##### 5.2.4.1.4.1. Dispositivo De Protección Principal

El dispositivo de protección principal, en adelante interrupto automático (IA), consiste en uno de tipo caja moldeada (MCCB) (véase anexo D, figura D1). Las características principales se muestran en la tabla 20.

**Tabla 20**

Características principales IA

Identificación de producto	C63F42D630 / Schneider
Nombre del dispositivo	NSX630F
Tipo de protección	Disyuntor
Aplicación del dispositivo	Distribución eléctrica residencial y comercial
Unidad de control	Micrologic 2.3
Descripción de polos protegidos	4D 3D + N/2 3D
Corriente asignada, $I_e$	630[A] a 40°C
Tensión asignada, $U_e$	690 V CA 50/60 Hz
Idoneidad para el seccionamiento	Sí conforme a EN/IEC 60947-2
Categoría de empleo	A
Poder asignado de corte último en cortocircuito, $I_{cu}$	36 kA a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombeo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

Poder asignado de corte de servicio en cortocircuito, Ics	36 kA a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Regulaciones protección térmica	9 regulaciones
Rango de ajuste protección térmica, I <sub>o</sub>	250...630 A
Factor de ajuste protección térmica, I <sub>r</sub> (xI <sub>o</sub> )	0.90, 0.92, 0.93, 0.94, 0.95, 0.96, 0.97, 0.98, 1
Factor de ajuste protección magnética, I <sub>sd</sub> (xI <sub>r</sub> )	1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10
Protección instantánea de cortocircuito (I <sub>i</sub> )	6900 A
Función de protección de unidad de disparo	LSol
Protección de fugas a tierra	Sin
Tensión asignada de impulso, U <sub>imp</sub>	8KV
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25°C .... 70°C
Humedad relativa	0 ... 95%
Altitud máxima de funcionamiento	0...2000 m sin afectar I <sub>o</sub> 2000 - 5000 m con reducción de I <sub>o</sub>

#### Regulación de la protección

La protección queda regulada de la siguiente manera:

- I<sub>o</sub> = 630
- I<sub>r</sub> = 1
- I<sub>sd</sub> = 5
- I<sub>cc</sub> = I<sub>o</sub>.I<sub>r</sub>.I<sub>sd</sub> = 3150 [A]

#### Verificación de la protección por sobrecarga

En base a lo descrito en el (anexo A) la protección del conductor queda garantizada si se cumple las ecuaciones A1 y A2:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (A1)$$

$$I_2 \leq 1,45 I_Z \quad (A2)$$

Para el conductor seleccionado de 185[mm<sup>2</sup>] de cobre y aislación de PVC según IRAM 2178, se tiene que:

$$I_Z = 4 * 289[A] * 0.95 * 0.65 \cong 713.83 [A]$$

Donde el número 4 corresponde a 4 ternas (4 conductores en paralelo por fase).

Aplicando la ecuación A1 se tiene:

$630A \leq 630 \leq 713.83 \rightarrow$  Verifica protección térmica de conductores (4 ternas de 185mm<sup>2</sup> por fase).

#### Verificación de la protección por cortocircuito

La protección ante la corriente de cortocircuito máxima verifica si se cumple la ecuación A10:

$$K^2 S^2 \geq I^2 t \quad (A10)$$

El valor de I<sup>2</sup>t es obtenido de hoja datos característicos fabricante. El mismo se deduce en función de la corriente de cortocircuito máxima presunta calculada (ip) y del modelo de protección a emplear. Por lo tanto, en base al dispositivo de protección seleccionado, se obtienen las curvas I<sup>2</sup>t, según se muestra en la figura 24.

Partiendo del valor ip, en abscisas, se traza una recta paralela al eje de ordenadas hasta interceptar con la curva del modelo de protección a emplear, para el caso del presente proyecto corresponde a un NSX630F, luego paralelo al eje de abscisas se traza una recta que une el punto de intersección anterior con el eje de ordenadas. El valor obtenido en ordenadas, con el I<sup>2</sup>t buscado.

De la figura 39, para una ip de 22[KA] y un IA NSX630 corresponde un I<sup>2</sup>t de 2,5X10<sup>6</sup>.

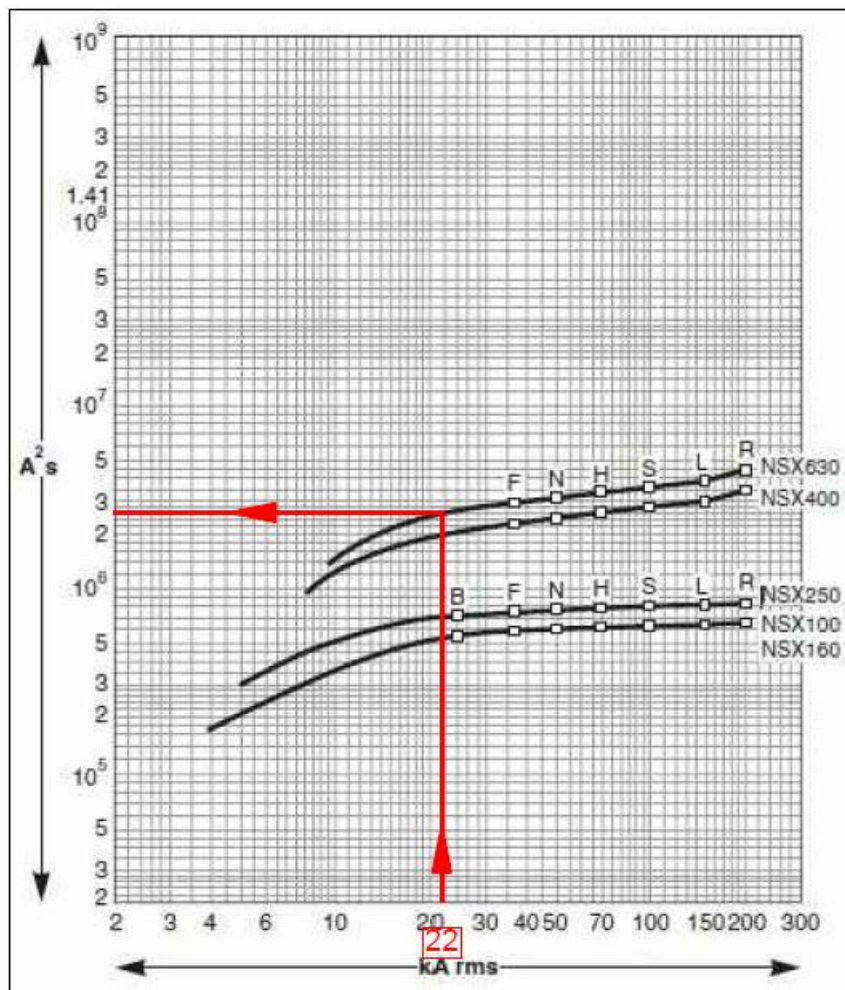
De la ecuación A10 se tiene que para un conductor de 185[mm<sup>2</sup>], y aislación PVC según tabla A1 (véase anexo A), corresponde con un K de 115. Por lo tanto:

$$K^2 * S^2 = 115^2 * 185^2 \cong 452 \times 10^6$$

$452 \times 10^6 \gg 2,5 \times 10^6 \rightarrow$  Verifica la protección al conductor ante el fallo por cortocircuito.

**Figura 24**

Valores de I<sup>2</sup>t en función de la corriente pico de cortocircuito y del modelo del IA seleccionado



**5.2.4.1.4.2. Dispositivo De Protección De Respaldo**

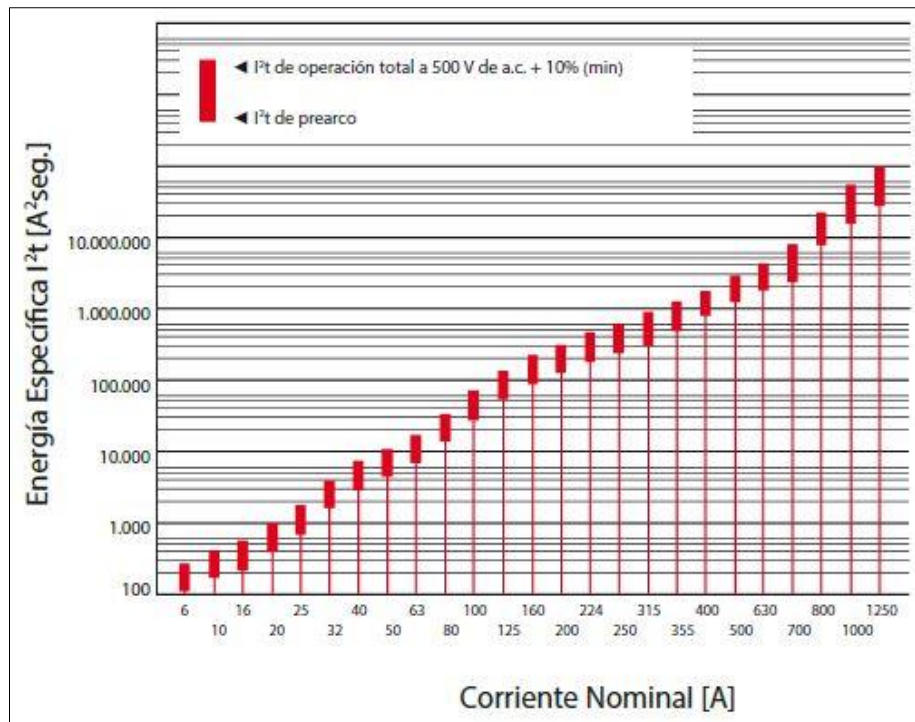
La protección de respaldo consiste únicamente ante fallo por cortocircuito del conductor ante la posibilidad que la misma se de aguas arriba del IA. La protección de respaldo consiste en fusibles de uso general (gL) de 800 [A] de corriente asignada ubicados en el tablero principal (TP). La corriente presunta de cortocircuito máxima calculada en el TP es, según la tabla 19, de 34[KA].

Para los fusibles, al igual que los IA, según lo ya descrito en el capítulo anterior, se cumple la verificación del conductor ante fallo por cortocircuito si se da la condición de la ecuación A10.

En general, para los fusibles NH garantizan un poder de corte mínimo de 50KA en base a la IEC 60269. Mediante la figura 25, se obtiene el valor de  $I^2t$  en función de la corriente asignada para el calibre seleccionado.

**Figura 25**

Valores de  $I^2t$  en función de la corriente asignada del fusible<sup>22</sup>



<sup>22</sup> Grafica obtenida de fabricante (REPROEL, 2020, pág. 7)

Para un fusible cuya corriente asignada es de 800[A], tiene un  $I^2t$  de operación total de  $10,75 \times 10^6$ .

Remplazando en la ecuación A10, se tiene:

$452 \times 10^6 \gg 10,75 \times 10^6 \rightarrow$  Verifica la protección al conductor ante el fallo por cortocircuito.

Posteriormente, en el capítulo 5.2.4.4 “Verificación de selectividad protecciones”, se verifica por selectividad.

#### 5.2.4.2. Cálculo De La Sección De Los Conductores y Dispositivos De Protección Asociados

##### Para Los Circuitos De ACU

La selección de los conductores, selección y verificación de los dispositivos de protección asociados se realizan en base a los puntos descriptos en el ítem 5.2.4 “Cálculo de la sección de conductores y dispositivos de protección”, con la salvedad que no se toma en cuenta el sub ítem 5.2.4.1.1 “Cálculo del número de ternas a instalar” debido a que, para alimentar cada carga, solo requiere única terna.

Si bien para todos los circuitos, antes de ingresar a cada cañero recorre una primera traza en bandeja portacables del tipo escalera / perforada, figura 26 y figura 27 respectivamente, se considera el caso más conservador en lo que respecta a la solicitud térmica del conductor. Por lo tanto, un tendido del conductor por cañero enterrado a 0,7[m] tiene mayor solicitud térmica que un tendido del conductor en bandeja escalera / perforada. En este sentido, y del lado más conservador, aplica la tabla 771.16.V-D1- (cable con aislación de PVC según IRAM 2178 instalado en cañero enterrado) según la reglamentación AEA 90364-7-771.

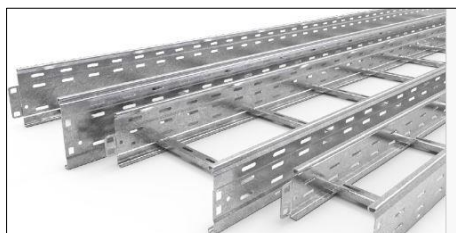
**Figura 26**

Bandeja portacables tipo perforada



**Figura 27**

Bandeja portacables tipo escalera



En lo que respecta al factor de corrección ( $F_c$ ), para el caso de los conductores y cables alojados internamente en el TGBT, el mismo está compuesto por los factores que se muestran en la ecuación 16.

$$F_c = F_{C1} * F_{C5} * F_{C6} \quad (16)$$

Para los cables alojados externamente al TGBT, los mismos están afectados por el  $F_c$  compuesto por los factores que se muestran en la ecuación 17.

$$F_c = F_{C1} * F_{C2} * F_{C3} * F_{C4} \quad (17)$$

De la reglamentación AEA 90364-7-771 se deducen los distintos factores expuestos, siendo:

- $F_{C1} = 0,95$  Factor de corrección por utilizar conductor de formación flexible (Clase 5 de la IEC 60228 / IRAM NM 280). Las tablas de corriente admisibles confeccionadas por la AEA90364-7-771 están calculadas para cables con conductores de formación rígida (Clase 2 de la IEC 60228 / IRAM NM 280).
- $F_{C2} = 1,00$  Factor de corrección para temperaturas del terreno distintas de 25 °C, para cables enterrados o tendidos dentro de caños o conductos enterrados. Para el presente proyecto, se considera igual a la unidad, es decir temperatura del terreno igual a 25°C. Valores de referencia tabla 771.16.VII – a) de la reglamentación.
- $F_{C3} = 1,00$  Factor de corrección para resistividades térmicas del terreno diferentes de 1 K.m / W. Para el presente proyecto, se considera igual a la unidad. Valores de referencia tabla 771.16.VII – b) de la reglamentación.
- $F_{C4}$ : Factor de corrección por agrupamientos de cañeros enterrados. Este factor varía en función del número de circuitos y de la separación entre bordes internos de los caños. Valores de referencia tabla 771.16.VII – d1) de la reglamentación.
- $F_{C5}$ : Factor de corrección por agrupamientos de conductores o cables en aire y por cables en paralelo. Este factor varía en función del número de circuitos y del criterio de instalación. Valores de referencia tabla 771.16.IV de la reglamentación.
- $F_{C6} = 1,00$  Factor de corrección por temperatura ambiente distinta a 40 °C. Para el presente proyecto, se considera igual a la unidad, vale decir para una



Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombado De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

temperatura ambiente de 40°C. Valores de referencia tabla 771.16.II.a de la reglamentación.

Por lo tanto, en base a lo anterior, se calculan las corrientes admisibles para los conductores y cables de cada circuito dependiendo de qué tipo de instalación se emplee (Interior / Exterior TGBT). Las tablas H1 y H2 (véase anexo H) están afectadas por los valores Fc de la tabla 21.

**Tabla 21**

Factores de corrección por corriente admisible conductores y cables

Factores de corrección	Fc1	Fc2	Fc3	Fc4	Fc5	Fc
Referencia AEA90364-7-771	Cláusula 771.16.2.3	Tabla 771.16.VI I – a)	Tabla 771.16.VI I – b)	Tabla 771.16.VI I – d2)	Tabla 771.16.I V	Valor total
Ubicación Circuitos		Interior TGBT				
P01/P02/P03/P04/P05	0,95	1	1	1	1	0,95
P06/P07/P08	1	1	1	1	0,7	0,7
P09/P10/P11/P12/P13	1	1	1	1	0,6	0,6
P14/P15	1	1	1	1	0,8	0,8
P16/P17	1				0,8	0,8
Ubicación Circuitos		Exterior TGBT				
P01/P02/P03/P04/P05/P06/P07/P08	0,95	1	1	0,8	1	0,76
P09/P10/P11/P12/P13	0,95	1	1	0,6	1	0,57
P14/P15	0,95	1	1	0,8	1	0,76

La verificación de los conductores y cables de las tablas H1 y H2 (véase anexo H) por corrientes de sobrecarga y de cortocircuito, es realizada bajo la metodología de cálculo de la AEA90364-7-771 (véase anexo A) la cual ya quedo demostrada en el ítem 5.2.4 “Cálculo de la sección de conductores y dispositivos de protección”. La verificación de los conductores por caída de tensión de los circuitos

ACU se considera el trayecto de cableado desde barras del TGBT hasta el punto de consumo, (motores o tableros subseccionales TSs) y se verifica según el (anexo A) cuya metodología de cálculo queda demostrada en el ítem 5.2.4.1.2 “Verificación de los conductores por caída de tensión”, con la salvedad, como ya se ha dicho en la introducción de este apartado, que se tiene una única terna por carga ACU.

Por lo tanto, se concluye que las tablas H1 y H2 verifican el dimensionamiento de los conductores y protección de cada circuito por corrientes de sobrecarga y cortocircuito.

Por otra parte, la tabla H3 (véase anexo H) verifica cada circuito por caída de tensión, teniendo en cuenta para la verificación, la caída de tensión parcial corresponde a aguas abajo del TGBT (de barras TGBT hasta el punto de consumo) y la caída de tensión total corresponde de sumar al valor de la caída de tensión parcial, el valor de la caída de tensión del alimentador principal (de pilar acometida distribuidora hasta barras del TGBT) según lo calculado en el ítem 5.2.4.1.2 “Verificación de los conductores por caída de tensión”.

### 5.2.4.3. Verificación a La Apertura De Los Dispositivos De Protección Ante Fallo Por

#### Corriente De Cortocircuito Mínima

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito presunta mínima, es obtenida, considerando que el punto de falla se da en bornes de cada carga (punto más lejos del IA o PIA) a efectos de verificar que la protección asociada detecte dicha falla y pueda despejarla.

En la tabla 22 se muestran los valores de las corrientes mínima de cortocircuito presunta ( $i_{pmin}$ ) para cada carga en estudio y se verifica la actuación de los dispositivos de protección.

#### Tabla 22

Verificación a la apertura de los dispositivos de protección ante fallo por corriente de cortocircuito mínima

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombado De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

Tipo de circuito			Cable de potencia			Parámetros Corrientes de cortocircuitos mínimas				Umbral de corriente protección disparo magnético		
Circuito	TAG	Descripción	L [m]	S [mm <sup>2</sup> ]	Disposicion	Ucc [KV]	I" k [KA]	Factor K	ip_min [KA]	Ii [KA]	TAG	IDP
P01	BS-400	A. M.B. Imp	40	95	Tetrapolar	0,95*0,4	6,86	1,12	10,93	2,25	IA2	GV5P150
P02	BS-401	A. M.B. Imp	40	95	Tetrapolar		6,86	1,12	10,93	2,25	IA3	GV5P150
P03	BS-402	A. M.B. Imp	40	95	Tetrapolar		6,86	1,12	10,93	2,25	IA4	GV5P150
P04	BS-300	A. M.B. A.H.	95	50	Tetrapolar		3,20	1,02	4,63	0,85	IA5	GV4P115
P05	--	A. M.B. A.P.	130	25	Tetrapolar		1,37	1,02	1,97	0,85	IA6	GV4P50
P06	BS-500	A. M. B.D.	95	6	Tetrapolar		0,31	1,02	0,45	0,08	IA9	GV2P10
P07	BD-600	A.M.B. Dosif. 1	60	2,5	Tripolar		0,60	1,02	0,86	0,10	IA10	GV2P08
P08	BD-601	A.M.B. Dosif. 2	60	2,5	Tripolar		0,60	1,02	0,86	0,10	IA11	GV2P08
P09	TSs1	Edificio 1	50	10	Tetrapolar		1,43	1,02	2,06	0,20	ITM1	A9F94432
P10	TSs2	Edificio 2	35	10	Tetrapolar		3,20	1,02	4,65	0,20	ITM2	A9F94432
P11	TSs3	Edificio 3	10	16	Tetrapolar		5,10	1,03	7,46	0,20	ITM3	A9F94440
P12	TSs4	Edificio 4	115	10	Tetrapolar		0,64	1,02	0,93	0,20	ITM4	A9F94432
P13	TSs5	Edificio 5	50	10	Tetrapolar		1,43	1,02	2,06	0,20	ITM5	A9F94432

P14	TSS6	Automatismos	15	6	Tetrapolar		2,65	1,02	3,80	0,16	ITM6	A9F94425
P15	TSS7	Comunicación	15	6	Tetrapolar		2,65	1,02	3,80	0,16	ITM7	A9F94425
P16	TGBT	Uso Interno	0,5	4	Tetrapolar		9,16	1,42	18,00	0,04	ITM9	A9F94406
P17	TGBT	Uso Interno	0,5	4	Tetrapolar		9,16	1,42	18,00	0,04	ITM10	A9F94406

Legenda:

Ucc: Tensión de cortocircuito.

I"K: Corriente de cortocircuito trifásico.

ip\_mín: Corriente pico de cortocircuito mínima.

Ia': Corriente de arranque según tipo.

Factor K: Factor que depende del valor de reactancia y de la resistencia del conductor.

TAG: Identificación en planos eléctricos.

IDP: Identificación de producto.

L: Longitud  
conductor

S: Sección del conductor.

Ii: Corriente asignada de cortocircuito del aparato de protección.

#### 5.2.4.4. Verificación De Selectividad Protecciones

##### 5.2.4.4.1. Selectividad En Las Protecciones Del Alimentador Principal

Para el estudio de selectividad en las protecciones del alimentador principal nos basamos de las curvas de disparo tiempo-corriente del interruptor automático de cabecera IA1<sup>23</sup> ubicado en el Tablero General de Baja Tensión (TGBT) y el elemento seccionador fusible ubicado en el Tablero Principal (TP).

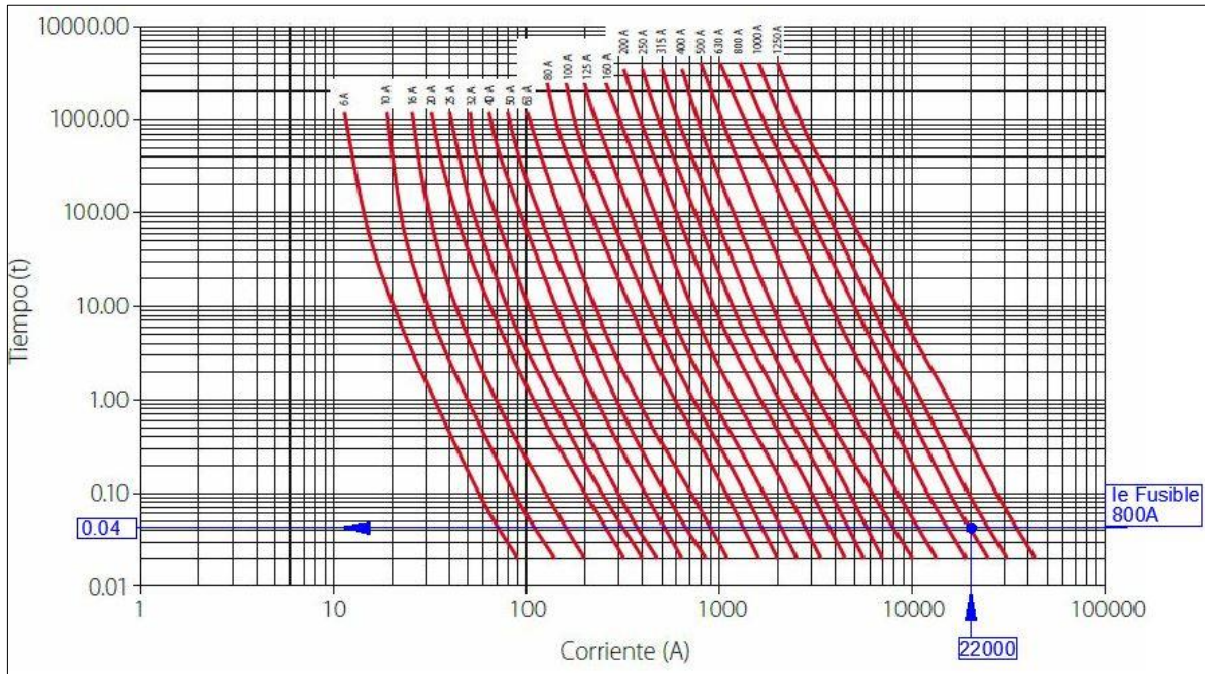
En la figura 28 se tiene la curva de disparo tiempo-corriente del elemento fusible. Se observa que para el valor de la corriente de cortocircuito presunta máxima,  $i_{p_{máx}}$ , de 22[Ka] y para un fusible de corriente asignada,  $I_e$ , de 800[A] el tiempo de actuación es de 0,04 [s]. Para el sistema eléctrico del país Argentina cuya frecuencia es de 50[Hz] la actuación en tiempo de 0,04[s] representa 2 ciclos completos de la onda de corriente para que la falla sea despejada.

---

<sup>23</sup> Nomenclatura empleada en plano eléctrico N°3 y N°4 (véase anexo I).

**Figura 28**

Curvas de disparo tiempo-corriente del elemento fusible<sup>24</sup>



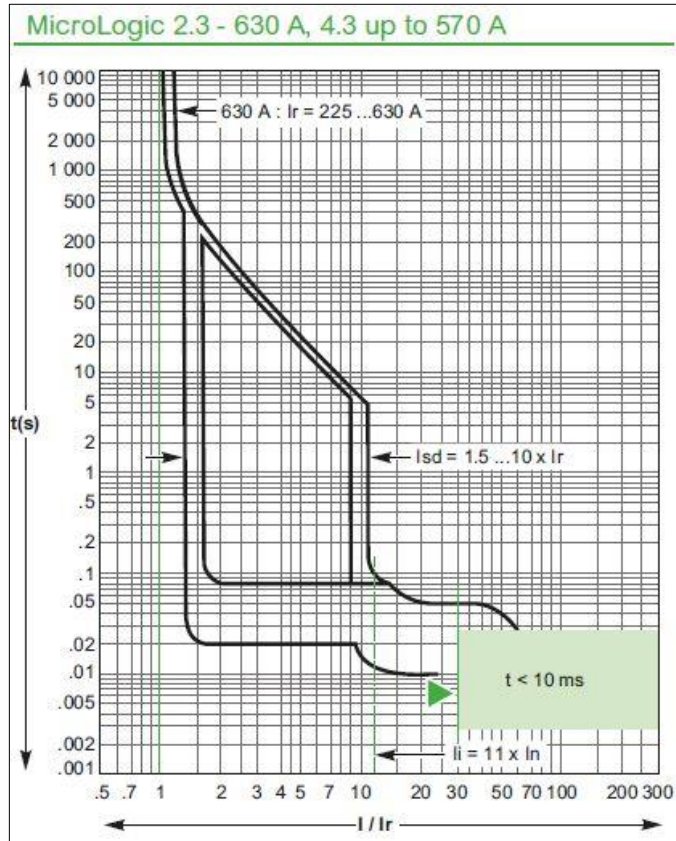
En la figura 29 se tiene la curva de disparo tiempo-corriente del IA1. Se observa que para el valor de  $i_{p\text{máx}}$  de 22[Ka] y para un IA de corriente asignada,  $I_e$ , de 630[A] (disparador electrónico MicroLogic 2.3) el tiempo de actuación es menor a 0,01[s]<sup>25</sup>. Para el sistema eléctrico de potencia de Argentina, cuya frecuencia es de 50[Hz], la actuación en tiempo de 0,01[s] representa medio ciclo de la onda de corriente para que la falla sea despejada.

<sup>24</sup> Grafica obtenida de fabricante (REPROEL, 2020, pág. 7)

<sup>25</sup> En base a la curva de protección Micrologic 2.3 el tiempo instantáneo de actuación ( $t < 10\text{ms}$ ) corresponde con una corriente instantánea de disparo ( $I_i$ ) de  $11 \times I_n = 11 \times 630\text{A} = 6900 \text{ [A]}$ . Por lo tanto, todo valor superior e igual a 6900 A la actuación del IA será menor a los 10ms.

**Figura 29**

Curvas de disparo tiempo-corriente del elemento IA<sup>26</sup>



De las figuras presentadas, se puede observar que se tiene selectividad parcial (solo por corriente de cortocircuito) entre ambas protecciones, en base a los tiempos de operación presentados.

**5.2.4.4.2. Selectividad Protecciones Aparamenta Del TGBT**

En la tabla 23 se observa que para toda la aparamenta de protección aguas abajo del IA1 presentan selectividad total (T) en base a datos obtenidos del libro técnico (Shneider Electric, 2024).

<sup>26</sup> Gráfica obtenida de fabricante (Schneider, 2022, pág. H14)



**Tabla 23**

Selectividad protecciones aparamenta TGBT

Descripción	Nivel	TAG	Denominación Comercial	Código Producto	Ue[V]	Ie[A]	Icu[KA]	Ics[KA]	Selectividad
Protección Aguas Arriba	A	SF1	REPROEL	F4L0800	500	800	50	NA	T
Protección Aguas Abajo	B	IA1	NSX630F / Schneider	C63F42D630	400/415	630	36	36	
Protección Aguas Arriba	B	IA1	NSX630F / Schneider	C63F42D630	400/415	630	36	36	T
		IA2	GV5P150F	GV5P150	400/415	150	36	36	
		IA3	GV5P150F	GV5P150	400/415	150	36	36	
		IA4	GV5P150F	GV5P150	400/415	150	36	36	
		IA5	GV4PE115S	GV4P115	400/415	115	100	100	
		IA6	GV4PE50B	GV4P50	400/415	50	100	100	
		IA7	NSX160B	C16B4TM160	400/415	160	25	36*	
		IA8	NSX160B	C16B4TM160	400/415	160	25	36*	
Protección Aguas Abajo	C	FS9	REPROEL	F3L0500	500	160	50	50	
		IA7	NSX160B	C16B4TM160	400/415	160	25	36*	
		ITM1, ITM2, IT4, ITM5	ic60L	A9F94432	440	32	20	36*	T
Protección Aguas Abajo	D	ITM3, ITM4		A9F94425	440	25	20	36*	

Protección Aguas Arriba	C	IA8	NSX160B	C16B4TM160	400/415	160	25	36*	
Protección Aguas Abajo	D	ITM6, ITM7	ic60L	A9F94425	440	25	20	36*	T
		ITM8		A9F94420	440	20	20	36*	
Protección Aguas Arriba	D	ITM8	ic60L	A9F94420	440	20	20	36*	
Protección Aguas Abajo	F	IA9	5V2P	GV2P10	400/415	6,3	20	100	T
		IA10		GV2P04	400/415	4	20	100	
		IA11		GV2P04	400/415	4	20	100	

Tal como se muestra en la tabla 23, se cumple selectividad total (T) para todos los niveles de protecciones. Vale aclarar que la jerarquía entre niveles es desde el nivel A hasta el nivel F respetándose que  $A > B > C > D > F$  respectivamente. De esta forma queda garantizado que ante un eventual fallo por corriente de cortocircuito en el nivel C esta será despejada por la protección correspondiente al nivel C y no se proyectará al nivel de protección superior (nivel B). De igual manera se cumple la jerarquía en los niveles de protección para las corrientes de sobrecarga.

Hasta aquí se concluye que la selección de protección asociadas a cada circuito verifica la protección del conductor / cable según corresponda, tanto para las corrientes de sobrecarga y de cortocircuito. Por último, se tiene selectividad total en todos los niveles de protecciones garantizando continuidad de servicio en niveles superiores respecto de donde se produce el fallo por corrientes de sobrecarga o de cortocircuito.

## 6. Estudio De Indicadores Energéticos

Según lo expuesto en la introducción de este proyecto, enfocado en la eficiencia energética y centrado en el caso de AySA, de acuerdo al reporte de sustentabilidad del año 2021, se registró un consumo anual de energía 324.940.581,82 [KWh] para el proceso de transporte de agua. Al contrastarlo con la producción promedio de agua mencionada en el mismo informe 6.146.533 [m<sup>3</sup>/día], se calcula un consumo de energía por metro cúbico de agua de 0,145[KWh/m<sup>3</sup>] en el proceso de transporte y distribución. Para comparar este valor con el obtenido en la nueva estación de rebombeo Cisterna de Mezcla Malvinas Argentinas, se desarrolla la tabla 34 para obtener el grado de eficiencia teórico. El consumo de energía “E” se determina considerando que, durante las 24 horas del día, dos bombas de impulsión funcionan al 100% de su capacidad, siguiendo el sistema de rebombeo 2+1 (dos bombas en servicio más una en reserva caliente tal como se describe en el apartado 5.1.2 “Memoria descriptiva de funcionamiento y enclavamientos del sistema”. Se aclarará que asumir un funcionamiento continuo del sistema 2+1 durante 24 horas del día es un enfoque conservador, ya que la experiencia demuestra que, y en caso de que se cumpla el funcionamiento del sistema 2+1, este estado se presenta por períodos que no superan las 4 horas al día. Por lo tanto, el valor de consumo de energía teórico es ligeramente superior al que podría darse en condiciones reales, resultando en un enfoque conservador.

En la tabla 24, se representa en valores discretos el consumo de energía obtenido para cada hora del día. El “% Parcial” indica el porcentaje de volumen de agua entregado respecto al total fraccionado en 24 Hs/día, bajo la condición descripta en el párrafo anterior. Luego el valor de “V”, “Qr” y “Qb” representan el valor de volumen de agua entregado a la red en m<sup>3</sup>, caudal requerido por la red y caudal bombeado, en m<sup>3</sup>/hs respectivamente. Finalmente “Pe” y “E” indican la potencia eléctrica consumida por el motor en KW, donde se tiene en cuenta el rendimiento del conjunto motor y accionamiento según lo expuesto en el apartado 5.2.1 “Demanda de Potencia Simultánea para los

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De  
 Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombado De Agua Potable Cisterna De  
 Mezcla Malvinas Argentinas”-.

circuitos ACU” y el consumo de energía en KWh, respectivamente, donde este último surge de la suma de los Pe horarios para el período de estudio.

**Tabla 24**

Energía consumida en el sistema de bombeo Cisterna de Mezcla Malvinas Argentinas

Hora	% Parcial	V [m3]	Qr[m3/h] <sup>27</sup>	Qb[m3/h]	Sistema	Pe[KW]	E[KWh]
1	4,17	870	870	870	2+1	105,8	105,8
2	4,17	1740	870	870	2+1	105,8	105,8
3	4,17	2610	870	870	2+1	105,8	105,8
4	4,17	3480	870	870	2+1	105,8	105,8
5	4,17	4350	870	870	2+1	105,8	105,8
6	4,17	5220	870	870	2+1	105,8	105,8
7	4,17	6090	870	870	2+1	105,8	105,8
8	4,17	6960	870	870	2+1	105,8	105,8
9	4,17	7830	870	870	2+1	105,8	105,8
10	4,17	8700	870	870	2+1	105,8	105,8
11	4,17	9570	870	870	2+1	105,8	105,8
12	4,17	10440	870	870	2+1	105,8	105,8
13	4,17	11310	870	870	2+1	105,8	105,8
14	4,17	12180	870	870	2+1	105,8	105,8
15	4,17	13050	870	870	2+1	105,8	105,8
16	4,17	13920	870	870	2+1	105,8	105,8
17	4,17	14790	870	870	2+1	105,8	105,8
18	4,17	15660	870	870	2+1	105,8	105,8
19	4,17	16530	870	870	2+1	105,8	105,8
20	4,17	17400	870	870	2+1	105,8	105,8
21	4,17	18270	870	870	2+1	105,8	105,8
22	4,17	19140	870	870	2+1	105,8	105,8
23	4,17	20010	870	870	2+1	105,8	105,8
24	4,17	20880	870	870	2+1	105,8	105,8
Energía consumida en 24Hs- KWH							2539,2
Valor teórico del consumo de energía por m3 de agua bombeado a red - KWh/m3							0,122
Valor de referencia obtenido según reporte de sustentabilidad (AySA,2021)							0,145

De la tabla 24, se obtiene un consumo de energía diario teórico de 0,122 KWh/m<sup>3</sup>. Dicho valor está por debajo del valor reportado por AySA siendo este de 0,145 KWh/m<sup>3</sup> lo que se concluye que la

<sup>27</sup> Valores obtenidos de la tabla 9 “Caudales Vs Rendimientos para AMTM / AMTm”, pág. 57.

nueva estación de rebombeo Cisterna de Mezcla Malvinas Argentinas cumple con los parámetros de eficiencia energética estando por debajo de las mediciones reportadas por AySA.

Vale aclarar que los valores obtenidos en la tabla 24 son de carácter teórico, tomando la peor condición de funcionamiento. Estos valores pueden variar a lo largo del tiempo de vida útil de la planta, con lo que se recomienda realizar mediciones posteriores para evaluar tales parámetros y en caso de superarse con los del reporte AySA realizar medidas correctivas de mejora. Tales medidas correctivas de mejora quedan fuera del alcance del presente proyecto.

## 7. Porcentajes de Incidencia En El Costo Total De Obra

En el presente apartado se muestra en la tabla 25 los porcentajes de incidencias por cada rubro de obra.

**Tabla 25**

Porcentajes de incidencias por cada rubro de obra<sup>28</sup>

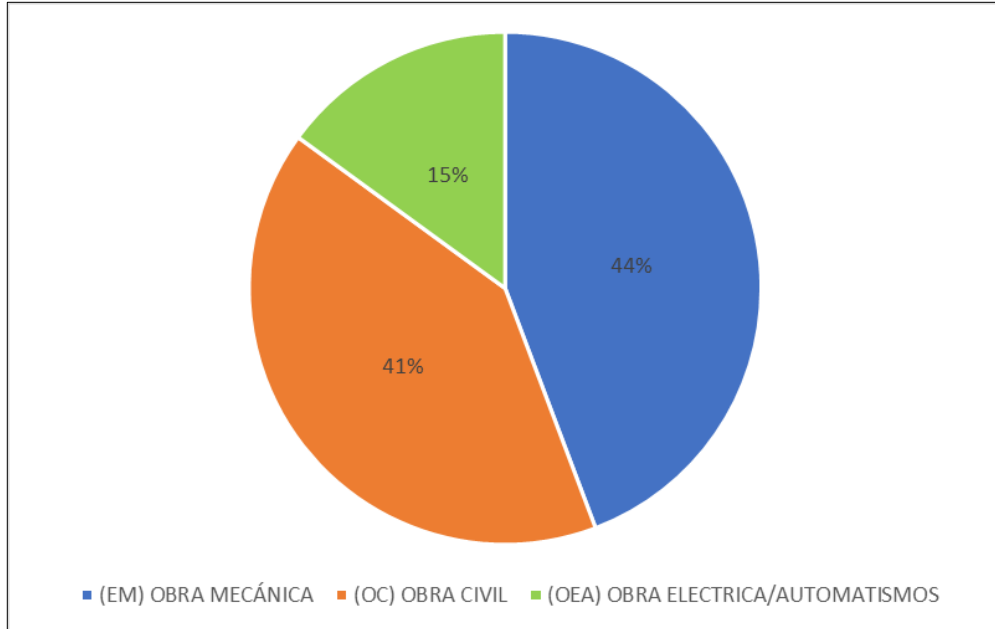
ITEM	DESIGNACIÓN	% INCIDENCIA
(OM) Obra Mecánica	Equipamiento electromecánico, instrumentación, Cañerías, piezas especiales, perforaciones, otros.	44,26
(OC) Obra Civil	Movimientos de suelos, fundación cisterna, armado estructuras, edificios, otros.	40,77
(OEA) Obra Eléctrica/Automatismos	Tablero General de Baja Tensión (TGBT), tableros seccionales, cables, cañerías, puesta a tierra, sistema de protección contra rayos, automatismos, otros.	14,97
Total, incidencia de obra en %		100

En la Figura 30 se representa el diagrama de torta que refleja la distribución del costo total de la obra, siendo el sector mecánico el de mayor proporción con un 44%, seguido por el sector civil con un 41%, y finalmente el sector eléctrico/automatismos, con un 15%.

<sup>28</sup> Contempla provisión más mano de obra.

**Figura 30**

Distribución del costo total de la obra discriminado por sector mecánico, civil y eléctrica/automatismos





## 8. Conclusiones

Para aumentar la disponibilidad de agua y mejorar su calidad en el radio servido actual del partido Malvinas Argentinas, provincia de Buenos Aires, se diseña el sistema eléctrico de potencia para que la plana pueda servir de agua potabilizada con un caudal medio de salida de  $770 \text{ m}^3/\text{h}$  y un caudal máximo de  $870 \text{ m}^3/\text{h}$  para abastecer la demanda de hasta 42500 habitantes a razón de 435 litros / día / habitantes y cumplir con los parámetros de salida de la planta, según lo expuesto en la tabla 1.

El sistema eléctrico de potencia queda diseñado para abastecer toda la demanda eléctrica de la planta con una Demanda Máxima De Potencia Simultanea (DMPS) de  $395,5[\text{KW}]$  a  $0,4[\text{KV}]$  en corriente alterna y frecuencia de  $50[\text{Hz}]$ . Esta potencia sirve para el funcionamiento simultaneo y en plena carga de dos (2) bombas de impulsión a la red de agua, más 1 (una) bomba de toma de agua del Acuífero Puelche, más 1 (una) bomba de toma de agua del Acuífero Hipopuelche, en conjunto con la potencia necesaria para la electrificación de los 5 (cinco) edificios.

En términos de eficiencia energética, se calculó un consumo de energía diario teórico de  $0,122 \text{ KWh}/\text{m}^3$ . Dicho valor está por debajo del valor reportado por (AySA, 2021) siendo este de  $0,145 \text{ KWh}/\text{m}^3$  por lo que la nueva estación de rebombeo Cisterna de Mezcla Malvinas Argentinas cumple con los parámetros de eficiencia energética estando por debajo de las mediciones reportadas por el citado organismo.

Por último, se concluye que el costo total de la obra se subdivide en 3 (tres) sectores bien diferenciados, siendo el sector mecánico y el sector civil los mayores incidentes, repartiéndose por cada uno un 44% y un 41% respectivamente, y finalmente el sector eléctrico/automatismos, con un 15%.

## 9. Referencias

- AySA. (Julio de 2020). *PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES TÉCNICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECIALES "CISTERNA MALVINAS ARGENTINAS, PERFORACIÓN HIPOPUELCHE Y OBRAS COMPLEMENTARIAS"*. (AySA, Ed.) Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina: Dirección de Ingeniería y Proyectos de AySA.
- AySA. (2021). *Reporte de sustentabilidad, 2021*.
- bhysa et al., (2023). *DIAGRAMA P&D*. Sunchales.
- bhysa et al., (2023). Memoria descriptiva de funcionamiento y enclavamientos - Cisterna de Mezla Malvinas Argentinas. Sunchales, Santa Fe, Argentina.
- Cabeza, F. (2022). *Memoria de Verificación Bombas Turbinas Vertical*.
- ENOHSA. (s.f.). Ente Naciona de Obras Hidricas de Saneamiento. En ENOHSA.
- Fernandez Diez, P. (s.f.). *Biblioteca sobre Ingeniería Energética*. Obtenido de Libros sobre Ingeniería Energética: <https://www.pfernandezdiez.es/es>
- Ferro, G., & Lentini, E. J. (2015). *RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURA* (CEPAL - Serie Recursos Naturales e Infraestructura N° 170 ed.). (N. Unidas, Ed.) Naciones Unidas, Santiago de Chile, Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Galizia, C. (Octubre de 2009). *Electro Instalador*. (E. Instalador, Editor) Obtenido de <https://www.electroinstalador.com/> <http://www.ingenierogalizia.com.ar/index.php>
- IEC. (s.f.). Obtenido de <https://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/welcome?openform>
- INDEC. (s.f.). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censo de la República Argentina*.
- Martín, V. (S/E de FEBRERO de 2020). *Una mirada a la relación entre el agua y la energía*. (I. / . CNEA, Ed.) Obtenido de INSTITUTO DE ENERGÍA Y DESARROLLO SUSTENTABLE: <https://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/>
- Noblat, B., Dumas, F., & Thomasset, G. (s.f.). Cuaderno Técnico nº 158. En Schneider, *Cálculo de corrientes de cortocircuito*. Schneider Electric.
- REPROEL. (2020). Obtenido de [www.reproel.com.ar](http://www.reproel.com.ar)
- Sagardoy, I., & Dubrovsky, H. (2020). *DIAGNÓSTICO DEL SECTOR DE AGUA Y SANEAMIENTO*. (2. Consorcio liderado por GFA Consulting Group, Ed.) Buenos Aires, Argentina: Consorcio liderado por GFA Consulting Group, 2019.
- Schneider. (2022). *Molded-Case Circuit Breakers and Switch-Disconnectors from 16 to 630 A -up to 690V*. doi:LVPED221001EN
- Schneider Electric. (2024). *Schneider Electric*. Obtenido de [https://www.se.com/ar/es/?gclid=Cj0KCQiAqOucBhDrARIsAPCQL1bzG5XHfzyMxRP5SIMZ8hjccNQK8Xlj0hEBFJJPuBiv6\\_-Wlhuru2kaAuHWEALw\\_wcB](https://www.se.com/ar/es/?gclid=Cj0KCQiAqOucBhDrARIsAPCQL1bzG5XHfzyMxRP5SIMZ8hjccNQK8Xlj0hEBFJJPuBiv6_-Wlhuru2kaAuHWEALw_wcB)
- Shneider Electric. (2024). *Selectivity, Cascading and Coordination Guide*. France, France: Schneider Electric Industries SAS. doi:LVPED318033EN

## **Anexo A. Definiciones y Criterios De Cálculo Para El Dimensionamiento y Protección de**

### **Conductores Según Reglamentación AEA 90364-7-771**

#### **A.1 Número Mínimo De Circuitos**

Corresponde al número mínimo de circuitos compatibles con una instalación segura y con condiciones aceptables de funcionalidad y confort.

#### **A.2 Número Mínimo De Puntos De Utilización**

Corresponde al número mínimo de bocas<sup>29</sup> compatibles con una instalación segura y con condiciones aceptables de funcionalidad y confort.

#### **A.3 Circuitos Para Usos Generales**

Son circuitos monofásicos que alimentan bocas de salida para iluminación y bocas de salida para tomacorrientes. Se utilizan esencialmente en el interior de las superficies cubiertas, aunque pueden incorporar bocas en el exterior de éstas, siempre y cuando estén ubicadas en espacios semicubiertos. Para este caso, bocas en espacios semicubiertos (porches, galerías, balcones, etc.), se deberán instalar artefactos con grado de protección como mínimo

##### **A.3.1 Circuitos De Iluminación Para Uso General (IUG)**

En cuyas bocas de salida podrán conectarse artefactos de iluminación, de ventilación, combinaciones entre ellos, u otras cargas unitarias, cuya corriente de funcionamiento permanente no sea mayor que 10 A, sea por medio de conexiones fijas (uniones o borneras) o de tomacorrientes tipo 2P+T de 10 A, conformes a la Norma IRAM 2071 o de 16 A según la Norma IRAM-IEC 60309 o IEC

---

<sup>29</sup> Se considera “boca” al punto de un circuito terminal, donde se conecta el aparato utilizador por medio de tomacorrientes o por medio de conexiones fijas (uniones o borneras).

60309. Estos circuitos contarán con protecciones en ambos polos para una corriente no mayor de 16 A y el número máximo de bocas de salida será de quince (15).

#### **A.3.2 Circuitos de Tomacorrientes Para Uso General (TUG)**

En cuyas bocas de salida podrán conectarse cargas unitarias de no más de 10 A, por medio de tomacorrientes tipo 2P+T de 10 A, conformes con la Norma IRAM 2071 o no más de 16 A con tomacorrientes que cumplan con la Norma IRAM-IEC 60309 o IEC 60309. Estos circuitos contarán con protecciones en ambos polos para una corriente no mayor de 20 A y el número máximo de bocas de salida será de quince (15).

#### **A.4 Circuitos para Usos Especiales**

Son circuitos monofásicos que alimentan cargas que no se pueden manejar por medio de circuitos de uso general, sea porque se trata de consumos unitarios mayores que los admitidos, o de consumos a la intemperie (por ejemplo: parques, jardines, patios, terrazas, etc.). Los circuitos para usos especiales contarán con protecciones en ambos polos para una corriente no mayor de 32 A y el número máximo de bocas de salida es de doce (12).

##### **A.4.1 Circuitos de Iluminación de Uso Especial (IUE)**

En cuyas bocas deben conectarse exclusivamente artefactos de iluminación, sea por medio de conexiones fijas (uniones o borneras) o por medio de tomacorrientes tipo 2P+T de 10 A o de 20 A, conformes a la Norma IRAM 2071, o de 16 A, conforme a la Norma IRAM-IEC 60309 o IEC 60309. Este tipo de circuitos debe ser empleado para la iluminación de lugares a la intemperie, aunque pueden incorporar bocas de iluminación de uso especial en espacios semicubiertos o en el interior del inmueble.

#### **A.4.2 Circuitos De Tomacorrientes De Uso Especial (TUE)**

En cuyas bocas de salida pueden conectarse cargas unitarias, de hasta 20 A por medio de tomacorrientes tipo 2P+T de 20 A, conformes a la Norma IRAM 2071 o de hasta 16 A, por medio de tomacorrientes que cumplan con la Norma IRAM-IEC 60309 o IEC 60309. En cada boca de salida con tomacorrientes de 20 A, se podrán instalar tomacorrientes adicionales de 10 A tipo 2P+T, conforme a la Norma IRAM 2071. Este tipo de circuitos debe ser empleado para la electrificación de lugares a la intemperie, aunque pueden incorporar bocas de tomas de usos especiales en espacios semicubiertos o en el interior del inmueble.

#### **A.5 Circuitos Para Usos Específicos**

Son circuitos monofásicos o trifásicos que alimentan cargas no comprendidas en las definiciones anteriores (ejemplos: circuitos de alimentación de fuentes de muy baja tensión, tales como las de comunicaciones internas del inmueble; circuitos de alimentación de unidades condensadoras de un sistema de climatización central; circuitos de tensión estabilizada; etc.), sea por medio de conexiones fijas (uniones o borneras) o por medio de tomacorrientes previstos para esa única función. La utilización de estos circuitos en viviendas, oficinas y locales (unitarios) es suplementaria y no exime del cumplimiento del número mínimo de circuitos (4.3.1.1.2) y de los puntos mínimos de utilización (4.3.1.1.3) para cada grado de electrificación.

Estos circuitos se subdividen en:

##### **A.5.1 Circuitos De Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS)**

Los mismos son sin puesta a tierra con tensión máxima de 24 V, en cuyas bocas de salida pueden conectarse cargas predeterminadas, sea por medio de conexiones fijas (uniones o borneras) o de fichas y tomacorrientes para las tensiones respectivas, conforme a la norma IRAM-IEC 60309 o IEC 60309 utilizando el color y el código horario correspondiente a la tensión de funcionamiento. La

alimentación de la fuente de MBTS se realizará por medio de un circuito de alimentación de carga única ACU con sus correspondientes protecciones.

#### **A.5.2. Circuitos De Alimentación De Tensión Estabilizada (ATE)**

Estos circuitos están destinados a equipos o redes que requieran para su funcionamiento, ya sea por prescripciones de diseño o necesidades del usuario, tensión estabilizada o sistemas de energía interrumpible (UPS). Los dispositivos de maniobra y protección del o de los circuitos ATE, interruptores automáticos e interruptores diferenciales, se colocarán a partir de la o las salidas de la fuente en un tablero destinado para tal fin (en locales con presencia permanente de personal BA4 o BA5, podrán emplearse interruptores manuales y fusibles o interruptores automáticos e interruptores diferenciales). En las bocas de salida pueden conectarse cargas monofásicas predeterminadas, sea por medio de conexiones fijas (uniones o borneras) o de tomacorrientes tipo 2P+T de 10 A o de 20 A, conformes a la Norma IRAM 2071, o de 16 A, conforme a Norma IRAM-IEC 60309 o IEC 60309.

Los circuitos ATE deben tener como máximo quince (15) bocas, sin limitación de potencia de salida de cada una, tipo de alimentación, ubicación, conexionado o dispositivos a la salida, ni de potencia total del circuito o de valor de la protección. Por lo tanto, es responsabilidad del proyectista determinar tales características, cumpliendo lo establecido con carácter general de la citada reglamentación. Para estos circuitos, la alimentación a la fuente de tensión estabilizada o UPS se debe realizar por medio de un circuito de alimentación de carga única ACU con sus correspondientes protecciones.

Con el objeto de diferenciar los tomacorrientes de circuitos ATE y evitar errores operativos, se procede a instalar los tomacorrientes de la siguiente manera:

- Tomacorrientes según Norma IRAM 2071: se instalan tomacorrientes de color rojo.

- Tomacorrientes IRAM-IEC 60309 o IEC 60309: se respetará el color y el código horario según su tensión nominal (por ejemplo, para 230 Vca Azul-6h).

A su vez ambos tipos de tomacorrientes, quedan identificados por el siguiente símbolo autoadhesivo indeleble, figura A, con la siguiente simbología y leyenda:

**Figura A1**

Logotipo con triangulo de color rojo para indicación de tomacorrientes ATE.



### A.5.3 Circuitos De Alimentación Monofásica De Pequeños Motores (APM)

En cuyas bocas de salida pueden conectarse cargas destinadas a ventilación, convección forzada, accionamientos para puertas, portones, cortinas, heladeras comerciales, góndolas refrigeradas, lavarropas comerciales, fotocopiadoras, etc., u otras cargas unitarias de características similares, sea por medio de conexiones fijas (uniones o borneras) o de tomacorrientes tipo 2P+T de 10 A, conforme a Norma IRAM 2071, o de 16 A, conforme a Norma IRAM-IEC 60309 o IEC 60309. El número máximo de bocas será de 15, la carga máxima por boca de 10 A y la protección del circuito no puede ser mayor que 25 A.

### A.5.4 Circuitos Monofásicos o Trifásicos Para La Alimentación a Carga Única (ACU)

Son aquellos que alimentan una carga unitaria que así lo requiere a partir de cualquier tipo de tablero, sin derivación alguna de la línea. No tiene limitaciones de potencia de carga, tipo de alimentación, ubicación, conexionado o dispositivos a la salida, o de valor de la protección. Por lo tanto, es responsabilidad del proyectista determinar tales características, cumpliendo lo establecido

con carácter general de la citada reglamentación; Para el caso del presente proyecto, todas las cargas electromecánicas corresponden a esta categoría.

#### **A.5.5 Circuitos De Alimentación Monofásica De Fuentes Para Consumos Con Muy Baja Tensión Funcional (MBTF)**

Son aquellos circuitos para alimentar cargas que no requieren ser de (MBTS) y el número máximo de bocas (en 220 V) será de 15, la carga máxima por boca de 10 A y la protección del circuito no puede ser mayor que 20 A. Las conexiones podrán ser efectuadas por medio de tomacorrientes tipo 2P+T de 10 A, conformes a la Norma IRAM 2071, o de 16 A, conforme a Norma IRAM-IEC 60309 o IEC 60309 o por medio de conexiones fijas (uniones o borneras).

#### **A.5.6 Circuitos de Iluminación Trifásica Específica (ITE)**

Son aquellos circuitos con aplicación en oficinas y locales con presencia permanente de personal de mantenimiento u operación BA4 o BA5. Se podrán emplear además de los IUG o los IUE, circuitos trifásicos específicos, de donde se deriven sistemas de iluminación. En las bocas de estos circuitos de iluminación trifásica específica (ITE), deben conectarse exclusivamente artefactos de iluminación, sea por medio de conexiones fijas (uniones o borneras) o por medio de tomacorrientes tipo 2P+T de 10 A o de 20 A, conformes a la Norma IRAM 2071, o de 16 A, conforme a la Norma IRAM-IEC 60309 o IEC 60309. Este tipo de circuitos puede ser empleado para la iluminación de lugares a la intemperie, en espacios semicubiertos o en el interior del inmueble. Cuando se emplean estos circuitos para la iluminación exterior sus protecciones deben ser exclusivas e independientes de cualquier otro circuito interior. El número máximo de bocas por fase o línea será de 12, la carga máxima por boca de 10 A y el dimensionamiento del circuito es responsabilidad del proyectista; Queda fuera del alcance del presente proyecto los circuitos ITE.



### A.6 Protección contra las corrientes de sobrecarga

En todas las instalaciones, deben ser previstos dispositivos de protección para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores de un circuito antes que ella pueda provocar un daño por calentamiento a la aislación, a las conexiones, a los terminales o al ambiente que rodea a los conductores.

La característica de funcionamiento u operación de un dispositivo de protección de un cable o un conductor contra las sobrecargas debe satisfacer con la ecuación A1 y ecuación A2:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (A1)$$

$$I_2 \leq 1,45 I_Z \quad (A2)$$

Siendo:

$I_B =$  Corriente de proyecto (intensidad proyectada de la corriente de carga o corriente de empleo para la cual el circuito fue diseñado.

$I_Z =$  Intensidad de corriente admisible en régimen permanente por los cables o conductores a proteger.

$I_2 =$  Intensidad de corriente que asegure el efectivo funcionamiento del dispositivo de protección en el tiempo convencional en las condiciones definidas; la intensidad de corriente  $I_2$  que asegure el funcionamiento del dispositivo de protección está definida en la norma del producto o puede ser obtenida del fabricante.

$I_n =$  Corriente asignada o nominal del dispositivo de protección.

Para los dispositivos de protección regulables,  $I_n$  se deberá tomar igual a la intensidad de corriente de la regulación elegida,  $I_r$ .

Para la aplicación de interruptores automáticos construidos según IEC 60947 con órganos de disparo por sobrecarga ajustable en locales con personas BA1, BA2, BA3, la intensidad de corriente a

utilizar para el dimensionamiento de los conductores será el valor más alto de regulación de la protección contra sobrecargas del relé instalado en el interruptor, independientemente del rango y ajuste de la misma. Esta restricción no es aplicable en locales con presencia de personas BA4 y BA5.

La Verificación de la actuación de la protección por sobrecarga se cumple si, ecuación A3:

$$I_2 \leq 1,45 I_Z \quad (A3)$$

Con  $I_2$  para los pequeños interruptores automáticos (PIA) según IEC 60898:

$$I_2 = 1,45 I_n, \text{ para } I_n \leq 63 A \text{ (tiempo convencional 1 hora)} \quad (A4)$$

$$I_2 = 1,45 I_n, \text{ para } I_n > 63 A \text{ (tiempo convencional 2 horas)} \quad (A5)$$

Con  $I_2$  para interruptores automáticos (caja moldeada) según IEC 60947:

$$I_2 = 1,3 I_n, \text{ para } I_n \leq 63 A \text{ (tiempo convencional 1 hora)} \quad (A6)$$

$$I_2 = 1,3 I_n, \text{ para } I_n > 63 A \text{ (tiempo convencional 2 horas)} \quad (A7)$$

Para el caso de emplear fusibles, los mismos quedan seleccionados en función de la  $I_2$  para la corriente de fusión de fusibles gG según IEC 60269:

$$I_n \leq 4 A, \text{ en tiempo convencional 60 minutos, } I_2 = 2,1 I_n$$

$$4 A < I_n \leq 16 A, \text{ en tiempo convencional 60 minutos, } I_2 = 1,9 I_n$$

$$16 A < I_n \leq 63 A, \text{ en tiempo convencional 60 minutos, } I_2 = 1,6 I_n$$

$$63 A < I_n \leq 160 A, \text{ en tiempo convencional 120 minutos, } I_2 = 1,6 I_n$$

$160 A < I_n \leq 400 A$ , en tiempo convencional 180 minutos,  $I_2 = 1,6 I_n$

$160 A < I_n \leq 400 A$ , en tiempo convencional 180 minutos,  $I_2 = 1,6 I_n$

$I_n \geq 400 A$ , en tiempo convencional 180 minutos,  $I_2 = 1,6 I_n$

### A.7 Protección contra las corrientes de cortocircuito

Se define corriente de cortocircuito al contacto accidental o intencional entre dos o más partes conductoras forzando las diferencias de potencial eléctrico entre estas partes a ser iguales o cercanas a cero.

Todo dispositivo que asegure la protección contra los cortocircuitos, debe responder a las dos condiciones siguientes:

- a) Regla del poder de corte

La capacidad de ruptura del dispositivo de protección ( $P_{dccc}$ ), será por lo menos igual a la máxima intensidad de corriente de cortocircuito presunta ( $I''_K$ ) en el punto donde el dispositivo estará instalado, ecuación A8:

$$P_{dccc} \geq I''_K \quad (A8)$$

- b) Regla del tiempo de corte

Toda corriente causada por un cortocircuito que ocurra en cualquier punto del circuito debe ser interrumpida en un tiempo tal, que no exceda de aquél que lleva al conductor a su temperatura límite admisible.

Para los cortocircuitos de duración de entre 0,1 s hasta 5 s, el tiempo t, en el cual una corriente dada de cortocircuito llevará la temperatura del conductor desde su temperatura máxima admisible

en servicio normal, hasta su temperatura límite admisible en cortocircuito, podrá ser calculado aproximadamente por la ecuación A9:

$$\sqrt{t} \geq K \cdot \frac{S}{I} \quad (A9)$$

Siendo:

$t =$  Duración de la interrupción o tiempo de desconexión en segundos (válido entre 0,1 s y 5 s).

$S =$  Sección del conductor en  $\text{mm}^2$ .

$I =$  Intensidad de corriente de cortocircuito en amperios, expresada como valor eficaz.

$K =$  Factor que toma en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad térmica volumétrica del conductor, y las temperaturas inicial y final del mismo.

#### A.7.1 Protección de los circuitos frente a las corrientes de cortocircuito

##### máximas

Para el caso del presente proyecto y para cortocircuitos de muy corta duración ( $< 0,1$  s), donde la asimetría de la corriente es importante, y para los dispositivos de protección limitadores de la energía pasante, la fórmula anterior no es aplicable y en esos casos se debe verificar que  $k^2 S^2$  debe ser mayor que el valor de energía específica  $I^2 t$ , integral de Joule para la duración del cortocircuito en  $\text{A}^2 \text{s}$ , que deja pasar el dispositivo de protección, valor dado por el fabricante del dispositivo. La fórmula está mejor representada por la ecuación A10:

$$K^2 S^2 \geq I^2 t \quad (A7)$$

Siendo:

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombeo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

- $I^2t =$  Máxima energía específica pasante aguas abajo del dispositivo de protección. Este dato es garantizado por el fabricante en función de la corriente de cortocircuito presunta en el punto de instalación.
- $S =$  Sección del conductor en mm<sup>2</sup>.
- $K =$  Factor que toma en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad térmica volumétrica del conductor, y las temperaturas inicial y final del mismo.

En la tabla A1 se representa distintos valores de K en función de la sección del conductor y el tipo de aislante.

**Tabla A1**

Valores de K para los conductores de línea

Valores de K							
Aislación de los conductores	PVC ≤ 300 mm <sup>2</sup>	PVC > 300 mm <sup>2</sup>	EPR/XLPE	Goma 60 °C	Mineral		
					PVC	Desnudo	
Temperatura inicial °C	70	70	90	60	70	105	
Temperatura final °C	160	140	250	200	160	250	
Material conductor	Cobre	115	103	143	141	115	135/115 <sup>30</sup>
	Aluminio	76	68	94	93	--	93
	Uniones estañadas en conductor de cobre	115	--	--	--	--	--

<sup>30</sup> Este valor debe ser empleado para cables desnudos expuestos al contacto.

### A.8 Protección De Los Circuitos Frente a Las Corrientes De Cortocircuito Mínimas

Los circuitos seccionales y terminales deben ser verificados frente a las corrientes de cortocircuito mínimas, de manera de comprobar que la corriente de cortocircuito sea suficiente para que el dispositivo de protección desconecte en forma instantánea. En este sentido, se calcula la corriente de cortocircuito en el punto de falla más distante en base a las recomendaciones de la AEA90909 “Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna” (véase anexo B).

### A.9 Verificación De Los Conductores Por Caída De Tensión

La selección de los conductores debe verificar, además, que la caída de tensión este por debajo de los valores máximos permitidos por caída de tensión considerando para cada circuito el punto más lejano de modo tal que, verificando este verificará distancias menores.

El cálculo aproximado de la caída de tensión en los conductores puede realizarse utilizando la ecuación A11:

$$\Delta U = K \cdot I \cdot L \cdot (R \cos\varphi + X \operatorname{sen}\varphi) \text{ [V]} \quad (\text{A8})$$

Siendo:

- K = Constante igual a 2 para sistemas monofásicos y bifásicos y  $\sqrt{3}$  para sistemas trifásicos.
- I = Intensidad de la corriente de línea en [A].
- L = Longitud del circuito en [km] (L es la distancia que separa los dos puntos entre los que se calcula la caída de tensión y no debe confundirse con la longitud que totalizan los conductores involucrados).
- R = Resistencia eléctrica efectiva del conductor a la temperatura de servicio en [ohm/km].<sup>31</sup>

<sup>31</sup> El valor de la resistencia eléctrica efectiva del conductor, teniendo en cuenta los incrementos por efecto pelicular, efecto proximidad y temperatura, puede obtenerse de las especificaciones técnicas del fabricante.

- $X =$  Reactancia de los conductores en [ohm/km].
- $\varphi =$  Ángulo de desfasaje entre la tensión y la corriente.
- $\text{Cos } \varphi =$  Factor de potencia.<sup>32</sup>

El valor de la reactancia de los conductores depende de su forma y disposición geométrica entre ellos y puede obtenerse de las especificaciones técnicas del fabricante o bien mediante cálculo empleando la ecuación A12.

$$L = 2 \times 10^{-4} \ln \left( \frac{DMG}{RMG} \right) \quad (A12)$$

Siendo,

- DMG: Diámetro Medio Geométrico del grupo de conductores, en [mm]
- RMG: Radio Medio Geométrico del grupo de conductores, en [mm]
- L: Inductancia del grupo de conductores en [H/Km]

Luego con el valor de L, se puede calcular X, aplicando la ecuación 13.

$$X = 2\pi \cdot f \cdot L \quad (A13)$$

Siendo,

- f: Frecuencia del sistema eléctrico de potencia, en [Hz]
- L: Inductancia del grupo de conductores en [H/Km]
- X: Reactancia inductiva del grupo de conductores, en [ $\Omega$ /Km]

<sup>32</sup> El denominado “factor de potencia”, en circuitos de las características de los aquí utilizados, depende fundamentalmente de la carga conectada. En caso de falta de valores más precisos pueden utilizarse los siguientes; En carga nominal del motor:  $\text{cos}\varphi=0,85$  y  $\text{sen}\varphi=0,53$ ; Durante el arranque de motores:  $\text{cos}\varphi=0,30$  y  $\text{sen}\varphi=0,95$ .

### A.10 Condiciones Ambientales Posibles De Un Inmueble

En la tabla A2 se muestran las condiciones ambientales en que un inmueble puede estar expuesto, clasificadas por influencias externas y son consideradas convencionalmente como normales dentro de la mayor parte del territorio de la República Argentina según la reglamentación.

**Tabla A2**

Condiciones ambientales posibles de un inmueble

Utilización	Código <sup>33</sup>	Descripción
Temperatura ambiente	AA4	-5 a +40°C (Normal)
Humedad atmosférica	AB4	5% a 95% (Normal)
Altitud	AC1	Menor o igual a 2000 m
Presencia de agua	AD1	Despreciable
Presencia de cuerpos sólidos extraños	AE1	Despreciable
Presencia de sustancias corrosivas o contaminantes	AF1	Normal
Impacto	AG1	Baja severidad
Vibración	AH1	Baja severidad
Presencia de flora o moho	AK1	Sin riesgo (Normal)
Presencia de fauna	AL1	Sin riesgo (Normal)
Influencia electromagnética, electrostática o ionizante	AM1	Despreciable
Radiación solar	AN1	Despreciable
Efectos sísmicos	AP1	Despreciable
Descargas atmosféricas	AQ2	Exposición indirecta

<sup>33</sup> La nomenclatura aquí presentada no guarda ninguna relación con la nomenclatura del anexo.



### A.11 Condiciones De Utilización Posibles De Un Inmueble

En la tabla A3 se muestran las condiciones de utilización posibles de un inmueble en base a la reglamentación. Las condiciones de utilización están relacionadas principalmente a las características de las personas que lo habitan, y a las características constructivas del inmueble.

**Tabla A3**

Condiciones de utilización posibles de un inmueble

Utilización	Código	Descripción
Capacidad de las personas	BA1	Normal u ordinaria
	BA2	Niños
	BA3	Personas con capacidades diferentes
	BA4	Instruidos en seguridad eléctrica
	BA5	Calificados en seguridad eléctrica
Resistencia eléctrica del cuerpo humano	BB1	Normal
Contacto con personas al potencial de tierra	BC2	Bajo
	BC3	Frecuente
Condiciones de evacuación ante un siniestro	BD1 <sup>34</sup>	Baja densidad ocupacional y condiciones fáciles de evacuación
	BD2	Baja densidad ocupacional y condiciones difíciles de evacuación
	BD3	Alta densidad ocupacional y condiciones fáciles de evacuación
	BD4	Alta densidad ocupacional y condiciones difíciles de evacuación
Naturaleza de los materiales procesados o almacenados	BE1	Riesgos insignificantes (Normal)
	BE2	Riesgo de incendios

<sup>34</sup> Casa habitación, local comercial u oficina con afluencia simultánea entre público y personal empleado inferior a 100 personas, en edificios de hasta 12 pisos de altura, excluyendo subsuelos. Las autoridades de aplicación pueden modificar estos parámetros.

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombeo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

	BE3	Riesgos de explosión
	BE4	Riesgo de contaminación
Materiales de construcción	CA1	No combustibles (Normal)
	CA2	Combustibles
Proyecto de edificio	CB1	Riesgo despreciable
	CB2	Riesgo de propagación de incendio
	CB3	Riesgo de movimiento
	CB4	Estructuras flexibles o inestables

**A.12 Lista De Canalizaciones, Conductores y Cables Aprobados Para Su Uso En El Desarrollo Del Presente Proyecto**

En la tabla A5 se muestra los conductores y cables permitidos para uso eléctrico según reglamentación.

**Tabla A5**

Canalizaciones, conductores y cables permitidos según diferentes influencias externas

	Columna 1	Columna 2	Columna 3
Influencias externas	Se deberá adoptar esta columna si se presentara alguna de las condiciones indicadas abajo.	Se deberá adoptar esta columna si se presentara alguna de las condiciones indicadas abajo.	Independientemente de las “condiciones de evacuación durante una emergencia”, de la “capacidad de las personas” y del “proyecto de edificios” se deberá adoptar esta columna si se presentara alguna de las condiciones indicadas abajo.
Condiciones de evacuación durante una emergencia	BD2; BD3 y BD4	BD1	-

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombéo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

Capacidad de las personas			BA2 (en locales) y BA3	BA1; BA2 (en viviendas); BA4 y BA5	-
Proyecto de edificios			CB2	CB1	-
Material de la construcción			CA1	CA1	CA2
Material almacenado			BE4	BE1	BE2 y BE3
Tipo de instalación	Tipo de canalización	Material de canalización	Tipo de conductor o cable		
Fija en interior	Bandejas portacables	Aislante con características no propagantes de la llama, pero con emisión de humos opacos y gases tóxicos o gases con contenido halógeno	No	IRAM 2178 IRAM 62266 IRAM 2268  Cables para comunicacion o transmisión de datos	Ver Capítulos 42 y 52 de AEA 90364.
		Metal o aislante con características no propagantes de la llama, con baja emisión de humos opacos y gases tóxicos, libres de halógeno	IRAM 62266 IRAM 62267 <sup>6</sup>  Cables para comunicaciones o transmisión de datos del tipo LSOH <sup>36</sup>  Desnudo cuerda rígida IRAM 2004 o desnudo cuerda semirígida IRAM NM 280 clase 2 solo para el conductor de protección (PE)	IRAM NM 247-3 <sup>35</sup> IRAM 62267  Desnudo cuerda rígida IRAM 2004 o desnudo cuerda semirígida IRAM NM 280 clase 2 solo para el conductor de protección (PE)	
Tipo de instalación	Tipo de canalización	Material de canalización	Tipo de conductor o cable		

<sup>35,7</sup> Para el caso de tendidos en bandejas portables o dentro de conductos enterrados, los cables según normas IRAM NM 247-3 o IRAM 62267 solo son permitidos si se utilizan como conductor de protección (PE).

<sup>36</sup> Para este tipo de instalaciones los cables de telecomunicaciones o transmisión de datos deben responder simultáneamente a los requisitos de la Norma IRAM NM IEC 60332-3-24 o IEC 60332-3-24, IEC 60754 “Ensayos sobre gases emitidos durante la combustión de cables eléctricos”, IEC 61034 “Medición de la densidad de los humos emitidos por cables quemados bajo condiciones definidas” y CEI 20-37-7 o NES 713 “Determinación del índice de toxicidad de los gases emitidos durante la combustión de los cables”.

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombeo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

Fija en interior	Cañerías, conductos o cablecanales con tapa removible	Material aislante con características no propagantes de la llama, pero con emisión de humos opacos y gases tóxicos o gases con contenido halógeno	No	IRAM 2178 IRAM 62266 IRAM 2268  Cables para comunicaciones o transmisión de datos	Ver Capítulos 42 y 52 de AEA 90364.
		Metal o material aislante con características no propagantes de la llama, con baja emisión de humos opacos y gases tóxicos, libres de halógeno	IRAM 62266 IRAM 62267  Cables para comunicaciones o transmisión de datos del tipo LSOH <sup>7</sup>  Desnudo cuerda rígida IRAM 2004 o desnudo cuerda semirígida IRAM NM 280 clase 2 solo para el conductor de protección (PE)	IRAM NM 247-3 IRAM 62267  Desnudo cuerda rígida IRAM 2004 o desnudo cuerda semirígida IRAM NM 280 clase 2 solo para el conductor de protección (PE)	

Cuando se exija, para el local de que se trate, la utilización de cables o conductores eléctricos con características de no propagación del incendio, baja emisión de humos y ausencia de halógenos (denominación LSOH de su definición en inglés “low smoke zero halogen”), las canalizaciones (caños, cablecanales o conductos), a la vista, deberán cumplir con las mismas exigencias de no propagación del incendio, emisión de humos y ausencia de halógenos, contempladas en las normas de los cables.

Las instalaciones consideradas no totalmente enterradas, en las cuales los cables o las canalizaciones de material sintético recorran más de 2,5 m al aire, pueden ser susceptibles de actuar como propagantes del incendio; en estos casos, los cables de potencia o control que respondan a las normas IRAM 2178 o IRAM 2268 y los cables de señales débiles, deberán satisfacer como mínimo, el ensayo de no propagación del incendio, para la categoría “C”, definido por la Norma IRAM NM IEC 60332-3-24 o IEC 60332-3-24. Si para el local donde está presente este tipo de instalación se exigiera

la utilización de canalizaciones y cables con características de no propagación del incendio, baja emisión de humos y ausencia de halógenos (denominación LSOH), los cables de potencia y control deberán responder a la Norma IRAM 62266, los cables para señales débiles deben responder simultáneamente a los requisitos de la Norma IRAM NM IEC 60332-3-24 o IEC 60332-3-24, IEC 60754 “Ensayos sobre gases emitidos durante la combustión de cables eléctricos”, IEC 61034 “Medición de la densidad de los humos emitidos por cables quemados bajo condiciones definidas” y CEI 20-37-7 o NES 713 “Determinación del índice de toxicidad de los gases emitidos durante la combustión de los cables” y las canalizaciones a lo establecido en el párrafo anterior.

Una instalación se entiende por totalmente enterrada a la cual los terminales extremos de los cables lleguen a cajas de interconexión o elementos utilizadores enterrados o con un recorrido máximo en aire de 2,5 metros; todo otro caso estará comprendido en las restantes categorías.

## **Anexo B. Definiciones y Método De Cálculo Para La Obtención De La Corriente De Cortocircuito Según AEA 90909 “Corrientes De Cortocircuito En Sistema Trifásico De Corriente Alterna”**

Para determinar el valor de la corriente de cortocircuito, se aplica las recomendaciones de cálculo según AEA 90909 “Corrientes de cortocircuito en sistema trifásico de corriente alterna” y que responden a las siguientes hipótesis de cálculo:

- El cortocircuito se supone equilibrado;
- La tensión no varía durante el tiempo del cortocircuito;
- La resistencia de arco no se considera;
- La falla es franca ( $R=0$ );
- Los factores de tensión “c” son los indicados en la tabla 5;
- Se adopta una potencia de cortocircuito en la red de media tensión igual a 300 [MVA];

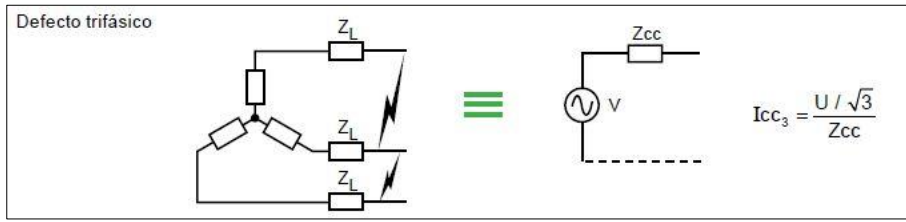
Para el estudio de las corrientes de cortocircuito y desde el punto de vista más conservador, (máximo valor de la corriente de cortocircuito) se considera un defecto trifásico el cual corresponde con la unión de las tres fases activas. Figura B1.

### **Figura B1**

Esquema simplificado para el cálculo de la corriente de cortocircuito trifásico<sup>37</sup>

---

<sup>37</sup> Imagen extraída de cuaderno técnico Schneider, (Noblat, Dumas, & Thomasset).



**Tabla B1**

Valores del factor de tensión “c”

Tensión nominal $U_n$	Factor de tensión “c” para el cálculo de:	
	Corrientes máximas de cortocircuito $c_{m\acute{a}x}^{38}$	Corrientes mínimas de cortocircuito $c_{m\acute{i}n}$
Baja tensión 100 V a 1000 V	1,05 <sup>39</sup> 1,10 <sup>40</sup>	0,95
Media tensión > 1KV a 35 KV	1,10	1,00
Alta tensión <sup>41</sup> > 35 KV a 380 KV		

<sup>38</sup>  $c_{m\acute{a}x} \cdot U_n$  no debe exceder la máxima tensión  $U_m$  para equipamientos de sistemas de potencia.

<sup>39</sup> Para sistemas de baja tensión con una tolerancia de +6%, por ejemplo, para sistemas 380V / 400V.

<sup>40</sup> Para sistemas de baja tensión con una tolerancia de +10%.

<sup>41</sup> Si no se define una tensión nominal se debe aplicar  $c_{m\acute{a}x} \cdot U_n = U_m$  o  $c_{m\acute{i}n} \cdot U_n = 0,90 \cdot U_m$ .

### Corrientes Máximas De Cortocircuito

Para el cálculo de las corrientes máximas de cortocircuito, es necesario tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Se debe aplicar el factor de tensión  $c_{m\acute{a}x}$  de acuerdo a la tabla, para el cálculo de las corrientes máximas de cortocircuito, en ausencia de una norma nacional;
- Elegir la configuración del sistema y la máxima contribución de las centrales eléctricas y las redes de alimentación, los que conduce al máximo valor de las corrientes de cortocircuito en el punto de falla, o a una sección aceptable de la red para controlar la corriente de cortocircuito;
- Cuando las impedancias equivalentes del sistema de potencia,  $Z_Q$ , son usadas para representar redes externas, debe utilizarse la impedancia mínima equivalente de cortocircuito que corresponde a la máxima contribución de la corriente de cortocircuito de las redes de alimentación;
- Los motores eléctricos deben ser incluidos si estos aportan a la corriente de cortocircuito;
- La resistencia  $R_L$  de las líneas (líneas aéreas y cables) debe ser introducida a una temperatura de 20 °C.



### Corrientes Mínimas De Cortocircuito

Para el cálculo de las corrientes mínimas de cortocircuito, es necesario tener en cuenta las siguientes condiciones:

- Se debe aplicar el factor de tensión  $c_{min}$  de acuerdo a la tabla B1, para el cálculo de las corrientes mínimas de cortocircuito;
- Elegir la configuración del sistema y el mínimo aporte de las centrales eléctricas y las redes de alimentación, que conducen al mínimo valor de la corriente de cortocircuito en el punto de la falla;
- Los motores deben ser despreciados;
- Las resistencias  $R_L$  de las líneas (líneas aéreas y cables, conductores de fase y conductores neutros) deben ser introducidas a una temperatura mayor aplicando la ecuación B1:

$$R_L = [1 + \alpha(\theta_e - 20^\circ C)].R_{L20} \quad (B1)$$

Siendo:

$R_{L20}$  = Resistencia del conductor a una temperatura de 20° C;

$\theta_e$  = Temperatura del conductor en °C al final del cortocircuito;

$\alpha$  = Factor igual a 0,004/K, válido con suficiente precisión para la mayoría de los propósitos prácticos para el cobre, aluminio, y aleación de aluminio.

### **Corriente Presunta De Cortocircuito**

Corriente que circularía si el cortocircuito fuera remplazado por una conexión ideal de impedancia despreciable sin ningún cambio en la alimentación.

### **Corriente Simétrica De Cortocircuito**

Valor eficaz de la componente alterna simétrica de una corriente presunta de cortocircuito siendo despreciable, en caso de existir, la componente aperiódica de corriente.

### **Corriente Simétrica Inicial De Cortocircuito $I''_k$**

Valor eficaz de la componente alterna simétrica de una corriente presunta de cortocircuito, en el instante de aparición del cortocircuito si la impedancia mantiene su valor inicial.

### **Corriente Pico De Cortocircuito $i_p$**

Posible valor máximo instantáneo de la corriente presunta de cortocircuito. La magnitud de la corriente pico de cortocircuito trifásica ( $i_p$ ) se efectúa para la fase y en el instante en el cual existe la mayor corriente cortocircuito posible. Cortocircuitos secuenciales no son considerados.

### **Corriente Simétrica De Ruptura De Cortocircuito $I_b$**

Valor eficaz de un ciclo completo de la componente alterna simétrica de una corriente presunta de cortocircuito, en el instante de la separación del contacto del primer polo en abrir de un dispositivo de maniobra.

### **Corriente Permanente De Cortocircuito $I_k$**

Valor eficaz de la corriente de cortocircuito que permanece luego de la extinción del fenómeno transitorio.

### **Circuito Eléctrico Equivalente**

Modelo que describe el comportamiento de un circuito por medio de una red de elementos ideales.

### **Tensión Nominal Del Sistema $U_n$**

Tensión entre fases por la cual un sistema es designado, y para el cual están referidas ciertas características operativas.

### **Fuente De Tensión Equivalente $cU_n/\sqrt{3}$**

Tensión de una fuente ideal aplicada en el punto del cortocircuito en el sistema de secuencia directa, para el cálculo de la corriente de cortocircuito. Esta es la única tensión activa de la red.

### **Factor De Tensión “c”**

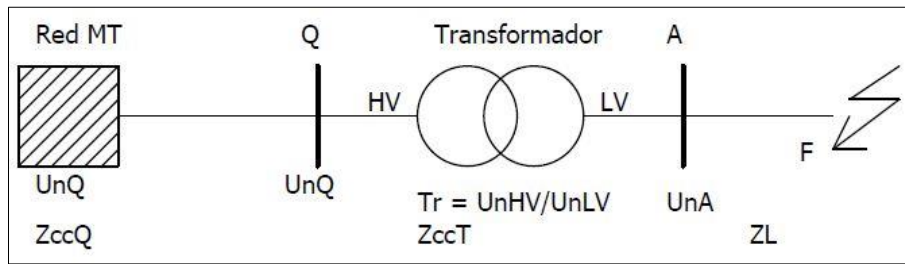
Relación entre la fuente de tensión equivalente y la tensión nominal del sistema  $U_n$  dividido por  $\sqrt{3}$ . Los valores están dados en la tabla B1 presentada.

### **Metodología Para El Cálculo De Las Corrientes De Cortocircuitos**

En el presente proyecto se pretende obtener las corrientes de cortocircuito mediante el método de las impedancias. El principio de este método está basado en determinar las corrientes de cortocircuito a partir de la impedancia que representa el “circuito” recorrido por la corriente del defecto como se observa en la figura B1. Esta impedancia se calcula una vez se han totalizado separadamente las diferentes resistencias y reactancias del circuito del defecto, incluida la fuente de alimentación, hasta el punto de fallo considerado. En la figura B3 se muestra el diagrama del sistema eléctrico de potencia, y en la figura B4 el circuito equivalente de la red de alimentación.

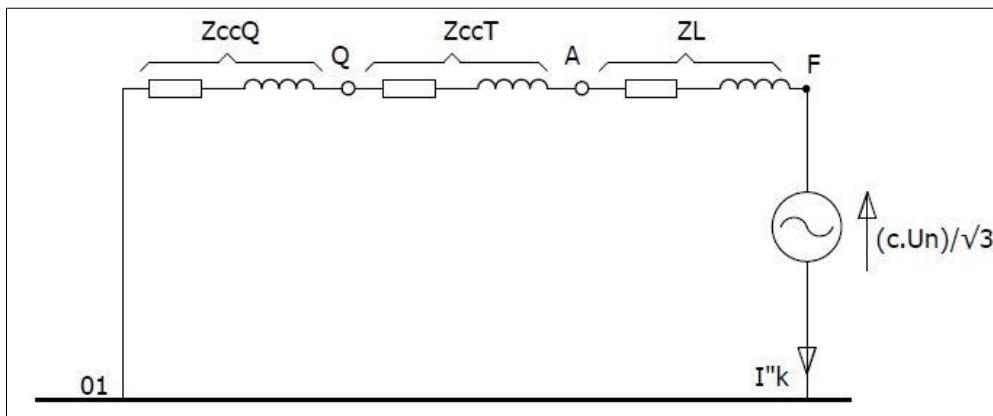
### **Figura B2**

Diagrama general del sistema eléctrico de potencia



**Figura B3**

Circuito equivalente general del sistema eléctrico de potencia



**Impedancia De Cortocircuito De La Red De Alimentación (ZccQ)**

Para obtener la impedancia de cortocircuito equivalente de secuencia directa de la red de alimentación, ZccQ, se aplica la ecuación B2.

$$Z_{ccQ} = \frac{c U_{nQ}^2}{S''_{kQ}} \cdot \frac{1}{tr^2} \tag{B2}$$

Siendo:

$Z_{ccQ}$  = Impedancia de cortocircuito de la red de alimentación, en [Ω];

$c$  = Factor de tensión definido en tabla B1;

$U_{nQ}$  = Tensión nominal del sistema en el punto de conexión de la alimentación Q, en [KV];

$S''_{kQ}$  = Potencia de cortocircuito de la red de alimentación en [MVA];

$t_r =$  Relación de transformación asignada con el conmutador bajo carga en la posición principal.

En el caso de redes de alta tensión con tensiones superiores a 35 KV alimentadas por líneas aéreas, la impedancia equivalente  $Z_{ccQ}$  puede ser considerada en algunos casos como una reactancia, por ejemplo  $Z_{ccQ} = 0 + jX_Q$ . Para el caso del presente proyecto, donde la red de alimentación es en media tensión (MT) a 13,2 [KV] y no se conoce el valor preciso de la resistencia  $R_Q$ , se puede adoptar los siguientes valores que se muestran en la ecuación B3 y ecuación B4.

$$R_{ccQ} = 0,1X_{ccQ} \quad (B3)$$

$$X_{ccQ} = 0,995Z_{ccQ} \quad (B4)$$

#### Impedancia De Cortocircuito Del Transformador ( $Z_{ccT}$ )

Para el caso del presente proyecto, la planta se abastece mediante un transformador de 2 arroyamientos, típicos transformadores de distribución. Para calcular la impedancia de cortocircuito de secuencia directa,  $Z_{ccT} = R_{ccT} + jX_{ccT}$ , se aplica la ecuación B5.

$$Z_{ccT} = \frac{u_{kr}}{100\%} * \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \quad (B5)$$

Luego para obtener los parámetros que conforman el valor de  $Z_{ccT}$ , se aplican la ecuación B6 y ecuación B7 respectivamente.

$$R_{ccT} = \frac{P_{krT}}{3 I_{rT}^2} = \frac{P_{krT} U_{rT}^2}{S_{rT}^2} \quad (B6)$$

$$X_{ccT} = \sqrt{Z_{ccT}^2 - R_{ccT}^2} \quad (B7)$$

Siendo:

$U_{rT} =$	Tensión nominal del transformador en el lado de alta o baja tensión;
$u_{kr} =$	Tensión de cortocircuito para la corriente nominal del transformador;
$S_{rT} =$	Potencia aparente nominal del transformador;
$P_{krT} =$	Pérdidas totales en el Cobre (Cu) a la corriente nominal del transformador;
$I_{rT} =$	Corriente nominal del transformador;
$Z_{ccT} =$	Impedancia de cortocircuito del transformador;
$R_{ccT} =$	Resistencia de cortocircuito del transformador;
$X_{ccT} =$	Reactancia de cortocircuito del transformador.

#### Factor De Corrección De La Impedancia Del Transformador

Para transformadores de dos arrollamientos, con o sin conmutador bajo carga, se introduce un factor de corrección de impedancia  $K_T$ , que tiene que ver con las condiciones de operación de la transformación antes de originarse el cortocircuito. Para el caso de estudio, el factor de corrección queda expresado mediante la ecuación B8.

$$K_T = 0,95 \frac{C_{m\acute{a}x}}{1 + 0,6x_T} \quad (B8)$$

Donde el valor de  $x_T = X_T / (U_{rT}^2 / S_{rT})$  y  $C_{m\acute{a}x}$  corresponde con el factor de tensión nominal del sistema en el extremo del lado de baja tensión del transformador, tabla B1.

#### Impedancia De La Línea De Alimentación (ZL)

El valor de la impedancia de cortocircuito de secuencia directa,  $Z_{ccl} = R_{ccl} + jX_{ccl}$ , para la línea de alimentación en baja tensión (BT) del TGBT vinculado aguas abajo al transformador, puede

calcularse a partir de los datos del conductor, tales como la sección transversal y la distancia entre puntos extremos del mismo.

La resistencia por unidad de longitud,  $R_L$ , a la temperatura del conductor a 20 °C, puede ser calculada a partir de la sección transversal nominal  $q_n$  y la resistividad  $\rho$ . Para el cálculo, se aplica la ecuación B9.

$$R_L = \frac{\rho}{q_n} \tag{B9}$$

Para los distintos materiales del conductor, se tienen los distintos valores de resistividad mostrados en la tabla B2.

**Tabla B2**

Valores de resistividad para conductores de distintos materiales a 20°C

Material	Resistividad “ $\rho$ ” a 20°C [ $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ ]
Cobre, Cu	1/54
Aluminio, Al	1/34
Aleación de Aluminio, AAl	1/31

Por otra parte, el valor de la reactancia del conductor, a frecuencia de 50Hz, se obtiene de datos característicos de fabricante o mediante cálculo [A12, A13] (Véase anexo A).

**Cálculo De La Corriente Simétrica Inicial De Cortocircuito ( $I''_k$ )**

Para calcular la corriente de cortocircuito se aplica la ecuación B10.

$$I''_k = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{cc}} \tag{B10}$$

Donde,  $Z_{cc} = \sqrt{(R_{cc}Q^2 + R_{cc}T^2 + RL^2) + (X_{cc}Q^2 + X_{cc}T^2 + XL^2)}$ , es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los valores de resistencias y reactancias de cortocircuito de la red de alimentación, transformador y línea de alimentación respectivamente.

#### Cálculo De La Corriente Pico De Cortocircuito $i_p$

La contribución a la corriente pico de cortocircuito queda expresada mediante la ecuación (B11).

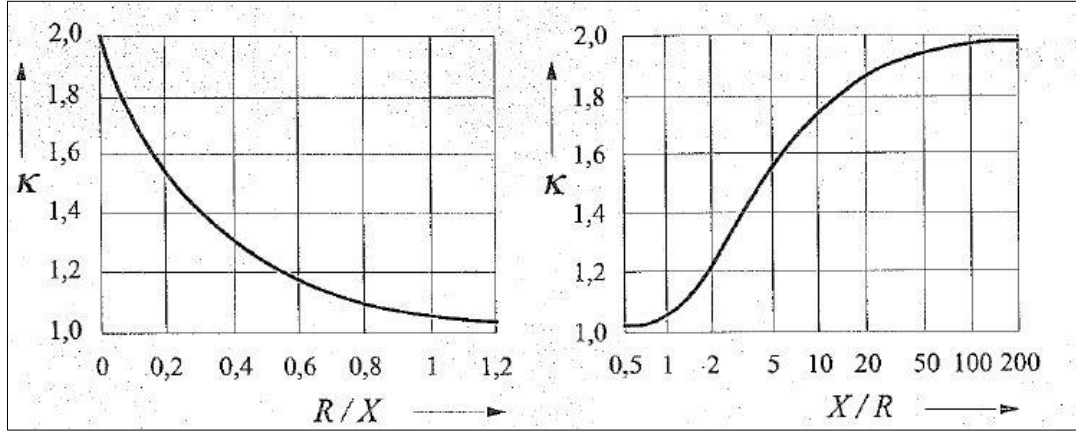
$$i_p = K \cdot \sqrt{2} \cdot I''_K \quad (B11)$$

Donde el factor K es obtenido en función de las relaciones R/X o X/R obtenido de la figura B4 o mediante la ecuación B12.



**Figura B4**

Factor K para circuitos serie como una función de la relación R/X o X/R



$$K = 1,02 + 0,98 e^{-\frac{3R}{X}} \tag{B12}$$

Siendo:

$$R = R_{ccQ} + R_{ccT} + R_L \tag{B13}$$

$$X = X_{ccQ} + X_{ccT} + X_L \tag{B14}$$

### **Anexo C. Definiciones Incluidas En El Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI)**

A continuación, se enumeran definiciones incluidas en el Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI) que son extradidas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y que se aplican al presente proyecto.

#### **(VEI 441-11-01) Aparamenta y Control**

Término general aplicado a los dispositivos de conmutación y su combinación con equipos de control, medición, protección y regulación asociados; conjuntos de dichos dispositivos y equipos con interconexiones, accesorios, envolventes y estructuras de soporte asociados.

#### **(VEI 442-01-01) Valor Asignado**

En inglés (rated value). Valor de una magnitud fijada, generalmente por el fabricante, para una condición de funcionamiento especificada de un componente, un dispositivo, un equipo o un material. En los aparatos de maniobra y protección no se debe emplear el término “nominal” para caracterizar sus parámetros de funcionamiento, sino el término “asignado/a”. Por ejemplo, en esos dispositivos se debe hablar de Corriente “asignada” y de Tensión “asignada” y no de Corriente “nominal” o de Tensión “nominal”.

#### **(VEI 442-01-02) Corriente Asignada**

En inglés (rated current). Corriente fijada por el fabricante para la condición de operación especificada de un aparato.

#### **(VEI 442-01-03) Tensión Asignada**

En inglés (rated voltaje). Tensión fijada por el fabricante para la condición de operación especificada de un aparato.

**(VEI 614-03-24) Tensión De Impulso**

En inglés (voltage pulse). Onda de voltaje transitorio aplicada a una línea o equipo, caracterizada por un rápido aumento seguido generalmente por una disminución más lenta y no oscilatoria del voltaje.

**(VEI 614-03-23) Nivel De Aislamiento**

En inglés (insulation level). Conjunto de tensiones específicas soportada por el aparato o dispositivo que caracterizan la rigidez dieléctrica del aislamiento.

**(VEI 614-03-25) Sobretensión Transitoria**

En inglés (transient overvoltage). Onda de voltaje transitorio que se propaga a lo largo de una línea eléctrica o un circuito y que se caracteriza por un rápido aumento seguido de una disminución más lenta de la tensión.

**(VEI 614-03-07) Aislamiento De Un Equipo**

Cualidades dieléctricas del conjunto de materiales que aíslan el equipo.

**(VEI 441-17-08) Poder De Corte o Capacidad De Ruptura De Un Aparato De Conexión o De Un****Fusible**

En inglés (breaking capacity). Valor de la corriente presunta o prevista que un aparato de conexión o un fusible es capaz de interrumpir bajo una tensión dada y en las condiciones establecidas de empleo y funcionamiento.

La tensión que hay que fijar y las condiciones que hay que prescribir están precisadas en la norma del material correspondiente. En corriente alterna, la intensidad se expresa por el valor eficaz simétrico de la componente alterna.

### **(IEC 60947-2) Poder Asignado De Cierre En Cortocircuito (Icm)**

El poder asignado de cierre en cortocircuito de un interruptor automático, es el valor del poder de cierre en cortocircuito fijado para ese interruptor automático por el fabricante para la tensión asignada de empleo, a la frecuencia asignada y para un factor de potencia especificado en corriente alterna, o una constante de tiempo especificada en corriente continua. Se expresa por el valor máximo de cresta de la intensidad prevista.

### **Poder Asignado De Corte Último En Cortocircuito (Icu) De Un IA**

El poder asignado de corte último en cortocircuito de un IA (interruptor automático) que cumple con IEC 60947-2 es el valor de poder de corte último en cortocircuito fijado por el fabricante para ese IA para la tensión asignada de empleo correspondiente, especificado en las condiciones definidas en 8.3.5 de IEC 60947-2. Se expresa, en [KA], por el valor de la intensidad presunta de ruptura correspondiente (valor eficaz de la componente periódica en el caso de la corriente alterna).

Luego del ensayo, el IA puede no garantizar la continuidad de servicio, pero debe mantener:

- a) Aislación en las dos posiciones (abierto y cerrado), y
- b) La operación de los disparadores de sobrecarga (el relé de protección contra las sobrecargas debe verificarse con una corriente igual a 2,5 veces la corriente de regulación).

### **Poder Asignado De Corte De Servicio En Cortocircuito (Ics) De Un IA**

El poder asignado de corte de servicio en cortocircuito de un IA es el valor del poder de corte de servicio en cortocircuito fijado por el fabricante para el IA a la tensión asignada correspondiente especificado en la secuencia de ensayos definidas en 8.3.4 de IEC60947-2 (IEC). Su valor se expresa, en KA, en % de Icu (por ejemplo: Ics = 25% Icu). Luego del ensayo, el interruptor puede garantizar la continuidad de servicio, es decir que puede soportar la corriente asignada sin afectar el servicio.

En cualquier instalación, cuando no se emplea la protección de acompañamiento, la Icu del interruptor automático siempre debe ser mayor o igual que la máxima corriente presunta de cortocircuito en el punto de la instalación donde se ubica el dispositivo de protección. Cuando al interruptor automático se le exige la continuidad de servicio luego de haber abierto dicha corriente máxima presunta en el lugar de instalación, la Ics no puede ser inferior a la corriente máxima presunta en dicho lugar. Esto significa que, si se adopta un interruptor con una Icu igual a la corriente máxima presunta, la Ics deberá ser igual a la Icu. En cambio, si se adopta un interruptor con una Icu mayor que la corriente máxima presunta la Ics deberá ser como mínimo igual a la corriente máxima presunta (Galizia, 2009).

#### **(IEC 60947-2) Intensidad Asignada De Corta Duración Admisible (Icw)**

La intensidad asignada de corta duración admisible de un interruptor automático es el valor de la intensidad de corta duración admisible fijado para ese interruptor automático por el fabricante en las condiciones de ensayo especificadas, sin abrirse o dañarse para una cierta tensión de servicio  $U_e$  y un cierto intervalo de tiempo  $t_1$ . En corriente alterna, el valor de esa intensidad es el valor eficaz de la componente periódica de la intensidad prevista de cortocircuito, supuesta constante durante el retardo de corta duración. El retardo de corta duración asociado a la intensidad asignada de corta duración admisible debe ser como mínimo de 0,05 s, siendo los valores preferentes los siguientes: 0,05, 0,1, 0,25, 0,5, 1[s]. La Icw debe indicarse expresamente cuando el interruptor sea clasificado de categoría de empleo B y no debe tener un valor inferior a los valores que figuran en la tabla C1. (Galizia, 2009).

#### **Tabla C1**

Intensidad asignada de corta duración admisible,  $I_{cw}$ , en función del valor de la intensidad asignada,  $I_e$

Intensidad asignada $I_e$ [A]	Intensidad asignada de corta duración admisible $I_{cw}$
$I_e \leq 2500$	El mayor de los 2 valores, $12I_e$ , o 5 [KA]
$I_e > 2500$	30 KA]

**Categoría De Selectividad (o Empleo)**

La categoría de selectividad (o empleo) de un IA debe fijarse en función del hecho de que esté o no previsto específicamente un IA con temporización al retardo de apertura del dispositivo respecto a los restantes IA aguas abajo ante un fallo por cortocircuito. La norma (IEC) define las categorías de selectividad A y B de la siguiente manera, tabla C2.

**Tabla C2**

Categoría de selectividad (o empleo) de los IA

Categoría de selectividad (o empleo)	Aplicación en cuanto a la selectividad
A	IA no previstos específicamente para la selectividad en condición de cortocircuito, en relación con otros IA instalados en serie aguas abajo, es decir sin retardo intencional de corta duración previsto para la selectividad en condición de cortocircuito, y consecuentemente sin $I_{cw}$ .
B	IA previstos específicamente para la selectividad en condición de cortocircuito en relación a otros IA instalados en serie aguas abajo, es decir con retardo intencional de corta duración (que puede ser regulable) y destinados a la selectividad en condición de cortocircuito. Estos IA (ubicadas aguas arriba) tienen asignada una $I_{cw}$ .

### **Poder De Corte Asignado ( $I_{cn}$ ) y Poder De Corte En Servicio ( $I_{cs}$ ) Para Una Corriente De Cortocircuito En [KA] De Un PIA Que Cumple Con La Norma IEC 60898**

En esta cláusula de la Norma IEC 60898 se indica que el poder de corte asignado ( $I_{cn}$ ) de los pequeños interruptores automáticos (PIA) es el valor eficaz del poder de corte último (o límite) asignado al PIA por el fabricante. Asimismo, se indica que, a un poder de corte asignado dado ( $I_{cn}$ ), le corresponde un poder de corte de servicio en cortocircuito determinado ( $I_{cs}$ ), existiendo una relación entre ambos (factor  $k$ ) que se muestran en la tabla C3 (Galizia, 2009).

#### **Tabla C3**

Factor  $K$  en función de la relación del poder de corte de  $I_{cs}$  y  $I_{cn}$ <sup>42</sup>

$I_{cn}$	$K = \frac{I_{cs}}{I_{cn}}$
$I_{cn} \leq 6000 [A]$	1
$6000 < I_{cn} \leq 10000 [A]$	0.75 <sup>a</sup>
$I_{cn} > 10000 [A]$	0.5 <sup>b</sup>
a) Valor mínimo de $I_{cs}$ : 6000 [A]	
b) Valor mínimo de $I_{cs}$ : 7500 [A]	

#### **(VEI 442-01-04) Valor Nominal**

En ingles (nominal value). Valor de una magnitud utilizado para denominar o identificar un componente, un dispositivo, un equipo o un material. Por ejemplo, una red de alimentación tiene valores “nominales” de frecuencia y tensión; en nuestro país esos valores son 50 Hz a 0,4/0,22 KV (salvo excepciones). Otro ejemplo se refleja en la chapa características de los motores eléctricos donde se especifica los valores de potencia, tensión y corriente en valores nominales. El concepto de

<sup>42</sup> Fuente (Galizia, 2009)

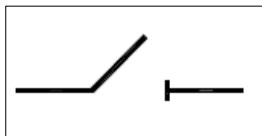
“nominal” no se debe aplicar a las magnitudes características de los aparatos de maniobra y protección, donde se debe emplear el concepto de “asignado/a” (Galizia, 2009).

#### **(VEI 441-14-05) Seccionador**

Aparato mecánico de conexión que asegura, en la posición de abierto, una distancia de aislación, separación o seccionamiento, en concordancia con los requerimientos especificados. En la figura 11 se muestra el símbolo eléctrico.

**Figura C1**

Representación gráfica seccionador



Un seccionador es capaz de abrir y cerrar un circuito cuando una corriente de intensidad despreciable es interrumpida o establecida o bien cuando no se produce ningún cambio notable de la tensión en los bornes de c/u de los polos del seccionador. El seccionador es también capaz de soportar o transportar corriente en las condiciones normales del circuito y es también capaz de transportar durante un tiempo especificado corrientes anormales del circuito tales como las corrientes de cortocircuito.

#### **(VEI 826-17-01) Seccionamiento (Función De)**

Función destinada a dejar sin tensión, por razones de seguridad, toda una instalación eléctrica o una parte de ella, separando toda la instalación eléctrica o una parte de la misma de toda fuente de energía eléctrica.

#### **(VEI 441-14-10) Interruptor**

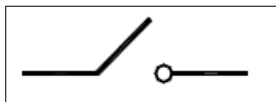
Aparato o dispositivo mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en las condiciones normales del circuito, comprendidas circunstancialmente las



condiciones especificadas de sobrecarga en servicio, así como de soportar<sup>43</sup> durante un tiempo determinado corrientes en condiciones anormales especificadas del circuito tales como las de cortocircuito. La figura C2 muestra el símbolo eléctrico.

**Figura C2**

Representación gráfica interruptor (mecánico)

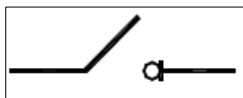


#### (VEI 441-14-12) Interruptor-Seccionador

Interruptor que, en su posición de apertura, satisface las condiciones de aislación especificadas para un seccionador. La figura C3 muestra su símbolo eléctrico.

**Figura C3**

Representación gráfica Interruptor-seccionador



#### (VEI 441-14-20) Interruptor Automático

Aparato o dispositivo mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en las condiciones normales del circuito, así como de establecer, soportar durante un tiempo determinado e interrumpir corrientes en condiciones anormales especificadas del circuito tales como las de cortocircuito.

En esta definición la AEA 90364 ha realizado una distinción en el lenguaje ayudando a una mejor comprensión de los conceptos. En tal sentido, diferencia a los pequeños interruptores automáticos termomagnéticos, que cumplen con la Norma IEC 60898 y que su montaje es sobre riel

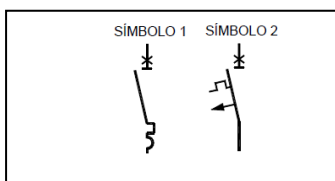
<sup>43</sup> Un interruptor puede ser capaz de soportar corrientes de cortocircuito, pero no de interrumpirlas.

“sombbrero” IEC 60715, conocidos como riel DIN) de los interruptores automáticos que cumplen con la norma IEC 60947-2. A los primeros los ha llamado PIA (de Pequeños Interruptores Automáticos) mientras que a los otros (alguno de los cuales también se pueden montar sobre rieles DIN) los ha llamado simplemente IA (de Interruptor Automático). De estos existen los conocidos como interruptores automáticos en “caja moldeada” (en inglés: moulded case circuit breakers) y los conocidos como interruptores automáticos en “aire” o “abiertos” (air circuit-breakers) (Galizia, 2009).

La figura C4 muestra 2 símbolos eléctricos equivalente para los PIA, y la figura C5 para los IA.

**Figura C4**

Pequeño interruptor automático (AEA 90634)



**Figura C5**

Interruptor automático (VEI 441-14-20)



#### (VEI 441-14-21) Interruptor Automático Limitador De Corriente<sup>44</sup>

Interruptor automático en el que el tiempo de corte es particularmente breve a fin de conseguir que la intensidad de cortocircuito no pueda alcanzar su máxima amplitud o valor de cresta.

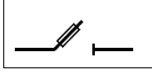
#### (VEI 441-14-18) Fusible Seccionador

Seccionador en el que un eslabón fusible o un portafusible con eslabón fusible forma el contacto móvil. La figura C6 se representa el símbolo eléctrico.

<sup>44</sup> En general, todos los interruptores aplicados en el presente proyecto cumplen con este cometido. No obstante, desde el punto de vista más conservador, para todas las protecciones de la aparamenta se consideran no limitante de la corriente de cortocircuito.

**Figura C6**

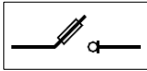
Fusible-seccionador

**(VEI 441-14-19) Fusible – Interruptor – Seccionador**

Aparato en el que un eslabón fusible o un portafusible con eslabón fusible forma el contacto móvil. La figura C7 se representa el símbolo eléctrico.

**Figura C7**

Representación gráfica fusible-interruptor-seccionador



## Anexo D. Características Generales Interruptores Automáticos

### Interruptor Automático De Cabecera

El elemento de protección de cabecera es del tipo caja moldeada, en ingles MCCB (Moulded Case Circuit Breaker). Los MCCB pueden soportar corrientes de cortocircuito asignada de hasta 200[KA], tensión de impulso ( $U_i$ ) de 8[KV] y una tensión asignada de aislamiento ( $U_e$ ) de 800[Vca] a 50/60[Hz]. Además, cuentan con una clasificación de corriente alterna asignada de hasta 6500[A]. Los mismos pueden ser de 2P, 3P y 4P y en el caso de 4P permiten ajustar la protección del neutro quedando 4P-4D - cuatro polos (P) protegidos al valor de corriente asignada ( $I_e$ ) o valor seteado  $I_r \leq I_e$  -, 3D+N/2 (tres polos protegidos a  $I_e$  o valor seteado con neutro protegido a la mitad del valor  $I_e$ ), 4P-3D (3 polos protegido a  $I_e$  o valor seteado y sin protección de neutro). Los mismos responden a la norma IEC60947-2 y su símbolo eléctrico es el que se representa en la figura [C4] (véase anexo C).

La figura D1 muestra un modelo de IA a aplicar en el presente proyecto como elemento de protección general.

### Figura D1

Interruptor Automático en Caja Moldeada<sup>45</sup>



<sup>45</sup> (Schneider Electric, 2024)

### Relé Térmico y Magnético Guardamotor (GM)

Los guardamotors (GM) son interruptores automáticos (IA) con especial comportamiento al aislamiento y control manual, protección térmica y contra fallos de cortocircuitos del motor. Sus calibres de corriente asignada ( $I_e$ ) van desde 0.1[A] hasta los 500[A]. Los GM pueden soportar corrientes de cortocircuito asignada de hasta 100[KA], tensión de impulso ( $U_i$ ) de hasta 8[KV] y una tensión asignada de aislamiento ( $U_e$ ) de 800[Vca] a 50/60[Hz]. Los GM están conformados únicamente de 3P con protección en los 3 polos (P) y cuentan con protección térmico-magnético, o únicamente magnético. Al igual que los MCCB, los GM permiten ajustar la curva de disparo del relé térmico y magnético. Responden a la norma IEC60947-2 y su símbolo eléctrico es el que se representa en la figura [C4] (véase anexo C).

La figura D2 se muestran varios dispositivos GM que se aplican en el presente proyecto.

#### Figura D2<sup>46</sup>

Distintos modelos de dispositivos de protección de motor en función de la potencia eléctrica



<sup>46</sup> (Schneider Electric, 2024)

### Pequeños Interruptores Automáticos (PIA)

Se aplican estos dispositivos para la protección de circuitos de IUG, TUG, TUE y de tableros seccionales (TS). Se identifican con sus siglas en ingles MCB (Miniature Circuit Breaker). Los MCB tienen un poder de corte menor a los MCCB en un rango que va desde los 4.5[KA] hasta los 20[KA]. Su resistencia a la tensión de impulso ( $U_i$ ) es de 6[KV] y una tensión asignada de aislamiento ( $U_e$ ) de 500[Vca] a 50/60[Hz]. Responden a la norma IEC60898 y su símbolo eléctrico es el que se representa en la figura [C4] (véase anexo C).

La figura D3 se muestra un modelo de PIA que se aplica en el presente proyecto.

#### Figura D3<sup>47</sup>

Dispositivo de protección PIA



<sup>47</sup> (Schneider Electric, 2024)

### Anexo F. Extracto De La Norma AEA 92305-11 / IRAM2184-11. Protección Contra Los Rayos

Del Anexo E de la norma AEA 92305-11 / IRAM 2184-11, se obtiene la expresión de cálculo para obtener la frecuencia anual promedio  $N_d$  de descargas directas en una estructura, y que se representa en la ecuación F1.

$$N_d = C_1 \cdot N_g \cdot A_e \cdot 10^{-6} \left[ \frac{\text{descargas directas}}{\text{año}} \right] \quad (F1)$$

Siendo:

- $C_1$ : Coeficiente ambiental que rodea a la estructura considerada;
- $N_g$ : Densidad anual promedio de descargas a tierra, en rayos por kilómetros cuadrados y por año, propia de la región donde este emplazada la estructura;
- $A_e$ : Área colectora equivalente de la estructura en metros cuadrados.<sup>48</sup>

Para el caso de un edificio que tiene una parte prominente, (caso del tanque elevado de la planta Cisterna de Mezcla Malvinas Argentinas, cuya altura es de 35 [m] respecto al nivel del terreno), figura F1, se aplica la ecuación F2.

$$A_e = 9 \cdot \pi \cdot H^2 \quad (F2)$$

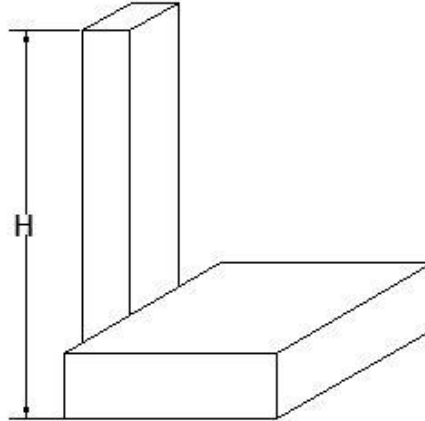
Siendo:

- H: Valor de la altura prominente.

<sup>48</sup> Se entiende por área colectora equivalente de la estructura a un área de la superficie del suelo con la misma frecuencia anual de descargas directa que la estructura.

**Figura F1**

Esquema de cálculo cuando existen una altura prominente



Debido que la topografía del sitio tal como se muestra en la introducción del presente proyecto, figura 2, los objetos situados dentro de la distancia  $3H$  a la estructura más elevada, siendo esta él TE y que se representa con la letra “H” figura F1, influyen sobre el área colectora  $A_e$  de una manera significativa, esta influencia se debe tener en cuenta mediante el coeficiente ambiental  $C_1$  tabla F1.

**Tabla F1**

Determinación del coeficiente ambiental  $C_1$



Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe – Ingeniería Eléctrica  
 Proyecto Final De Carrera – “Cálculo y Diseño Del Sistema Eléctrico De Potencia y Determinación De Indicadores Energéticos y Económicos Para Una Estación De Rebombeo De Agua Potable Cisterna De Mezcla Malvinas Argentinas”-.

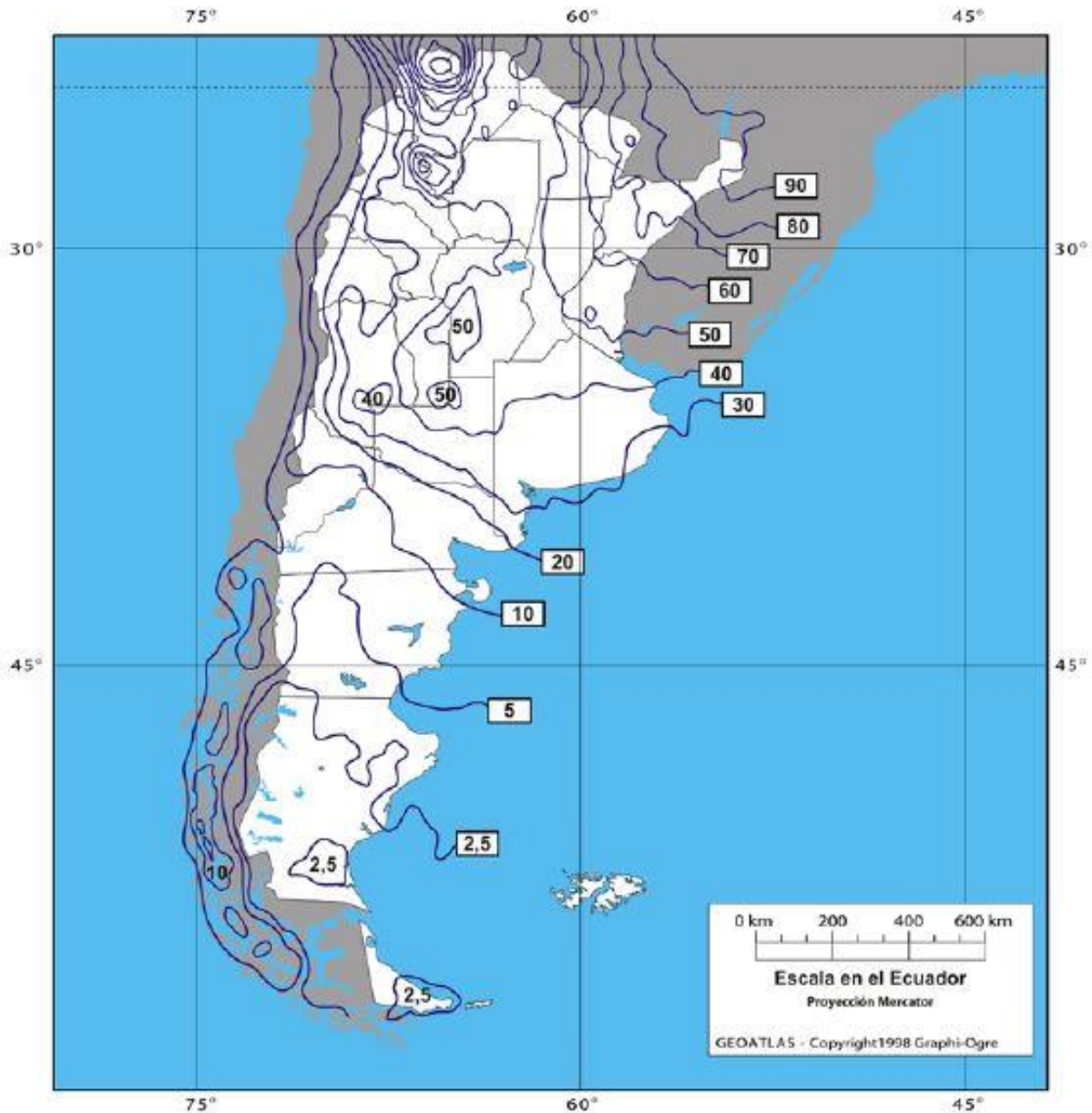
Situación relativa de la estructura de altura H	Coefficiente $C_1$
Estructura situada en un espacio donde hay otras estructuras o árboles de igual o mayor altura que la de la estructura considerada (H)	0,25
Estructura rodeada de otras estructuras más pequeñas (alturas < H)	0,5
Estructura aislada: no hay otras estructuras a distancias menores que 3H	1
Estructura aislada en la cumbre de una colina o sobre un promontorio	2

De lo anterior, el valor de  $A_e$  aplicando la ecuación F2, y para un H de 35[m], es de aproximadamente 34636 [m<sup>2</sup>].

Luego con el valor de  $A_e$  y  $C_1$  igual a 0,5 (producto de que la estructura se ubica dentro de la ciudad y está rodeada de otras estructuras más pequeñas (alturas < H), ver figura 2), empleando la ecuación F2, la frecuencia anual promedio de descargas directas esperados sobre la instalación,  $N_d$ , es entre 0,069 y 0,087 descargas directas/año.

**Figura F2**

Curvas de niveles ceráunicos  $Td^{49}$  argentinos del período 2005/11 construidas según datos de la World Wide Lightning Location Network.<sup>50</sup>

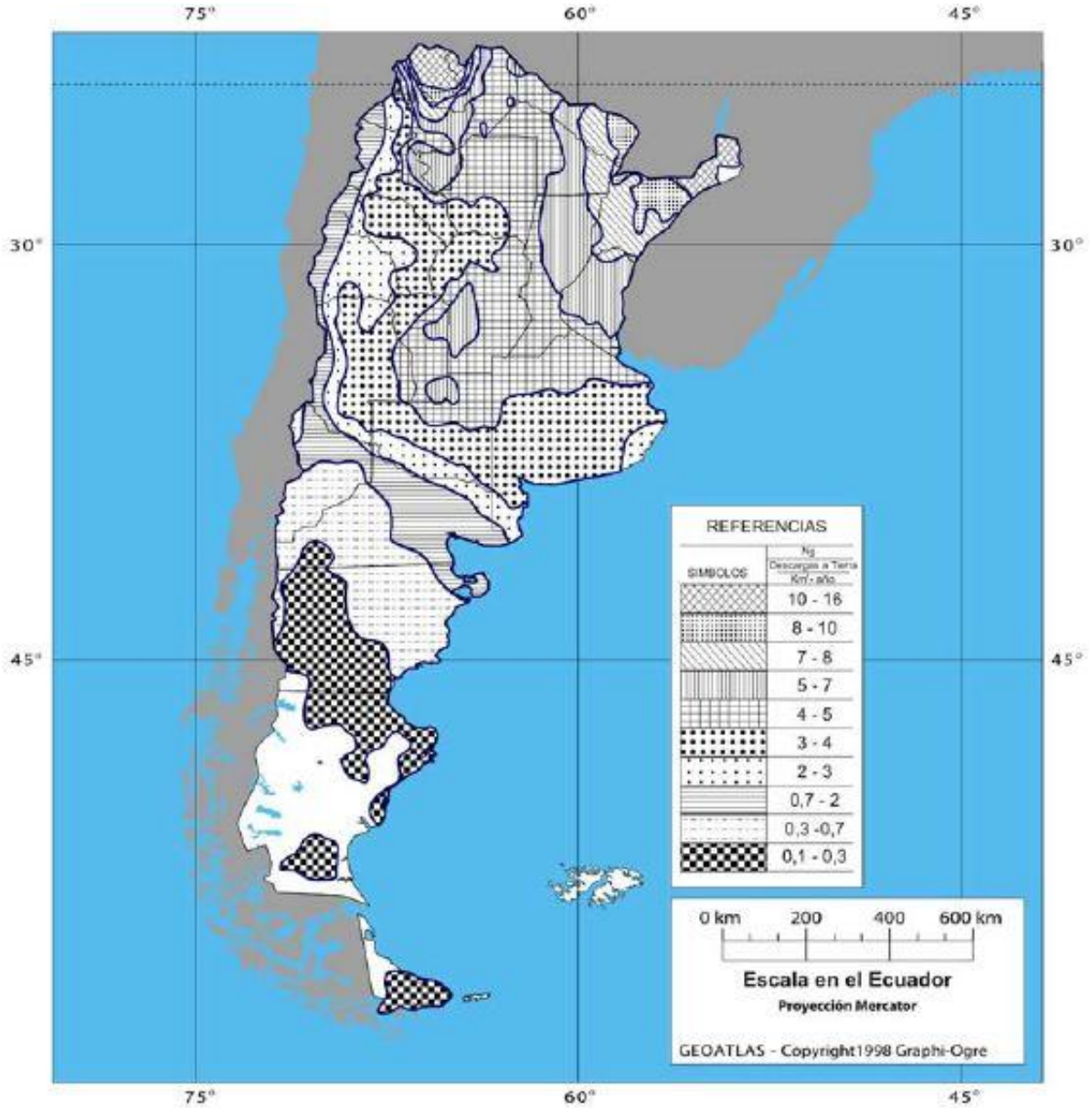


<sup>49</sup> Días de tormentas eléctricas por año obtenida a partir de mapas isoceraunicos en torno a la ubicación.

<sup>50</sup> Autores: M.G. Nicora, R.E. Bürgesser, E.J. Quel y E.E. Avila. Dibujo y diseño: P.A. Ballesteros. Mapa político de GEOTLAS. Buenos Aires 2012. (Del Anexo E de la norma AEA 92305-11 / IRAM 2184-11).

**Figura F3**

Densidades cerámicas  $N_g$  del período 2005/11 construidas según datos de la World Wide Lightning Location Network.<sup>51</sup>



<sup>51</sup> Autores: M.G. Nicora, R.E. Bürgesser, E.J. Quel y E.E. Avila. Dibujo y diseño: P.A. Ballesteros. Mapa político de GEOTLAS. Buenos Aires 2012. (Del Anexo E de la norma AEA 92305-11 / IRAM 2184-11).

### **Anexo G. Partes y Definiciones Generales De Bombas Rotodinámicas**

Las electrobombas son máquinas de fluidos y que transforman la energía electromecánica en hidráulica, en ellas están comprendidas las denominadas rotodinámicas, que comprenden a las radiales o centrífugas, las de flujo mixto y las axiales. Las bombas rotodinámicas son las que fundamentalmente utilizan la energía cinética para producir un aumento de la presión, medido en altura manométrica, a un determinado caudal. Son diseñadas para operar a una velocidad de rotación, la nominal, de donde surgen los estados de cargas estáticas y dinámicas que actúan sobre sus elementos componentes, los que fundamentalmente comprenden, (ENOHSA). Los Elementos básicos que componen una instalación de bombeo.

#### **Tubería De Aspiración**

Concluye en la brida de aspiración. Es la encargada de generar una depresión o presión negativa para lograr así la aspiración del líquido bombeado.

#### **Impulsor o Rodete**

Está formado por un conjunto de álabes que pueden adoptar diferentes formas en función de donde vaya ser empleada la bomba, el cual gira dentro de una carcasa circular. El rodete es accionado por un motor que se encuentra unido solidariamente al eje de la bomba, siendo así la parte móvil.

El líquido penetra axialmente por la tubería de aspiración hasta la entrada del rodete, experimentando un cambio de dirección más o menos brusco, pasando a radial, en las centrífugas, o permaneciendo axial, en las axiales, acelerándose y absorbiendo un trabajo. A su vez, el rodete puede presentar varias etapas de impulsión según características de diseño.

#### **Voluta**

Es un órgano fijo que está dispuesta alrededor del rodete en la salida y en forma de caracol, de tal forma que la distancia entre el rodete y la voluta varía desde un valor máximo (entrada del agua

al impulsor) y luego gradualmente se reduce hasta un mínimo (cuando las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión). Su misión es recoger el líquido que circula a gran velocidad y cambiar la dirección de su movimiento conduciéndolo hacia la brida de impulsión.

### **Tubería De Impulsión**

Se encuentra solidariamente vinculada a la salida de la voluta, por lo que el líquido es evacuado a la velocidad y presión creada en la voluta. En este punto, la presión del agua crece a un valor positivo, definido por el diseño de la bomba.

### **Motor Eléctrico**

Es el encargado de originar el movimiento de rotación del impulsor o rodete, convirtiendo la energía eléctrica en energía mecánica de rotación.

### **Dispositivos De Protección Eléctrica**

Son las encargadas de proteger por sobre-corrientes originadas por fallos eléctricos en el circuito de alimentación y en el devanado interno del motor. Estas sobre-corrientes pueden originarse por sobrecargas o cortocircuitos. Tema que se desarrolla más adelante.

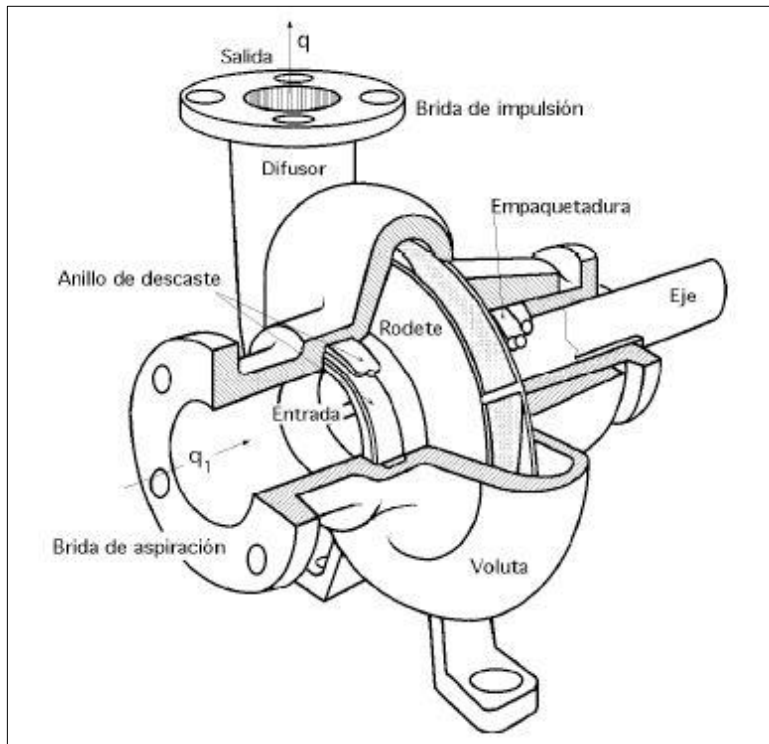
### **Dispositivos De Arranque**

Son los encargados de dar arranque al motor eléctrico, pudiendo ser estos electrónicos como, por ejemplo: Arranque Suave (AS), Variador De Frecuencia (VDF), o métodos de arranques convencionales como estrella – triangulo mediante relés de potencia. Tema que se desarrolla más adelante.

En la figura G1, se muestra una vista detallada de una bomba indicando las principales partes que la componen y que ya se describieron anteriormente, (Fernandez Diez).

**Figura G1**

Partes mecánicas de una bomba centrífuga.<sup>52</sup>



### Curvas Características De Una Bomba

Desde el punto de vista operacional no existe limitación alguna en que una bomba rotodinámica trabaje con una velocidad de giro del impulsor inferior a la nominal.

La relación entre la velocidad de rotación y las alturas y caudales responden a las siguientes expresiones de acuerdo a las leyes de semejanza, manteniendo el diámetro del impulsor constante:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad ; \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

Siendo:

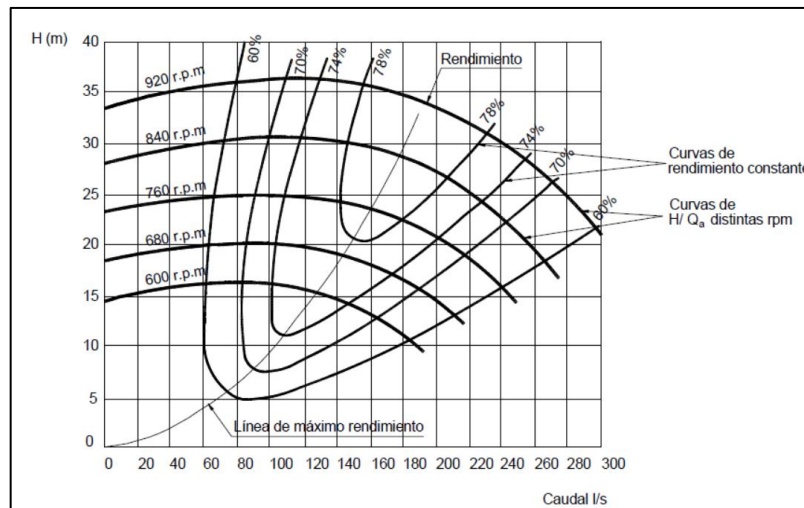
- ✓ H = altura manométrica de elevación
- ✓ Q = caudal
- ✓ n = número de revoluciones

<sup>52</sup> (Fernandez Diez)

En la Figura G2, se observan las relaciones H/Q para diversos números de revoluciones del impulsor, así como los valores del rendimiento para una bomba genérica.

**Figura G2**

Curva de funcionamiento H/Q y rendimientos a diversos números de revoluciones.<sup>53</sup>

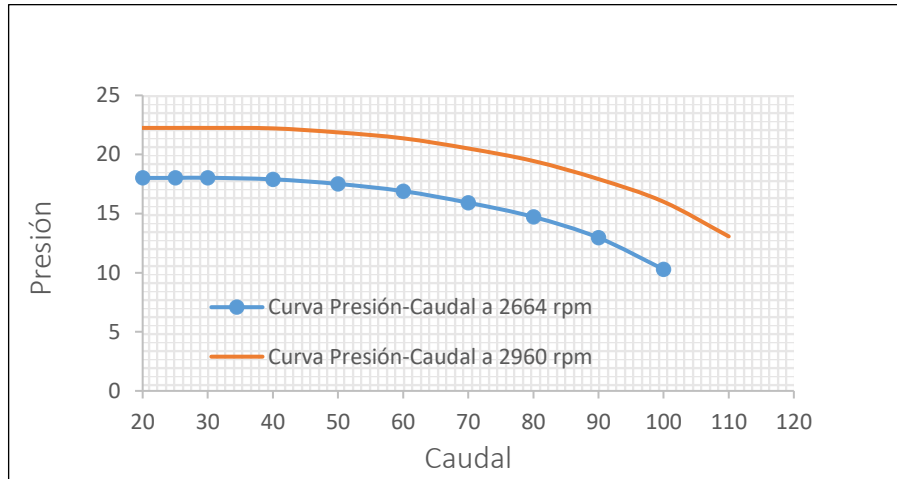


A continuación, en la Figura G3, se representa la curva de presión versus caudal tomando como modelo de ejemplo la bomba RUHRPUMPEN - CPP21-016. Se puede apreciar que a medida que el caudal aumenta, la presión del agua disminuye debido a una mayor área de paso en la cañería de impulsión. En tanto que a medida que se reduce el caudal bombeado, estrangulación de la cañería de impulsión, la presión del agua aumenta considerablemente. A su vez, al variar la velocidad del rodete, hace que la curva (Presión- Caudal) se desplace verticalmente, es decir sobre el eje de las ordenadas. Lo mismo ocurre para la curva de menor rpm, con la salvedad de que luego de sobrepasar un determinado caudal, la presión del agua cae a cero. En este punto, solo se tiene el máximo caudal posible de obtener a consta de llevar a cero la presión del sistema, punto de operación no aceptable en el diseño.

<sup>53</sup>(ENOHSA)

**Figura G3**

Curva característica de la bomba RUHRPUMPEN - CPP21-016. Presión Vs Caudal.



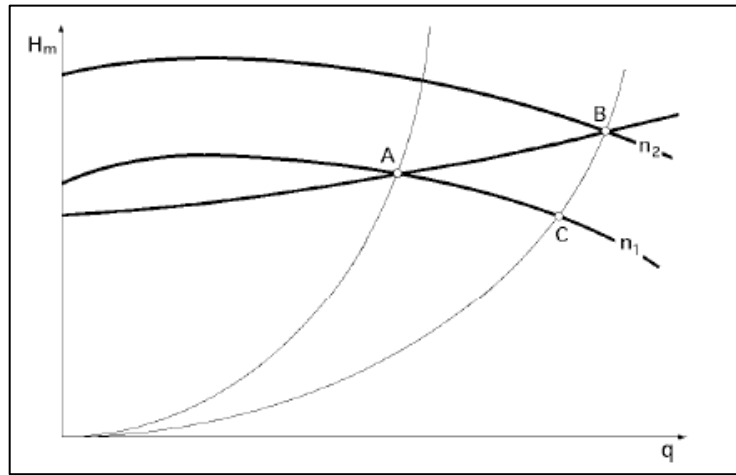
Las bombas centrífugas se construyen para que funcionen en condiciones de rendimiento máximo y, por lo tanto, en su elección parece lógico pensar que, para una tubería de impulsión determinada, no sirva cualquier bomba, sino aquella que cumpla precisamente con la premisa de que su zona de máximo rendimiento, coincida con la inmediata al punto de funcionamiento.

El régimen de trabajo de una bomba centrífuga viene determinado por el punto de intersección de la curva característica de la bomba y del sistema, y por esto, al ser la característica del sistema invariable, salvo que se actúe sobre la válvula de impulsión, el cambio del número de revoluciones de la bomba provoca el desplazamiento del punto de trabajo a lo largo de la curva característica del sistema. Si por la tubería se trasiega el líquido de un nivel inferior a otro superior, y la característica de la tubería (que depende principalmente por fricción del fluido en las paredes y por cambio de dirección) tiene la forma indicada en la figura G4, el cambio de revoluciones de la bomba de “n1” a “n2” provoca el desplazamiento del punto de funcionamiento sobre la característica del sistema de “A” a “B”. Por el contrario, si se mantiene la velocidad “n” constante y se estrangula la cañería que se trasiega el líquido, se produce un cambio en la curva característica del sistema, lo que provoca un desplazamiento desde el punto “C” hacia el punto “A”.



**Figura G4**

Puntos de operación – Sistema / Bomba.<sup>54</sup>



Fijado el caudal máximo a suministrar a la red y las presiones máximas y mínimas se debe proceder, en base a las curvas brindadas por el fabricante, a seleccionar un equipo que para dichos valores suministre rendimientos aceptables dentro de las posibilidades que ofrecen los fabricantes.

<sup>54</sup> (Fernandez Diez)

## **Anexo H. Planillas Verificación Dimensionamiento Conductores y Cables De Potencia**

A continuación, en las páginas 169, 170, y 171, se pueden ver las tablas (H1, H2, H3) que verifican los circuitos eléctricos de potencia correspondiente con el apartado 5.2.4.2 “Cálculo De La Sección De Los Conductores y Dispositivos De Protección Asociados Para Los Circuitos ACU”.

Tabla H1

Elección y verificación de conductores y dispositivos de protección asociados. Circuitos eléctricos de potencia interiores al TGBT.

Cargas electromecánicas										Parámetros característicos Conductores y Cables						Parámetros característicos Aparatps de Protección												
										Ubicación: Interior TGBT																		
Circuito	TAG	Descripción	Pn[KW]	Un [V]	f.u.	$\eta$	cos( $\phi$ )	$I_B$ [A]	Configuración	Tipo	Sección [mm <sup>2</sup> ]	Método Instalación	Iz [A]	Fc	Iz[A]*	$K^2 S^2 \times 10^6$	TAG	IDP	Clase	Curva	Ie [A]	Ir [A]	Icu[KVA] 0,4[KV]	Ics (%Icu)	ip_máx [KA] 0,4[KV]	I <sup>2</sup> t x10 <sup>6</sup> (A ip_máx)		
P01	BS-400	A. M.B. Imp	75	400	1	0,864	0,99	126,56	Unipolar	SUBT. IRAM 2178	50	Tabla 771.16.III - G - (3x) a 40°C.	191	0,95	181,45	33,06	IA2	GV5P150	A	--	70/150	150	36	100%	22	0,5		
P02	BS-401	A. M.B. Imp	75	400	1	0,864	0,99	126,56	Unipolar		50		191	0,95	181,45	33,06	IA3	GV5P150	A	--	70/150	150	36	100%	22	0,5		
P03	BS-402	A. M.B. Imp	75	400	1	0,864	0,99	126,56	Unipolar		50		191	0,95	181,45	33,06	IA4	GV5P150	A	--	70/150	150	36	100%	22	0,5		
P04	BS-300	A. M.B. A.H.	45	400	1	0,774	0,99	84,76	Unipolar		25		127	0,95	120,65	8,27	IA5	GV4P115	A	--	65/115	100	25	100%	22	0,25		
P05	--	A. M.B. A.P.	22	400	1	0,711	0,99	45,11	Unipolar		25		127	0,95	120,65	8,27	IA6	GV4P50	A	--	50	50	25	100%	22	0,25		
P06	BS-500	A. M. B. D.	3	400	1	0,869	0,9	5,54	Unipolar	UNIPOLAR IRAM 247-3	6	Tabla 771.16.I - B1 - (3x) a 40°C.	32	0,7	22,4	0,48	IA9	GV2P10	A	--	4/6,3	6	100	100%	22	0,016		
P07	BD-600	A.M.B. Dosif. 1	3	220	1	0,8	0,85	3,34	Unipolar		2,5		32	0,7	22,4	0,08	IA10	GV2P08	A	--	2,5/4	4	100	100%	22	0,016		
P08	BD-601	A.M.B. Dosif. 2	0,5	220	1	0,8	0,85	3,34	Unipolar		2,5		18	0,7	12,6	0,08	IA11	GV2P08	A	--	2,5/4	4	100	100%	22	0,016		
Cargas Auxiliares																												
Circuito	TAG	Descripción	Sn[KVA]	Un [V]	f.u.	$\eta$	cos( $\phi$ )	$I_B$ [A]	Disposición																			
P09	TSs1	Edificio 1	12,2	400	1	1	0,85	17,61	Unipolar	16	59	0,6	35,4	3,39	ITM1	A9F94432	3	C	32	NA	20	100%**	22	0,1				
P10	TSs2	Edificio 2	7,8	400	1	1	0,85	11,26	Unipolar	16	59	0,6	35,4	3,39	ITM2	A9F94432	3	C	32	NA	20	100%**	22	0,1				
P11	TSs3	Edificio 3	7,8	400	1	1	0,85	11,26	Unipolar	16	59	1	59	3,39	ITM3	A9F94440	3	C	40	NA	20	100%**	22	0,1				
P12	TSs4	Edificio 4	7,8	400	1	1	0,85	11,26	Unipolar	16	59	0,6	35,4	3,39	ITM4	A9F94432	3	C	32	NA	20	100%**	22	0,1				
P13	TSs5	Edificio 5	12,2	400	1	1	0,85	17,61	Unipolar	16	59	0,6	35,4	3,39	ITM5	A9F94432	3	C	32	NA	20	100%**	22	0,1				
P14	TSs6	Automatismos	6	400	1	1	0,85	8,66	Unipolar	6	32	0,8	25,6	0,48	ITM6	A9F94425	3	C	25	NA	20	100%**	22	0,1				
P15	TSs7	Comunicación	6	400	1	1	0,85	8,66	Unipolar	6	32	0,8	25,6	0,4761	ITM7	A9F94425	3	C	25	NA	20	100%**	22	0,1				
P16	TGBT	Uso Interno	3	400	1	1	0,85	4,33	Unipolar	4	25	0,8	20	0,21	ITM9	A9F94406	3	C	6	NA	20	100%**	22	0,1				
P17	TGBT	Uso Interno	3	400	1	1	0,85	4,33	Unipolar	4	25	0,8	20	0,21	ITM10	A9F94406	3	C	6	NA	20	100%**	22	0,1				

Tabla H2

Elección y verificación de conductores y dispositivos de protección asociados. Circuitos eléctricos de potencia exterior al TGBT.

Cargas electromecánicas										Parámetros característicos Cables						Parámetros característicos Aparatps de Protección										
										Ubicación: Exterior TGBT (De borneras a cargas)																
Circuito	TAG	Descripción	Pn[KW]	Un [V]	f.u.	$\eta$	$\cos(\phi)$	$I_B$ [A]	Disposición	Tipo	Sección [mm2]	Método Instalación	Iz [A]	Fc	Iz[A]*	$K^2 S^2 \times 10^6$	TAG	IDP	Clase	Curva	Ie [A]	Ir [A]	Icu[KV]	Ics (%Icu)	ip_máx [KA]	I <sup>2</sup> t x10 <sup>6</sup> (A ip_máx)
P01	BS-400	A. M.B. Imp	75	400	1	0,96	0,8	140,95	Tetrapolar	SUBT. IRAM 2178	95	Tabla 771.16.V - D1 (3x) a 25°C y resistividad del terreno igual a 1km/w.	201	0,76	152,76	119,36	IA2	GV5P150	A	--	70/150	150	36	100%	22	0,5
P02	BS-401	A. M.B. Imp	75	400	1	0,96	0,8	140,95	Tetrapolar		95		201	0,76	152,76	119,36	IA3	GV5P150	A	--	70/150	150	36	100%	22	0,5
P03	BS-402	A. M.B. Imp	75	400	1	0,96	0,8	140,95	Tetrapolar		95		201	0,76	152,76	119,36	IA4	GV5P150	A	--	70/150	150	36	100%	22	0,5
P04	BS-300	A. M.B. A.H.	45	400	1	0,86	0,88	85,82	Tetrapolar		50		137	0,76	104,12	33,06	IA5	GV4P115	A	--	65/115	100	25	100%	22	0,25
P05	--	A. M.B. A.P.	22	400	1	0,79	0,82	49,02	Tetrapolar		25		96	0,76	72,96	8,27	IA6	GV4P50	A	--	50	50	25	100%	22	0,25
P06	BS-500	A. M. B.D.	3	400	1	0,869	0,9	5,54	Tetrapolar		6		44	0,76	33,44	0,48	IA9	GV2P10	A	--	4/6,3	6	100	100%	22	0,016
P07	BD-600	A.M.B. Dosif. 1	0,5	220	1	0,8	0,85	3,34	Tetrapolar		2,5		44	0,76	33,44	0,08	IA10	GV2P08	A	--	2,5/4	4	100	100%	22	0,016
P08	BD-601	A.M.B. Dosif. 2	0,5	220	1	0,8	0,85	3,34	Tripolar		2,5		27	0,76	20,52	0,08	IA11	GV2P08	A	--	2,5/4	4	100	100%	22	0,016
Cargas Auxiliares																										
Circuito	TAG	Descripción	Sn[KVA]	Un [V]	f.u.	$\eta$	$\cos(\phi)$	$I_B$ [A]	Disposición																	
P09	TSs1	Edificio 1	12,2	400	1	1	0,85	17,61	Tetrapolar		10		58	0,57	33,06	1,32	ITM1	A9F94432	3	C	32	NA	20	100%**	22	0,1
P10	TSs2	Edificio 2	7,8	400	1	1	0,85	11,26	Tetrapolar		10		58	0,57	33,06	1,32	ITM2	A9F94432	3	C	32	NA	20	100%**	22	0,1
P11	TSs3	Edificio 3	7,8	400	1	1	0,85	11,26	Tetrapolar		16		75	0,57	42,75	3,39	ITM3	A9F94440	3	C	40	NA	20	100%**	22	0,1
P12	TSs4	Edificio 4	7,8	400	1	1	0,85	11,26	Tetrapolar		10		58	0,57	33,06	1,32	ITM4	A9F94432	3	C	32	NA	20	100%**	22	0,1
P13	TSs5	Edificio 5	12,2	400	1	1	0,85	17,61	Tetrapolar		10		58	0,57	33,06	1,32	ITM5	A9F94432	3	C	32	NA	20	100%**	22	0,1
P14	TSs6	Automatismos	6	400	1	1	0,85	8,66	Tetrapolar		6		44	0,76	33,44	0,48	ITM6	A9F94425	3	C	25	NA	20	100%**	22	0,1
P15	TSs7	Comunicación	6	400	1	1	0,85	8,66	Tetrapolar		6		44	0,76	33,44	0,48	ITM7	A9F94425	3	C	25	NA	20	100%**	22	0,1

**Levendas:**  
 Pn: Potencia eléctrica nominal motor.      Ic: Corriente admisible conductor en funcion al método de instalacion.      I^2t: Energía específica pasante de la protección ante fallo por cortocircuito.  
 Un: Tensión nominal motor.                      Fc: Factor de corrección de corriente admisible conductor.                      Ic\*: Corriente admisible conductor corregida.  
 $\eta$ : Rendimiento.                                      Icu: Poder de corte último por cortocircuito de la protección.                      IA: Interruptor Automático en caja moldeada con curva de protección termomagnético.  
 $\phi$ : Angulo de desfase entre Un Y In.                      Ics: Poder asignado de corte de servicio en cortocircuito de la protección.                      ITM: Pequeño Interruptor Automático (PIA) con curva de protección termomagnético.  
 IB: Corriente de carga nominal                      Clase: (3): Categoriya de limitación de corriente de cortocircuito                      K^2 S^2: Energía admisible por fallo de cortocircuito conductor.  
 TAG: Identificación en planos eléctricos.                      IDP: Identificación de producto.                      Curva: Umbral de disparo ante fallo por cortocircuito  
 Sn: Potencia Aparente edificio.                      NA: No Aplica.                      Clase: (A) No retardante al disparo ante fallo por cortocircuito  
 T.Ss.: Tablero Sub seccional                      Dosif.: Dosificadora

S: Sección conductor.                      A.M.B.: Alimentación Motor Bomba  
 K: 115 para conductor de Cu y aislante PVC.                      Imp.: Impulsión  
 Ie: Corriente asignada aparato de protección.                      A.H.: Acuífero Hipopuelche.  
 Ir: Corriente de regulación curva de disparo termomagnético.                      A.P.: Acuífero Puelche.  
 ip\_máx: Corriente pico de cortocircuito máximo.                      B.D.: Bomba Desague  
 f.u.: Factor de Utilización.                      VyC: Ventilación y Calefacción  
 \*\*Poder de corte aumentado por combinación en cascada                      TGBT: Tablero General Baja Tensión

**Tabla H3**

Verificación de cables por caída de tensión para cada circuito eléctrico de potencia

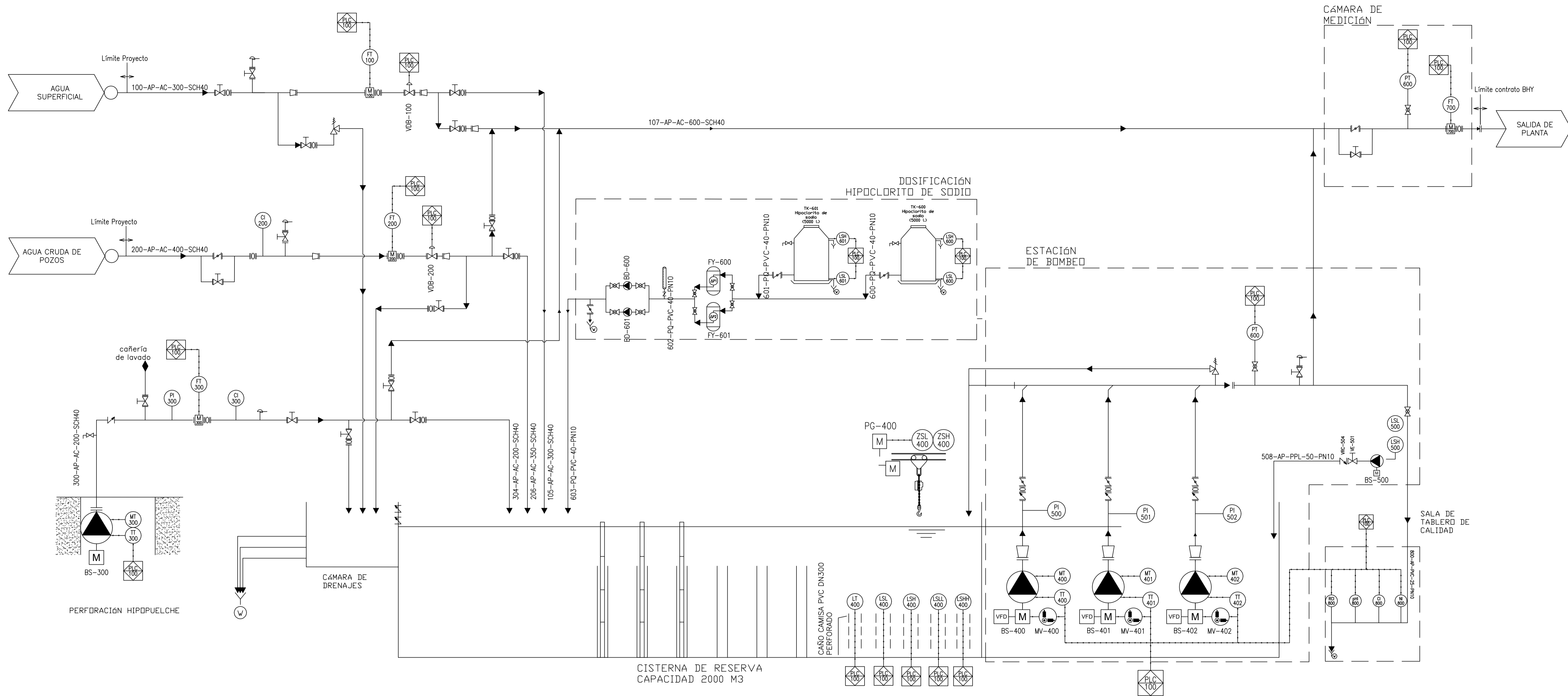
Tipo de circuito			Datos fabricante - chapa característica motor -.			Cables de potencia			Corriente de arranque según método				ΔU% Parcial - Aguas Abajo TGBT		ΔU% Parcial - Aguas Arriba TGBT		ΔU% Total	
Circuito	TAG	Descripción	Un[V]	I <sub>B</sub> [A]	I <sub>a</sub> : (Veces de IB)	L [m]	S [mm <sup>2</sup> ]	Disposicion	Método de Arranque	IDP	I <sub>a</sub> ' : (Veces de In)	I <sub>ar</sub> [A]	Con IB [A]	Con I <sub>ar</sub> [A]	Con IB [A] (de Proyecto)	Con IB [A]	Con I <sub>ar</sub> [A]	
P01	BS-400	A. M.B. Imp	400	140,95	8,5	40	95	Tetrapolar	VDF	ATV630DN75	1,0	140,95	0,60	0,60	1,6	2,20	2,20	
P02	BS-401	A. M.B. Imp	400	140,95	8,5	40	95	Tetrapolar	VDF	ATV630DN75	1,0	140,95	0,60	0,60		2,20	2,20	
P03	BS-402	A. M.B. Imp	400	140,95	8,5	40	95	Tetrapolar	VDF	ATV630DN75	1,0	140,95	0,60	0,60		2,20	2,20	
P04	BS-300	A. M.B. A.H.	400	85,82	6,0	95	50	Tetrapolar	VDF	ATV630DN45	1,0	85,82	1,61	1,61		3,21	3,21	
P05	--	A. M.B. A.P.	400	49,02	5,3	130	25	Tetrapolar	VDF	ATV630DN22	1,0	49,02	2,44	2,44		4,04	4,04	
P06	BS-500	A. M. B.D.	400	5,54	6,5	95	6	Tetrapolar	D	NA	6,5	35,99	1,33	2,92		2,93	4,52	
P07	BD-600	A.M.B. Dosif. 1	220	3,34	6,0	60	2,5	Tripolar	D	NA	6,0	20,05	1,58	3,44		3,18	5,04	
P08	BD-601	A.M.B. Dosif. 2	220	3,34	6,0	60	2,5	Tripolar	D	NA	6,0	20,05	1,58	3,44		3,18	5,04	
P09	TSs1	Edificio 1	400	17,61	NA	50	10	Tetrapolar	NA	NA	NA	NA	1,46	NA		3,06	NA	
P10	TSs2	Edificio 2	400	11,26	NA	35	10	Tetrapolar	NA	NA	NA	NA	1,02	NA		2,62	NA	
P11	TSs3	Edificio 3	400	11,26	NA	10	16	Tetrapolar	NA	NA	NA	NA	0,3	NA		1,90	NA	
P12	TSs4	Edificio 4	400	11,26	NA	115	10	Tetrapolar	NA	NA	NA	NA	2,15	NA		3,75	NA	
P13	TSs5	Edificio 5	400	17,61	NA	50	10	Tetrapolar	NA	NA	NA	NA	1,46	NA		3,06	NA	
P14	TSs6	Automatismos	400	8,66	NA	15	6	Tetrapolar	NA	NA	NA	NA	0,2	NA		1,80	NA	
P15	TSs7	Comunicación	400	8,66	NA	15	6	Tetrapolar	NA	NA	NA	NA	0,2	NA		1,80	NA	
P16	TGBT	Uso Interno	400	4,33	NA	0,5	4	Tetrapolar	NA	NA	NA	NA	0	NA		1,60	NA	
P17	TGBT	Uso Interno	400	4,33	NA	0,5	4	Tetrapolar	NA	NA	NA	NA	0	NA		1,60	NA	

**Legenda:**

Un: Tensión nominal motor.      I<sub>ar</sub>: Corriente de arranque resultante (Depende del tipo de arranque).      IDP: Identificación de producto.  
 IB: Corriente de carga nominal.      VDF: Variador de Frecuencia.      NA: No Aplica  
 I<sub>a</sub>: Corriente de arranque motor.      D: Arranque directo.      L: Longitud conductor  
 I<sub>a</sub>' : Corriente de arranque según tipo.      S: Sección del conductor.      TAG: Identificación en planos eléctricos.

**Anexo I. Planos Eléctricos**

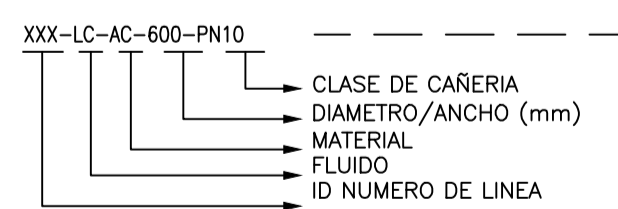
<b>LISTADO DE PLANOS</b>	
<b>PLANO N°</b>	<b>NOMBRE</b>
1	DIAGRAMAS DE FLUJO Y PROCESOS (P&D)
2	DIAGRAMA ELÉCTRICO DE IMPLANTACIÓN
3	DIAGRAMA ELÉCTRICO UNIFILAR GENERAL
4	DIAGRAMA ELÉCTRICO TOPOGRÁFICO DE TGBT



**SIMBOLOGIA**

- VE-VÁLVULA ESCLUSA MANUAL
- VE-VÁLVULA ESCLUSA CON ACTUADOR ELÉCTRICO
- VMM - VÁLVULA MARIPOSA MANUAL
- VES-VÁLVULA ESFERICA
- VRB-VÁLVULA DE RETENCION A BOLA
- VRC-VÁLVULA DE RETENCION A CLAPETA
- JUNTA DE DESARME AUTOPORTANTE
- VTE-VÁLVULA DE AIRE TRIPLE EFECTO
- VDB-VÁLVULA CON ACTUADOR DIAFRAGMA
- VA-VÁLVULA DE ALIVIO

- BS/BC-BOMBA SUMERGIBLE/CLOACAL
- BD-BOMBA DOSIFICADORA
- VFD-BOMBA CON VARIADOR DE FRECUENCIA
- TA - TANQUE ANTIARIE
- AP-APAREJO TRIFASICO CON TRASLACION ELÉCTRICA



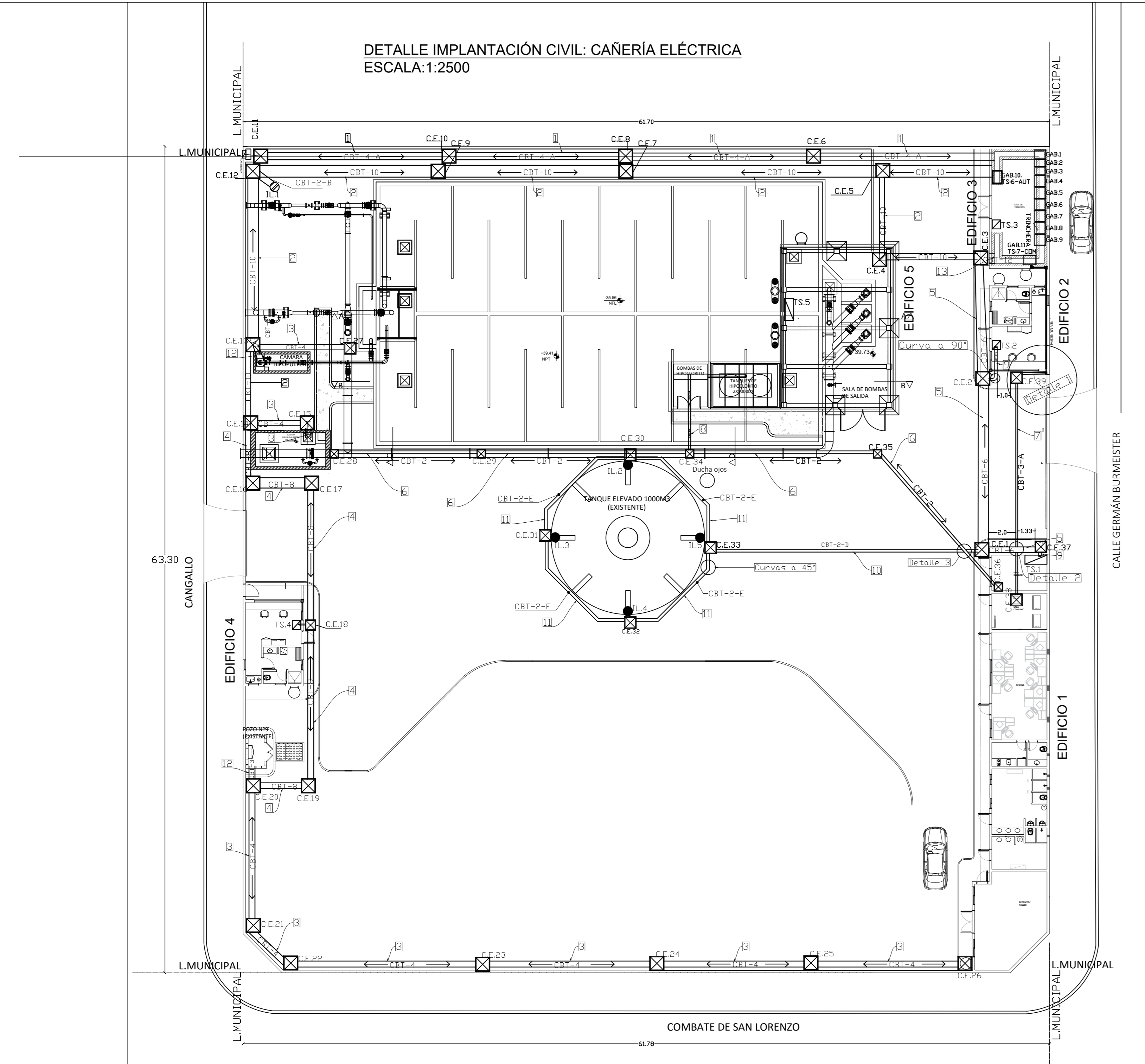
**MATERIAL DE CAÑERÍAS**  
 AC: ACERO AL CARBONO  
 PPL: POLIPROPILENO  
 PVC: POLICLORURO DE VINILO  
 AI: ACERO INOXIDABLE AISI 304  
 PRFV: PLASTICO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO  
 HA: CANAL HORMIGON ARMADO

**REFERENCIAS**

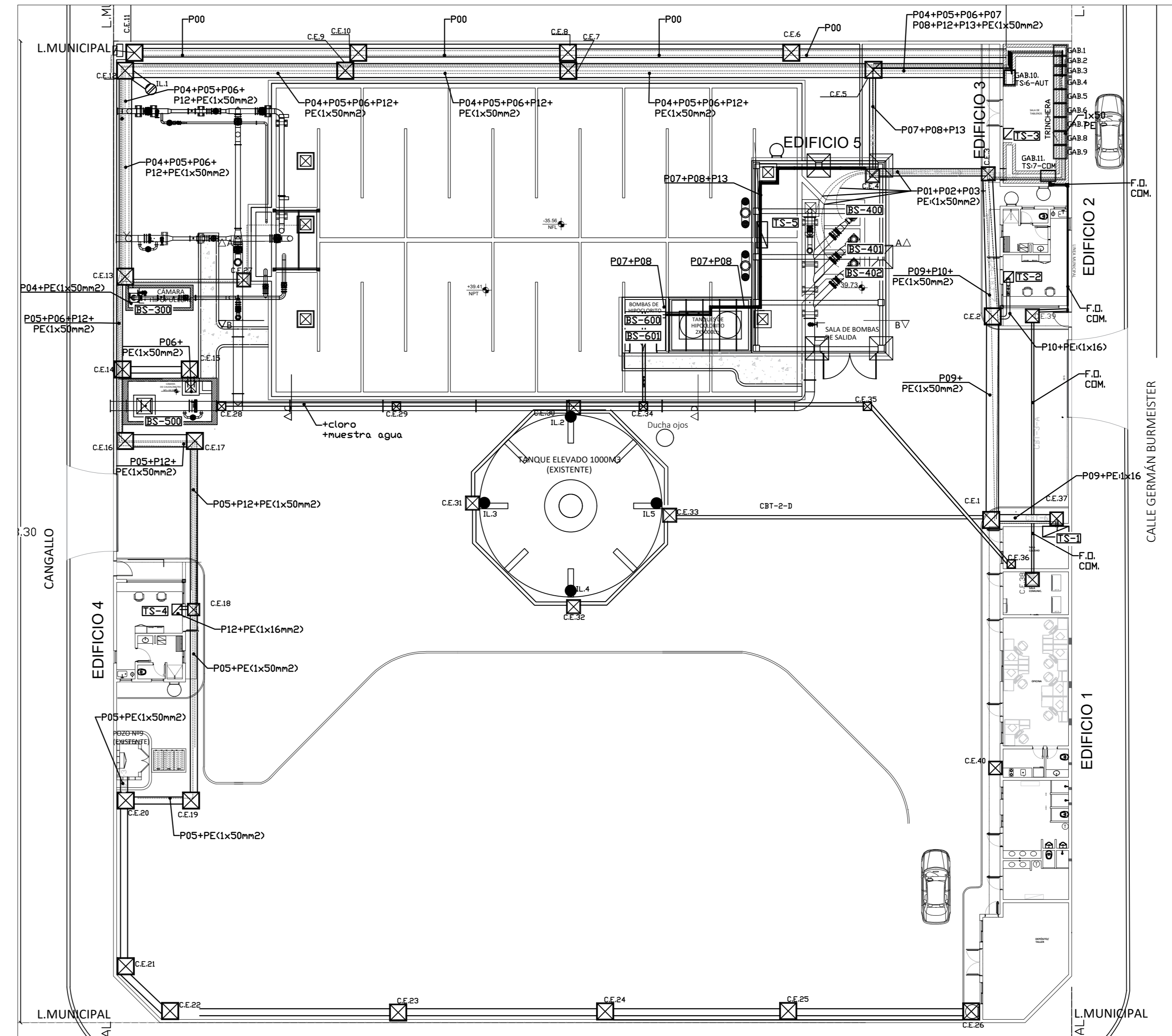
- CAÑERÍA
- CANAL ABIERTO
- SEÑAL ELÉCTRICA
- ENLACE INTERNO

 <b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL</b> <b>FACULTAD REGIONAL SANTA FE</b> PROYECTO FINAL DE CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA	PROYECTO: CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA Y DETERMINACIÓN DE INDICADORES ENERGÉTICOS Y ECONÓMICOS PARA UNA ESTACIÓN DE REBOMBEO DE AGUA POTABLE CISTERNA DE MEZCLA MALVINAS ARGENTINAS.	PLANO N°: 1 REVISIÓN: 0	
	PLANO: P&D* - DIAGRAMA DE FLUJO Y PROCESOS. *AUTORÍA DE BHYSA.	DIRECTOR DE CÁTEDRA: ING. JAVIER ACOSTA. CO-DIRECTOR DE CÁTEDRA: ING. GUSTAVO PACHECO. DIRECTOR DE PROYECTO: ING. JOSÉ FABIAN CABEZA. CO-DIRECTOR DE PROYECTO: MBA ING. JOSÉ ALBERTO STELLA. AUTOR: MILANESIO LUCAS MATIAS.	FECHA: 30/04/2024
	HOJA: 1 de 1.		

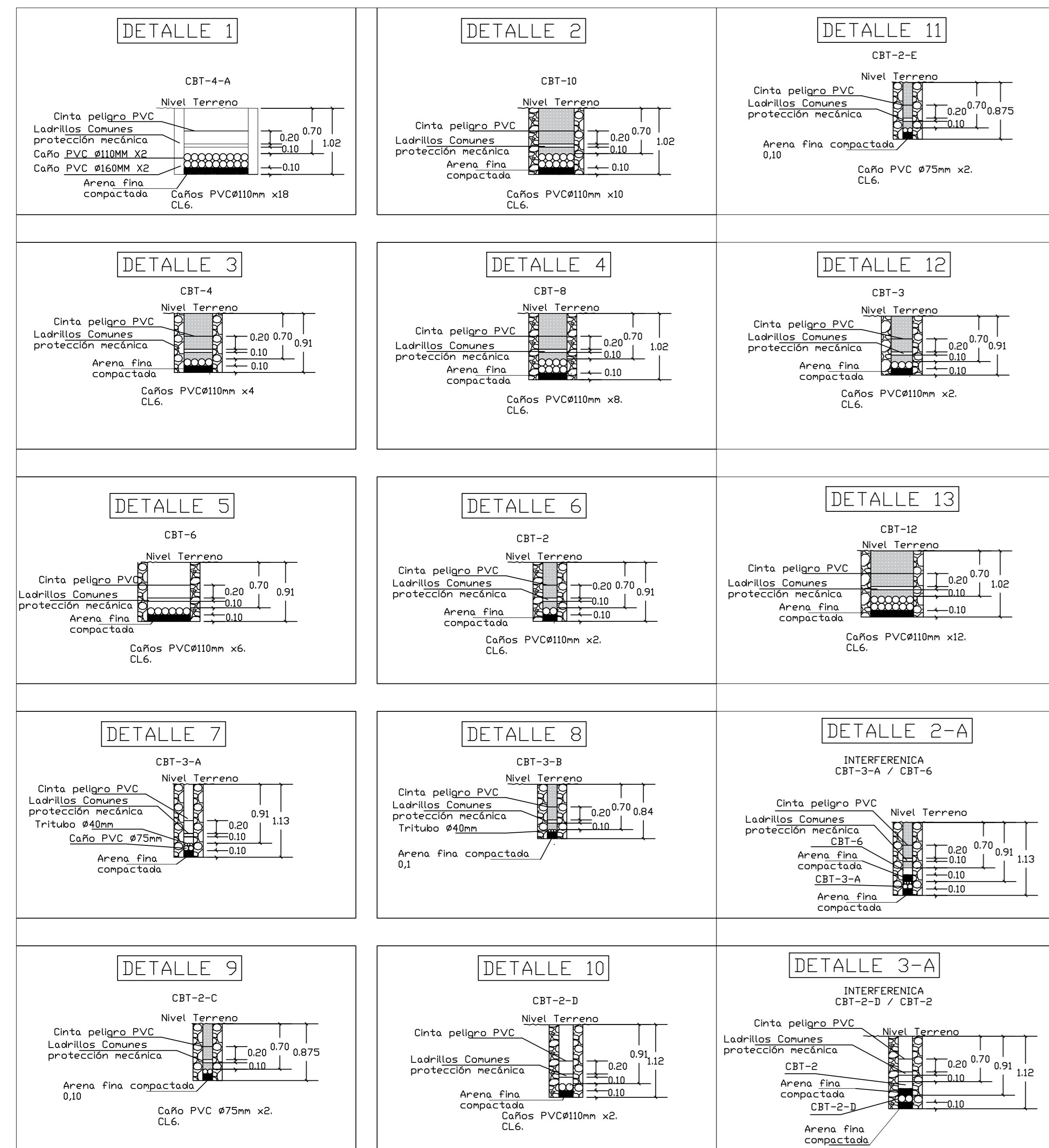
DETALLE IMPLANTACIÓN CIVIL: CAÑERÍA ELÉCTRICA  
ESCALA: 1:2500



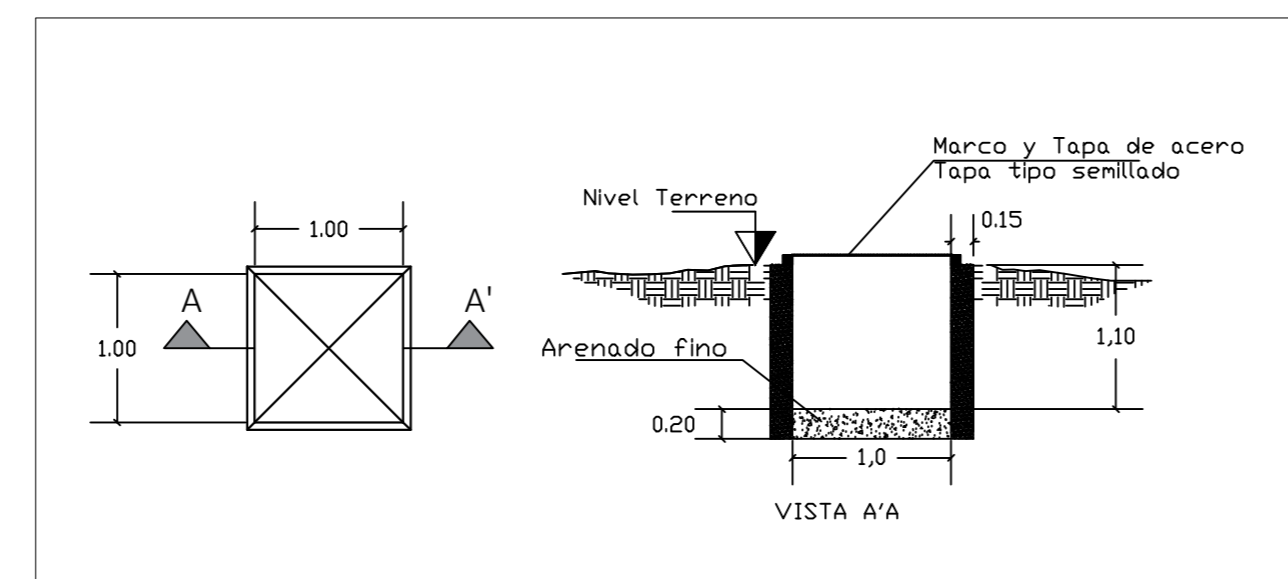
DETALLE IMPLANTACIÓN ELÉCTRICA: CABLEADO DE POTENCIA  
ESCALA: 1:2500



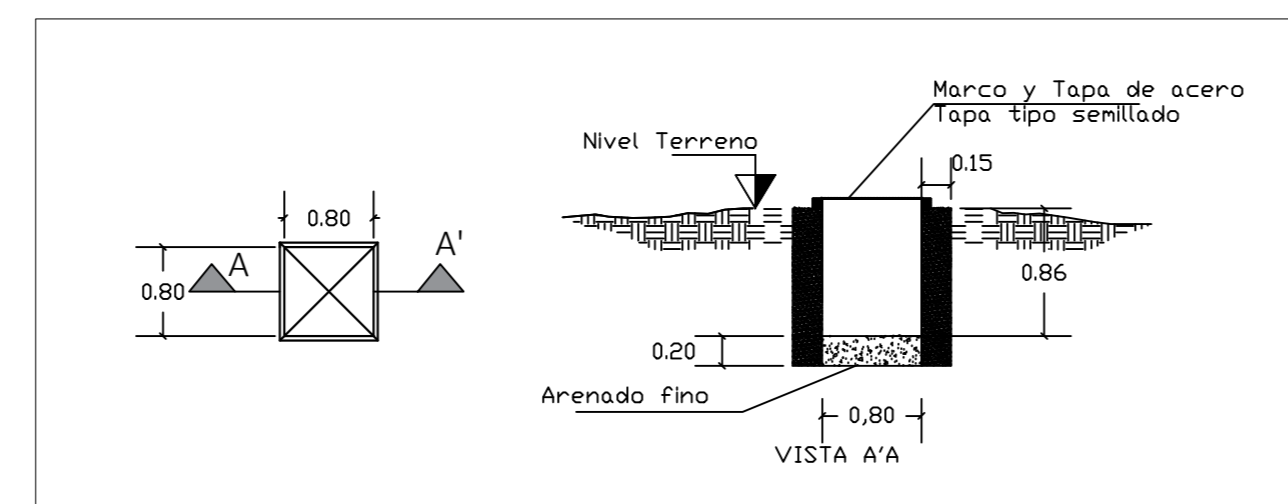
DETALLE CAÑEROS ELÉCTRICOS  
ESCALA: 1:50



DETALLE CÁMARAS ELÉCTRICA  
ESCALA: 1:50  
CE:01...27, 30...35, 37...39.



DETALLE CÁMARAS ELÉCTRICA  
ESCALA: 1:50  
CE:28,29, 34,35, 36.



DETALLE CABLEADO POTENCIA

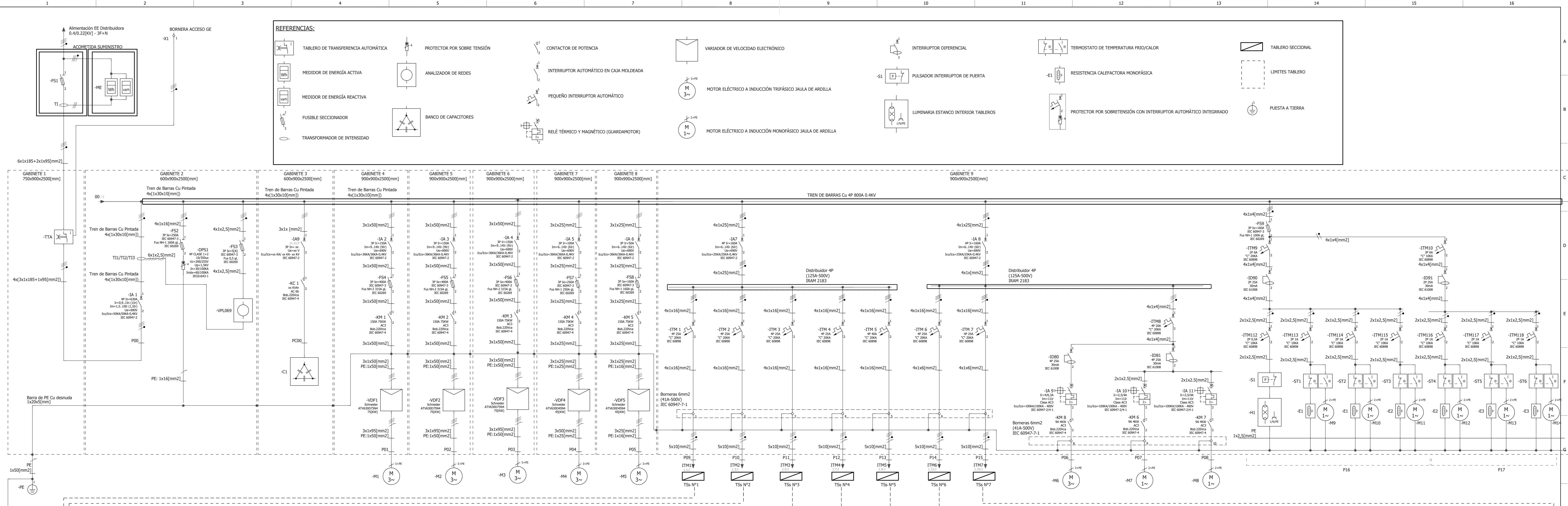
CIRCUITO	DESE	HASTA	TAG CARGA	FORMACIÓN	CABLE - NORMA	DESCRIPCIÓN
P00	PLAR DISTRIBUIDORA	SALA TGBT	TGBT	4x(3x185mm <sup>2</sup> +4x185mm <sup>2</sup> )	Unipolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178	Un cable por caño PVC110
P01	SALA TGBT	BOMBA IMPULSION 1	B-401	3x165mm <sup>2</sup> + PE(1x50mm <sup>2</sup> )	Unipolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178 / PE (247-3)	Un cable por caño PVC110
P02	SALA TGBT	BOMBA IMPULSION 2	B-401	3x165mm <sup>2</sup> + PE(1x50mm <sup>2</sup> )	Unipolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178 / PE (247-3)	Un cable por caño PVC110
P03	SALA TGBT	BOMBA IMPULSION 3	B-402	3x165mm <sup>2</sup> + PE(1x50mm <sup>2</sup> )	Unipolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178 / PE (247-3)	Un cable por caño PVC110
P04	SALA TGBT	BOMBA ACUFERO HIPOEULCHE	B-300	5/25 mm <sup>2</sup>	Tetrapolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178	-
P05	SALA TGBT	BOMBA ACUFERO PUELOCHE	-	25/16 mm <sup>2</sup>	Tetrapolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178	-
P06	SALA TGBT	BOMBA DESAGÜES	B-500	4x6mm <sup>2</sup>	Tetrapolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178	-
P07	SALA TGBT	BOMBA DOSIFICADORA 1	B-400	4x2,5mm <sup>2</sup>	Tetrapolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178	-
P08	SALA TGBT	BOMBA DOSIFICADORA 2	B-401	4x2,5mm <sup>2</sup>	Tetrapolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178	-
P09	SALA TGBT	EDIFICIO 1	TS-1	-	Tetrapolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178	-
P10	SALA TGBT	EDIFICIO 2	TS-2	4x16mm <sup>2</sup>	Tetrapolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178	-
P11	SALA TGBT	EDIFICIO 3	TS-3	4x10mm <sup>2</sup>	Tetrapolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178	-
P12	SALA TGBT	EDIFICIO 4	TS-4	4x10mm <sup>2</sup>	Tetrapolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178	-
P13	SALA TGBT	EDIFICIO 5	TS-5	4x10mm <sup>2</sup>	Tetrapolar Cu Aislación PVC - IRAM 2178	-

REFERENCIAS:

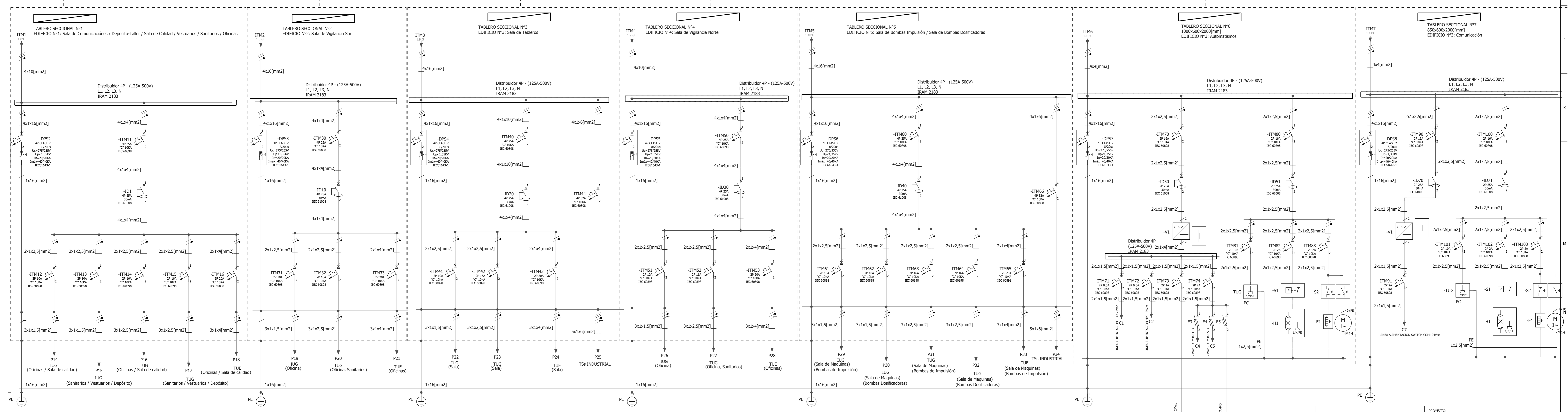
- IL: Estructuras de Iluminación.
- GAB: Gabinete de Potencia/Automatismos/Comunicación.
- TS: Tablero Sub Seccional.
- AUT: Automatismos.
- COM: Comunicación.
- TGBT: Tablero General Baja Tensión.
- FO: Fibra Óptica.
- PE: Protección Eléctrica.

Si no se indica lo contrario, todas las medidas en metros.





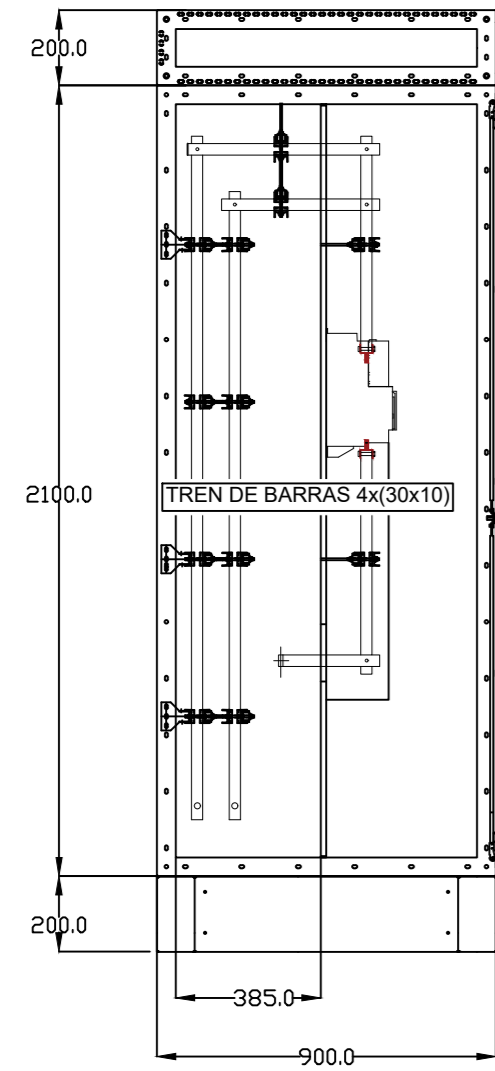
CABLEADO Nº	P00	P01	P02	P03	P04	P05	P06	P07	P08	P09	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18		
DESCRIPCION	ALIMENTACION TIPO	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	BANCO DE CAPACITORES	
TENSION NOMINAL (V)	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	0.4/0.22	
FASES	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	L1 L2 L3 N	
CORRIENTE NOMINAL (A)	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	800A	
CORRIENTE NOMINAL DE CORTOCIRCUITO	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	18.4kA	
CAPACITAD TENSIN	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	1.6kV	
NORMA CONECTOR	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	IRAM 2183	
CARACTERISTICAS CONECTOR	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	CU UNIDIPOLAR GLS SUTERRANEO PVC	
NORMA CABLE	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
CARACTERISTICA CABLE	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
OBSERVACION	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A



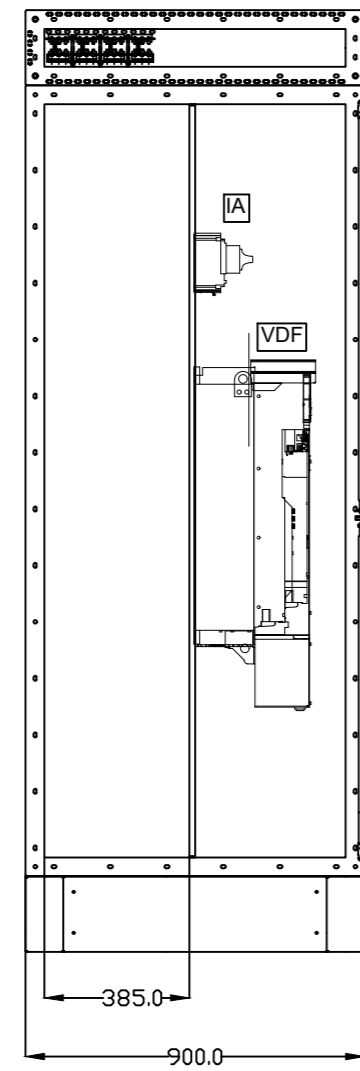
**UTN SANTA FE**  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL SANTA FE  
PROYECTO FINAL DE CARRERA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO: CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA Y DETERMINACIÓN DE INDICADORES ENERGÉTICOS Y ECONÓMICOS PARA UNA ESTACIÓN DE REBOMBEO DE AGUA POTABLE SISTEMA DE PIEZA MALVINAS ARGENTINAS.  
PLANO: 30/04/2024  
FECHA: 30/04/2024  
AUTOR: HILARIO LUJAN MATIAS  
HORA: 10:11

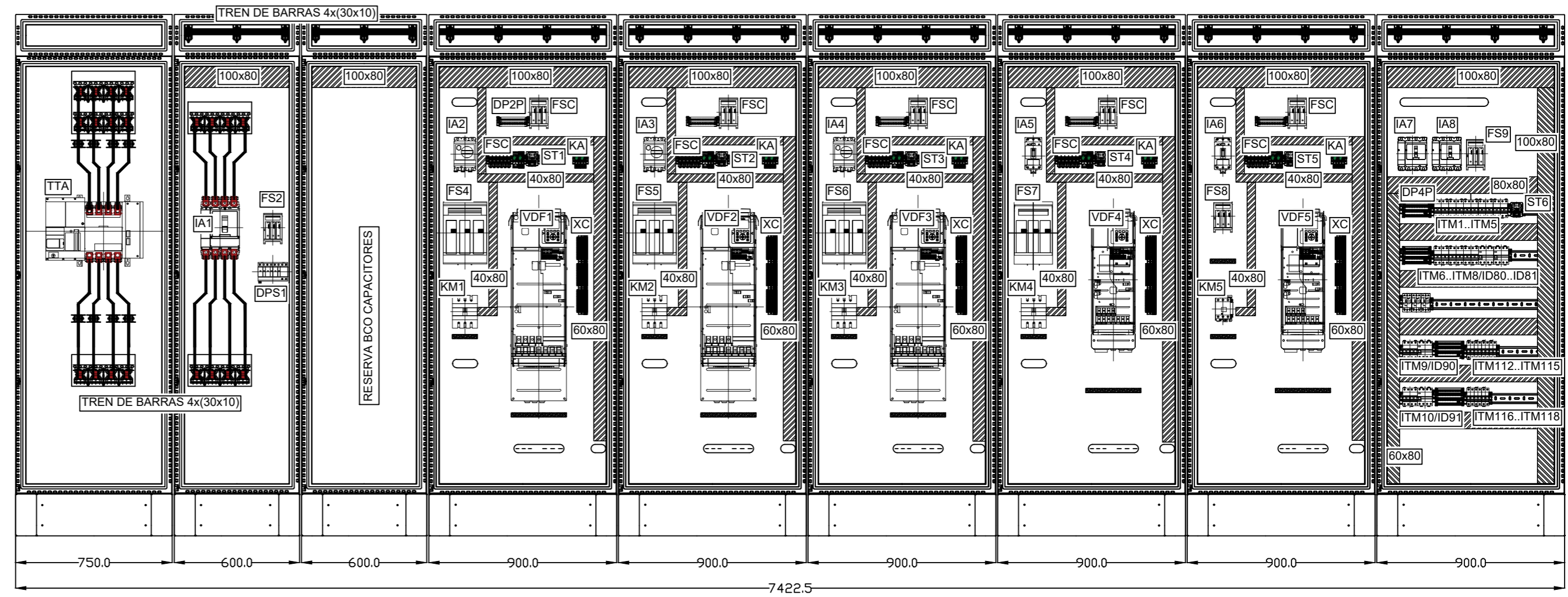
VISTA LATERAL INTERIOR TGBT  
ACOMETIDA TTA



VISTA LATERAL INTERIOR TGBT  
CCM



VISTA FRENTE INTERIOR TGBT



VISTA FRENTE EXTERIOR TGBT



DEFINICIONES:

TTA: TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.  
CCM: CENTRO CONTROL DE MOTOR.  
TGBT: TABLERO GENERAL EN BAJA TENSIÓN.  
IA: INTERRUPTOR AUTOMÁTICO.  
VDF: VARIADOR DE FRECUENCIA.  
FS: FUSIBLE SECCIONADOR .

FSC: FUSIBLE SECCIONADOR DE COMANDOS.  
KM: CONTACTOR FUERZA MOTRÍZ.  
KA: RELÉ DE COMANDOS.  
XC: BORNERAS CONEXIÓN COMANDOS.  
ST: SENSOR TÉRMICO.  
DPS: DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN POR SOBRETENSIÓN.

DP2P: DISTRIBUIDOR DE POTENCIA 2 POLOS.  
DP4P: DISTRIBUIDOR DE POTENCIA 4 POLOS.  
ITM: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.  
ID: INTERRUPTOR DIFERENCIAL.  
GM: RIELÉ TÉRMICO / MAGNÉTICO PROTECCIÓN MOTOR.  
RV: REJILLA VENTILACIÓN.

NOTA:  
MEDIDAS EXPRESADAS EN MM.  
ESCALA DIBUJO:  
1/20000.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL SANTA FE  
PROYECTO FINAL DE CARRERA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO:  
CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA Y DETERMINACIÓN DE INDICADORES ENERGÉTICOS Y ECONÓMICOS PARA UNA ESTACIÓN DE REBOMBEO DE AGUA POTABLE CISTERNA DE MEZCLA MALVINAS ARGENTINAS.

PLANO:  
DIAGRAMA ELÉCTRICO TOPOGRÁFICO DE TGBT.

DIRECTOR DE CÁTEDRA: ING. JAVIER ACOSTA.  
CO-DIRECTOR DE CÁTEDRA: ING. GUSTAVO PACHECO.  
DIRECTOR DE PROYECTO: ING. JOSÉ FABIÁN CABEZA.  
CO-DIRECTOR DE PROYECTO: MBA ING. JOSÉ ALBERTO STELLA.  
AUTOR: MILANESIO LUCAS MATIAS.

PLANO N°: 4 REVISIÓN:0

FECHA: 30/04/2024

HOJA: 1 de 1.