



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
Facultad Regional Bahía Blanca

**Ingeniería Eléctrica**

**Proyecto Final**

***Diseño de instalación eléctrica y automatización  
de una estación de bombeo de agua potable***

**Autor**

Marcos Robein

**Director o Tutor**

Ing. Carlos Pistonesi

Bahía Blanca, 17 de febrero de 2023



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
Facultad Regional Bahía Blanca

## **Ingeniería Eléctrica**

### **Proyecto Final**

#### ***Diseño de instalación eléctrica y automatización de una estación de bombeo de agua potable***

Proyecto Final presentado en cumplimiento de las exigencias  
de la Carrera Ingeniería Eléctrica de la Facultad Regional Bahía Blanca,  
realizada por el alumno Marcos Robein

Profesores: Ing. Carlos Mainetti / Mg. Ing. Marcelo Antón  
Profesor Tutor: Ing. Carlos Pistonesi

Bahía Blanca, 17 de febrero de 2023

## INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Alcances .....	2
2. MEMORIA DESCRIPTIVA	
2.1. Layout de la estación de bombeo .....	4
2.2. Procedimiento de selección de las bombas.....	6
2.2.1. Cálculo del consumo de agua de la población.....	6
2.2.2. Selección de las bombas .....	7
2.2.3. Disposición de las bombas centrífugas dentro de la estación .....	12
2.3. Motores de las bombas centrífugas.....	13
2.3.1. Características de los motores .....	13
2.3.2. Equipos de arranque y maniobra .....	13
2.3.4. Cálculo de la sección de los conductores .....	15
2.4. Calculo luminotécnico de la estación.....	17
2.4.1. Cálculo de la planta baja.....	18
2.4.2. Cálculo de la sala de bombas .....	21
2.4.3. Cálculo del exterior de la estación .....	24
2.4.4. Cálculo de la sección de los conductores .....	26
2.5. Cargas adicionales de la estación .....	27
2.5.1. Bomba sumergible de drenaje .....	27
2.5.2. Tablero de tomacorrientes .....	28
2.5.3. Cálculo de la sección de los conductores .....	29
2.6. Cálculo de las secciones de los cables y barras de distribución .....	30
2.6.1. Cálculo de la sección de los cables de alimentación desde la red ..	30
2.6.2. Cálculo de la sección de los cables de alimentación desde el generador .....	33
2.6.3. Cálculo de la sección de las barras de distribución .....	34
2.7. Cálculo de las corrientes de cortocircuito .....	37
2.7.1. Consideraciones .....	37
2.7.2. Resultados.....	40
2.8. Elección de protecciones eléctricas.....	45

2.8.1. Protecciones principales de la estación .....	45
2.8.2. Protecciones de las bombas centrífugas .....	50
2.8.3. Protecciones de las cargas monofásicas.....	51
2.8.4. Protecciones del tablero de tomacorrientes.....	53
2.9. Comprobación de la selección de los cables.....	55
2.9.1. Comprobación por caída de tensión .....	55
2.9.2. Comprobación por corriente de cortocircuito .....	57
2.10. Diseño del sistema de puesta a tierra .....	61
2.10.1. Dimensionamiento de los conductores de protección y de puesta a tierra .....	61
2.10.2. Cálculo de la puesta a tierra .....	63
2.11. Canalizaciones de los circuitos .....	66
2.11.1. Dimensionamiento de las bandejas portacables.....	66
2.11.2. Cálculo de los caños de PVC .....	70
2.12. Selección de los armarios .....	71
2.12.1. Dimensiones mínimas.....	72
2.12.2. Comprobación de la capacidad de disipación.....	75
2.12.3. Elementos adicionales .....	81
2.13. Automatización de la estación de bombeo.....	82
2.13.1. Descripción del programa .....	83
2.13.2. GEMMA del proceso.....	87
2.13.3. Elementos para la automatización de la estación .....	92
2.13.4. Definición de las entradas y salidas.....	95
3. CONCLUSIONES .....	98
4. ANEXOS .....	104
4.1. Listados .....	105
4.1.1. Listado de cargas.....	105
4.1.1. Listado de cables .....	107
4.2. Planos .....	108
4.2.1. Diagrama unifilar.....	108
4.2.2. Layout de canalizaciones eléctricas.....	115
4.2.3. Layout de puesta a tierra .....	131
4.2.4. Esquema funcional .....	137
4.2.5. Topográfico de los armarios .....	154

4.2.6. Diagrama de conexionado .....	163
4.3. Fotografías .....	168
4.4. Modelado 3D .....	171
BIBLIOGRAFÍA .....	176

## INDICE DE FIGURAS

1.1. Ubicación de la estación de bombeo del proyecto.....	1
Los 29 barrios a alimentar por la estación de bombeo.....	2
2.1. Vista exterior de la estación modelada .....	4
Vista interior de la estación modelada .....	5
Vista en planta de la planta baja .....	5
Vista en planta de la sala de bombas .....	5
2.2. Curva de carga aproximada del sistema de la estación.....	8
2.2.2. Curva característica de la bomba de regulación.....	9
Curva de Potencia vs. Caudal de la bomba de regulación.....	9
Curva característica de las bombas principales .....	10
Curva de Potencia vs. Caudal de las bombas principales.....	10
Márgenes de seguridad para la selección de motores de las bombas.....	11
2.2.3. Disposición de las bombas centrífugas (Vista en planta).....	12
Disposición de las bombas centrífugas (Vista en corte lateral) .....	12
2.3.	
2.3.1. Motores WEG .....	13
2.3.2. Variador de velocidad de la bomba de regulación .....	14
Arrancador suave de las bombas principales.....	14
Contactor de línea de las bombas centrífugas .....	15
2.3.2. Corrientes admisibles de cables XLPE en bandeja o caños.....	16
Factores de corrección por agrupamiento de cables.....	16
2.4. Modelo de la estación en DIALux .....	17
Intensidad de iluminación para diversos tipos de tareas visuales.....	18
2.4.1. Luminaria de la planta baja .....	19
Disposición de las luminarias de la planta baja .....	19
Resultados del cálculo luminotécnico de la planta baja .....	20
Distribución de la iluminancia en la planta baja.....	20
2.4.2. Luminaria de la sala de bombas (1 tubo).....	21
Luminaria de la sala de bombas (2 tubos).....	21
Disposición de las luminarias de la sala de bombas .....	22
Resultados del cálculo luminotécnico de la sala de bombas.....	22

	Distribución de la iluminancia sobre las bombas centrífugas .....	23
	Resultados del cálculo luminotécnico de la pasarela .....	23
	Distribución de la iluminancia sobre la pasarela.....	23
2.4.3.	Disposición de las luminarias del exterior de la estación .....	24
	Resultados del cálculo luminotécnico del exterior de la estación ...	25
	Distribución de la iluminancia sobre el área exterior de la estación	25
2.4.4.	Corrientes admisibles de cables termoplásticos en caños.....	26
2.5.		
2.5.1.	Bomba de drenaje de la estación.....	27
	Instalación de la bomba de drenaje.....	28
2.5.2.	Tablero de tomacorrientes .....	29
	Tomacorrientes del tablero (3PN+T,3P+T,2P+T).....	29
2.6.		
2.6.1.	Método de instalación de un cable enterrado .....	31
	Corrientes admisibles de cables XLPE (Enterrados).....	32
2.6.3.	Barras de distribución .....	35
	Corrientes admisibles de barras.....	35
	Curvas del factor de corrección $k_2$ para barras .....	36
2.7.		
2.7.1.	Variables para el cálculo de la reactancia de conductores agrupados .....	39
2.7.2.	Diagrama unifilar para cálculo de cortocircuito (ETAP).....	40
	Resumen de las corrientes de cortocircuito máximo en barras .....	40
	Aporte de motores y red al cortocircuito máximo en barras .....	41
	Resumen de las corrientes de cortocircuito mínimo en barras.....	41
	Aporte de motores y red al cortocircuito mínimo en barras .....	41
	Resumen de las corrientes de cortocircuito máximo en bornes de motor.....	42
	Aporte de motores y red al cortocircuito máximo en bornes de motor .....	42
	Resumen de las corrientes de cortocircuito mínimo en bornes de motor .....	42
	Aporte de motores y red al cortocircuito mínimo en bornes de motor .....	43

	Resumen de las corrientes de cortocircuito máximo en tablero de tomas .....	43
	Aporte de motores y red al cortocircuito máximo en tablero de tomas .....	43
	Resumen de las corrientes de cortocircuito mínimo en tablero de tomas .....	44
	Aporte de motores y red al cortocircuito mínimo en tablero de tomas .....	44
2.8.		
2.8.1.	Interruptor automático principal .....	45
	Curva de la unidad de control del interruptor principal .....	46
	Curva de la unidad de control del interruptor NSX100B .....	47
	Módulo de protección diferencial para interruptores de caja moldeada.....	47
	Relé de monitoreo .....	48
	Corrientes de cortocircuito máximo en relé de monitoreo de red ...	49
	Interruptor del relé de monitoreo de la red .....	49
	Interruptor del relé de monitoreo de generador .....	49
	Interruptor seccionador fusible para motor de 37 kW .....	50
	Fusible NH para motores de las bombas .....	50
	Curvas de corriente vs. tiempo de los fusibles .....	51
	Interruptores termomagnéticos para cargas monofásicas.....	52
	Guardamotor de bomba de drenaje .....	53
	Disyuntor diferencial del tablero de tomacorrientes.....	54
	Vista topográfica del tablero de tomacorrientes .....	54
2.9.		
2.9.2.	Intensidades de cortocircuito admisible en cables XLPE.....	58
	Clases de limitaciones de energía para interruptores de hasta 16 A .....	58
	Clases de limitaciones de energía para interruptores de 16 A a 32 A.....	59
	Curvas de limitación de los interruptores de caja moldeada .....	59
	Curva de limitación del interruptor del relé de monitoreo de la red .....	60

## 2.10.

2.10.1. Sección nominal de los conductores de protección según la AEA.....	61
2.10.2. Resistividades de los terrenos .....	63
Valores de puesta a tierra según la sensibilidad de la protección.....	64
Jabalina de puesta a tierra .....	64
Cámara de inspección de la puesta a tierra .....	65

## 2.10.

2.11.1. Bandeja portacables .....	67
Embudo para bajada en forma horizontal.....	67
Soporte ménsula triangular .....	68
Soporte para suelo y paredes .....	68
Método de conexión del cable de protección de las bandejas .....	68
Sistema de bandejas portacables (Vista en planta) .....	69
Sistema de bandejas portacables (Vista en corte lateral) .....	69
2.11.2. Caños de PVC curvables en frío.....	70
2.12. Armario autoportante.....	71
2.12.1. Dimensiones del soporte de las barras de distribución.....	72
Dimensiones del interruptor seccionador fusible .....	72
Dimensiones del contactor de línea .....	73
Dimensiones del variador de velocidad.....	73
Distancias de montaje del variador de velocidad .....	74
Dimensiones de los armarios de la estación .....	75
2.12.2. Capacidad de disipación de los armarios .....	75
Paso 1 del cálculo del aire acondicionado.....	78
Paso 2 del cálculo del aire acondicionado.....	79
Paso 3 del cálculo del aire acondicionado.....	79
Paso 4 del cálculo del aire acondicionado.....	79
Resultado del cálculo del aire acondicionado.....	80
Aire acondicionado de los armarios .....	80

2.12.3. Vista frontal de los armarios .....	81
Llaves y pulsador de los armarios .....	81
Luces Piloto de los armarios .....	81
Cablecanal ranurado .....	82
Luminaria del interior de los armarios .....	82
2.12.	
2.13.1. Esquema de lazo cerrado del control de presión .....	83
Transmisor de presión del lazo cerrado .....	84
Mecanismo motorizado de interruptores automáticos .....	85
Panel de control del generador auxiliar .....	85
Ejemplo de gráfico GEMMA .....	87
2.13.3. PLC de la estación .....	92
Módulos de expansión del PLC .....	93
Pantalla HMI .....	93
Autonomía del PLC ante fallas en la red .....	94
UPS y Fuente de corriente continua .....	94
UPS de corriente alterna .....	95

## INDICE DE TABLAS

1.1.	Lista de barrios que requieren suministro de agua por bombeo .....	2
2.2.	Consumo de agua bimestral de los 10 barrios de mayor consumo .....	6
2.3.		
2.3.1.	Características eléctricas del motor de 30 kW .....	12
	Características eléctricas de los motores de 37 kW .....	12
2.4.		
2.4.4.	Consumo de los circuitos de iluminación .....	26
2.5.		
2.5.1.	Características del motor de la bomba de drenaje .....	27
2.6.		
2.6.1.	Cálculo de la corriente máxima de consumo de la estación .....	31
2.6.2.	Cálculo de la corriente máxima de consumo durante uso del generador .....	33
2.7.		
2.7.1.	Características del transformador de alimentación de la estación ...	37
	Características de impedancia de los cables de alimentación y bombas .....	38
	Características de impedancia de los cables de cargas monofásicas y tomas .....	38
2.7.2.	Resumen de los resultados de las corrientes de cortocircuito de estudio .....	44
2.8.		
2.8.3.	Consumo total de las cargas monofásicas y el tablero de tomas ....	52
	Interruptores termomagnéticos de las cargas monofásicas .....	53
2.8.4.	Protecciones del tablero de tomacorrientes .....	52
2.9.		
2.9.1.	Datos de los cables de los circuitos de la estación .....	56
	Resultados de caída de tensión de los cables de la estación .....	56
2.9.2.	Comprobación térmica de los cables ante un cortocircuito .....	60

2.10.		
2.10.1.	Secciones de los conductores de protección de la estación .....	61
	Comprobación térmica de los cables de protección y puesta a tierra .....	62
2.11.		
2.11.1.	Cables transportados sobre bandeja portacables.....	66
2.11.2.	Diámetro de los caños de PVC para circuitos.....	70
2.12.		
2.12.1.	Determinación de la altura de los armarios.....	74
	Determinación del ancho de los armarios .....	74
	Potencia disipada en el armario 1 .....	76
	Potencia disipada en el armario 2 .....	77
	Potencia disipada en el armario 3 .....	77
	Potencia disipada en el armario 4 .....	77
	Potencia disipada en el armario 5 .....	78
2.13.		
2.13.4.	Resumen de entradas y salidas del PLC (sin módulos).....	96
	Resumen de entradas y salidas del PLC (módulos de expansión) .....	97

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Objetivos

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar la instalación eléctrica de una estación de bombeo ubicada en la ciudad de Bahía Blanca (Figura 1), provincia de Buenos Aires, la cual se plantea con la función de distribuir agua potable a los barrios ubicados en la zona alta de la misma, los cuales pueden verse en la Figura 2 y son listados en la Tabla (1). Ya que el suministro de agua llega a la ciudad desde el Dique Paso de las Piedras, y debido a la elevación del terreno en la zona de ubicación de la planta potabilizadora y la estación de bombeo existentes, la presión de servicio no sería suficiente sin la utilización de bombas [1], situación distinta a la de las zonas más alejadas de la ciudad donde la distribución se realiza por efecto de la gravedad.

Además de lo mencionado, se planteará el sistema de automatización para el funcionamiento de la estación, el cual se encargará de mantener la presión del agua a bombear a un nivel constante y de lograr un servicio continuo en caso de fallos en la red eléctrica a través de la programación de un sistema de transferencia de energía que hace uso de un generador dedicado exclusivamente a la alimentación de la estación durante estos casos. Por último, se realizará el cálculo de costos de los materiales a utilizar para llevar a cabo el proyecto.

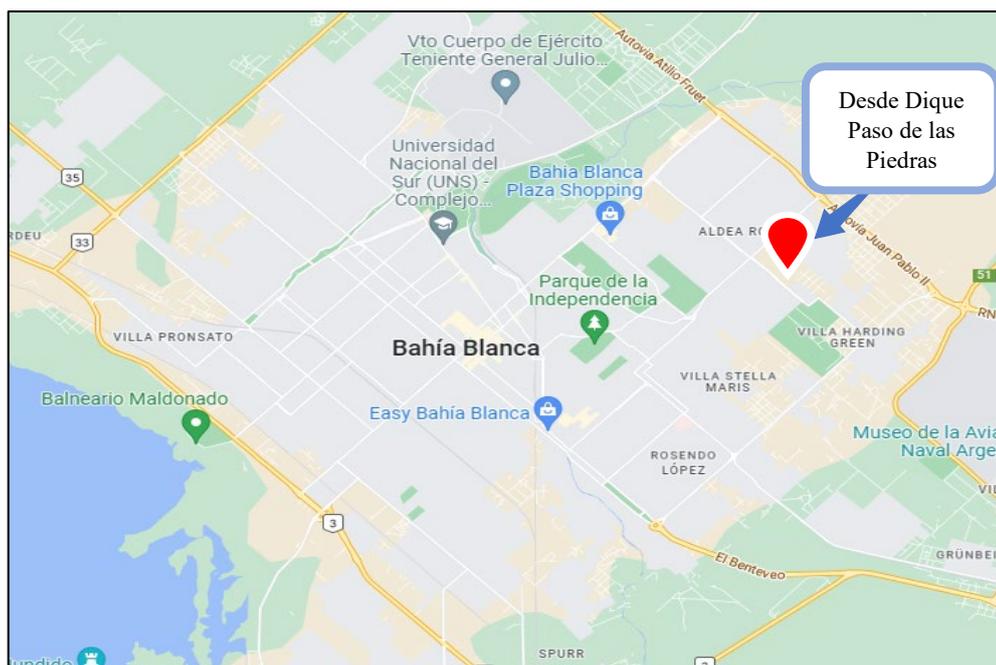
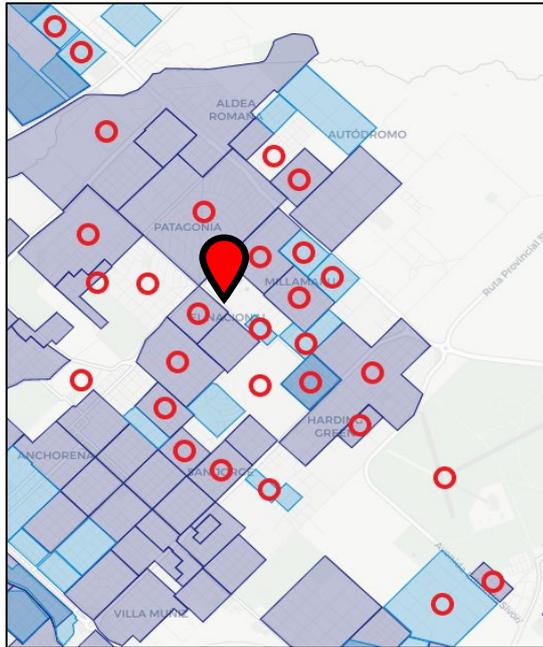


Figura 1.-Ubicación de la estación de bombeo del proyecto.



**Figura 2.-** Los 29 barrios a alimentar por la estación de bombeo.

**Tabla 1.-** Lista de barrios que requieren suministro de agua por bombeo

<b>Barrios</b>				
Solares Norte	Patagonia	Las Cañitas I	Viajantes del Sur	Barrio Prensa
El Maitén	Patagonia Chico	San Agustín	Villa Aeropuerto	San Jorge
Aldea Romana	Altos de Bahía	Villa Hipódromo	Espora	9 de Noviembre
Palos Verdes	Millamapu	Las Cañitas II	San Vicente	Stella Maris
Patagonia Norte	Nueva Espora	Harding Green	Parque Independencia	Altos del Pinar
Los Horneros	Nova Terra	17 de Agosto	El Nacional	

## 1.2. Alcances

Como parte del proyecto, se diseñará el layout de la estación de bombeo en base al de la estación existente actualmente en la ciudad y se seleccionarán la cantidad y tipo de bombas a utilizar, junto con sus motores. Se realizarán los cálculos necesarios para la alimentación de las bombas y la protección y maniobra de las mismas, lo cual incluye el cálculo de las secciones de los cables de alimentación y sus canalizaciones, de las corrientes de cortocircuito y la selección de sus protecciones y equipos de seccionamiento y control de arranque o velocidad, según sea el caso.

Ya que la estación deberá ser operada por personal para asegurar el correcto funcionamiento de la misma, se realizarán los cálculos de luminotecnica necesarios para elegir las luminarias adecuadas para un ambiente de trabajo cómodo. Se

diseñarán los circuitos de iluminación a partir de la cantidad de luminarias resultante del estudio de cada sector del edificio y se distribuirán de forma que se logre una iluminación uniforme.

Una vez definidas todas las cargas de la instalación, se elegirán las protecciones generales en base al estudio general de cortocircuito, y el cable de alimentación del edificio. También se seleccionará el grupo electrógeno que deberá alimentar las cargas durante fallos en la red junto con su interruptor.

La automatización de la estación será planteada, describiendo su funcionamiento y su conexionado, y se elegirán los equipos necesarios para poder llevarla a cabo. Habiendo hecho esto, se elegirán los armarios que contendrán todas las protecciones y equipos y se realizarán cálculos de disipación de calor para asegurar que sean aptos.

Finalmente, respecto a los cálculos, se diseñará la puesta a tierra para la protección de las personas que circulen dentro y alrededor de la estación.

El desarrollo del proyecto finalizará con el diseño de la documentación necesaria para poder ejecutar el mismo, lo cual incluye; el diagrama unifilar de la estación, el esquema funcional de las bombas y el generador, el layout de canalizaciones eléctricas y el de puesta a tierra, el diagrama de conexionado y topográfico de los armarios, el listado de cargas, el listado de cables y, por último, el listado de materiales.

Los aspectos mecánicos de la instalación de la estación (cálculo de cañerías, selección de válvulas y accesorios, consideración pérdidas, etc.), no serán parte de los alcances de este proyecto, y las bombas a utilizar serán seleccionadas utilizando conceptos simplificados de la teoría de estas máquinas. De la misma forma, todos los valores relacionados al consumo de agua se basarán en los datos disponibles públicamente y con cálculos sencillos, por lo que no se realizarán los estudios estadísticos apropiados para determinar los valores de forma más exacta, como por ejemplo los niveles de consumo teniendo en cuenta la hora del día o la estación del año.

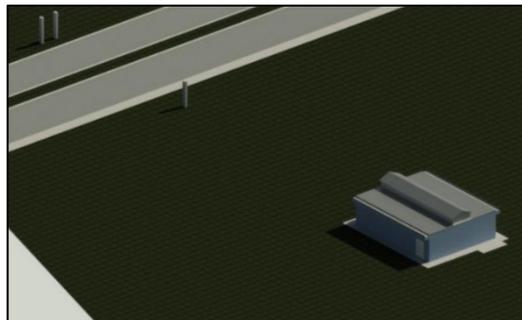
## 2. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 2.1. Layout de la estación de bombeo

Antes de comenzar con el diseño de la instalación eléctrica se deberá tener conocimiento de las dimensiones y ubicación geográfica del edificio que será utilizado como estación de bombeo. A partir de fotografías, obtenidas a través de noticias [2], de imágenes satelitales de la estación de bombeo existente [3] y de visitas a la ubicación aledaña a la misma, se aproximó el valor de las dimensiones del edificio y el diseño interno de este.

En la Figura 3 puede verse el diseño del edificio, desde una vista exterior, realizado con el software de arquitectura de Autodesk, Revit, y en la Figura 4 se puede ver el interior del mismo, incluyendo la sala de bombeo donde se dispondrán las máquinas.

Los pilares que pueden observarse en la Figura 3 representan la ubicación del medidor de energía de la estación (pilar único) y la ubicación del puesto de transformación aéreo (dos pilares), al otro lado de la calle, del cual se obtendrá la energía provista por la distribuidora EDES.

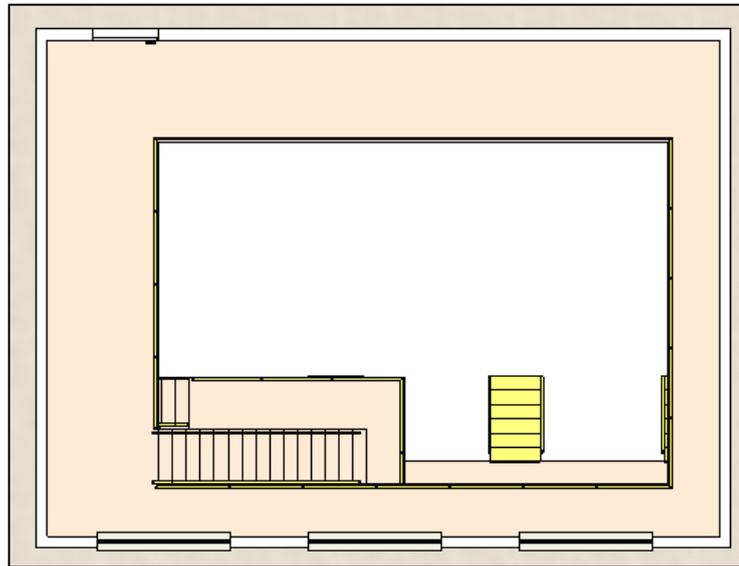


**Figura 3.-** Vista exterior de la estación modelada.

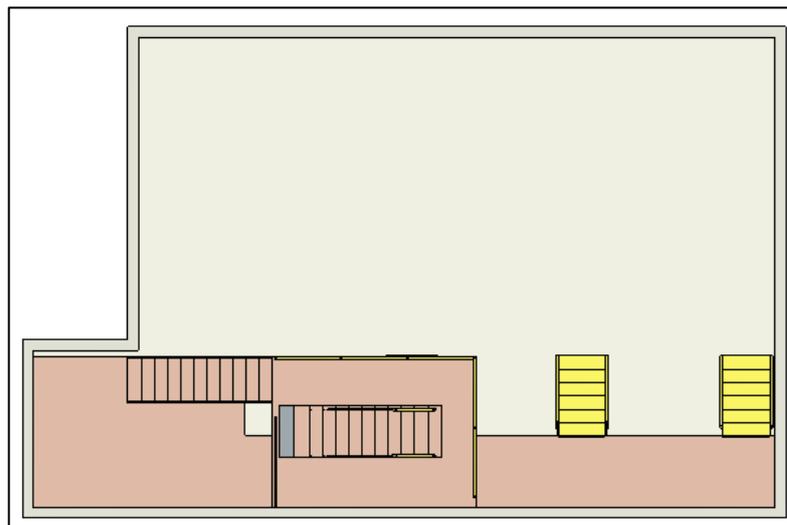


**Figura 4.-** Vista interior de la estación modelada.

La Figura 5 y Figura 6 muestran, respectivamente, la vista en planta de la planta baja y de la sala de bombas.



**Figura 5.-** Vista en planta de la planta baja.



**Figura 6.-** Vista en planta de la sala de bombas.

El modelado de la estación permite realizar los cálculos luminotécnicos por medio de software de aplicación específicos como DIALux y definir la disposición de todas las cargas, sus canalizaciones y la ubicación de la puesta a tierra.

## 2.2. Procedimiento de selección de las bombas

### 2.2.1. Cálculo del consumo de agua de la población

Siendo el objetivo de la estación de bombeo la distribución de agua potable para el uso general de la población de la zona, se deberá conocer el consumo de este servicio por parte de sus habitantes para poder elegir el tipo y cantidad de bombas que puedan cumplir con la demanda. Como primer paso, se determinará el tamaño de la población, para esto se considera la aproximación mencionada en periódicos, en noticias relacionadas con la estación existente [4], por lo que el número será de 85000 personas.

Una vez obtenido el tamaño de la población resta saber la cantidad de agua que esta consume, y para esto se dependerá de los datos provistos por el Centro Regional de Estudios Económicos de Bahía Blanca Argentina (CREEBBA). En un estudio del mes de julio del año 2011 (el más reciente hasta la fecha) [5] se determina a partir de las mediciones que el consumo bimestral de una familia de 4 integrantes perteneciente a los 10 barrios de mayor consumo de la ciudad es el mostrado en la Tabla (2). De esta lista puede observarse que 6 de los barrios son parte de la zona que requiere el servicio de bombeo, por lo que se utilizará el promedio de estos valores para realizar la selección. El valor obtenido fue, probablemente, calculado en exceso, ya que el resto de barrios a alimentar no aparecen en la lista, probablemente debido a cambios de nombre o separación en nuevos barrios, pero es de esperar que posean un consumo menor al de los 10 primeros de la lista, lo cual causaría un promedio menor, aunque el crecimiento poblacional en la zona durante los últimos 11 años puede que acerque el cálculo a la realidad.

**Tabla 2.-** Consumo de agua bimestral de los 10 barrios de mayor consumo.

<b>Barrio</b>	<b>Consumo bimestral (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Consumo diario p/persona (L)</b>
Palihue	152,5	635,4
Patagonia	133,2	555,0
Prensa	83,7	348,7
Grunbein- San Miguel	64,4	268,3
Aldea Romana	61,3	255,4
Millamapu	60,7	252,9
Independencia- Nacional	60,4	251,7
UOM	57,0	237,5
Harding Green	56,3	234,6
5 de Abril	53,4	222,5

El consumo resulta en 316,3 litros por día, lo que se traduce en 0,013 m<sup>3</sup>/h de agua por persona, y multiplicado por la cantidad de habitantes de la zona resulta en 1120,5 m<sup>3</sup>/h que la estación deberá poder proveer en cualquier momento del día si se quiere mantener el nivel de presión constante durante todo el año.

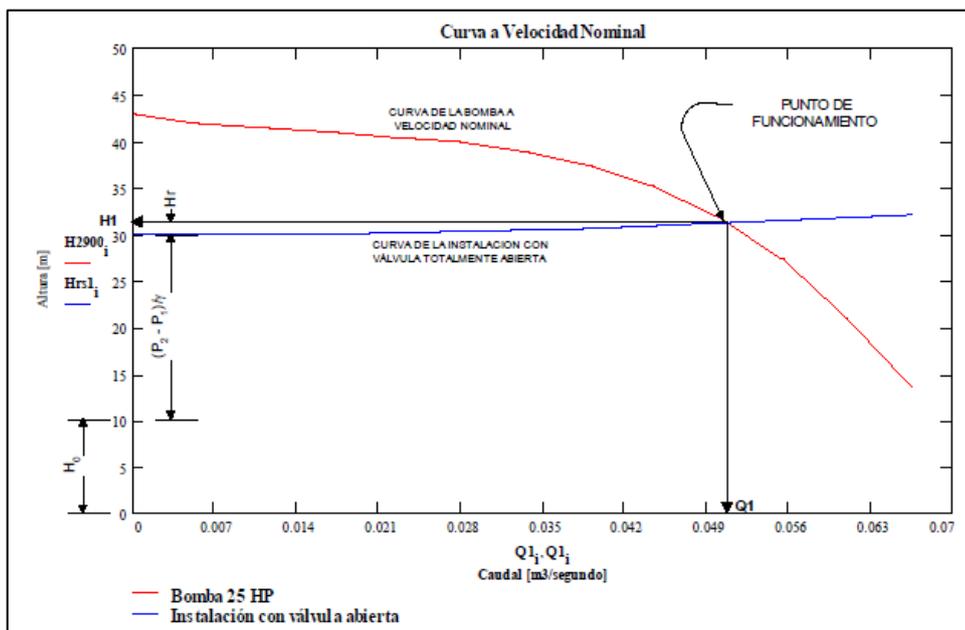
### 2.2.2. Selección de las bombas

Las características fundamentales a tener en cuenta para la selección de bombas son; la capacidad de caudal que estas pueden mover, que debe ser mayor al caudal objetivo, y la presión a la que puede moverse el mismo, que debe superar el valor necesario para poder transportar el fluido, agua en este caso, teniendo en cuenta la diferencia de altura entre el eje de la bomba y el destino final, así como las pérdidas producidas durante el viaje de este, causadas por la rugosidad interna de las cañerías, la longitud de las mismas y otras características. Ya que intentar cumplir con los 1120,5 m<sup>3</sup>/h con una sola bomba sería poco práctico debido a la baja eficiencia que la misma tendría durante los momentos de baja demanda, se seleccionarán varias bombas en paralelo para llevar la tarea a cabo. El tipo de bomba a utilizar será la bomba centrífuga horizontal por su facilidad de instalación en el edificio modelado de la estación.

Se dividirá la demanda promedio calculada de la siguiente forma: una bomba de al menos 200 m<sup>3</sup>/h y otras 4 bombas de al menos 230 m<sup>3</sup>/h, la primera será utilizada como bomba de regulación para mantener la presión a la salida de la estación constante, sin la necesidad de actuar sobre las válvulas del sistema, las demás se adaptarán naturalmente al caudal demandado en cada momento. Luego, al elegir la cantidad de bombas, la guía de diseño de estaciones bombeo de Perú [6] recomienda utilizar un coeficiente de seguridad, debido a las variaciones que el caudal demandado pueda presentar y a la posibilidad de necesitar bombas de reserva para situaciones de emergencias, por lo que para este proyecto se utilizará un coeficiente del 120%, resultando en la utilización de 6 bombas en lugar de 5, siendo la última añadida también con capacidad de caudal de 230 m<sup>3</sup>/h.

Sabiendo ahora el caudal objetivo de cada bomba, se necesita saber la carga de succión requerida que las mismas deben superar para estos valores de caudal. A falta de información acerca del sistema de distribución de agua, este dato se tomará del trabajo [7] llevado a cabo por el Grupo de Estudio Sobre Energía (GESE),

perteneciente a la UTN, y que se llevó a cabo para presentar en la Bienal Internacional de la Industria Eléctrica, Electrónica y Luminotécnica (BIEL) del año 1997, el cual se centró en la estación de bombeo que se tiene como referencia para este proyecto. En aquel trabajo se consideró una altura estática de 30 m y la curva del sistema mostrada no parece producir pérdidas que lleguen a los 5 m, por lo tanto, durante la selección de las bombas centrífugas se utilizará un valor de 35 m como carga de succión requerida. La curva en cuestión sólo abarca las pérdidas producidas por las cañerías de alimentación principal de la estación, las de impulsión y los accesorios que formaban parte de las mismas en esa época, por lo tanto, es una aproximación que subestima las pérdidas del sistema real. La curva en cuestión puede observarse en la Figura 7.



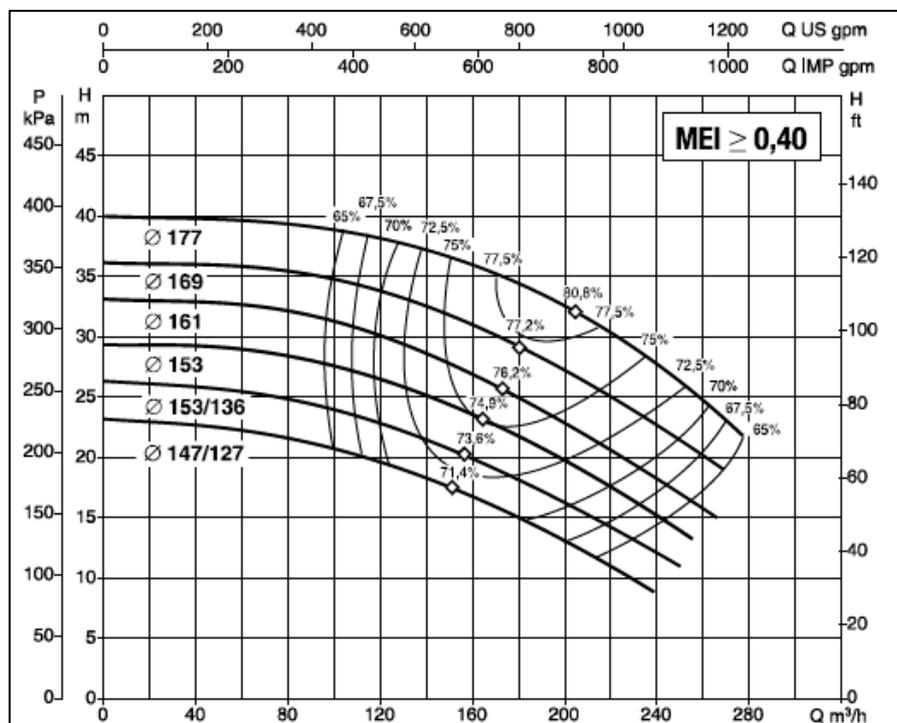
**Figura 7.-** Curva de carga aproximada del sistema de la estación.

Comenzando con la selección de las bombas, se recurrirá a la hoja de datos técnicos de la empresa DAB PUMPS [8] y se utilizarán las gráficas generales de curvas de bombas provistas. La bomba de regulación se obtuvo a partir de las curvas para bombas de motores de 2 polos (3000 RPM). Las demás bombas, que de ahora en adelante serán llamadas bombas principales, se eligen a partir de curvas para bombas de motores de 4 polos (1500 RPM). La cantidad de polos de cada tipo de bomba se eligió teniendo en mente mantener un sistema similar al de la estación existente, la cual posee una bomba de regulación de 2 polos y el resto de 4.

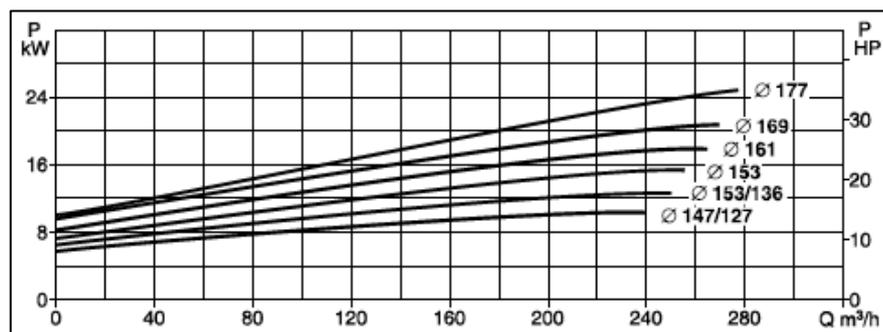
De las curvas anteriores surgieron 2 modelos de bombas centrífugas, el KDN 80-160 para la bomba de regulación, y el KDN 150-330 para las bombas principales.

Al ver las curvas características de cada modelo, se elige el diámetro de impulsor necesario que genere la curva adecuada para lograr el caudal y alturas ya mencionados. Habiendo elegido el impulsor, se ingresa en las curvas de caudal vs. potencia para conocer la potencia mecánica que requerirán las bombas y a partir de estos resultados se puede elegir el motor para cada caso, siguiendo la recomendación ofrecida por la empresa.

La Figura 8 y Figura 9 muestran la curva de funcionamiento de la bomba de regulación y la curva de potencia vs. caudal respectivamente.



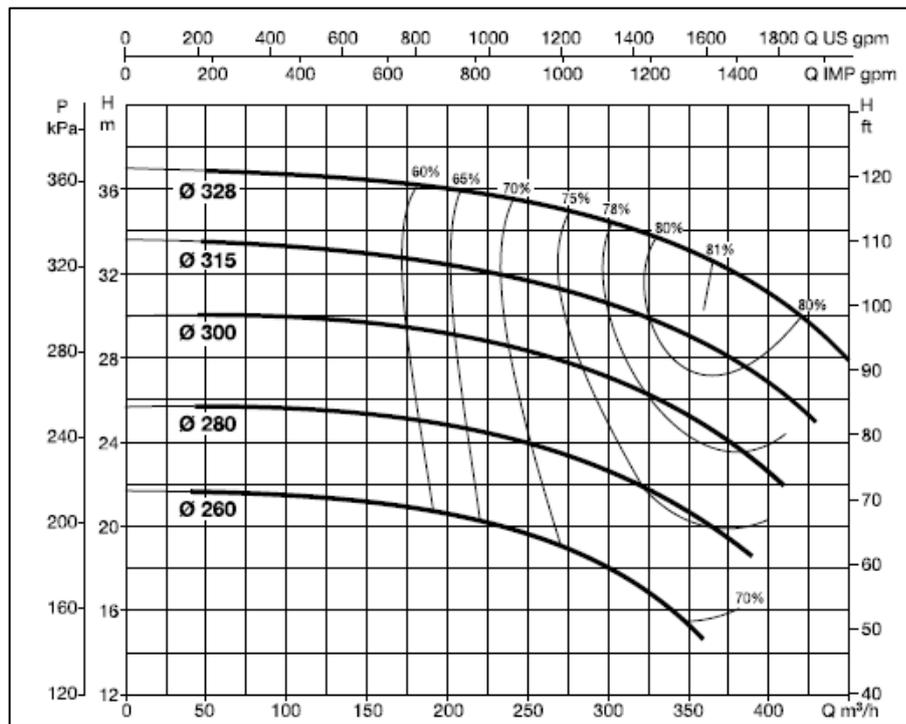
**Figura 8.-** Curva característica de la bomba de regulación.



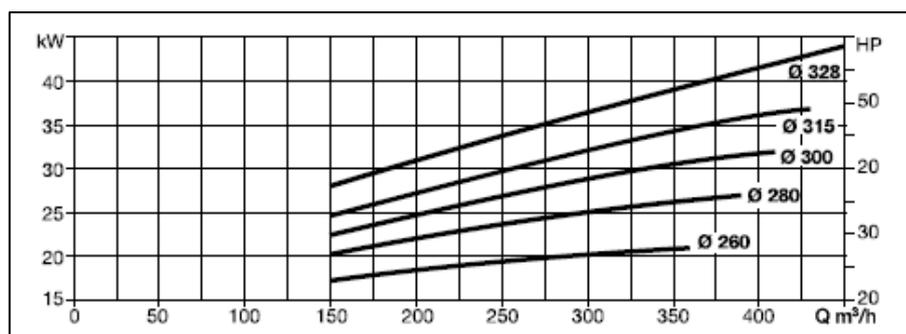
**Figura 9.-** Curva de Potencia vs. Caudal de la bomba de regulación.

La curva que mejor se adapta a los 200 m<sup>3</sup>/h y 35 m de altura, es la del impulsor de diámetro de 177 mm, y para esta curva la potencia mecánica requerida es de aproximadamente 23 kW.

La Figura 10 y Figura 11 muestran la curva de funcionamiento de las bombas principales y la curva de potencia/caudal respectivamente.



**Figura 10.-** Curva característica de las bombas principales.



**Figura 11.-** Curva de Potencia vs. Caudal de las bombas principales.

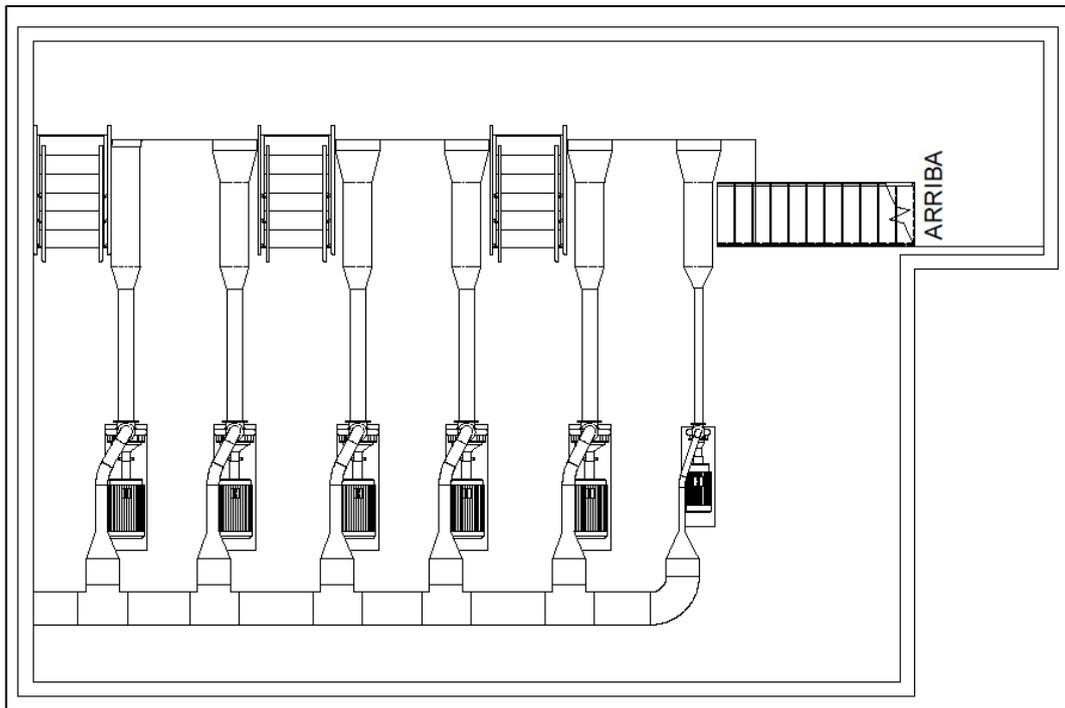
La curva que mejor se adapta a los 230 m<sup>3</sup>/h y 35 m de altura, es la del impulsor de diámetro de 328 mm, y para esta curva la potencia mecánica requerida es de aproximadamente 33 kW.

Con las potencias mecánicas obtenidas se ingresa a la tabla de recomendaciones de la empresa que aparece en la Figura 12 y tiene como propósito elegir un motor de potencia adecuada aplicando cierto margen de seguridad, ya que durante el funcionamiento de las bombas podría darse un consumo mayor al indicado por las curvas. En base a esta tabla se define que para la bomba de regulación se utilizará un motor de 30 kW, ya que la potencia comercial inmediatamente mayor de los motores disponibles es esta, además durante los cortes de energía esta será la única bomba permitida a funcionar por lo que es posible que se requiera ponerla en funcionamiento para un caudal mayor al calculado para situaciones de funcionamiento normales. Para las bombas principales se utilizarán motores de 37 kW, siendo este el motor comercial de valor inmediatamente superior y el que se recomienda en la tabla.

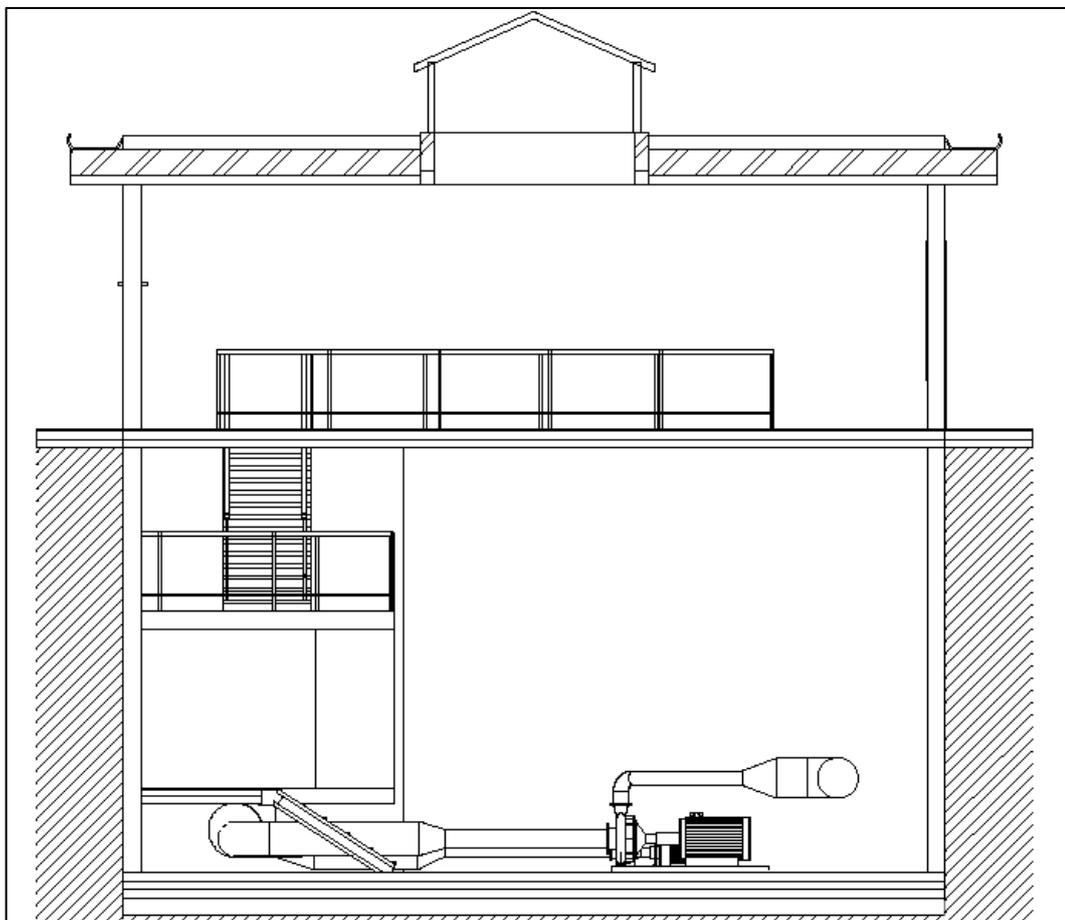
<b>Safety margin according to ISO 5199</b>	
REQUIRED PUMP SHAFT POWER (kW)	POWER OF THE MOTOR TO USE P2 (kW)
322	355
286	315
227	250
181	200
145	160
120	132
100	110
81	90
68	75
49	55
40	45
32.5	37
26	30
19	22
15.9	18.5
12.8	15
9.1	11
6.1	7.5
4.3	5.5
3.2	4
2.3	3
1.7	2.2
1.1	1.5
0.81	1.1
0.55	0.75
0.40	0.55
0.27	0.37
0.18	0.25

**Figura 12.-** Márgenes de seguridad para la selección de motores de las bombas.

### 2.2.3. Disposición de las bombas centrífugas dentro de la estación



**Figura 13.-** Disposición de las bombas centrífugas (Vista en planta).



**Figura 14.-** Disposición de las bombas centrífugas (Vista en corte lateral).

## 2.3. Motores de las bombas centrífugas

### 2.3.1. Características de los motores

Dado que los cálculos mecánicos del sistema de distribución y la selección de las bombas son tareas más propias de ingenieros mecánicos, se considera que, de llevar a cabo este proyecto en la realidad, las bombas ya habrían sido elegidas previamente al comienzo del mismo, por lo que no serán parte del cálculo de materiales, y sus datos estarían disponibles para el proyectista, pero al no ser este el caso se seleccionaron las bombas y luego los motores que las accionan.

Los motores elegidos son de la marca WEG (Figura 15). Sus características eléctricas aparecen en la Tabla (3) para el motor de 30 kW y en la Tabla (4) para los motores de 37 kW.



**Figura 15.-** Motores WEG.

**Tabla 3.-** Características eléctricas del motor de 30 kW.

Frecuenci a	Volt. Nom. (V)	Pot. (kW)	Ip/In	Eficiencia (%)			Factor de Potencia			Corriente Nom. (A)
				50 %	75%	100%	50%	75%	100%	
50 Hz	400/690	30	7,8	92,2	93,2	93,3	0,69	0,80	0,85	54,6/31,7

**Tabla 4.-** Características eléctricas del motor de 37 kW.

Frecuenci a	Vol. Nom. (V)	Pot. (kW)	Ip/In	Eficiencia (%)			Factor de Potencia			Corriente Nom. (A)
				50 %	75%	100%	50%	75%	100%	
50 Hz	400/690	37	7,5	93,1	93,6	94,1	0,64	0,76	0,82	69,2/40,1

### 2.3.2. Equipos de arranque y maniobra

A continuación, se eligen los equipos para el arranque de los motores que accionarán las bombas. Para la bomba de regulación se elegirá, como ya ha sido mencionado, un variador de velocidad, y para las bombas principales se utilizarán arrancadores suaves con la característica incluida de frenado suave para alargar la vida útil de los accesorios de las cañerías que podrían verse afectadas por el frenado de las bombas y el impacto del agua al detenerse repentinamente que este provoca.

El variador de velocidad será de marca Allen-Bradley y de la línea PowerFlex 400, recomendado para aplicaciones que involucren el uso de bombas (Figura 16). Este fue elegido para la potencia de 30 kW y una tensión de línea de 400 V.



**Figura 16.-** Variador de velocidad de la bomba de regulación.

Los arrancadores suaves serán de marca Siemens y de la línea Sirius, y también son aptos para su utilización con bombas (Figura 17). Este fue elegido para la potencia de 37 kW y una tensión de línea de 400 V, la corriente nominal del equipo es de 72 A para una temperatura de 40°C.



**Figura 17.-** Arrancador suave de las bombas principales.

Para poder cortar la alimentación de los circuitos de las bombas en caso de sobrecarga se utilizarán contactores de línea que serán únicamente colocados en posición de apertura por la orden de falla proveniente del variador o arrancador de cada equipo.

El contactor elegido es de marca Siemens y se elige para una corriente de empleo de tipo AC1 ya que los motores seguirán una rampa de velocidad al ser

arrancados y no se producirán las corrientes de pico que se dan durante los arranques directos y que llevarían a considerar la corriente de empleo de tipo AC3. Se elegirá el mismo contactor para las bombas principales y la de regulación ya que la diferencia entre las corrientes de empleo no es demasiada y porque facilitaría el remplazo a futuro de estos, al requerir tener disponible sólo un modelo en almacenamiento. En la Figura 18 puede observarse este contactor.



**Figura 18.-** Contactor de línea de las bombas centrífugas.

### 2.3.3. Cálculo de la sección de los conductores

Teniendo disponibles las características de los motores, se eligen los conductores que los alimentarán a partir de los valores de sus corrientes nominales. Estos serán de marca Prysmian y se utilizará el manual técnico [9] provisto por la empresa para los aspectos teóricos de la selección.

Los cables serán distribuidos por bandejas portacables perforadas hasta las cajas de conexionado de las bombas, y para este tipo de canalización el catálogo de la empresa recomienda los cables AFUMEX 1000+ de aislación tipo XLPE. Para facilitar la instalación de los cables en las bandejas se distribuirán las fases en cables unipolares, lo cual permite radios de curvatura más pequeños.

El transporte de los cables de las 6 bombas se realizará primero a través del suelo de los armarios e ingresarán a las bandejas a través de un conducto en el suelo de la planta baja. La agrupación de los cables por este método causará una disminución de la corriente admisible de los cables, incluso mayor a la del agrupamiento dentro de las bandejas, ya que el suelo es peor que estas para la circulación del aire.

Se calcula la sección necesaria para los cables de alimentación de las bombas principales con el procedimiento explicado a continuación:

Ingresando a la tabla de corrientes admisibles, se elige el tipo de instalación C, de cables unipolares dispuestos sobre fondo sólido en contacto, y se analiza como primera opción la sección de cables de 16 mm<sup>2</sup> con aislación de XLPE, que para este caso poseen una corriente admisible de 83 A, como puede verse en la Figura 19. En la Figura 20 se muestran los coeficientes de corrección a aplicar según la cantidad de circuitos, los cuales son 6 en este caso.

Intensidad admisible para cables con conductores de cobre						
Sección nominal	Método B2 Caño embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido Un cable multipolar o cables unipolares en contacto		Método E Bandeja perforada Bandeja tipo escalera Un cable multipolar	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
mm <sup>2</sup>	A	A	A	A	A	A
1,5	19	17	21	19	23	20
2,5	26	23	29	26	31	28
4	34	30	39	34	43	36
6	44	38	50	45	54	47
10	60	52	69	62	74	65
16	79	69	92	83	100	86
25	103	91	120	103	129	110
35	126	110	148	127	160	137
50	151	133	181	155	195	166
70	201	177	245	208	263	224
95	241	212	298	253	320	271
120	278	244	348	293	373	315
150	304	273	401	338	430	363
185	349	309	460	386	493	415
240	418	362	545	455	583	490
300	484	414	631	524	674	565

Figura 19.- Corrientes admisibles de cables XLPE en bandeja o caños.

PUNTO	DISPOSICIÓN	NÚMERO DE CIRCUITOS O CABLES MULTICONDUCTORES										INSTALACIÓN TIPO
		1	2	3	4	6	9	12	16	20		
1	Empotrados, embutidos (dentro de un mismo tubo, canal o grapados sobre una superficie al aire).	1,0	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40		A a F
2	Capa única sobre los muros o los suelos o bandejas no perforadas.	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70		C
3	Capa única en el techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60	0,60	0,60	0,60		
4	Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,0	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70	0,70	0,70	0,70		E y F
5	Capa única sobre escaleras de cables, abrazaderas, etc.	1,0	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		

Figura 20.- Factores de corrección por agrupamiento de cables.

La corriente admisible para los cables de 16 mm<sup>2</sup> está dada por la Ecuación (1), donde **k** es el coeficiente de corrección por agrupamiento de cables, **I<sub>c</sub>** es la corriente para el tipo de instalación C e **I<sub>adm</sub>** es la corriente que podrá circular por el cable sin riesgos para la aislación.

$$I_{adm} = k * I_C \quad (1)$$

$$I_{adm} = 0,7 * 83 = 58,1 A$$

La corriente admisible para esta sección no llega a los 69,2 A de corriente nominal de los motores principales, por lo que se utilizará la sección inmediatamente superior de 25 mm<sup>2</sup> que será suficiente, tal como se ve al realizar el cálculo.

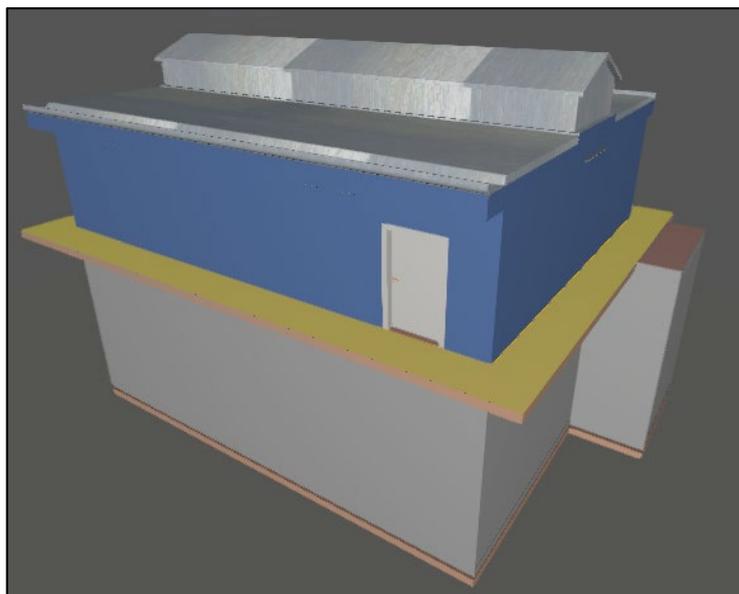
$$I_{adm} = 0,7 * 103 = 72,1 A$$

Para la bomba de regulación la sección de 16 mm<sup>2</sup> sería suficiente ya que la corriente nominal del motor de esta bomba es de 54,6 A, pero de igual forma se utilizará la sección de 25 mm<sup>2</sup> para intentar que no haya demasiadas secciones de cables diferentes en la estación y sea más sencillo almacenar bobinas de cables para futuros mantenimientos.

La comprobación de la sección por caída de tensión y por corriente de cortocircuito se realizan una vez obtenidos los valores de esta última.

#### 2.4. Cálculo luminotécnico de la estación

La iluminación de la estación se calcula utilizando el modelo 3D del edificio, realizado en Revit, y exportándolo al software DIALux (Figura 21). En base a los valores de intensidad media de iluminación determinados por la norma IRAM [10] respaldados por el Ente Nacional de Regulación de la Electricidad (ENRE), se define el número de luminarias y su distribución en cada una de las áreas de la estación. Los lugares a iluminar son la planta baja, la sala de bombas y el perímetro exterior de la estación de bombeo.



**Figura 21.-** Modelo de la estación en DIALux

En la Figura 22 se muestra la tabla que contiene los rangos de iluminación a cumplir sobre los planos de trabajo dado un tipo particular de tarea visual.

En todos los casos, para asegurar una uniformidad razonable, la relación entre iluminancia mínima y la iluminancia media de cada plano no será menor de 0,5, y para el caso de la relación entra la mínima y la máxima, esta no podrá ser menor de 0,2.

DIALux permite utilizar una biblioteca que contiene las curvas de características de luminarias pertenecientes a varias marcas reconocidas internacionalmente. Habiendo encontrado la o las que mejor se adaptan para los valores deseados, se usa la hoja de datos de esta o estas luminarias para obtener sus características eléctricas.

Luego, la potencia consumida por las luminarias se utiliza para calcular la corriente que circulará por cada circuito y determinar las secciones de los conductores de los mismos.

<b>TABLA 1</b> del Dto. 351/79 – Capitulo XII – Iluminación y color <b>Intensidad media de iluminación para diversas clases de tarea visual</b> <small>(Basada en norma IRAM-AADL J 20-06)</small>		
Clases de tarea visual	Iluminación sobre plano de trabajo (lux)	Ejemplos de tareas visuales
Visión ocasional solamente	<b>100</b>	Para permitir movimientos seguros por ej. en lugares de poco tránsito: Salas de calderas, depósitos de materiales voluminosos y otros.
Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes.	<b>100 a 300</b>	Trabajos simples, intermitentes y mecánicos: inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada.
Tareas moderadamente críticas y prolongadas, con detalles medianos.	<b>300 a 750</b>	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montaje; trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura y archivo.
Tareas severas y prolongadas y de poco contraste.	<b>750 a 1500</b>	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montajes e inspección; pintura extrafina, sopleteado, costura de ropa oscura.
Tareas muy severas y prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste.	<b>1500 a 3000</b>	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibrador, trabajo de molienda fina.
	<b>3000</b>	Trabajo fino de relojería y reparación.
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	<b>5000 a 10.000</b>	Casos especiales, como por ejemplo: iluminación del campo operatorio en una sala de cirugía.

**Figura 22.**-Intensidad de iluminación para diversos tipos de tareas visuales.

#### 2.4.1. Cálculo de la planta baja

El nivel de iluminación objetivo considerado para la planta baja es de 150 lux a nivel del suelo, ya que no hay un plano de trabajo para definir y la altura de la luminaria es igual a la altura del techo de la planta baja, ya que se empotran directamente en el mismo. Se considera que las tareas a realizar son simples y del tipo intermitente, como podría ser el accionar de las llaves selectoras de comando de los armarios. Este nivel de iluminación se encuentra dentro del rango de valores

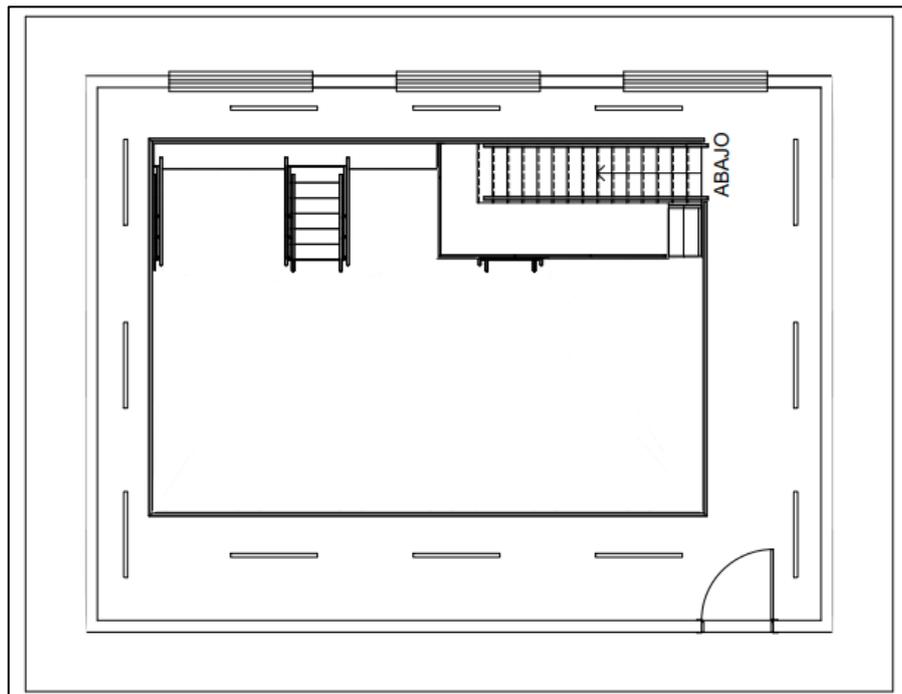
definido en la norma y se considera adecuado ya que, aparte de ser la planta donde se ubican los armarios, la planta baja es simplemente el trayecto para dirigirse hacia la escalera que lleva a la sala de bombas (al menos en el planteo de este proyecto no tiene otra función). Los trabajos en el armario de los equipos y protecciones de la estación requieren de una iluminación más adecuada para los trabajos de mayor detalle que puedan realizarse en el mismo, pero para esto se dispondrán de luminarias dentro de estos.

La luminaria elegida es de marca Philips, perteneciente a la línea CoreLine (Figura 23), que utiliza un único tubo LED y posee un consumo de 25,5 W. Es el único tipo de luminaria utilizada en la planta baja y está dispuesta según lo que puede verse en la Figura 24.

El software representa, mediante distintos tonos de colores, los distintos niveles de iluminación, y la uniformidad lograda en la planta. El valor final de la iluminancia media resultó en 169 lux, la relación entre la iluminancia mínima y la media es de 0,69 superando los 0,5 mínimos y la relación entre la mínima y la máxima es de 0,59 superando los 0,2.



**Figura 23.-** Luminaria de la planta baja.



**Figura 24.-** Disposición de las luminarias de la planta baja.

En la Figura 25 pueden observarse los resultados numéricos obtenidos en el software, y en la Figura 26 la distribución de los valores de iluminancia en colores.

Working plane (Perpendicular illuminance)		
	Actual	Target
Average	161 lx	$\geq 150$ lx
Min	111 lx	-
Max	188 lx	-
Min/average	0.69	-
Min/max	0.59	-

Parameter	
Height	0.000 m

Figura 25.- Resultados del cálculo luminotécnico de la planta baja.

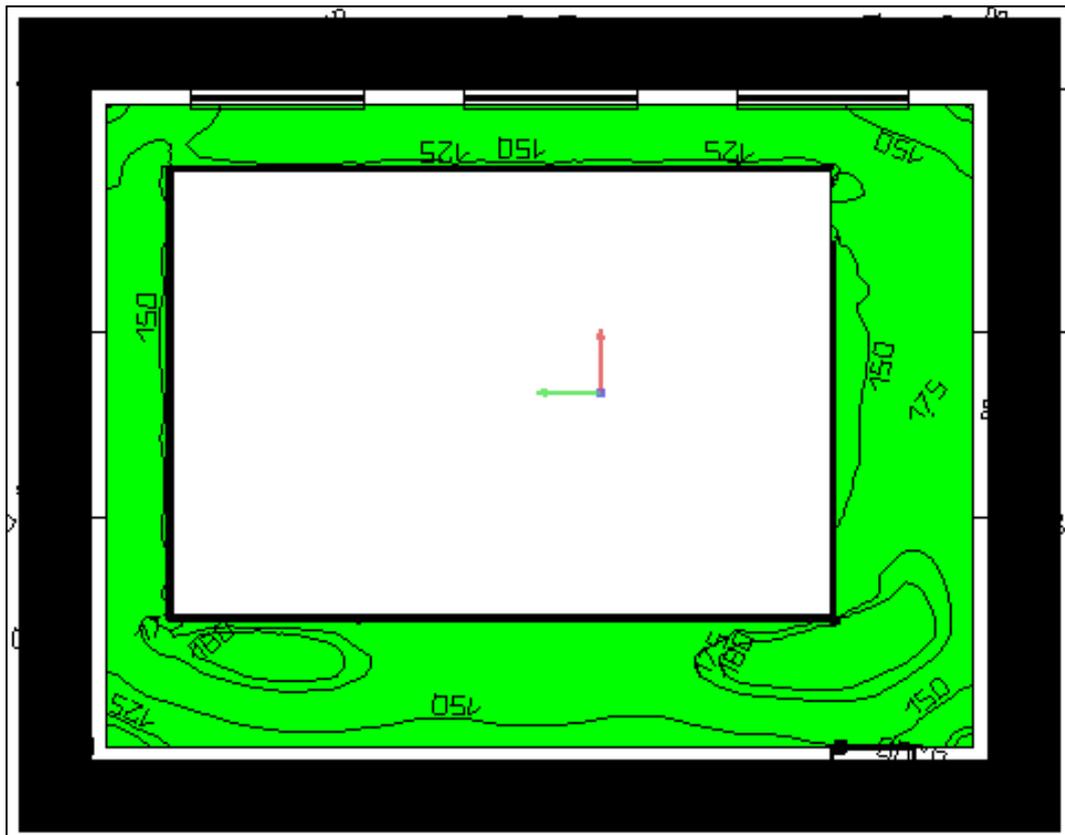


Figura 26.- Distribución de la iluminancia en la planta baja.

El total de luminarias distribuidas a través la planta baja es de 12, y la potencia total consumida por las mismas es 306 W.

#### 2.4.2. Cálculo de la sala de bombas

La sala de bombas se dividió en 2 sectores ya que se encuentran a diferentes alturas. El primero es el de menor nivel, donde están instaladas las bombas centrífugas, y el segundo es el de la pasarela que conecta con la escalera. Para ambos se consideró un nivel de iluminancia media de 200 lux, ya que, al ser un sistema de bombas automatizado, se considera que la intervención de los operadores será reducida. La altura del área de trabajo es de 0 m en los 2 casos (la configuración del programa muestra 0,8 m para la pasarela ya que es la altura a la que se encuentra respecto de la sala), en el sector de las bombas es porque el sistema de cañerías y las propias bombas se encuentran a distintos niveles por lo que para asegurar que estén todos dentro del rango de iluminación se eligió el nivel con la menor altura, y para el sector de la pasarela es simplemente porque no hay equipos para los cuales definir un plano de trabajo. La altura de las luminarias es igual a la altura del techo de la sala, o del suelo de la planta baja, ya que son lo mismo.

Los tipos de luminarias utilizadas son 2, de la marca Philips y línea Lineco, una de las versiones utiliza 1 tubo fluorescente y la otra utiliza 2, consumiendo 30 W y 58 W, por tubo, respectivamente. Estas aparecen en la Figura 27 y Figura 28.



**Figura 27.-** Luminaria de la sala de bombas (1 tubo).

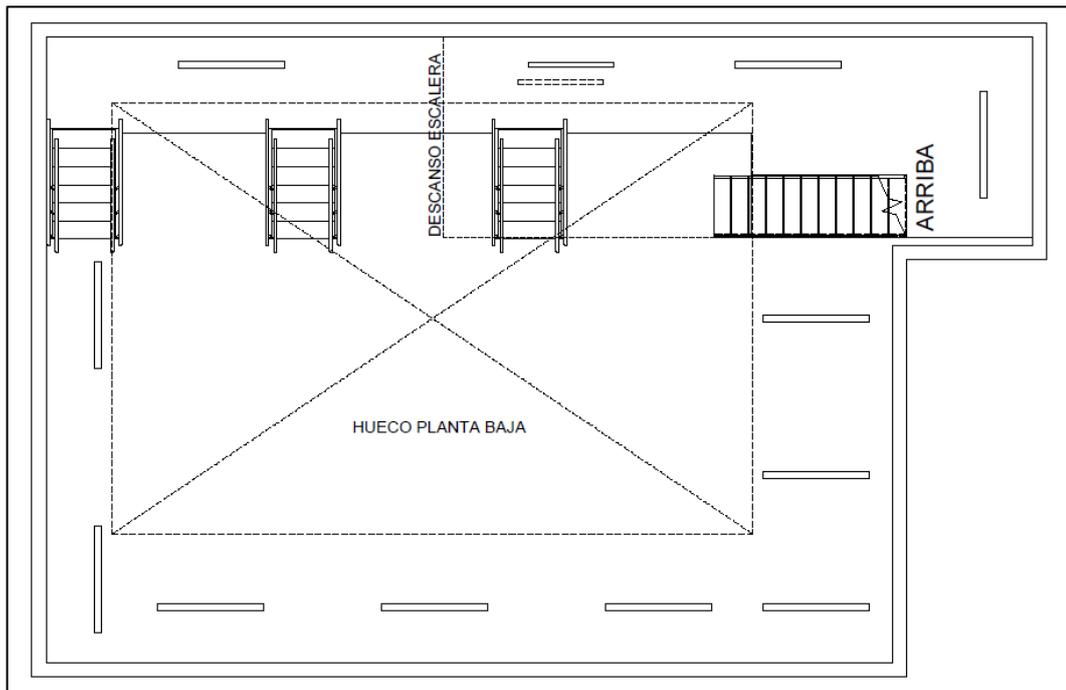


**Figura 28.-** Luminaria de la sala de bombas (2 tubos).

Debido al hueco que el suelo de la planta baja posee, desde el cual puede verse la sala de bombas, no es posible colocar luminarias directamente encima de la zona central de esta, por lo que para poder conseguir la iluminancia media de 200 lux se considera el aporte de la iluminación propia de la planta baja. Las luminarias de

ambas plantas deberán estar encendidas a la vez para lograr el nivel de iluminancia objetivo.

La disposición de las luminarias aparece en la vista en planta que se muestra en la Figura 29. Los resultados obtenidos para cada sector son; para la sala, 218 lux de iluminancia media, relación entre la iluminancia mínima y la media de 0,67 y entre la iluminancia mínima y la máxima de 0,57, y para la pasarela, 198 lux de iluminancia media, una relación entre la mínima y la media de 0,56 y una entre la mínima y la máxima de 0,38.



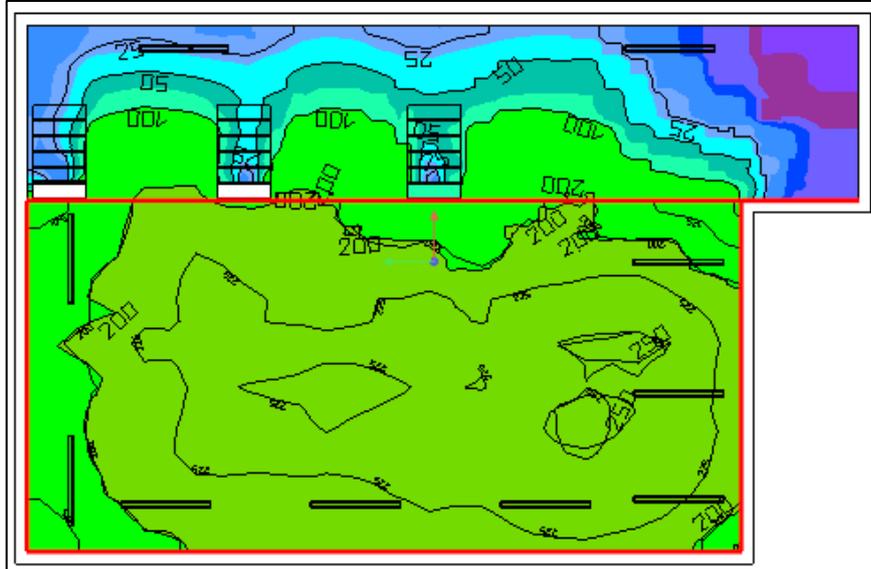
**Figura 29.-** Disposición de las luminarias de la sala de bombas.

En la Figura 30 pueden observarse los resultados numéricos obtenidos del sector de las bombas centrífugas.

161 lx		0.69	
<b>Working plane (Perpendicular illuminance)</b>			
	Actual	Target	
Average	161 lx	≥ 150 lx	
Min	111 lx	-	
Max	188 lx	-	
Min/average	0.69	-	
Min/max	0.59	-	
<b>Parameter</b>			
Height	0.000 m		

**Figura 30.-** Resultados del cálculo luminotécnico de la sala de bombas.

La distribución de los valores de iluminancia representada en colores del sector de las bombas centrífugas, muestra zonas poco iluminadas que aparecen en azul, estas resultan de estar debajo de la pasarela, por lo que no pueden recibir iluminación. En la Figura 31 puede verse este resultado.



**Figura 31.-** Distribución de la iluminancia sobre las bombas centrífugas.

En la Figura 32 pueden observarse los resultados numéricos obtenidos del sector de la pasarela de la sala.

Calculation surface (Perpendicular illuminance)		
	Actual	Target
Average	198 lx	-
Min	111 lx	-
Max	293 lx	-
Min/average	0.56	-
Min/max	0.38	-
Parameter		
Height	0.800 m	

**Figura 32.-** Resultados del cálculo luminotécnico de la pasarela.

En la Figura 33 se muestra la distribución de los niveles de iluminación en colores del sector de la pasarela.



**Figura 33.-** Distribución de la iluminancia sobre la pasarela.

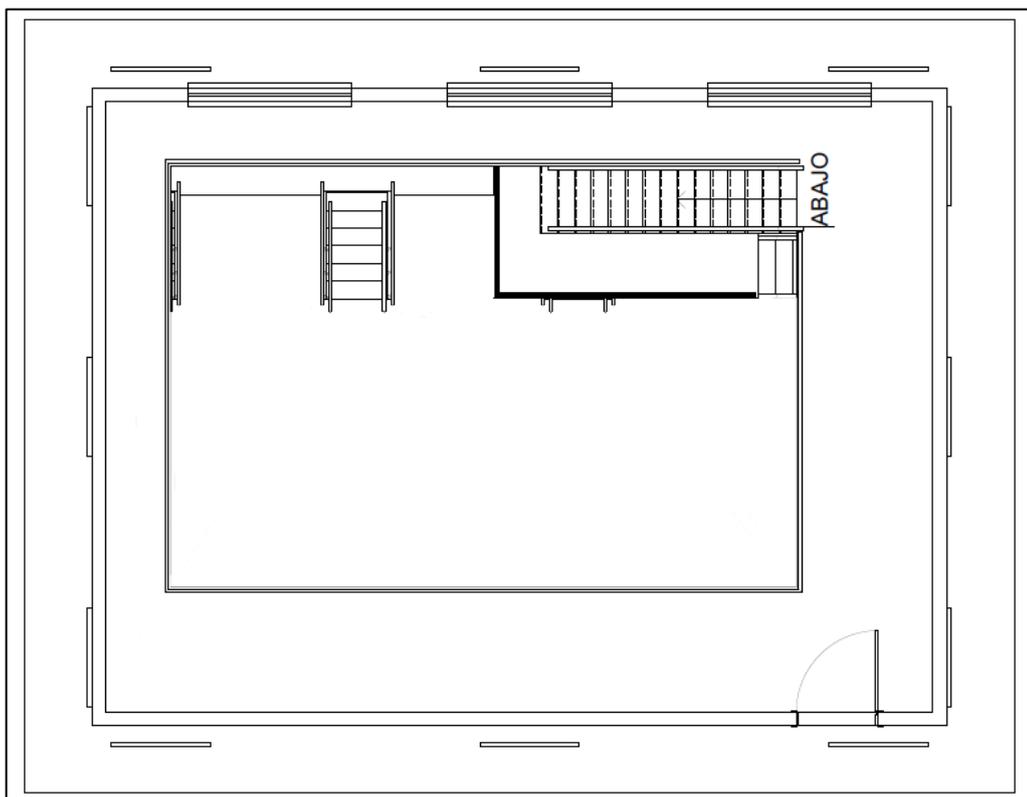
El total de luminarias para la sala de bombas es de 13, siendo 2 de ellas de 30 W de potencias y las otras 11 de 2x58 W, por lo que la potencia total consumida por las mismas es 1336 W.

#### 2.4.3. Cálculo del exterior de la estación

El exterior de la estación es principalmente una zona de circulación para llegar desde o hacia otros edificios, como la planta potabilizadora u oficinas, por lo que el nivel de iluminancia objetivo para esta área es de 100 lux como indica la norma. Podrían tomarse valores de 50 lux o menos según ejemplos de la misma norma, pero ya que el grupo electrógeno se encuentra ubicado fuera de la estación junto a la pared, se requiere mayor iluminación para los momentos en que se trabaje sobre el mismo. La altura del área de trabajo se considera a nivel del suelo, y altura la de las luminarias idéntica a la del techo del interior de la planta baja, ya que el mismo continúa hacia el exterior.

Las dimensiones del área a calcular son la de las regiones de concreto rectangulares que rodean el edificio.

Las luminarias a utilizar son las mismas que las de la planta baja; Philips CoreLine, luminarias que contienen un tubo LED. La iluminancia media resultante es de 97,3 lux, que no llega al objetivo, pero agregar otra luminaria reduciría la uniformidad a niveles no permitidos y serían aún más necesarias para mantenerla, por lo que el valor medio conseguido se considera suficiente. La relación entre la iluminancia mínima y la media es de 0,79 y entre la mínima y la máxima es de 0,67. En la Figura 34 se muestra la disposición de las luminarias.



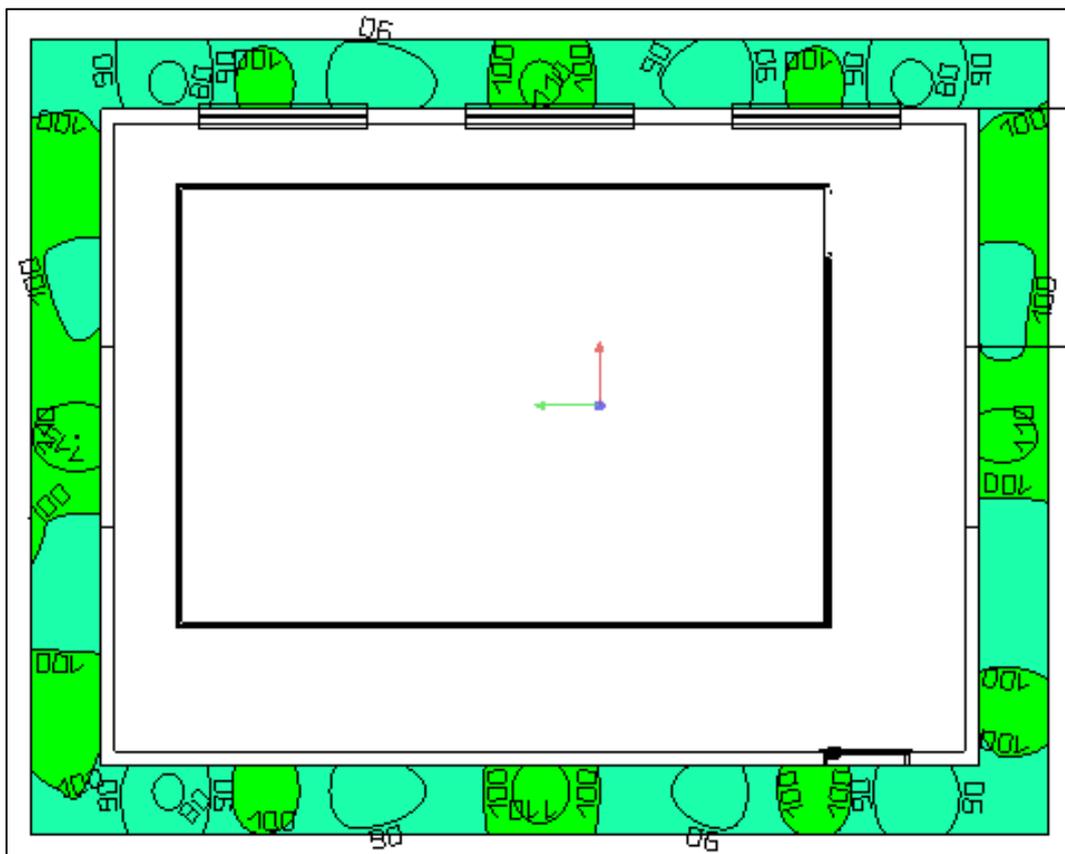
**Figura 34.-** Disposición de las luminarias del exterior de la estación.

En la Figura 35 aparecen los resultados numéricos obtenidos de la disposición de las luminarias exteriores.

97.3 lx      0.79		
Calculation surface (Perpendicular illuminance)		
	Actual	Target
Average	97.3 lx	-
Min	77.0 lx	-
Max	115 lx	-
Min/average	0.79	-
Min/max	0.67	-
Parameter		
Height	0.000 m	

**Figura 35.-** Resultados del cálculo luminotécnico del exterior de la estación.

La distribución de la iluminancia representada por colores se puede observar en la Figura 36.



**Figura 36.-** Distribución de la iluminancia sobre el área exterior de la estación.

La cantidad total de luminarias es 12, y teniendo cada una un consumo de 25,5 W, el consumo total de estas será de 306 W.

#### 2.4.4. Cálculo de la sección de los conductores

La iluminación de la estación posee 3 circuitos de iluminación, el de la planta baja, el de la sala de bombas y el del exterior del edificio. Los cables a utilizar serán de Marca Prysmian y de la línea AFUMEX 750.

Los cables, que serán unipolares, se distribuirán en tubos de PVC sobre la superficie de las paredes y techo. Ya que no compartirán canalización con otros circuitos, no se aplican factores correctivos a la intensidad admisible de estos, por lo que la elección de la sección de los conductores es directa desde las tablas provistas por el catálogo.

Para el cálculo de las corrientes se utilizan los datos de las hojas técnicas de las luminarias, aunque el factor de potencia en el caso de las luminarias que utilizan tubos fluorescentes no está especificado, pero ya que estas usan balastos electrónicos, se considerará un valor de 0,8, asumiendo que presentan una mejora en la eficiencia respecto de las luminarias que utilizan reactancias. En todo caso el consumo de los circuitos de iluminación no modifica de forma significativa el consumo total de la estación.

La sección de los conductores para los circuitos de iluminación de la planta baja y del exterior es de 1,5 mm<sup>2</sup> ya que su corriente admisible supera ampliamente el valor de la corriente circulante (la sección de los circuitos de iluminación no puede ser menor de este valor), pero para el circuito de iluminación de la sala de bombas se utiliza una sección de 2,5 mm<sup>2</sup> debido a que la longitud del circuito junto con la corriente circulante provocaría caídas de tensión inadmisibles con una sección menor. En la Figura 37 aparecen los datos de corriente admisible para cada sección de cable.

Características técnicas (IRAM)								
Sección nominal	Diámetro máximo de alambres del conductor	Espesor de aislación nominal	Diámetro exterior aproximado	Masa aproximada	Intensidad de corriente admisible en cañerías		Caída de tensión (3)	Resistencia eléctrica a 20 °C y c.c.
					(1)	(2)		
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	kg/km	A	A	V/A km	ohm/km
1,5	0,26	0,7	2,9	20	15	14	26	13,3
2,5	0,26	0,8	3,6	32	21	18	15	7,98
4	0,31	0,8	4,1	46	28	25	10	4,95
6	0,31	0,8	4,6	64	36	32	6,5	3,30
10	0,41	1,0	6,1	110	50	44	3,8	1,91
16	0,41	1,0	7,1	170	66	59	2,4	1,21
25	0,41	1,2	8,7	270	88	77	1,6	0,78
35	0,41	1,2	10,9	364	109	96	1,2	0,554
50	0,41	1,4	12,9	515	131	117	0,8	0,386
70	0,51	1,4	15	700	167	149	0,6	0,272
95	0,51	1,6	17	905	202	180	0,5	0,206
120	0,51	1,6	20	1180	234	208	0,4	0,161

Figura 37.- Corrientes admisibles de cables termoplásticos en caños.

En la Tabla (5) aparecen las características de cada circuito que resultan de contabilizar la cantidad de luminarias de cada uno de estos.

**Tabla 5.-** Consumo de los circuitos de iluminación.

	Cantidad de bocas	Voltaje de alimentación [V]	Potencia Consumida [W]	F. P	Corriente [A]
<b>Circuito de Planta baja</b>	12	230	306	0,9	1,48
<b>Circuito de Sala de bombas</b>	13	230	1336	0,8	7,26
<b>Circuito Exterior</b>	12	230	306	0,9	1,48

## 2.5. Cargas adicionales de la estación

### 2.5.1. Bomba sumergible de drenaje

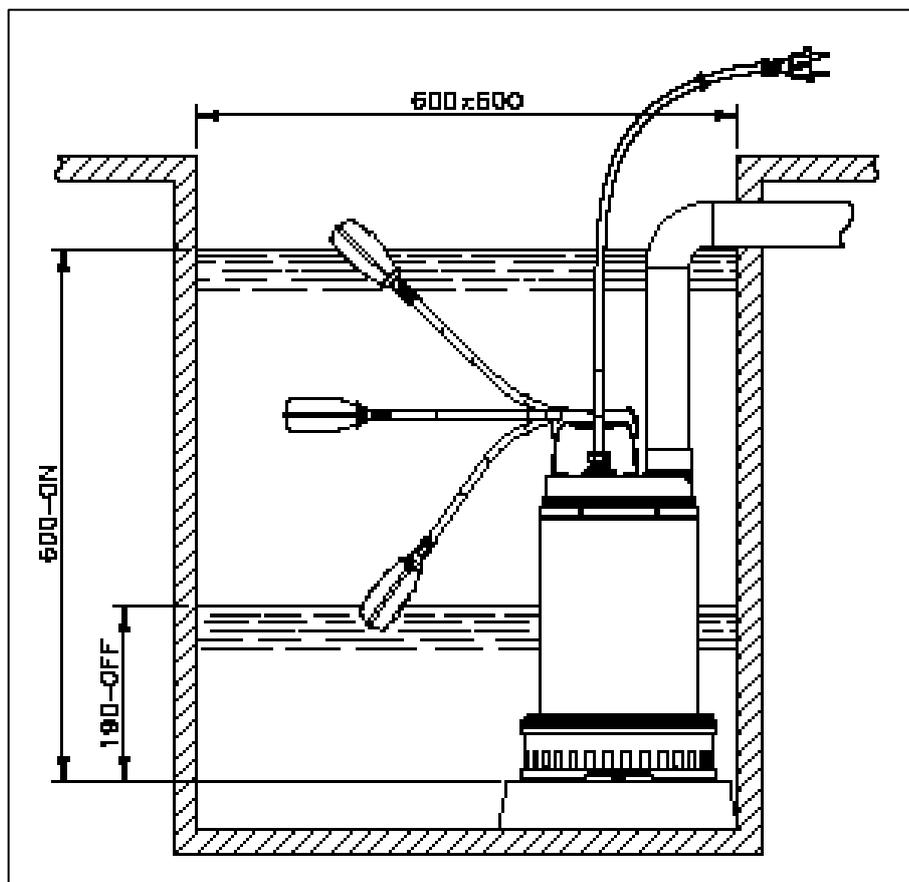
Dado el caso de que se produzca una falla dentro de la estación que provoque la fuga de agua dentro de la misma, se debe tener disponible un método para llevar a cabo el drenado de esta, por lo que se debe utilizar una bomba dedicada a este objetivo.

La bomba a utilizar es de la marca DAB PUMPS, tal como las bombas centrífugas, y ya que no se poseen condiciones de caudal o presión específicas a cumplir, se eligió el modelo DRENAG 1200 (Figura 38) por ser de una de las líneas de mayor potencia, lo cual implica una capacidad de drenaje más veloz, y por la posibilidad de ser accionada automáticamente a través de un sistema de boya flotante.



**Figura 38.-** Bomba de drenaje de la estación.

En la Figura 39 se muestra el método de instalación de la bomba y en la Tabla (6) se encuentran las características del motor de la misma, disponibles en el catálogo.



**Figura 39.-** Instalación de la bomba de drenaje.

**Tabla 6.-** Características del motor de la bomba de drenaje

Voltaje (50 Hz)	Potencia Mecánica	Corriente Nominal
1x230 V	1,2 kW	7,5 A

La bomba será sumergida en un pozo dentro de la estación, y se accionará a través de un contacto mecánico que forma parte de una boya de nivel, por lo que será independiente del proceso de automatización de la planta llevado a cabo por el PLC. Es posible utilizar el contacto para enviar una señal al PLC para enviar una alarma, pero los efectos producidos por una fuga serían notados, probablemente más pronto, gracias a las señales de los sensores de presión y nivel de la estación, por lo que sería redundante.

### 2.5.2. Tablero de tomacorrientes

Para permitir el uso de maquinaria y/o equipos portátiles dentro de la estación sin la necesidad de utilizar extensiones eléctricas, se define un tablero de tomacorrientes. El mismo poseerá un tomacorriente de 32 A con la configuración 3PN+T, un tomacorriente de 16 A de configuración 3P+T y otro de 16 A de

configuración 2P+T, de forma que sea posible la utilización de todos los formatos de tomacorrientes sin tener que recurrir a la utilización de adaptadores. Será

El tablero (Figura 40) está preparado específicamente para esta cantidad de tomacorrientes (Figura 41) y es de marca Schneider al igual que estos últimos.



**Figura 40.-** Tablero de tomacorrientes.



**Figura 41.-** Tomacorrientes del tablero (3PN+T, 3P+T, 2P+T).

La corriente considerada para la alimentación de este tablero se ve afectada por un coeficiente de simultaneidad del 50%, por lo que tendrá un valor de 32 A en lugar del total de 64 A que surge de la suma aritmética de la capacidad de cada tomacorriente.

### 2.5.3. Cálculo de la sección de los conductores

Los cables utilizados para la alimentación de la bomba de drenaje y para el tablero de tomacorrientes son unipolares y de un material de aislación termoplástico. Estos son transportados sobre bandejas portacables junto con los cables de alimentación de las bombas centrífugas, por lo que sus corrientes admisibles se ven afectadas por un factor correctivo al considerar la agrupación de cables. En ambos casos, a la corriente admisible se la multiplica por 0,75, valor obtenido del manual técnico del fabricante, ya que son 7 los circuitos sobre la bandeja.

La sección para la bomba de drenaje es de 2,5 mm<sup>2</sup> la cual puede transportar 13,5 A luego de aplicar la corrección (en realidad más, ya que los cables se transportan en bandeja y no en caño, como indica el catálogo). Considerando sólo la corriente admisible, la sección podría ser de 1,5 mm<sup>2</sup>, pero esto causaría una excesiva caída de tensión durante el arranque de la bomba. La sección para el tablero de

tomacorrientes es de 10 mm<sup>2</sup>, que luego de verse afectado por el factor de corrección admite una corriente de 33 A.

Los cables son de marca Prysmian y de la línea comercial AFUMEX 750, y la corriente admisible de estos se observa en la Figura 37.

Características técnicas (IRAM)								
Sección nominal	Diámetro máximo de alambres del conductor	Espesor de aislación nominal	Diámetro exterior aproximado	Masa aproximada	Intensidad de corriente admisible en cañerías		Caída de tensión (3)	Resistencia eléctrica a 20 °C y c.c.
					(1)	(2)		
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	kg/km	A	A	V/A km	ohm/km
1,5	0,26	0,7	2,9	20	15	14	26	13,3
2,5	0,26	0,8	3,6	32	21	18	15	7,98
4	0,31	0,8	4,1	46	28	25	10	4,95
6	0,31	0,8	4,6	64	36	32	6,5	3,30
10	0,41	1,0	6,1	110	50	44	3,8	1,91
16	0,41	1,0	7,1	170	66	59	2,4	1,21
25	0,41	1,2	8,7	270	88	77	1,6	0,78
35	0,41	1,2	10,9	364	109	96	1,2	0,554
50	0,41	1,4	12,9	515	131	117	0,8	0,386
70	0,51	1,4	15	700	167	149	0,6	0,272
95	0,51	1,6	17	905	202	180	0,5	0,206
120	0,51	1,6	20	1180	234	208	0,4	0,161

Figura 37.- Corrientes admisibles de cables AFUMEX 750.

## 2.6. Cálculo de las secciones de los cables y barras de distribución

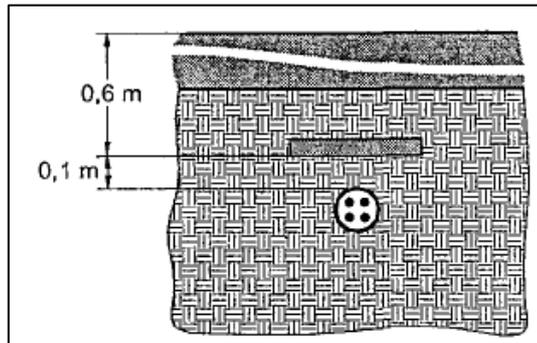
### 2.6.1. Cálculo de la sección de los cables de alimentación desde la red

La estación de bombeo se alimenta desde la red eléctrica a través de un transformador ubicado al otro lado de la calle del terreno de la planta potabilizadora de agua. Desde el transformador, un cable colocado por la empresa distribuidora llega hacia el medidor de energía de la estación por debajo de la calle y desde ahí hacia el edificio.

El cable que conecta el medidor con el armario de alimentación será directamente enterrado, debido a la simplicidad de este método de instalación y porque aumenta los valores de corriente admisibles de los cables respecto a la utilización de canalizaciones. Este ingresa a la estación a través de un caño de PVC de largo igual al ancho de la pared de la sala de bombas, y atravesando esta, y luego sube a través de un conducto rectangular que atraviesa el suelo de la planta baja, ubicado directamente debajo del armario.

Las características de la instalación están definidas en la edición del año 2006 de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA) 90364-7-771 [11], indicando las características de la zanja donde se colocará el cable, la profundidad mínima y los distintos tipos de protección.

El cable de alimentación, ubicado a una profundidad de 0,7 m (desde su parte superior), se protege con una cubierta continua de ladrillos de medidas mínimas de 0,25x0,09x0,05 m, colocados de forma perpendicular al cable durante todo su trayecto a 10 cm del mismo. A 20 cm de la superficie se coloca una cinta roja y blanca con el texto “PELIGRO ELÉCTRICO” que recorre toda la longitud del cable. Esta descripción puede visualizarse en la Figura 42.



**Figura 42.** Método de instalación de un cable enterrado.

La corriente de consumo máxima que puede circular dentro de la estación se calcula en la Tabla (7) a partir de los datos eléctricos de todas las cargas.

**Tabla 7.-** Cálculo de la corriente máxima de consumo de la estación.

Carga	Voltaje [V]	Potencia Activa [kW]	Potencia Reactiva [kVAR]	Potencia Aparente [kVA]	Factor de Potencia	Corriente [A]
<b>Motor de 30 kW</b>	400	32,15	19,93	37,83	0,85	54,6
<b>Motor de 37 kW (5)</b>	400	39,32 (5)	27,45	47,95	0,82	69,2
<b>Iluminación Planta baja</b>	230	0,30	0,15	0,34	0,9	1,48
<b>Iluminación Sala de bombas</b>	230	1,34	1	1,67	0,8	7,26
<b>Iluminación Exterior</b>	230	0,30	0,15	0,34	0,9	1,48
<b>Motor Bomba de drenaje</b>	230	1,26	1,18	1,72	0,73	7,5
<b>Tablero de Tomacorrientes</b>	400	22,17	10,74	24,6	0,9	32
<b>PLC y Módulos</b>	230	0,35	-	-	-	1,5
<b>Aire Acondicionado de los armarios</b>	230	0,8	-	-	-	4,1
<b>Total</b>	400	255,27	170,40	306,92	0,83	443

Dado que es de esperar que se encuentren todas las cargas energizadas a la vez durante los meses de mayor consumo de agua, siendo las excepciones el tablero de tomacorrientes y la bomba de drenaje (pero deben estar disponibles para su uso) se considera un coeficiente de simultaneidad de 1.

El cable a enterrar es tetrapolar, sin armadura, de marca Prysmian y línea AFUMEX 1000+, y el material aislante es XLPE. Siendo el único circuito en la zanja, no se aplican factores correctivos por agrupamiento de cables, y las condiciones del terreno se consideran igual a las del tipo de instalación considerado por el catálogo (por falta de información disponible), siendo estas; 0,7 m de profundidad, temperatura del terreno de 25°C y resistividad térmica del terreno de 1°C\*m/W, por lo que tampoco se aplican factores para corregir cambios en estas características.

La elección de la sección del cable se lleva a cabo directamente desde la tabla de la hoja de datos del cable (Figura 43). La sección del cable de alimentación es de 185 mm<sup>2</sup> ya que la corriente admisible de 447 A supera los 443 A calculados.

Intensidad admisible para cables con conductores de cobre					
Sección nominal	Método D1 Caño enterrado	Método D1 Caño enterrado	Método D2 Directamente enterrado	Método D2 Directamente enterrado	Método D2 Directamente enterrado
	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)
mm <sup>2</sup>	A	A	A	A	A
1,5	28	24	32	32	28
2,5	37	31	43	44	37
4	48	40	53	57	48
6	60	49	67	72	61
10	79	66	89	97	83
16	101	85	115	128	107
25	130	108	149	166	141
35	157	131	180	200	168
50	186	155	219	238	199
70	241	202	266	307	256
95	285	239	311	369	308
120	325	272	360	420	351
150	367	307	403	472	393
185	411	344	449	535	447
240	475	398	527	623	519
300	537	449	624	704	586
400	-	-	710	-	-
500	-	-	825	-	-
630	-	-	941	-	-

**Figura 43.-** Corrientes admisibles de cables XLPE (Enterrados).

### 2.6.2. Cálculo de la sección de los cables de alimentación desde el generador

El generador auxiliar se ubica en el exterior de la estación de bombeo, sobre la pared de la puerta de entrada a la misma. El cable de alimentación ingresa a la estación atravesando dicha pared por dentro de un caño de PVC.

Durante los momentos de falla de la red el generador alimentará las siguientes cargas: Bomba de regulación, para poder seguir controlando la presión de salida siempre que se esté entregando agua, los circuitos de iluminación de la estación, la bomba de drenaje, el aire acondicionado del armario, ya que el variador de velocidad es la mayor fuente de calor, y el PLC que controla la automatización de las bombas y los interruptores de transferencia de energía. Definidas las cargas, la corriente máxima consumida durante el uso del generador aparece en la Tabla (8).

**Tabla 8.-** Cálculo de la corriente de máxima de consumo durante uso del generador.

<b>Carga</b>	<b>Voltaje [V]</b>	<b>Potencia Activa [kW]</b>	<b>Potencia Reactiva [kVAr]</b>	<b>Potencia Aparente [kVA]</b>	<b>Factor de Potencia</b>	<b>Corriente [A]</b>
<b>Motor de 30 kW</b>	400	32,15	19,93	37,83	0,85	54,6
<b>Iluminación Planta baja</b>	230	0,30	0,15	0,34	0,9	1,48
<b>Iluminación Sala de bombas</b>	230	1,34	1	1,67	0,8	7,26
<b>Iluminación Exterior</b>	230	0,30	0,15	0,34	0,9	1,48
<b>Motor Bomba de drenaje</b>	230	1,26	1,18	1,72	0,73	7,5
<b>PLC y Módulos</b>	230	0,35	-	-	-	1,5
<b>Aire Acondicionado de los armarios</b>	230	0,8	-	-	-	4,1
<b>Total</b>	400	36,5	22,41	42,83	0,85	61,82

Observando los resultados de la Tabla (8) se concluye que el generador de la estación debe poder entregar una potencia de al menos 42,83 kVA y 36,5 kW para un voltaje de 400 V y una frecuencia de 50 Hz.

La alimentación se lleva a cabo con un cable tetrapolar, marca Prysmian y de línea AFUMEX 1000+. Ya que no comparte la cañería con otro circuito, no se aplica ningún factor correctivo por agrupamiento.

La sección del cable tetrapolar es de 16 mm<sup>2</sup>, el cual posee una corriente admisible de 69 A, que es mayor que los 61,82 A calculados. Esta elección se realiza de forma directa observando la tabla de la hoja de datos del cable (Figura 19).

Intensidad admisible para cables con conductores de cobre						
Sección nominal	Método B2 Caño embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido Un cable multipolar o cables unipolares en contacto		Método E Bandeja perforada Bandeja tipo escalera Un cable multipolar	
	 (1)	 (2)	 (3)	 (4)	 (5)	 (6)
mm <sup>2</sup>	A	A	A	A	A	A
1,5	19	17	21	19	23	20
2,5	26	23	29	26	31	28
4	34	30	39	34	43	36
6	44	38	50	45	54	47
10	60	52	69	62	74	65
16	79	69	92	83	100	86
25	103	91	120	103	129	110
35	126	110	148	127	160	137
50	151	133	181	155	195	166
70	201	177	245	208	263	224
95	241	212	298	253	320	271
120	278	244	348	293	373	315
150	304	273	401	338	430	363
185	349	309	460	386	493	415
240	418	362	545	455	583	490
300	484	414	631	524	674	565

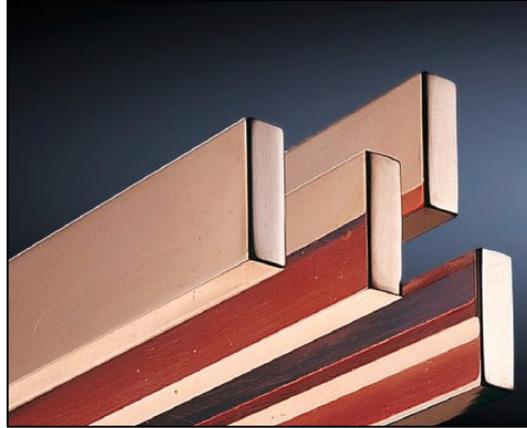
Figura 19.- Corrientes admisibles de cables AFUMEX 1000+.

### 2.6.3. Cálculo de la sección de las barras de distribución

La distribución de corriente, dentro de los armarios, a cada uno de los sistemas de protección y maniobra de las cargas de la estación, se realiza utilizando barras de cobre. Este método se utiliza debido a la facilidad que presenta frente a la alternativa de maniobrar la posición y ubicación de los cables dentro de los armarios teniendo que respetar sus radios mínimos de curvatura.

Se utilizan barras de cobre electrolítico de la empresa Rittal, utilizando los datos provistos en la hoja de datos de las mismas para su selección. La corriente que deberá poder circular por las barras son los 443 A máximos, ya calculados, resultantes de todas las cargas de la estación funcionando en simultáneo.

Las barras seleccionadas pueden verse en la Figura 44, y en la Figura 45 aparecen los valores de corriente admisible para las distintas secciones de barra disponibles para el caso de que se encuentren pintadas o no y dependiendo de la frecuencia de la red, y ya sea en posición vertical u horizontal.



**Figura 44.-** Barras de distribución.

Anchura x espesor mm	Sección mm <sup>2</sup>	Peso <sup>1)</sup>	Material <sup>2)</sup>	Intensidad en régimen permanente, en A			
				Corriente alterna hasta 60 Hz		Corriente continua + corriente alterna 16 Hz	
				Barra desnuda	Barra pintada	Barra desnuda	Barra pintada
12 x 2	23,5	0,209	E-Cu F30	108	123	108	123
15 x 2	29,5	0,262		128	148	128	148
15 x 3	44,5	0,396		162	187	162	187
20 x 2	39,5	0,351		162	189	162	189
20 x 3	59,5	0,529		204	237	204	237
20 x 5	99,1	0,882		274	319	274	320
20 x 10	199,0	1,770		427	497	428	499
25 x 3	74,5	0,663		245	287	245	287
25 x 5	124,0	1,110		327	384	327	384
30 x 3	89,5	0,796		285	337	286	337
30 x 5	149,0	1,330		379	447	380	448
30 x 10	299,0	2,660		573	676	579	683
40 x 3	119,0	1,060		366	435	367	436
40 x 5	199,0	1,770		482	573	484	576
40 x 10	399,0	3,550		715	850	728	865
50 x 5	249,0	2,220		583	697	588	703
50 x 10	499,0	4,440		852	1020	875	1050
60 x 5	299,0	2,660		688	826	696	836
60 x 10	599,0	5,330		985	1180	1020	1230
80 x 5	399,0	3,550		885	1070	902	1090
80 x 10	799,0	7,110	1240	1500	1310	1590	
100 x 10	999,0	8,890	1490	1810	1600	1940	

**Figura 45.-** Corrientes admisibles de barras.

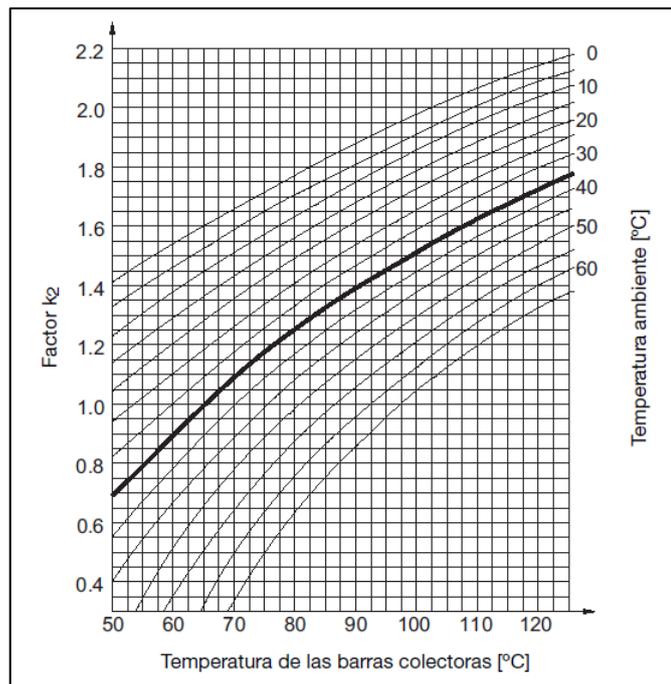
Para elegir la sección adecuada se debe conocer la temperatura permanente de las barras durante la corriente máxima de consumo y se debe definir la temperatura máxima del interior de los armarios, la cual será controlada por medio de un aire acondicionado. La temperatura máxima dentro de los armarios se establece en 40° C, y para el cálculo de la temperatura causada por la circulación de la corriente se utiliza la relación de la Ecuación (2), que surge de saber que la potencia disipada depende del cuadrado de la corriente circulante y de que la disipación de calor aumenta con la diferencia de temperatura, donde  $I_1$  es la corriente admisible de la tabla de la hoja de datos,  $I_2$  la corriente máxima de la estación, y  $\Delta_1$  y  $\Delta_2$  las diferencias de temperatura que cada una de estas corrientes provoca, para una barra de material y sección determinados (el cálculo es aproximado ya que no se está considerando el cambio en el valor de la resistencia de las barras debido al cambio de temperatura por la diferencia en corriente, pero hacerlo sólo aumentaría la corriente admisible resultante, por lo que la elección seguiría siendo correcta).

$$\left(\frac{I_1}{I_2}\right)^2 = \frac{\Delta_1}{\Delta_2} \quad (2)$$

Utilizando para el cálculo una barra de 30x10 mm con temperaturas establecidas de 65°C para las barras y 35°C para el ambiente, el valor de  $\Delta_2$  resulta:

$$\Delta_2 = \frac{\Delta_1}{\left(\frac{I_1}{I_2}\right)^2} = \frac{65 - 35}{\left(\frac{573}{443}\right)^2} = 17,93^\circ\text{C}$$

Al ser la temperatura del armario de 40°C, la temperatura de las barras cuando circulen 443 A será de 57,93°C. Con esta información se ingresa a las curvas de la Figura 46, que indica los factores de corrección a aplicar para las distintas condiciones de las barras.



**Figura 46.-** Curvas del factor de corrección  $k_2$  para barras.

Ingresando a las curvas con una temperatura de barras de 57,93°C y una temperatura ambiente de 40°C se obtiene un factor correctivo de aproximadamente 0,75, por lo que, si la corriente admisible de la barra para las condiciones estándar es de 573 A, para las condiciones de la corriente máxima será:

$$0,75 * 573 = 429,75 A$$

Esto no resulta suficiente, por lo que se eligen barras de la misma sección, pero esta vez pintadas. Analizando los valores admisibles de corriente de la hoja de datos, se nota que pintar las barras aumenta la corriente admisible de las mismas de un 14% a un 21%. Tomando 15% como estimado se calcula nuevamente la corriente admisible de las barras de 30x10 mm, resultando este el valor de la sección elegida:

$$1,15 * 0,75 * 573 = 494,21 A$$

Sería posible utilizar barras de una sección menor, lo cual aumentaría la temperatura de las barras y por lo tanto la disipación del calor, aumentando así la corriente admisible, pero esto causaría que el calor disipado se acumulara dentro de los armarios y se requeriría de un aire acondicionado de mayor capacidad de enfriamiento o se correría el riesgo de desclasificar los valores de funcionamiento nominales de los equipos cercanos.

## 2.7. Cálculos de las corrientes de cortocircuito

### 2.7.1. Consideraciones

El cálculo de cortocircuito se realiza para poder definir adecuadamente las protecciones eléctricas y su regulación, además de ser necesario para comprobar las secciones de los cables elegidos para la alimentación de las cargas.

El primer dato para llevar a cabo el cálculo es el de la potencia de cortocircuito de la red de distribución eléctrica en un punto cercano al de la ubicación del transformador de alimentación. Este dato aproximado se obtuvo de un ex empleado de la empresa de distribución de energía y resulta ser de 50 MVA.

La siguiente información a obtener son los datos del transformador de alimentación mencionado. Ya que no se tienen los datos del que alimenta a la estación existente, se utilizarán los de uno de potencia igual a los que pueden encontrarse en la zona. El transformador es de la marca MIRON y las características eléctricas de este se encuentran en la Tabla (9).

**Tabla 9.-** Características del transformador de alimentación.

**Relación 13200 ± 2,5 ± 5% / 400 V – 231 V**

Potencia [kVA]	Pérdidas en vacío [W]	Pérdidas en Cto. Cto. [W]	Tensión en Cto. Cto. [%]
400	1025	5125	4

El cable subterráneo que atraviesa la calle de la planta potabilizadora se considerará de iguales características al calculado para alimentar la estación ya que los datos del cable existente no están disponibles.

Para el cálculo de las corrientes de cortocircuito se utiliza el software ETAP 12.6.0, configurado para seguir los cálculos de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) [12].

Se despreciarán las impedancias propias de los equipos y aparatos de protección aguas arriba de los puntos de falla. Las longitudes de los cables son aproximaciones en base a la disposición de las canalizaciones que se mencionan en secciones posteriores del proyecto y se listan en la Tabla (10) y Tabla (11) junto a los datos de impedancia de estos.

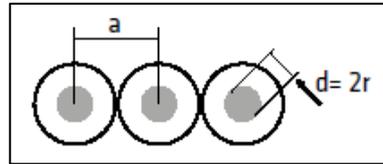
**Tabla 10.-** Características de impedancia de los cables de alimentación y bombas.

<b>Carga</b>	<b>Configuración [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Resistencia Eléctrica Máx. a 90°C y 50 Hz.</b>	<b>Reactancia Inductiva a 50Hz</b>	<b>Longitud [m]</b>
<b>Estación de bombeo (Transf.-Med.)</b>	1x(3x185+95)	0,126	0,0777	26
<b>Estación de bombeo (Desde Med.)</b>	1x(3x185+95)	0,126	0,0777	48
<b>Bomba Reg.</b>	3x25+T	0,995	0,1125	11,8
<b>Bomba Ppal. 1</b>	3x25+T	0,995	0,1125	12,4
<b>Bomba Ppal. 2</b>	3x25+T	0,995	0,1125	14
<b>Bomba Ppal. 3</b>	3x25+T	0,995	0,1125	15,5
<b>Bomba Ppal. 4</b>	3x25+T	0,995	0,1125	18
<b>Bomba Ppal. 5</b>	3x25+T	0,995	0,1125	19,6

**Tabla 11.-** Características de impedancia de los cables de cargas monofásicas y tomas.

<b>Carga</b>	<b>Configuración [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Resistencia Eléctrica Máx. a 20°C y C.C.</b>	<b>Reactancia Inductiva a 50Hz</b>	<b>Longitud (Mayor trayecto)</b>
<b>Tabl. de Tomas</b>	4x10+T	1,91	-	18
<b>Bomba Dren.</b>	3x2,5+T	7,98	-	34
<b>Circ. Ilum. de Planta baja</b>	3x1,5+T	13,3	-	28
<b>Circ. Ilum. de Sala de bombas</b>	3x2,5+T	7,98	-	29
<b>Circuito Ilum. Exterior</b>	3x1,5+T	13,3	-	34

La reactancia de los cables unipolares que alimentan a los motores de las bombas se calcula según las Ecuación (3) y Ecuación (4) de la guía técnica de la marca Prysmian, suponiendo a los conductores en contacto y en el mismo plano (Figura 47) al ser transportados por la bandeja portacables, siendo **a** el diámetro exterior de los cables unipolares y **d** el diámetro del conductor de los mismos.



**Figura 47.-** Variables para el cálculo de la reactancia de conductores agrupados.

$$L = (4,6 * \log(a/r) + 0,96) * 10^{-4} \left[ \frac{H}{km} \right] \quad (3)$$

$$X_L = w * L \text{ } [\Omega * km] \quad (4)$$

$$L = ((4,6 * \log\left(\frac{13}{3,5}\right) + 0,96) * 10^{-4} = 3,58 \times 10^{-4} \left[ \frac{H}{km} \right]$$

$$X_L = 2\pi * 50 * 3,58 \times 10^{-4} = 0,1125 \text{ } [\Omega * km]$$

La reactancia de los cables AFUMEX 750 se desprecia ya que la resistencia de los mismos es mucho mayor que esta.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito máxima se considera lo siguiente:

- Todas las bombas en funcionamiento.
- Temperatura de los cables antes de la falla de 20°C.
- Un nivel de tensión de alimentación 1,05 veces mayor, según procedimiento de la IEC.

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito mínima se considera lo siguiente:

- Sólo la bomba de regulación en funcionamiento.
- Temperatura de los cables antes de la falla de 90°C para cables XLPE y 70°C para termoplásticos.
- Un nivel de tensión de alimentación 0,95 veces menor, según procedimiento de la IEC.

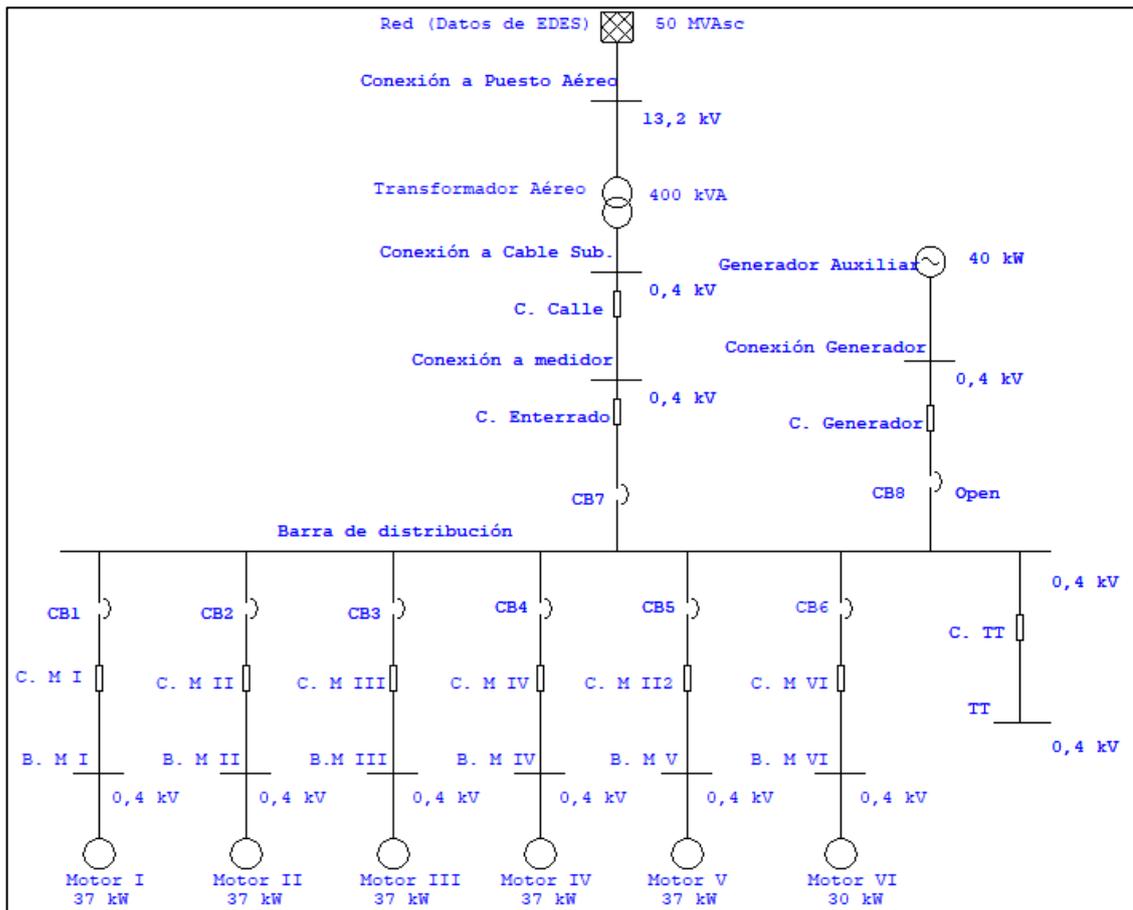
Las fallas se ubicarán en los bornes de cada uno de los motores de las bombas de la estación, en los bornes del tablero de tomacorrientes y en barras de los armarios (se desprecia la impedancia de las barras).

Las impedancias de los motores de las bombas son los considerados como típicos por la norma IEC para los motores del rango de tensión y potencia al que estos pertenecen.

Las cargas monofásicas no se representarán en ETAP ya que sólo se realizarán los cálculos de cortocircuitos trifásicos, siendo estos, generalmente, los que producen las mayores corrientes. Los fallos fase-neutro de la estación presentan corrientes menores a 1 kA, por lo que los tiempos de actuación de las protecciones serán más que suficientes para proteger los cables, y las corrientes de cortocircuitos fase-tierra serán aún menores al circular por la puesta a tierra.

### 2.7.2. Resultados

En la Figura 48 se muestra el diagrama unifilar realizado en ETAP para llevar a cabo los cálculos de cortocircuito.



**Figura 48.-** Diagrama unifilar para cálculo de cortocircuito (ETAP).

El resumen de los resultados de cortocircuito máximo obtenidos para una falla en las barras de los armarios aparece en la Figura 49. Las corrientes calculadas son la corriente de pico asimétrico  $i_p$ , la corriente simétrica inicial  $I''_k$  y la corriente de estado permanente  $I_k$ .

Barra	kV	Falta Trifásica		
		$I''_k$	$i_p$	$I_k$
Barra de distribución	0.400	11.005	19.201	8.925

**Figura 49.-** Resumen de las corrientes de cortocircuito máximo en barras.

En la Figura 50 se muestra el aporte de cada motor y de la red al cortocircuito máximo en barras.

Contribución		Falta Trifásica	
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Orige	kA rms Sim.
Barra de distribución	Total	0.00	11.005
Conexión a medidor	Barra de distribución	22.21	8.925
B. M I	Barra de distribución	1.41	0.361
B. M II	Barra de distribución	1.64	0.360
B. M V	Barra de distribución	2.33	0.359
B.M III	Barra de distribución	1.76	0.360
B. M IV	Barra de distribución	2.10	0.359
B. M VI	Barra de distribución	1.11	0.285
TT	Barra de distribución	0.00	0.000

**Figura 50.-** Aporte de motores y red al cortocircuito máximo en barras.

En la Figura 51 y Figura 52 se muestran los mismos resultados, pero esta vez para el cortocircuito mínimo en las barras de los armarios.

Barra		Falta Trifásica		
ID	kV	I <sup>''</sup> k	ip	Ik
Barra de distribución	0.400	8.126	13.531	7.871

**Figura 51.-** Resumen de las corrientes de cortocircuito mínimo en barras.

Contribución		Falta Trifásica	
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Orige	kA rms Sim.
Barra de distribución	Total	0.00	8.126
Conexión a medidor	Barra de distribución	25.49	7.871
B. M VI	Barra de distribución	1.41	0.258
TT	Barra de distribución	0.00	0.000
Conexión a Cable Sub.	Conexión a medidor	39.30	7.871
Motor VI	B. M VI	100.00	0.258

**Figura 52.-** Aporte de motores y red al cortocircuito mínimo en barras.

Para una falla en bornes de los motores de las bombas, el cortocircuito máximo se dará con las características ya mencionadas, y el cortocircuito mínimo con sólo la bomba en falla y la bomba de regulación en funcionamiento. Si la falla a analizar es sobre la bomba de regulación, esta será la única en funcionamiento durante el análisis de cortocircuito mínimo.

En la Figura 53 aparece el resumen de las corrientes para el cortocircuito máximo en bornes del motor de la bomba principal 1, y en la Figura 54 el aporte de los motores y la red a la falla.

Barra		Falta Trifásica		
ID	kV	I <sup>rk</sup>	ip	Ik
B. M I	0.400	8.623	13.330	7.214

**Figura 53.-** Resumen de las corrientes de cortocircuito máximo en bornes de motor.

Contribución		Falta Trifásica	
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Orige	kA rms Sim.
B. M I	Total	0.00	8.623
Barra de distribución	B. M I	32.30	8.280
Motor I	B. M I	100.00	0.363
Conexión a medidor	Barra de distribución	47.98	6.942
B. M II	Barra de distribución	33.58	0.280
B. M V	Barra de distribución	34.12	0.279
B. M III	Barra de distribución	33.67	0.280
B. M IV	Barra de distribución	33.94	0.280
B. M VI	Barra de distribución	33.17	0.222
TT	Barra de distribución	32.30	0.000

**Figura 54.-** Aporte de los motores y la red al cortocircuito máximo en bornes de motor.

En la Figura 55 aparece el resumen de las corrientes de cortocircuito mínimo en bornes del motor de la bomba principal 1.

Barra		Falta Trifásica		
ID	kV	I <sup>rk</sup>	ip	Ik
B. M I	0.400	6.453	9.782	6.004

**Figura 55.-** Resumen de las corrientes de cortocircuito mínimo en bornes de motor.

En la Figura 56 se puede ver el aporte de los motores y la red a la falla.

Contribución		Falta Trifásica	
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Orige	kA rms Sim.
B. M I	Total	0.00	6.453
Barra de distribución	B. M I	33.69	6.151
Motor I	B. M I	100.00	0.329
Conexión a medidor	Barra de distribución	51.78	5.958
B. M VI	Barra de distribución	34.75	0.195
TT	Barra de distribución	33.69	0.000

**Figura 56.-** Aporte de motores y red al cortocircuito mínimo en bornes de motor.

Las corrientes de falla en bornes del tablero de tomacorrientes son las menores de todas debido a la resistencia que presenta la sección de los conductores de alimentación. En la Figura 57 aparece el resumen de las corrientes de cortocircuito máximo, y en la Figura 58 el aporte de los motores y la red a la falla.

Barra ID	kV	Falta Trifásica		
		I <sup>"k</sup>	ip	Ik
TT	0.400	4.996	7.215	4.590

**Figura 57.-** Resumen de las corrientes de cortocircuito máximo en tablero de tomas.

Contribución		Falta Trifásica	
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Orige	kA rms Sim.
TT	Total	0.00	4.996
Barra de distribución	TT	70.83	4.996
Conexión a medidor	Barra de distribución	78.93	4.052
B. M I	Barra de distribución	71.47	0.164
B. M II	Barra de distribución	71.58	0.164
B. M V	Barra de distribución	71.89	0.163
B.M III	Barra de distribución	71.63	0.163
B. M IV	Barra de distribución	71.79	0.163
B. M VI	Barra de distribución	71.34	0.129

**Figura 58.-** Aporte de los motores y la red al cortocircuito máximo en tablero de tomas.

En la Figura 59 y Figura 60 aparecen los mismos valores, pero esta vez para las corrientes de cortocircuitos mínimas en bornes del tablero de tomacorrientes.

Barra	Falta Trifásica				
	ID	kV	I''k	ip	Ik
TT		0.400	3.667	5.293	3.619

**Figura 59.-** Resumen de las corrientes de cortocircuito mínimo en tablero de tomas.

Contribución		Falta Trifásica	
Barra Origen ID	Barra Destino ID	% V Barra Orige	kA rms Sim.
TT	Total	0.00	3.667
Barra de distribución	TT	68.75	3.667
Conexión a medidor	Barra de distribución	78.75	3.552
B. M VI	Barra de distribución	69.38	0.116

**Figura 60.-** Aporte de los motores y la red al cortocircuito mínimo en tablero de tomas.

Los valores de falla para los motores de las demás bombas son prácticamente idénticos, por lo que no se muestran los resultados entregados por ETAP, pero sí se incluyen en la Tabla (12), a continuación, que resume los resultados de las corrientes mínimas y máximas para todos los puntos de falla, junto con los resultados de falla en barras al alimentar con el generador.

**Tabla 11.-** Resumen de los resultados de las corrientes de cortocircuito de estudio.

Ubicación de falla	Cortocircuito mínimo [kA]			Cortocircuito máximo [kA]		
	I''k	ip	Ik	I''k	ip	Ik
<b>Barras de los armarios</b>	8,126	13,531	7,871	11,005	19,201	8,925
<b>Barras de los armarios (Gen)</b>	0,382	0,881	0,037	0,697	1,495	0,139
<b>Bomba de regulación</b>	6,242	9,482	6,004	8,595	13,258	7,214
<b>Bomba Principal 1</b>	6,453	9,782	6,004	8,623	13,330	7,214
<b>Bomba Principal 2</b>	6,181	9,305	5,749	8,248	12,687	6,964
<b>Bomba Principal 3</b>	6,051	9,083	5,627	8,122	12,388	6,843
<b>Bomba Principal 4</b>	5,688	8,476	5,286	7,663	11,571	6,497
<b>Bomba Principal 5</b>	5,465	8,114	5,076	7,379	11,083	6,281
<b>Tablero de Tomacorrientes</b>	3,667	5,293	3,619	4,996	7,215	4,590

## 2.8. Elección de protecciones eléctricas

### 2.8.1. Protecciones principales de la estación

Los equipos y cargas de la estación de bombeo deben ser protegidos ante diferentes tipos de falla para asegurar que el origen de las mismas sea solucionado rápidamente y poder continuar con el funcionamiento normal del servicio. Las protecciones que cumplen esta tarea pueden detectar las siguientes y actuar para despejarlas:

- Cortocircuito.
- Sobrecarga.
- Corrientes de fuga.
- Sobretensión.
- Caída de tensión de la red.
- Falta de alguna fase.

Para los dos primeros tipos de falla se utilizan interruptores de caja moldeada de marca Schneider (Figura 61), uno elegido para proteger la estación durante el funcionamiento normal de la estación y otro para proveer la alimentación a la misma a través del generador auxiliar.



**Figura 61.-** Interruptor automático principal.

La elección de los interruptores se realiza a través del catálogo de la empresa, eligiéndolos primero por corriente nominal y luego por corriente de cortocircuito. Estos serán de la línea ComPact NSX New Generation.

El interruptor principal se encuentra inmediatamente aguas arriba de las barras de distribución por lo que la corriente nominal que debe poseer debe ser mayor de la máxima corriente de la estación de 443 A, y su poder de corte debe ser mayor a la corriente pico de cortocircuito máximo que en las barras resulta ser de 19,201 kA.

De estos datos, el interruptor que mejor se ajusta es el NSX630F de 630 A de corriente nominal y 36 kA de poder de corte último. El ajuste de la corriente de regulación ( $I_r$ ) permite ajustarlo en 450 A y el ajuste de la corriente de cortocircuito ( $I_{sd}$ ) permite regularlo hasta 10 veces la corriente anterior, por lo que actuará ante una corriente de cortocircuito de 4,5 kA, menor que la mínima calculada de 7,871 kA. La actuación de este interruptor es por medio de una unidad electrónica, llamada Micrologic 2.3, de la cual se puede ver su curva de actuación en la Figura 62.

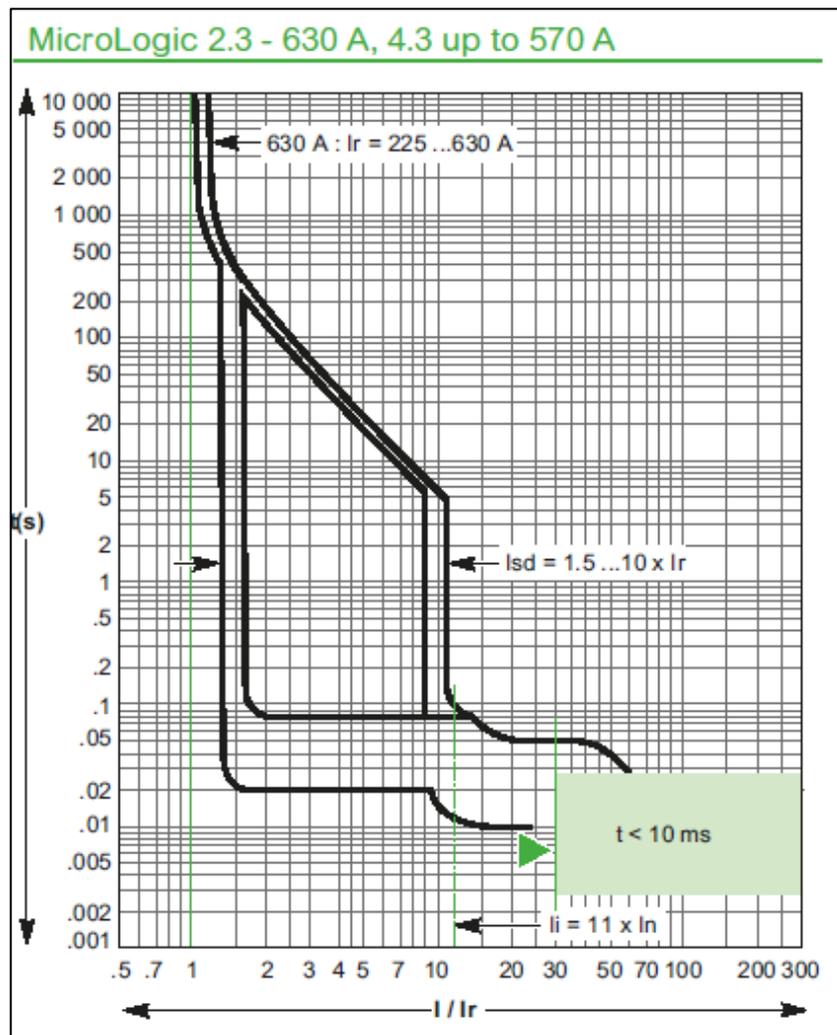
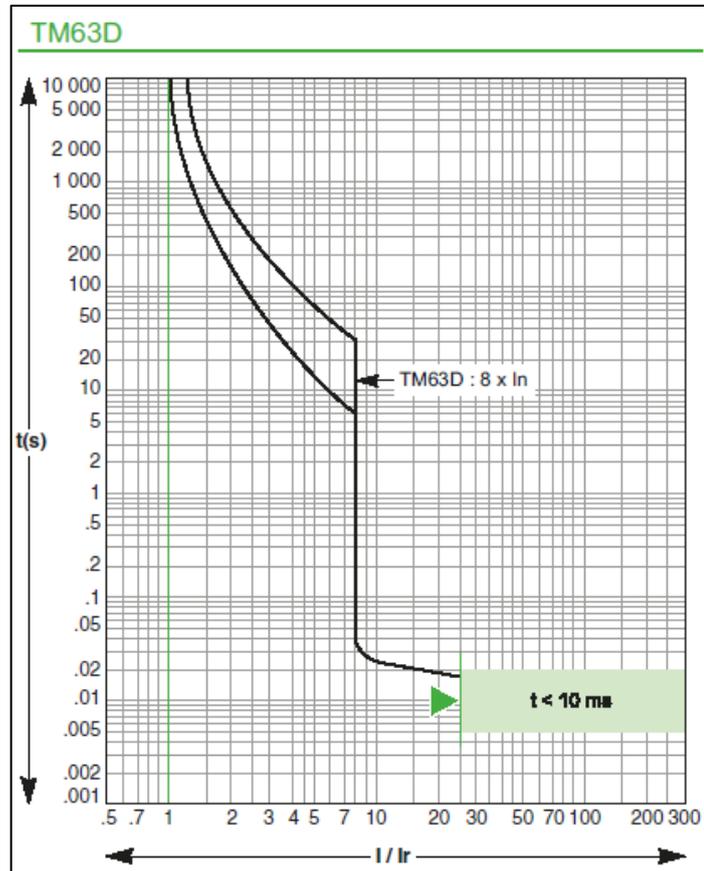


Figura 62.- Curva de la unidad de control del interruptor principal.

El interruptor que permite la alimentación de la estación a través del generador auxiliar se elige únicamente en función de su corriente de carga nominal, ya que las corrientes de cortocircuito producidas durante el funcionamiento del generador son suficientemente pequeñas (1,495 kA) como para que cualquier interruptor de caja moldeada posea el poder de corte suficiente para soportarlas. Podría utilizarse un interruptor termomagnético con un poder de corte más acorde y abaratar costos, pero es necesario el interruptor de caja moldeada ya que permite la utilización de un comando motorizado para el accionamiento remoto del mismo durante las fallas de energía. Durante la alimentación auxiliar la máxima corriente consumida es de 61,82 A por lo que se elige un interruptor con corriente nominal de 63 A y poder de corte de 25 kA, siendo este el menor disponible, resultando en el modelo NSX100B. La

corriente de regulación ( $I_r$ ) no requiere ajustes debido a la cercanía de los valores de corriente de carga real y nominal del interruptor, y la actuación ante corrientes de cortocircuito es fija para un valor de 500 A. Este interruptor es accionado por la unidad de control llamada TMD, de la cual puede verse su curva de actuación en la Figura 63.



**Figura 63.-** Curva de la unidad de control del interruptor NSX100B.

Para asegurar la protección ante fugas de corriente, se acopla un módulo (Figura 64) a cada interruptor que permite ajustes desde 30 mA hasta 30 A. Estos son ambos ajustados a 300 mA para lograr selectividad ante otra protección diferencial ubicada aguas abajo.



**Figura 64.-** Módulo de protección diferencial para interruptores de caja moldeada.

Los últimos tres tipos de falla; sobretensión, caída de tensión y falta de fase, serán detectados por relés de monitoreo de marca Siemens (Figura 65), uno asociado a la alimentación desde la red y otro asociado a la alimentación por generador. Estos relés enviarán, por medio de contactos auxiliares, una señal a los interruptores automáticos para ordenar su apertura. Además de asegurar la apertura de los interruptores ante las fallas mencionadas, también indican al PLC, mediante otros de sus contactos, la ausencia o presencia de tensión, en la red o en bornes del generador, para realizar la transferencia de un tipo de alimentación al otro.



**Figura 65.-** Relé de monitoreo.

Debido a que los relés de monitoreo informan en todo momento acerca del estado de la red y el generador, estos deben instalarse aguas arriba de los interruptores principales. Si el relé de la red estuviese aguas abajo y, por ejemplo, notara la ausencia de tensión y enviara la orden al PLC para realizar la apertura de este, luego no podría notar el regreso de la misma e informar de ello, ya que el interruptor seguiría abierto.

Dado que podría darse el caso de que resultara necesario reemplazar los relés, se coloca un interruptor termomagnético aguas arriba de cada uno que permita el corte de energía para hacerlo.

Desde los bornes de entrada del interruptor principal de la estación hasta los bornes de entrada del interruptor termomagnético del relé de la red, se realiza la conexión con cables de sección de 16 mm<sup>2</sup>, y debajo del mismo se alimentará al relé con cables de sección de 1,5 mm<sup>2</sup>. Como resultado de utilizar estas secciones, la corriente de cortocircuito máximo en los bornes del relé, es de 16,866 kA, valor obtenido utilizando el software ETAP 12.6. Siendo esta la corriente de cortocircuito, se elige un interruptor marca Schneider con un poder de corte último de 50 kA, y una corriente nominal de 4 A ya que la hoja de datos del relé no es clara acerca del

consumo que posee al conmutar los contactos, pero sí indica que la capacidad de corriente a la salida de los relés es de 3 A, por lo que se elige un valor que permita el uso de la máxima capacidad.

Los resultados de las corrientes calculadas por ETAP en los bornes del relé se ven en la Figura 66.

Barra	Falta Trifásica				
	ID	kV	I <sup>"k</sup>	ip	I <sub>k</sub>
R. MONITOREO		0.400	10.312	16.866	8.462

**Figura 66.-** Corrientes de cortocircuito máximo en relé de monitoreo de red.

El relé de monitoreo del generador será protegido por un interruptor marca Zoloda, por ser más económico que el de marca Schneider, con un poder de corte de 4,5 kA (el menor ofrecido en el catálogo), según IEC 60898, y una corriente nominal de 6 A (menor corriente nominal ofrecida), la corriente de cortocircuito en bornes de este relé será incluso menor que las calculadas en barras durante el uso del generador para alimentar la estación, por lo que está asegurado el buen funcionamiento de esta protección.

En la Figura 67 y Figura 68 se muestran las protecciones de cada relé.



**Figura 67.-** Interruptor del relé de monitoreo de la red.



**Figura 68.** Interruptor del relé de monitoreo de generador.

### 2.8.2. Protecciones de las bombas centrífugas

Los motores de las bombas centrífugas deben ser protegidos ante sobrecargas y cortocircuitos.

Para proteger ante el primero de los peligros mencionados se utilizan las funciones propias de los equipos de control de los motores, es decir, los arrancadores suaves y el variador de velocidad. Cada uno de estos detecta las sobrecargas y conmuta uno de sus contactos auxiliares, los cuales provocarán la apertura de los contactores de línea de los motores al formar parte del circuito de comando de los mismos.

La protección ante cortocircuitos se lleva a cabo utilizando interruptores seccionadores fusibles de la línea Tesys de la marca Schneider.

Para todos los motores se utilizan interruptores seccionadores de una corriente nominal de 125 A, ya que es la capacidad comercial inmediatamente superior a la corriente nominal de los motores, que utiliza fusibles de tipo NH, y que soporta una corriente de cortocircuito máxima de 20 kA, mayor a los 13,258 kA que pueden producirse en bornes del motor de la bomba de regulación (la mayor entre las de los motores).

Los fusibles son de la marca Reproel, de tipo NH-gL de 80 A y tamaño 00 para los motores de 37 kW y del mismo tipo, pero de 63 A, para el motor de 30 kW. No es necesario la utilización de fusibles aM ya que los motores arrancarán con una rampa de velocidad y no poseerán corrientes de arranque elevadas.

En la Figura 69 y Figura 70 se muestra el interruptor seccionador de 125 A y los fusibles respectivamente.

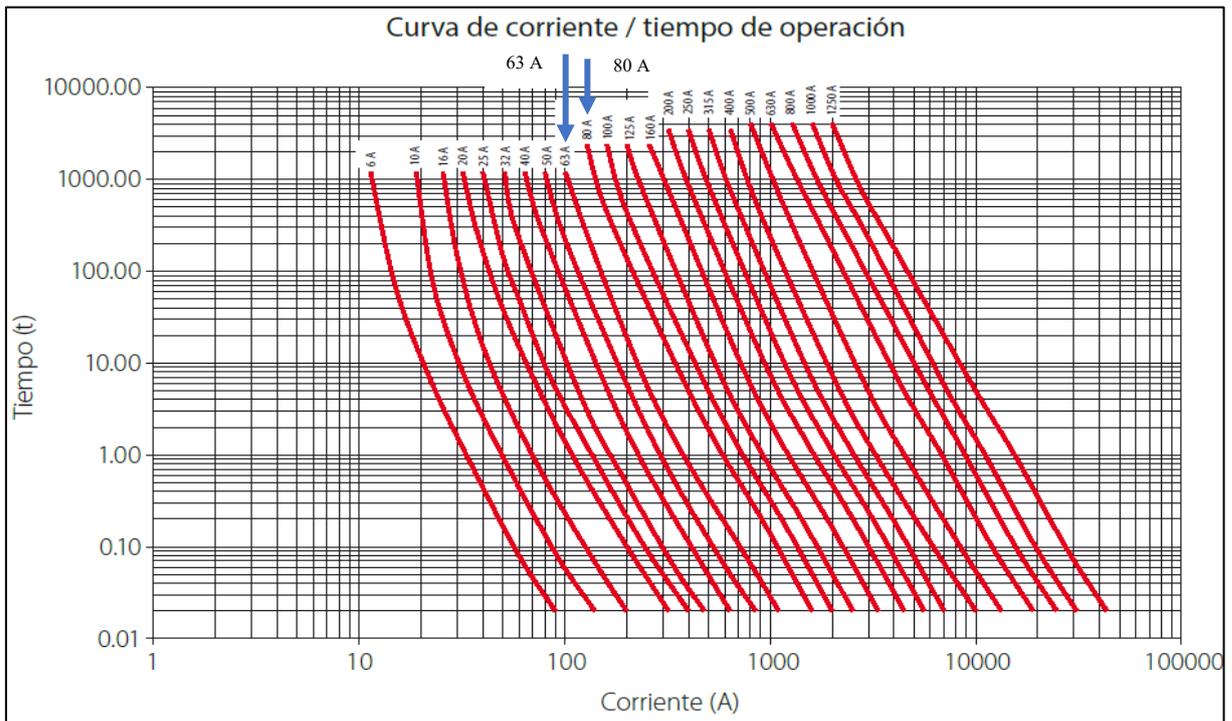


**Figura 69.-** Interruptor seccionador fusible para motor de 37 kW.



**Figura 70.-** Fusible NH para motores de las bombas.

Para los fusibles de 63 A y 80 A, el tiempo de actuación es de 2 ms para corrientes mayores a 1 kA en el primer caso y mayores a 1,6 kA en el segundo. Ya que la menor corriente de cortocircuito en bornes de los motores se da en el de la bomba de regulación con un valor de 6,281 kA, los fusibles podrán despejar los cortocircuitos en cualquiera de los motores. En la Figura 71 se muestra las curvas de corriente vs. tiempo de los fusibles.



**Figura 71.-** Curvas de corriente vs. tiempo de los fusibles.

### 2.8.3. Protecciones de las cargas monofásicas

Además de los motores de las bombas, en la estación se alimentan las siguientes cargas monofásicas: Los circuitos de iluminación, el PLC (junto con los circuitos de comando), el aire acondicionado de los armarios, y la bomba de drenaje. Ya que estas son cargas de poco consumo de corriente, utilizan cables de secciones pequeñas, entre 1,5 mm<sup>2</sup> y 6 mm<sup>2</sup>, que ante la presencia de un cortocircuito dentro del armario verían sus límites térmicos superados, y por esto, aguas arriba de los interruptores termomagnéticos de cada carga, se coloca un interruptor general que tendrá la función de limitar la energía enviada aguas abajo durante un cortocircuito.

El interruptor general será uno de caja moldeada y de la marca Schneider (modelo NSX100B), con un poder de corte último de 25 kA, mayor a la corriente de pico máxima de 19,21 kA que podría producirse en barras, y una corriente nominal de 50 A, mayor que la corriente de consumo total de todas las cargas monofásicas y el tablero de tomacorrientes que será también alimentado por este interruptor. Este interruptor será alimentado por cables de 16 mm<sup>2</sup> capaces de soportar la energía que dejará pasar el interruptor principal de la estación, y a la salida del interruptor general de las cargas monofásicas se utilizarán cables de 10 mm<sup>2</sup> para llegar a un bloque de distribución al que se conectarán cada uno de los interruptores de estas cargas, esta

sección se elige en base a la corriente admisible y no solamente a las solicitaciones térmicas. Finalmente, al interruptor de cada carga se llega con cables de 10 mm<sup>2</sup> para mantener la variación de secciones de cables lo menor posible, aunque ya que la energía térmica se ve limitada por el interruptor general, esta podría ser menor.

En la Tabla (12) aparecen los consumos de cada carga alimentada por el interruptor general y el consumo total de estas.

**Tabla 12.-** Consumo total de las cargas monofásicas y el tablero de tomas.

Carga	Voltaje [V]	Potencia Activa [kW]	Potencia Reactiva [kVAr]	Potencia Aparente [kVA]	Factor de Potencia	Corriente [A]
Iluminación Planta baja	230	0,30	0,15	0,34	0,9	1,48
Iluminación Sala de bombas	230	1,34	1	1,67	0,8	7,26
Iluminación Exterior	230	0,30	0,15	0,34	0,9	1,48
Motor Bomba de drenaje	230	1,26	1,18	1,72	0,73	7,5
Tablero de Tomacorrientes	400	22,17	10,74	24,6	0,9	32
PLC y Módulos	230	0,35	-	-	-	1,5
Aire Acondicionado de los armarios	230	0,8	-	-	-	4,1
<b>Total</b>	<b>400</b>	<b>26,52</b>	<b>13,22</b>	<b>29,63</b>	<b>0,89</b>	<b>42,77</b>

Cada una de las cargas monofásicas, a excepción de la bomba de drenaje, tendrá un interruptor termomagnético marca Zoloda (Figura 72) con poder de corte de 4,5 kA, según IEC 60898, el menor ofrecido por el catálogo, y una corriente nominal acorde a cada caso.



**Figura 72.-** Interruptores termomagnéticos para cargas monofásicas.

En la Tabla (13) se muestra la corriente admisible de cada uno de estos interruptores.

**Tabla 13.-** Interruptores termomagnéticos de las cargas monofásicas.

Carga	Corriente [A]	Corriente del Interruptor [A]
Iluminación Planta baja	1,48	4
Iluminación Sala de bombas	7,26	10
Iluminación Exterior	1,48	4
PLC y Módulos	1,5	4
Aire Acondicionado de los armarios	4,1	6

La bomba de drenaje, al utilizar un motor monofásico con capacitor fijo, producirá corrientes de arranque mayores a su nominal, por lo que un interruptor termomagnético no sería adecuado como protección, ya que actuaría durante los arranques de la bomba. La protección utilizada es, entonces, un guardamotor marca Siemens (Figura 73), de corriente nominal de 10 A, poder de corte de 100 kA, a 240 V, y regulación térmica entre 7-10 A. Este guardamotor actúa de forma instantánea, ante cortocircuitos, a partir de los 130 A. Ya que se trata de un guardamotor trifásico, se conectan 2 de los polos del mismo en serie para que la protección térmica no actúe debido a lo que consideraría la falta de una de las fases.



**Figura 73.-** Guardamotor de bomba de drenaje.

#### 2.8.4. Protecciones del tablero de tomacorrientes

El tablero de tomacorrientes requerirá, además de protección ante cortocircuitos, protección diferencial ante fugas de corriente a tierra.

Desde el bloque de distribución de las cargas monofásicas, alimentadas por el interruptor de caja moldeada ubicado en el armario de la estación, el cual funciona como interruptor general para estas, se llega al tablero de tomacorrientes hasta un interruptor automático seccional tetrapolar de 40 A de corriente nominal y 6 kA de poder de corte, según IEC 60898, mayor que la corriente de cortocircuito calculada de 4,849 kA en bornes del tablero. Aguas debajo del interruptor seccional se coloca un disyuntor diferencial tetrapolar de 30 mA y corriente nominal de 40 A (Figura 74), seguido de los interruptores termomagnéticos de cada uno de los tomacorrientes.

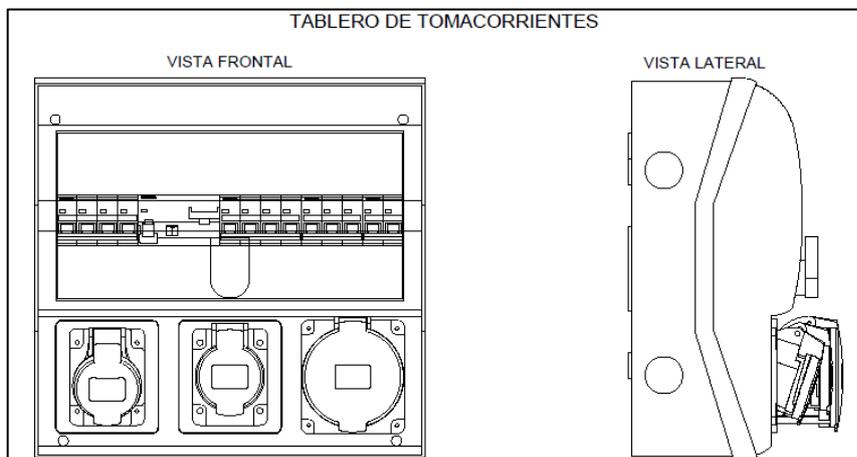
Todas estas protecciones son de marca Zoloda. En la Tabla (14) se definen las protecciones en orden, estando a la derecha las ubicadas aguas arriba, y en la Figura 75 se muestra una vista topográfica de estas dentro del tablero.



**Figura 74.-** Disyuntor diferencial del tablero de tomacorrientes.

**Tabla 14.-** Protecciones del tablero de tomacorrientes.

Interruptor termomagnético Tetrapolar 40 A – 10 kA	Disyuntor diferencial Tetrapolar 40 A – 30 mA	Interruptor termomagnético Tetrapolar 32 A – 6 kA
		Interruptor termomagnético Tripolar 16 A – 6 kA
		Interruptor termomagnético Bipolar 16 A – 6 kA



**Figura 75.-** Vista topográfica del tablero de tomacorrientes.

## 2.9. Comprobación de la selección de los cables

### 2.9.1. Comprobación por caída de tensión

La comprobación de la sección de los cables por caída de tensión requiere que estos no provoquen una disminución del voltaje, en los puntos de alimentación, mayor a un porcentaje establecido. En este caso se utilizarán los valores provistos por la reglamentación de la AEA:

- Para circuitos terminales, de uso general o especial y específico, para iluminación  $\leq 3\%$
- Circuitos de uso específicos que alimentan sólo motores;  $\leq 5\%$  en régimen y  $\leq 15\%$  durante el arranque

Para los circuitos de iluminación se tomará la distancia al punto más lejano del circuito y será el punto donde se calculará la caída de tensión. Para el tablero de tomacorrientes se considerará una caída máxima del 5% ya que es posible que se conecten cargas motoras al mismo.

La AEA sugiere la Ecuación (5) como forma aproximada de calcular la caída de tensión en los cables:

$$\Delta U = k * I * L * (R * \cos \Phi + X * \sin \Phi) [V] \quad (5)$$

Donde:

k = Constante igual a 2 para sistemas monofásicos y bifásicos y  $\sqrt{3}$  para sistemas trifásicos.

I = Intensidad de la corriente de línea en ampere.

L = Longitud del circuito en kilómetros.

R = Resistencia eléctrica efectiva del conductor a la temperatura de servicio en ohm/km.

X = Reactancia de los conductores en ohm/km.

$\Phi$  = Ángulo de desfasaje entre la tensión y la corriente.

Los valores de las resistencias de los conductores se tomarán a la mayor temperatura de servicio de los cables para asegurar que en ningún caso se supere el valor de caída de tensión. Para el caso de los conductores de menor sección se despreciará el término de la reactancia ya que esta no es comparable con el valor de la resistencia.

Los cables AFUMEX 750 dan como dato su resistencia para una temperatura de 20°C por lo que para obtener su valor a 70°C (temperatura máxima de su aislación) se aplicará la Ecuación (6) que representa el cambio en la resistencia de un conductor con la variación de temperatura.

$$R = R_0 * (1 + \alpha * \Delta T) \quad (6)$$

Donde:

$R_0$  = Resistencia del conductor a 20°C.

$\alpha$  = Coeficiente de temperatura del cobre a 20°C (0,0068 1/°C).

En la Tabla (15) se encuentran reunidos todos los datos de los cables a verificar pertenecientes a los circuitos de la estación y en la Tabla (16) los resultados de caída de tensión para cada uno estos.

**Tabla 15.-** Datos de los cables de los circuitos de la estación.

Carga	Corriente de línea [A]	Ip/In	Longitud del circuito [km]	Resistencia [ohm/km]	Reactancia [ohm/km]	CosΦ
<b>Cable enterrado</b>	443	-	0,048	0,126	0,0777	0,83
<b>B. Regulación</b>	54,6	7,8	0,012	0,995	0,1125	0,85
<b>B. Ppal. 1</b>	69,2	7,5	0,012	0,995	0,1125	0,82
<b>B. Ppal. 2</b>	69,2	7,5	0,014	0,995	0,1125	0,82
<b>B. Ppal. 3</b>	69,2	7,5	0,016	0,995	0,1125	0,82
<b>B. Ppal. 4</b>	69,2	7,5	0,018	0,995	0,1125	0,82
<b>B. Ppal. 5</b>	69,2	7,5	0,020	0,995	0,1125	0,82
<b>Illum. Planta baja</b>	1,48	-	0,035	17,822	-	0,9
<b>Illum. Sala de bombas</b>	7,26	-	0,028	10,693	-	0,8
<b>Illum. Exterior</b>	1,48	-	0,029	17,822	-	0,9
<b>B. Drenaje</b>	7,5	7	0,034	10,693	-	0,73
<b>Tablero de Tomas</b>	32	-	0,018	2,546	-	0,9

**Tabla 16.-** Resultados de caída de tensión de los cables de la estación.

Carga	Caída de tensión [V]	Caída de tensión durante arranque [V]	Caída de tensión [%]	Caída de tensión durante arranque [%]
<b>Cable enterrado</b>	5,45	-	1,36	-
<b>B. Regulación</b>	1,03	8,01	0,26	2
<b>B. Ppal. 1</b>	1,27	9,50	0,31	2,38
<b>B. Ppal. 2</b>	1,48	11,08	0,37	2,77
<b>B. Ppal. 3</b>	1,69	12,67	0,42	3,17
<b>B. Ppal. 4</b>	1,90	14,24	0,48	3,56
<b>B. Ppal. 5</b>	2,11	15,83	0,53	3,96
<b>Illum. Planta baja</b>	1,66	-	0,72	-
<b>Illum. Sala de bombas</b>	3,48	-	1,51	-
<b>Illum. Exterior</b>	1,38	-	0,6	-
<b>B. Drenaje</b>	6,64	27,87	1,66	6,97
<b>Tablero de Tomas</b>	2,29	-	0,57	-

Para los resultados de caída de tensión obtenidos, todos los cables cumplen con los requerimientos de la AEA.

En el caso de los circuitos de iluminación las máximas caídas resultan:

- Para los circuitos de iluminación; 2,87% desde el medidor hasta el punto más lejano del circuito de iluminación de la sala de bombas, menor que el 3% que se encuentra como límite.
- Para los circuitos de fuerza; 1,93% desde el medidor hasta el tablero de tomacorrientes, menor que el 5% que se encuentra como límite.
- Para el arranque de motores; 8,33% desde el medidor hasta la bomba de drenaje, menor que el 15% que se encuentra como límite.

### 2.9.2. Comprobación por corriente de cortocircuito

Para verificar la elección de los cables por corriente de cortocircuito se utilizan las fórmulas provistas por la reglamentación de la AEA en el apartado 771.19.2.2.3.

En el caso de utilizar protecciones limitadoras de corriente de cortocircuito, o con tiempos de apertura menores de 0,1 s, se debe cumplir las condiciones de la Ecuación (7).

$$k^2 * S^2 \geq I^2 * t \quad (7)$$

Siendo:

$I^2 * t$  = Máxima energía especificada aguas abajo del dispositivo de protección. Este dato no es calculable por el proyectista o instalador, por ser un valor garantizado por el fabricante.

$S$  = La sección nominal de los conductores, en milímetros cuadrados.

$k$  = Un 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.

Utilizando dispositivos con tiempos de apertura de 0,1 s y mayores, hasta 5 s. Se usará la expresión de la Ecuación (8).

$$S = \frac{I * \sqrt{t}}{k} \quad (8)$$

Siendo:

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

$t$  = Duración de la interrupción o tiempo de desconexión en segundos

La comprobación de los cables comienza con el cable de alimentación de la estación, desde el medidor. Se considera una protección (provista por el distribuidor), aguas arriba del medidor, de tiempos de actuación de no más de 0,1 s. El manual técnico de la empresa Prysmian define las corrientes de cortocircuitos que sus cables soportan, a partir de la utilización de la Ecuación (8). Para el cable de alimentación de

185 mm<sup>2</sup> de sección y de aislación XLPE la corriente soportada durante un tiempo de 0,1 s es de 83,658 kA, un valor mucho mayor que los 19,201 kA de corriente de cortocircuito máxima (en valor eficaz) en las barras de la estación. La tabla del manual técnico puede verse en la Figura 76, con los valores para todas las secciones de los cables de aislación XLPE.

SECCIÓN NOMINAL mm <sup>2</sup>	DURACIÓN DEL CORTOCIRCUITO EN SEGUNDOS (t)								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0,5	226	160	131	101	72	58	51	45	41
0,75	339	240	196	152	107	88	76	68	62
1	452	320	261	202	143	117	101	90	83
1,5	678	480	392	303	215	175	152	136	124
2,5	1131	799	653	506	358	292	253	226	206
4	1809	1279	1044	809	572	467	404	362	330
6	2713	1919	1566	1213	858	701	607	543	495
10	4522	3198	2611	2022	1430	1168	1011	904	826
16	7235	5116	4177	3236	2288	1868	1618	1447	1321
25	11305	7994	6527	5056	3575	2919	2528	2261	2064
35	15827	11192	9138	7078	5005	4087	3539	3165	2890
50	22610	15988	13054	10112	7150	5838	5056	4522	4128
70	31654	22383	18276	14156	10010	8173	7078	6331	5779
95	42960	30377	24803	19212	13585	11092	9606	8592	7843
120	54265	38371	31330	24268	17160	14011	12134	10853	9907
150	67831	47964	39162	30335	21450	17514	15167	13566	12384
185	83658	59155	48300	37413	26455	21600	18707	16732	15274
240	108529	76742	62659	48536	34320	28022	24268	21706	19815
300	135662	95927	78324	60670	42900	35028	30335	27132	24768

Figura 76.- Intensidades de cortocircuito admisible en cables XLPE.

A partir del interruptor principal de la estación, todas las protecciones poseen tiempos de apertura menores de 0,1 s y son limitadoras de las corrientes de cortocircuito, por lo que la comprobación se realizará en base a la energía que permitan pasar aguas abajo durante estas fallas. En los casos en que las protecciones no posean las curvas de limitación de energía en catálogo, como es el caso de las protecciones de marca Zoloda, se utilizan los valores máximos indicados en la AEA que dependen de; el número de clase de limitación de la protección, del tipo de curva de accionamiento, de su corriente nominal y de su poder de corte, y que pueden verse en la Figura 77 para interruptores de hasta 16 A.

Tabla 771-H.IX - Para pequeños interruptores automáticos de hasta 16 A

Poder de corte asignado [A]	Clases de limitaciones de energía				
	Clase 1	Clase 2		Clase 3	
	$I^2 \cdot t$ máx. [A <sup>2</sup> s]	$I^2 \cdot t$ máx. [A <sup>2</sup> s]		$I^2 \cdot t$ máx. [A <sup>2</sup> s]	
	Tipos B y C	Tipo B	Tipo C	Tipo B	Tipo C
3000	Sin límite especificado	31 000	37 000	15 000	18 000
4500		60 000	75 000	25 000	30 000
6000		100 000	120 000	35 000	42 000
10000		240 000	290 000	70 000	84 000

Figura 77.- Clases de limitaciones de energía para interruptores de hasta 16 A.

32A. En la Figura 78 se encuentran los valores para interruptores de 16A hasta

Tabla 771-H.X - Para pequeños interruptores automáticos de 16 A < In ≤ 32 A

Poder de corte asignado [A]	Clases de limitaciones de energía				
	1	2		3	
	$I^2 \cdot t$ máx. [A <sup>2</sup> s]	$I^2 \cdot t$ máx. [A <sup>2</sup> s]		$I^2 \cdot t$ máx. [A <sup>2</sup> s]	
	Tipos B y C	Tipo B	Tipo C	Tipo B	Tipo C
3000	Sin límite Especificado	40 000	50 000	18 000	22 000
4500		80 000	100 000	32 000	39 000
6000		130 000	160 000	45 000	55 000
10000		310 000	370 000	90 000	110 000

Figura 78.- Clases de limitaciones de energía para interruptores de 16 A a 32 A.

Las curvas de limitación de energía se muestran en la Figura 79 para los interruptores de caja moldeada de la marca Schneider.

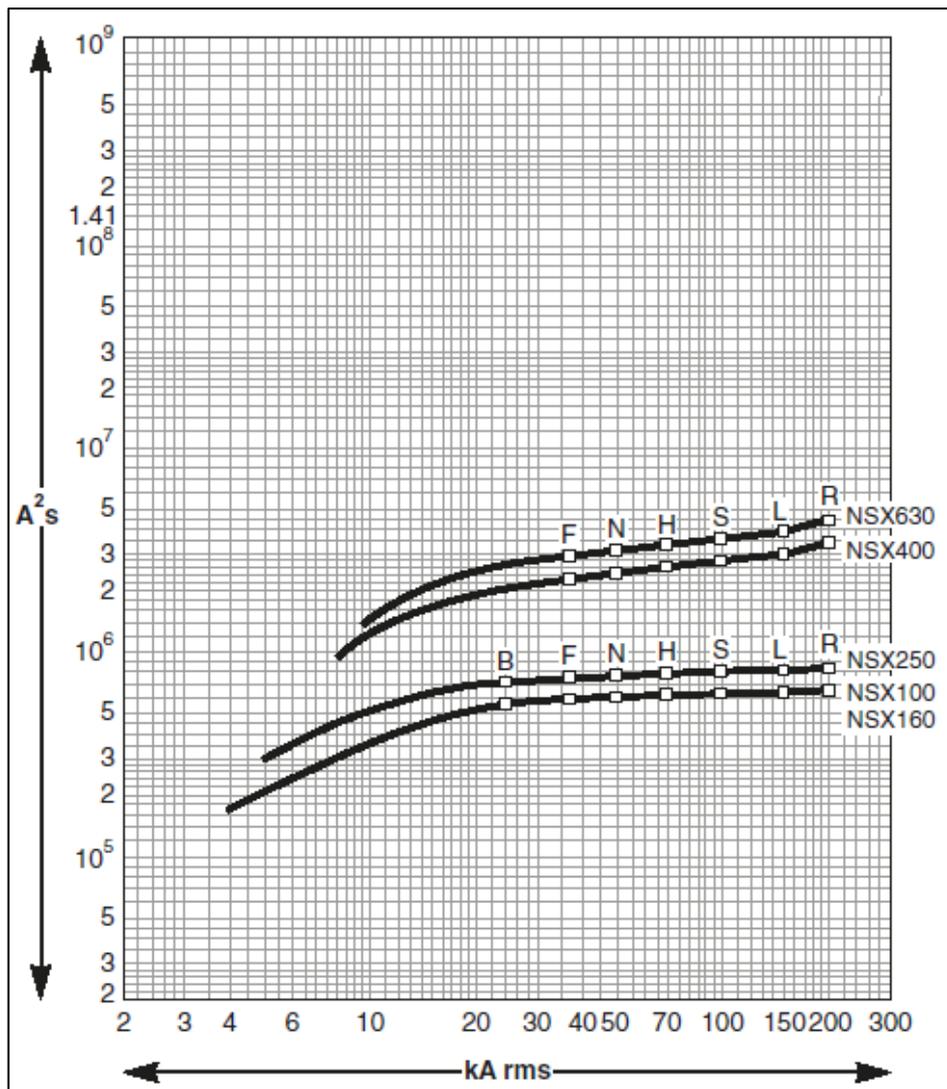
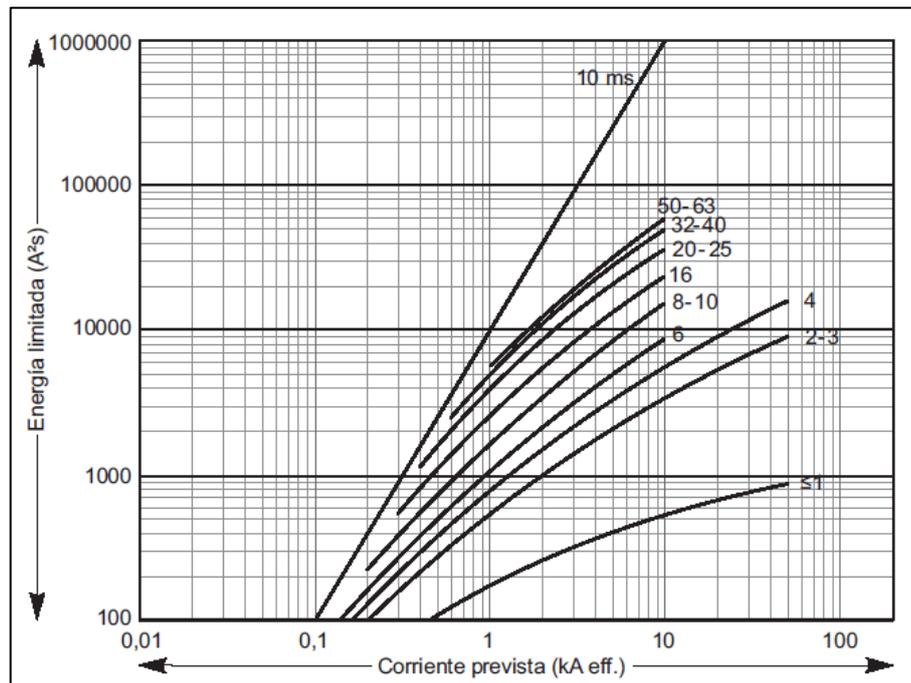


Figura 79.- Curvas de limitación de los interruptores de caja moldeada.

En la Figura 80 se muestra la curva de limitación del interruptor del relé de monitoreo de la red. También de marca Schneider.



**Figura 80.-** Curva de limitación del interruptor del relé de monitoreo de la red.

En la Tabla (17) se indica la energía admisible por los cables de la estación, calculada a partir de la Ecuación (7), y la energía que llegará a los mismos luego de la limitación realizada por las protecciones ubicadas aguas arriba de estos. En la tabla aparecen también los cables de conexión dentro de los armarios, los cuales no requieren de comprobación por caída de tensión debido a su corta longitud.

**Tabla 17.-** Comprobación térmica de los cables ante un cortocircuito.

Cables	Sección [mm <sup>2</sup> ]	Energía admisible [A <sup>2</sup> *s]	Máxima energía [A <sup>2</sup> *s]
Desde interruptor principal (Q-T-BTB) a barras principales (BD-01)	185	700*10 <sup>6</sup>	2,6*10 <sup>6</sup>
Desde BD-01 a motores	25	12,78*10 <sup>6</sup>	2*10 <sup>6</sup>
Desde BD-01 a interruptor de cargas monofásicas y TT (Q-E-TBT)	16	5,23*10 <sup>6</sup>	2,6*10 <sup>6</sup>
Desde Q-E-TBT a repartidor de cargas monofásicas y del TT (BD-02)	10	1,32*10 <sup>6</sup>	0,5*10 <sup>6</sup>
Desde BD-02 a interruptores termomagnéticos	10	1,32*10 <sup>6</sup>	0,5*10 <sup>6</sup>
Desde interruptor termomagnético de relé de monitoreo al relé	1,5	30*10 <sup>3</sup>	11*10 <sup>3</sup>
Desde BD-02 a tablero de tomacorrientes	10	1,32*10 <sup>6</sup>	0,28*10 <sup>6</sup>
Desde interruptores de ilum. de planta baja y ext., PLC y aire acondicionado a sus cargas	1,5	30*10 <sup>3</sup>	30*10 <sup>3</sup>
Desde interruptor de circuito de iluminación de la sala de bombas a las luminarias	2,5	82,65*10 <sup>3</sup>	30*10 <sup>3</sup>

En el caso del cable que alimenta la bomba de drenaje de la estación, la verificación se asegura dado que la hoja de datos del guardamotor de esta indica que actúa ante cortocircuitos, de forma inmediata, a partir de los 130 A, valor que el cable, de sección de 2,5 mm<sup>2</sup>, puede soportar durante más de 3 segundos según la tabla de corrientes admisibles del manual técnico de Prysmian.

## 2.10. Diseño del sistema de puesta a tierra

### 2.10.1. Dimensionamiento de los conductores de protección y de puesta a tierra

Dado que las masas metálicas de la instalación podrían llegar a encontrarse energizadas por contacto accidental con las fases, deberán estar conectadas a la puesta a tierra para asegurar la protección de las personas. No es el caso de los caños y cajas de paso de los circuitos de la instalación, ya que son de PVC, pero si el de las bandejas portacables, los armarios y las partes metálicas de todas las cargas.

La AEA establece que los conductores de protección a los que se conectarán las masas deberán ser de una sección tal como la indicada en la tabla de la Figura 81, y aclara en el apartado 771.18.5.6 que en ningún caso la sección de este será menor de 2,5 mm<sup>2</sup>. Estos cables son de aislación bicolor verde-amarillo y son del mismo material y aislación que los cables conductores para no afectar los valores provistos por la tabla.

Sección nominal de los conductores de línea (fase) de la instalación "S" [ mm <sup>2</sup> ]	Sección nominal del correspondiente conductor de protección "S <sub>PE</sub> " [ mm <sup>2</sup> ] y del conductor de puesta a tierra "S <sub>PAT</sub> " [ mm <sup>2</sup> ]
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S / 2

**Figura 81.-** Sección nominal de los conductores de protección según la AEA.

Dados estos valores, en la Tabla (18) se muestran las secciones del cable de protección para cada carga y elemento metálico a conectar.

**Tabal 18.-** Secciones de los conductores de protección de la estación.

	Sección de las fases [mm <sup>2</sup> ]	Sección del conductor de protección [mm <sup>2</sup> ]
Conexión a masa de los motores	25	16
Conexión a bandeja portacables (por mayor sección transportada)	25	16
Puesta a tierra del tablero de tomacorrientes	10	10
Conexión del cuerpo de las luminarias	1,5/2,5	2,5
Conexión del motor de la bomba de drenaje	2,5	2,5

Para la conexión de la estructura de los armarios y sus puertas, la sección del conductor será la mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

En cuanto al conductor de puesta a tierra, la AEA indica que para secciones de fase mayores a 35 mm<sup>2</sup> la sección del conductor sea igual a este valor dividido 2 y se adopte el valor normalizado inmediatamente superior. Teniendo en cuenta que el ingreso a la estación de la alimentación es con cables de 185 mm<sup>2</sup>, utilizar la tabla como guía resultaría en una sección del conductor de protección de 95 mm<sup>2</sup>. Dado que el esquema de conexión de la puesta a tierra es TT, las corrientes de cortocircuito que involucren la tierra difícilmente vayan a poder superar los 100 A, por lo que el cable de protección se encontraría demasiado sobredimensionado.

En lugar de utilizar la tabla, se utiliza el segundo método provisto por la AEA, que indica que la sección mínima de los conductores de puesta a tierra deberá poder soportar los efectos térmicos de las presuntas corrientes de falla. Esto se define por la Ecuación (7) utilizada también para la comprobación de los cables conductores.

$$k^2 * S^2 \geq I^2 * t \quad (7)$$

La sección del conductor de puesta a tierra resulta de 16 mm<sup>2</sup>, eligiéndola de la misma sección que el mayor conductor de protección, y se comprueba su capacidad para soportar los efectos térmicos, teniendo en cuenta el poder limitador de los interruptores, en la Tabla (19).

**Tabla 19.-** Comprobación térmica de los cables de protección y puesta a tierra.

<b>Cables</b>	<b>Sección [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Energía admisible [A<sup>2</sup>*s]</b>	<b>Máxima energía [A<sup>2</sup>*s]</b>
<b>Conductor de puesta a tierra</b>	16	5,23*10 <sup>6</sup>	2,6*10 <sup>6</sup>
<b>Conexión del generador auxiliar</b>	16	5,23*10 <sup>6</sup>	>2*10 <sup>5</sup>
<b>Conexión a masa de los motores</b>	16	5,23*10 <sup>6</sup>	2*10 <sup>6</sup>
<b>Conexión a bandeja portacables (por mayor sección transportada)</b>	16	5,23*10 <sup>6</sup>	2*10 <sup>6</sup>
<b>Puesta a tierra del tablero de tomacorrientes</b>	10	4,7*10 <sup>5</sup>	2*10 <sup>5</sup>
<b>Conexión del cuerpo de las luminarias</b>	2,5	82,65*10 <sup>3</sup>	30*10 <sup>3</sup>
<b>Conexión del motor de la bomba de drenaje</b>	2,5	82,65*10 <sup>3</sup>	30*10 <sup>3</sup>

Todos los cables de protección y el cable de puesta a tierra se conectarán a una barra de puesta a tierra colocada en el armario principal de la estación. La barra dispondrá de los orificios necesarios para la conexión de cada cable y otros extra para poder conectar los elementos de medición de puesta a tierra, tal como lo dice la reglamentación de la AEA. A esta barra también se conectará la puesta a tierra general de la planta potabilizadora.

### 2.10.2. Cálculo de la puesta a tierra

El cálculo de la puesta a tierra propiamente dicha se basa solamente en el valor adoptado de resistividad del suelo y en el valor de la resistencia de puesta a tierra a cumplir que establece la AEA en la tabla 771.3.I de la reglamentación. Esto es debido a la falta de un estudio del suelo donde se encuentra la estación existente y la falta de mediciones de la resistividad del terreno.

Por lo anterior dicho, la resistividad del terreno se estima a partir de los valores orientativos provistos por la AEA en la tabla que puede observarse en la Figura 82.

Tipo de suelo	Condiciones climáticas				
	A Precipitaciones normales y abundantes (más de 500 mm por año)		B Precipitaciones escasas y condiciones desérticas (menos de 500 mm por año)		C Aguas subterráneas salinas
	Valor más probable	Gama de valores medidos	Gama de valores medidos		Gama de valores medidos
	$\Omega m$	$\Omega m$	$\Omega m$		$\Omega m$
Aluvial y arcillas livianas	5	*	*		1 a 5
Arcillas (excluy. al aluvial)	10	5 a 20	10 a 100		3 a 10
Greda	20	10 a 20	50 a 300		3 a 10
Tierra calcárea porosa (por ejemplo greda)	50	30 a 100	50 a 300		3 a 10
Arenisca porosa	100	30 a 300	> 1000		10 a 30
Cuarzos y piedra caliza compacta y cristalina	300	100 a 1000	> 1000		30 a 100
Pizarras arcillosas y esquistos pizarrosos	1000	300 a 3000	> 1000		30 a 100
Granito	1000	300 a 3000	> 1000		30 a 100
Pizarras rajadizas, rocas ígneas	2000	> 1000	>1000		30 a 100

**Figura 82.- Resistividades de los terrenos.**

Se determinan las precipitaciones anuales de la ciudad de Bahía Blanca a partir de un estudio realizado por el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur [13], en el que la media de precipitaciones en el período 1896-2000 es de 584,6 mm, lo que llevaría a tomar valores de la columna A para terrenos con precipitaciones normales y abundantes (aunque el estudio indica que, según la clasificación de Köpen, Bahía Blanca sería considerada dentro del tipo climático semiárido).

El tipo de suelo se elige en base a lo dicho por una geóloga en un texto de su autoría [14], en el cual describe la geología de la ciudad, mencionando que los suelos están formados por areniscas con niveles de calcarenitas. Esto se utiliza como guía para elegir entre el tipo de suelo de tierra calcárea porosa o de arenisca porosa, eligiéndose el segundo, con su valor más probable de 100  $\Omega^*m$ .

La resistencia de puesta a tierra se calcula a partir de la Ecuación (9), la cual entrega el valor conseguido al utilizar una jabalina enterrada verticalmente.

$$R = \frac{\rho}{2 * \pi * L} * \left( \ln \frac{8 * L}{d} - 1 \right) \quad (9)$$

Donde:

L =Longitud de la jabalina enterrada en m

d =Diámetro de la jabalina en m

ρ =Resistividad del terreno en Ω\*m

La resistencia a lograr depende de la sensibilidad del equipo de protección de fugas de corriente, y la reglamentación define los siguientes valores en base a esto, como puede verse en la Figura 83.

Tabla 771.3.I – Valores máximos de resistencia de puesta a tierra de protección				
Corriente diferencial máxima asignada del dispositivo diferencial $I_{\Delta n}$		Columna 1 Valor máximo de la resistencia de la toma de tierra de las masas eléctricas Ra (Ω) para U <sub>i</sub> 50 V	Columna 2 Valor máximo de la resistencia de la toma de tierra de las masas eléctricas Ra (Ω) para U <sub>i</sub> 24 V	Columna 3 Valor máximo permitido de la resistencia de la toma de tierra de las masas eléctricas Ra (Ω)
Sensibilidad baja	20 A	2,5	1,2	0,6
	10 A	5	2,4	1,2
	5 A	10	4,8	2,4
	3 A	17	8	4
Sensibilidad media	1 A	50	24	12
	500 mA	100	48	24
	300 mA	167	80	40
Sensibilidad alta	100 mA	500	240	40
	Hasta 30 mA inclusive	Hasta 1666	800	40

Figura 83.- Valores de puesta a tierra según la sensibilidad de la protección.

La protección diferencial de cabecera de la estación es de 300 mA, por lo que la puesta a tierra se calcula para un valor máximo de 40 Ω. El valor de la resistencia, junto con la sensibilidad de la protección y el tipo de esquema (TT) aseguran que la tensión de contacto máxima será menor o igual de 24 V, valor de tensión considerado seguro y que mantendrá protegidas a las personas dentro del edificio de posibles contactos indirectos.

La puesta a tierra consistirá de una única jabalina de acero revestido en cobre, de 3 metros de largo, 3/4 de pulgada de diámetro y enterrada verticalmente, de marca GENROD (Figura 84).



Figura 84. Jabalina de puesta a tierra.

El valor de resistencia conseguido se puede ver en el siguiente cálculo, y es menor que lo requerido por la reglamentación.

$$R = \frac{\rho}{2 * \pi * L} * \left( \ln \frac{8 * L}{d} - 1 \right) = \frac{100}{2 * \pi * 3} * \left( \ln \frac{8 * 3}{0,019} - 1 \right) = 32,567 \Omega$$

Este valor podrá ser reducido eventualmente, y de ser necesario, con la utilización de un gel con base de bentonita, que según la propia marca puede reducir el valor de la resistividad de puesta a tierra hasta un 75%.

La jabalina se encuentra en una cámara de inspección para poder hacer mediciones, como la que puede verse en la Figura 85. El cable de protección llegará a la cámara a través de un caño de PVC y se conectará por medio de un tomacable.



**Figura 85.-** Cámara de inspección de la puesta a tierra.

La reglamentación establece que la puesta a tierra, en los esquemas TT, deberá tener características de “tierra lejana o tierra independiente”, lo cual quiere decir que deberá estar alejada de la puesta a tierra de servicio (la del puesto aéreo de transformación) en una distancia igual a 10 veces la expresada por la Ecuación (10).

$$R_e = \frac{L}{\ln \frac{L}{d}} \quad (10)$$

$$R_e = \frac{3}{\ln \frac{3}{0,019}} = 0,59 \text{ m}$$

Donde  $R_e$  es llamado el radio equivalente de la jabalina. En este caso, quiere decir que la puesta a tierra del transformador deberá estar a más de 5,9 m de la PAT de la estación. Ya que el puesto aéreo se encuentra a aproximadamente 54 m de la estación, esto no representa una limitación respecto a la ubicación de la jabalina, la cual se ubicará a aproximadamente 1 metro de la pared exterior del edificio.

## 2.11. Canalizaciones de los circuitos

### 2.11.1. Dimensionamiento de las bandejas portacables

Para alimentar los circuitos de la sala de bombas, los cables salen de los armarios a través de un conducto rectangular que atraviesa el suelo directamente debajo de estos. Una vez que bajan, se transportan sobre bandejas portacables.

Las bandejas son del tipo perforadas para facilitar la disipación del calor generado por los cables, y su dimensionamiento se lleva a cabo según las especificaciones de la reglamentación de la AEA del apartado 771.12.3.8.5.

Los cables a transportar son los listados en la Tabla (20).

**Tabla 20.-** Cables transportados sobre bandeja portacables.

	<b>Configuración</b>	<b>Diámetro exterior [mm]</b>	<b>Peso [kg/km]</b>
<b>Cables de las bombas centrífugas</b>	3x(1x25) + T mm <sup>2</sup>	13	335
<b>Cable de protección de la bandeja portacables</b>	-	11	220
<b>Cables del tablero de tomacorrientes</b>	4x(1x10) + T mm <sup>2</sup>	6,1	110
<b>Cables de la bomba de drenaje</b>	2x(1x2,5) + T mm <sup>2</sup>	3,6	32

El ancho de las bandejas se calcula sumando los diámetros de cada uno de los cables transportados, sin separación entre ellos y dejando un 20% de espacio de reserva. Se realizará en una sola capa, agrupando los cables monofásicos de un mismo circuito en forma triangular o cuadrada, siendo esta la única excepción que permite la reglamentación a este respecto.

El sistema de bandejas consistirá en un trayecto soportado por ménsulas sujetas a una pared y 6 bandejas que se unirán al trayecto para derivar los cables de las bombas centrífugas hasta la caja de conexionado de los motores. Estas bandejas irán sujetas, por medio de soportes, a las superficies de la pared y suelo de la sala de bombas. Debido a la disposición de las bandejas en la sala de bombas, sólo 5 de los circuitos de las bombas irán por un mismo tramo, ya que los cables de la bomba de regulación se dirigen en el sentido opuesto al de los demás al descender sobre la bandeja.

$$\text{Ancho} = 1,2 * (5 * (2 * 13) + 11 + 3 * 6,1 + 2 * 3,6)$$

$$\text{Ancho} = 199,8 \text{ mm}$$

El tramo de bandeja con mayor cantidad de cables debe ser de al menos 200 mm de ancho, luego, al alimentar cada bomba, la cantidad de cables es menor y el ancho de la bandeja podría disminuir, pero para evitar la utilización de accesorios de

reducción que complicarían la instalación de las bandejas, se utiliza un ancho de 200 mm durante todo el trayecto hasta la última bomba centrífuga.

Las bandejas de derivación que llevan a los motores también se calculan con el mismo método.

$$\text{Ancho} = 1,2 * 5 * (2 * 13)$$

$$\text{Ancho} = 31,2 \text{ mm}$$

Con este resultado se eligen de un ancho de 50 mm, el menor ancho disponible para estas bandejas.

Las bandejas de 200 mm de ancho que serán soportadas por ménsulas deberán cumplir con las condiciones de carga que indica el fabricante. Estas podrán soportar una carga de 60 kg/m con una separación entre ménsulas de 1,5 m. Se calcula entonces el peso total de los cables en el tramo con mayor cantidad de cables.

$$\text{Peso} = 5 * (3 * 335 + 1 * 220) + 1 * 220 + 4 * 110 + 3 * 32$$

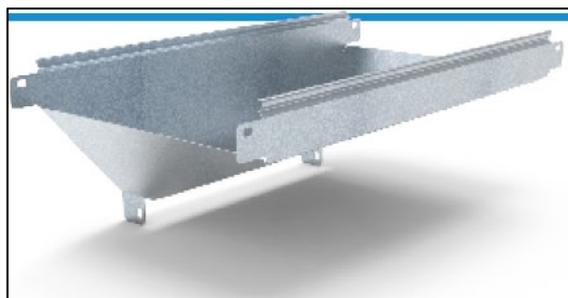
$$\text{Peso} = 6881 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 6,881 \text{ kg/m}$$

La carga de trabajo admisible supera ampliamente la carga a transportar, consiguiendo un factor de seguridad de 8,72 veces la carga soportada, por lo que se verifica la correcta elección de las bandejas.

Las bandejas (Figura 86) y accesorios seleccionados son de marca SAMET. Para la unión del trayecto principal de bandejas con las bandejas de derivación se utilizan embudos horizontales (Figura 87).



**Figura 86.-** Bandeja portacables.

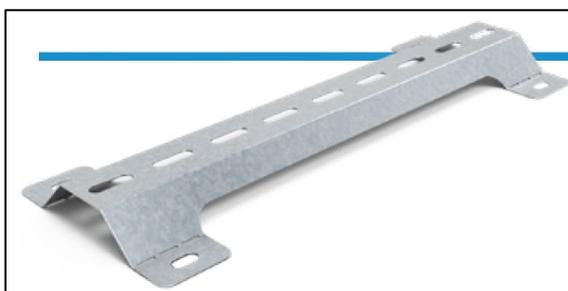


**Figura 87.-** Embudo para bajada en forma horizontal.

Se hace uso de ménsulas triangulares (Figura 88) para el trayecto principal, y de soportes para instalaciones sobre pared y suelo para las derivaciones (Figura 89).

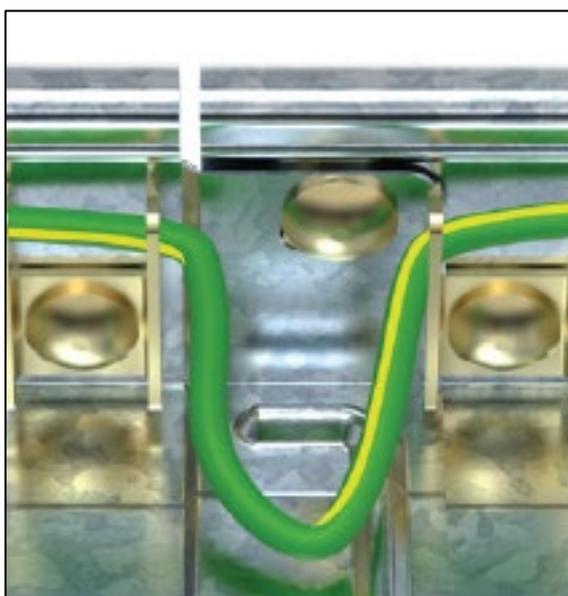


**Figura 88.-** Soporte ménsula triangular.



**Figura 89.-** Soporte para suelo y paredes.

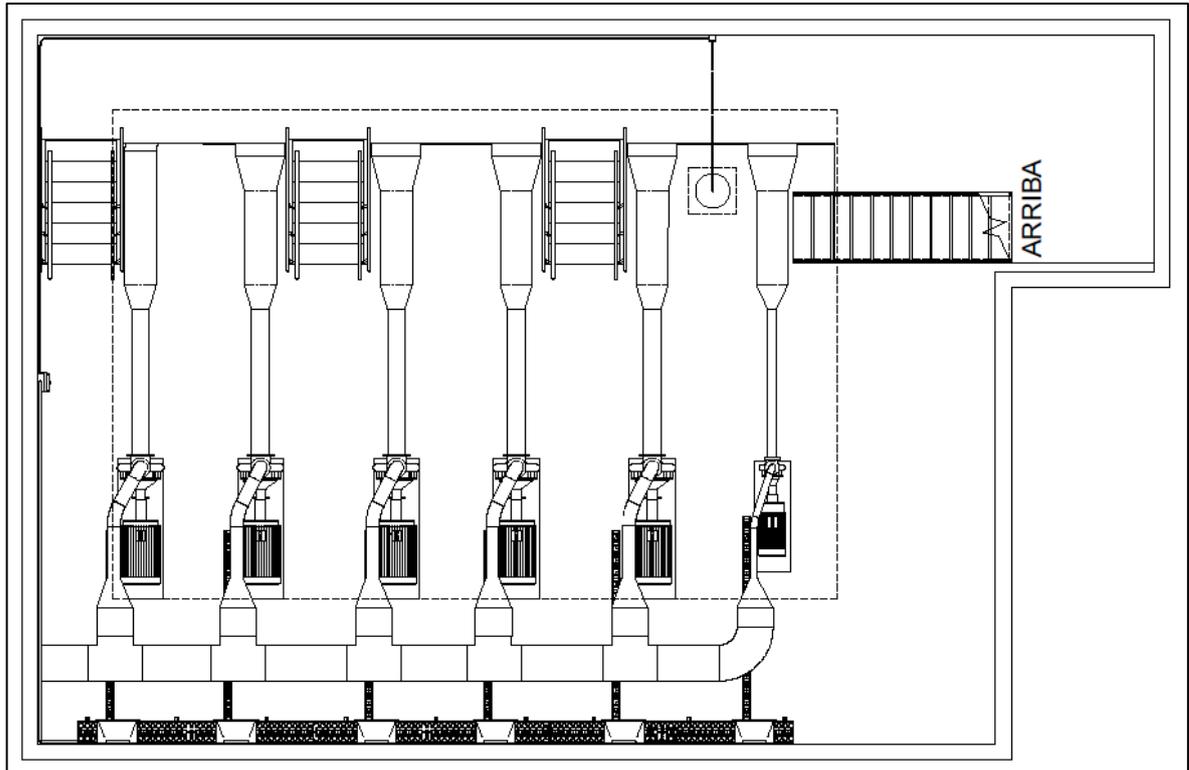
El cable de protección de las bandejas se conecta utilizando las grampas que ofrece la empresa para tal fin, y se realizará en cada tramo de bandeja del sistema. El método puede verse en la Figura 90.



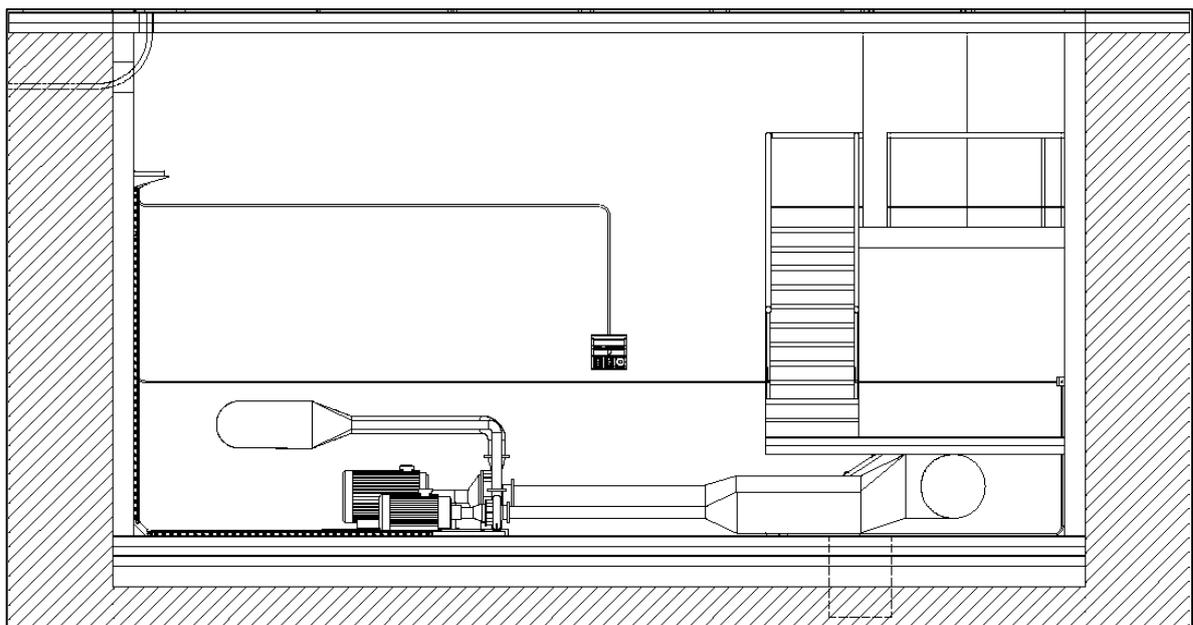
**Figura 90.-** Método de conexión del cable de protección de las bandejas.

Todo el trayecto llevará tapas sobre este y en los extremos de cada recorrido. Los cables de alimentación del tablero de tomacorrientes y de la bomba de drenaje abandonarán las bandejas a través de caños de PVC unidas a estas por adecuados elementos de conexión.

En la Figura 91 y Figura 92 se muestra la disposición del sistema de bandejas en la sala de bombas.



**Figura 91.-** Sistema de bandejas portables (Vista en planta).



**Figura 92.-** Sistema de bandejas portables (Vista en corte lateral).

### 2.11.2. Cálculo de los caños de PVC

A excepción de los circuitos de las bombas centrífugas, todos los circuitos se transportan utilizando caños de PVC que se pueden curvar en frío (a excepción del circuito del generador auxiliar para el cual el diámetro del caño no lo permite). Estos son de la marca Polivinil y pueden verse en la Figura 93.



**Figura 93.-** Caños de PVC curvables en frío.

El diámetro de los caños se elige en base a lo definido en la reglamentación de la AEA en el apartado 771.12.3.13.4, siendo que el área ocupada por los cables dentro del caño no podrá superar el 35% del área interior del mismo. En la Tabla (21) aparecen los cables a transportar y el diámetro del caño correspondiente al circuito.

**Tabla 21.-** Diámetro de los caños de PVC para circuitos.

Circuito	Configuración [mm <sup>2</sup> ]	Diámetro [mm]	Área total [mm <sup>2</sup> ]	Diámetro nominal del caño [mm]	Área interior del caño [mm <sup>2</sup> ]	Sección ocupada [%]
<b>Generador auxiliar</b>	4x(1x16) + T	11	475,17	50	1576,33	30,14
<b>Iluminación planta baja</b>	2x(1x1,5) + T	2,9	33,03	16	141,03	23,42
<b>Iluminación exterior</b>	2x(1x1,5) + T	2,9	33,03	16	141,03	23,42
<b>Iluminación sala de bombas</b>	2x(1x2,5) + T	3,6	50,89	20	226,98	22,42
<b>Tablero de tomacorrientes</b>	4x(1x10) + T	6,1	146,12	32	615,75	23,73
<b>Bomba de drenaje</b>	2x(1x2,5) + T	3,6	50,89	20	226,98	22,42

Todos los caños que lleven circuitos se instalarán sobre las paredes utilizando grampas a presión. El cable de puesta a tierra de la estación es llevado hacia la caja de inspección, donde se conecta a la jabalina, por medio de un caño de diámetro nominal de 20 mm.

## 2.12. Selección de los armarios

Las protecciones, los equipos de control y los de comando se ubican dentro de 5 armarios ubicados en la planta baja de la estación. Los armarios son autoportantes y se encuentran uno a continuación del otro sin paneles entre sí que los dividan. Cada uno se encuentra numerado y contiene lo listado a continuación:

- Armario 1: PLC, UPSs, borneras de conexión e interruptores monofásicos.
- Armario 2: Interruptor automático principal, interruptor automático del generador auxiliar, relés de monitores con sus interruptores termomagnéticos, e interruptor general de las cargas monofásicas y del tablero de tomacorrientes.
- Armario 3: Interruptor seccionador fusible, borneras de conexión y variador de velocidad de la bomba centrífuga de regulación.
- Armario 4: Interruptores seccionadores fusibles, borneras de conexión y arrancadores suaves de las bombas centrífuga principales 1, 2 y 3.
- Armario 5: Interruptores seccionadores fusibles, borneras de conexión y arrancadores suaves de las bombas centrífuga principales 4 y 5.

Los armarios deben cumplir con las dimensiones internas mínimas para poder contener todos los elementos necesarios, teniendo en cuenta el espacio libre que cada uno requiere a su alrededor, y deben poder disipar el calor generado por cada uno. Se utilizan los datos provistos en los catálogos para corroborar estas condiciones, los cuales corresponden a la marca Rittal. Los armarios utilizados en la estación pueden verse en la Figura 94.

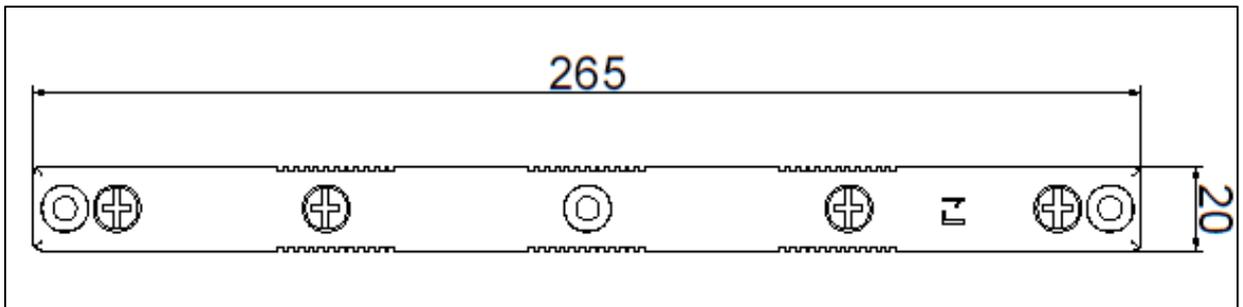


**Figura 94.-** Armario autoportante.

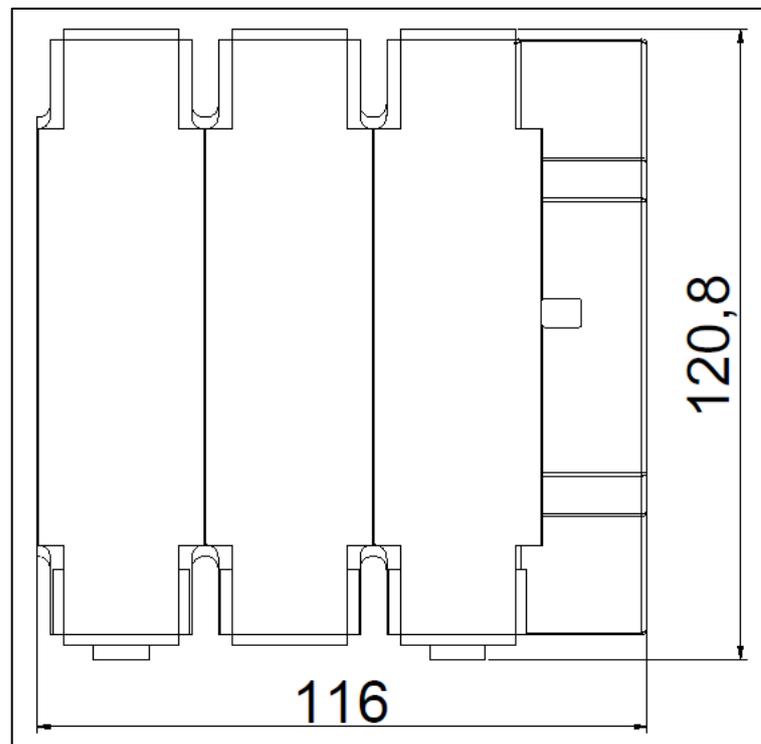
### 2.12.1. Dimensiones mínimas

Para definir el tamaño de los armarios se elegirá el que contenga el mayor volumen de equipos en su interior y con la mayor necesidad de espacio libre, luego, los demás armarios se elegirán de las mismas dimensiones para lograr una apariencia uniforme al colocarlos uno al lado del otro.

El armario que se utiliza para el dimensionamiento es el número 3, ya que es ocupado por el variador de velocidad, el cual es el equipo de mayores dimensiones y requiere estar distanciado de elementos que puedan bloquear su ventilación. También se deben tener en cuenta las dimensiones de las barras de distribución, del interruptor seccionador fusible y del contactor de línea, estos no indican en sus hojas de datos que requieran de distanciamiento de otros equipos por lo que no se tendrá en cuenta. Además, se tomarán 100 mm de distancia vertical entre los equipos para realizar las conexiones por cables. En la Figura 95 se muestran las dimensiones del soporte de las barras de distribución y en la Figura 96 las dimensiones del interruptor, en mm.



**Figura 95.-** Dimensiones del soporte de las barras de distribución.



**Figura 96.-** Dimensiones del interruptor seccionador fusible.

En la Figura 97 se muestra el contactor de línea con sus medidas y en la Figura 98 se muestran las del variador de velocidad, en ambos casos en mm.

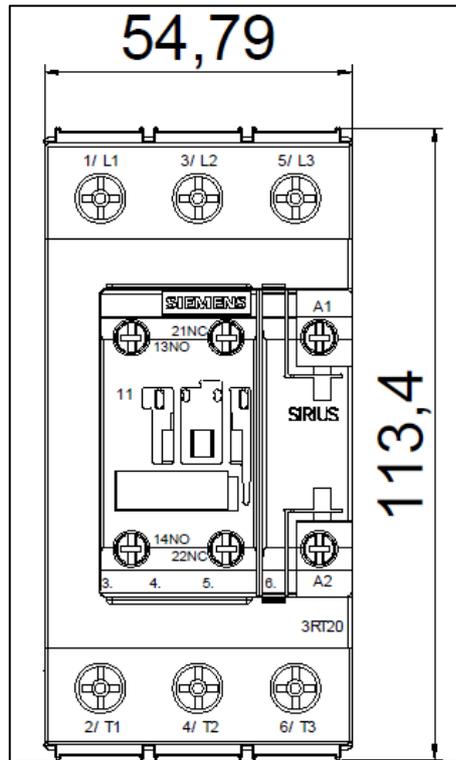


Figura 97.- Dimensiones del contactor de línea.

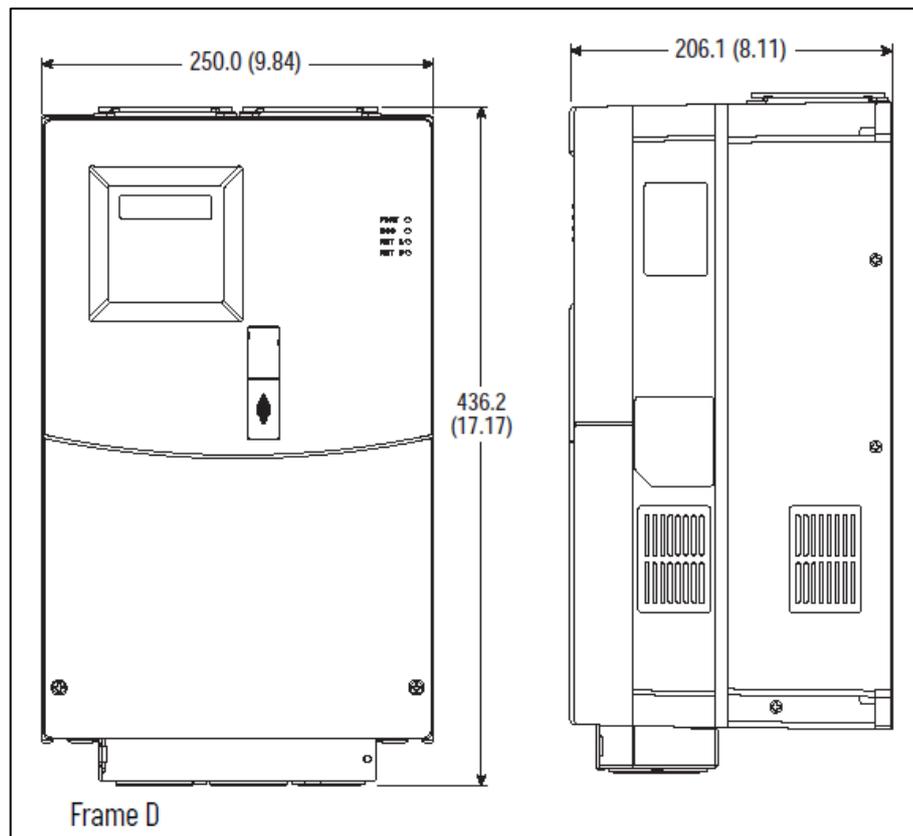
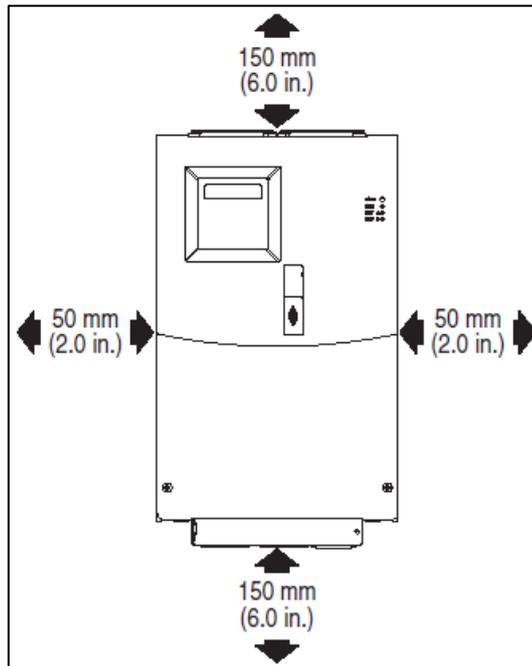


Figura 98.- Dimensiones del variador de velocidad.

En la Figura 99 se indican las distancias de montaje que deben respetarse para asegurar la correcta ventilación del equipo.



**Figura 99.-** Distancias de montaje del variador de velocidad.

En la Tabla (22) se suman las diferentes alturas de los elementos que ocuparán el armario y en la Tabla (23) el ancho de estos.

**Tabla 22.-** Determinación de la altura de los armarios.

	Alto [mm]
Barra de distribución	265
Separación	100
Interruptor seccionador-fusible	120,8
Separación	100
Contactador de línea	113,4
Separación	150
Variador de velocidad	436,2
Separación	150
<b>Total</b>	<b>1435,4</b>

**Tabla 23.-** Determinación del ancho de los armarios.

Distancia de montaje del variador [mm]	Ancho del variador [mm]	Distancia de montaje del variador [mm]	Cablecanal ranurado [mm]	Separación [mm]	Cablecanal ranurado [mm]	Margen de espacio [mm]	Total [mm]
50	250	50	80	50	40	50	570

Con los resultados obtenidos se ingresa a la tabla que se encuentra en el catálogo de la empresa y se elige el armario en base a las dimensiones de la placa de montaje que viene incluida en este. En la Figura 100 pueden verse las características del armario elegido de 1600x800x500, siendo 500 mm la profundidad mínima de estos armarios. La placa de montaje tiene un ancho de 699 mm y una altura de 1496 mm, y se trata de la placa con las menores dimensiones que puede contener todos los equipos del armario.

Armario básico, altura 1600 mm, profundidad 500 mm				
Anchura (B) mm	UE	600	800	1200
Altura (H) mm		1600	1600	1600
Profundidad (T) mm		500	500	500
Anchura placa de montaje (F) mm		499	699	1099
Altura placa de montaje (G) mm		1496	1496	1496
Referencia	1 pza(s).	<b>8665.000</b>	<b>8865.000</b>	<b>8265.000</b>
Peso kg		81,9	102,0	156,0

Figura 100.- Dimensiones de los armarios de la estación.

### 2.12.2. Comprobación de la disipación

Los armarios utilizados en la estación deben poder disipar de forma natural el calor que se produce en su interior, y de no ser el caso, utilizar equipos de refrigeración o ventilación, con el fin de evitar aumentos de temperatura que provoquen una disminución de las corrientes admisibles en los distintos elementos contenidos.

Se realizará el cálculo de la potencia disipada siguiendo los pasos de la reglamentación de la AEA en su apartado 771-H.3.

En la Figura 101 se muestra la potencia que pueden disipar los armarios de la empresa según sus dimensiones y su disposición respecto a los elementos que lo rodean, para una diferencia de temperatura entre el exterior e interior del armario de 20°C.

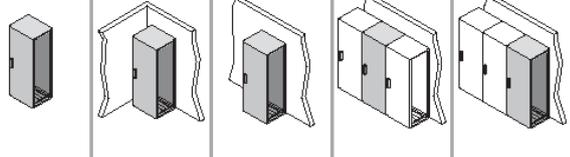
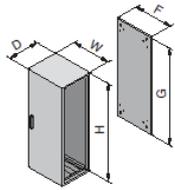
										
$T_u = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $T_i = 45\text{ }^\circ\text{C}$ $P_v = 0\text{ W}$					Schrank/ Enclosure/ Armoire		Montageplatte/ Mounting plate/ Plaque de montage			
W ( $\Delta T = 20\text{ K}$ )					W mm	H mm	D mm	F mm	G mm	Stärke Thickness Épaisseur
308	249	276	223	249	600	1200	500	499	1096	3
370	302	328	275	302	800	1200	500	699	1096	3
496	407	433	380	407	1200	1200	500	1099	1096	3
351	283	314	253	283	600	1400	500	499	1296	3
422	342	373	311	342	800	1400	500	699	1296	3
564	459	490	428	459	1200	1400	500	1099	1096	3
395	317	352	282	317	600	1600	500	499	1496	3
473	382	417	347	382	800	1600	500	699	1496	3

Figura 101.- Capacidad de disipación de los armarios.

A continuación, se suma el total de la potencia disipada dentro de cada armario y se la compara con la potencia que es posible disipar de forma natural por este. En la Tabla (24) pueden verse los resultados para el armario 1.

El cálculo de la potencia se da según la Ecuación (11):

$$P_{tot} = P_{dp} + 0,2 * P_{dp} + P_{au} \quad (11)$$

Donde:

$P_{tot}$  = Potencia total disipada en el tablero en Watts.

$P_{dp}$  = Es la potencia disipada por los dispositivos de protección, en watts, tomando en cuenta el factor de utilización  $K_e$  y el factor de simultaneidad  $K$ .

$0,2 * P_{dp}$  = Es la potencia total disipada por las conexiones, los tomacorrientes, los relés, los interruptores-seccionadores, etc.

$P_{au}$  = Es la potencia total disipada por los otros dispositivos y aparatos eléctricos instalados en el tablero y no incluidos en  $P_{dp}$  y en  $0,2 * P_{dp}$  tales como las lámparas de señalización (ojos de buey), los transformadores para campanillas, etc.

El factor de simultaneidad se tomará igual a 1, ya que se debe asegurar que cuando todas las bombas estén en funcionamiento el calor producido no aumente la temperatura de forma excesiva. El factor de utilización se tomará igual a 0,85 por convención de la reglamentación y para simplificar los cálculos a realizar.

**Tabla 24.-** Potencia disipada en el armario 1.

Elemento	Armario 1			Capacidad
	$P_{dp}$	$0,2 * P_{dp}$	$P_{au}$	
Interruptor Iluminación Planta baja	2*1,55	-	-	
Interruptor Iluminación Exterior	2*1,55	-	-	
Interruptor Sala de bombas	2*2,56	-	-	
Interruptor Aire acondicionado	2*1,55	-	-	
Interruptor PLC y comando	2*1,55	-	-	
Guardamotor Bomba de drenaje	3*3,1	-	-	
UPS C.A.	-	-	-	
Pantalla HMI	-	-	5,5	
CPU del PLC	-	-	12	
Módulo DI/DO	-	-	5,5	
Módulo AO	-	-	1,5	
Módulo Ethernet	-	-	1,6	
Batería UPS	-	-	-	
UPS D.C.	-	-	6	
Fuente de alimentación DC	-	-	16	
<b>Total</b>	0,85*26,82	0,2*0,85*26,82	48,1	
<b>Potencia disipada</b>		75,45 W		382 W

La Tabla (25), Tabla (26) y Tabla (27) muestran la potencia disipada en los armarios del 2 al 4 respectivamente.

**Tabla 25.-** Potencia disipada en el armario 2.

<b>Armario 2</b>				
Elemento	$P_{dp}$	$0,2*P_{dp}$	$P_{au}$	Capacidad del armario
Interrupor Principal de la estación	4*39,69	-	-	
Interrupor del Generador auxiliar	4*8,61	-	-	
Interrupor General de las cargas monofásicas y del tablero de tomas	4*4,11	-	-	
Interrupor del relé de monitoreo de la red	3*1,55	-	-	-
Interrupor del relé de monitoreo del generador	3*1,55	-	-	
Relé de monitoreo de la red	-	-	-	
Relé de monitoreo del generador	-	-	-	
<b>Total</b>	0,85*218,94	0,2*0,85*218,94	-	
<b>Potencia disipada</b>		229,89 W		347 W

**Tabla 26.-** Potencia disipada en el armario 3.

<b>Armario 3</b>				
Elemento	$P_{dp}$	$0,2*P_{dp}$	$P_{au}$	Capacidad del armario
Interrupor-Seccionador Fusible	-	-	-	
Contactor de línea	3*4	-	-	
Variador de velocidad	-	-	764	-
<b>Total</b>	0,85*12	0,2*0,85*12	764	
<b>Potencia disipada</b>		776,24 W		347 W

**Tabla 27.-** Potencia disipada en el armario 4.

<b>Armario 4</b>				
Elemento	$P_{dp}$	$0,2*P_{dp}$	$P_{au}$	Capacidad del armario
Interrupor-Seccionador Fusible	-	-	-	
Contactor de línea	3*(3*4)	-	-	
Arrancador suave	-	-	3*(15)	-
<b>Total</b>	0,85*36	0,2*0,85*36	45	
<b>Potencia disipada</b>		81,72 W		347 W

Los resultados de la potencia disipada por el armario 5 se muestran en la Tabla (28).

**Tabla 28.-** Potencia disipada en el armario 5.

<b>Armario 5</b>				
Elemento	$P_{dp}$	$0,2 \cdot P_{dp}$	$P_{au}$	Capacidad del armario
<b>Interruptor-Seccionador Fusible</b>	-	-	-	
<b>Contactador de línea</b>	$2 \cdot (3 \cdot 4)$	-	-	
<b>Arrancador suave</b>	-	-	$2 \cdot (15)$	-
<b>Total</b>	$0,85 \cdot 24$	$0,2 \cdot 0,85 \cdot 24$	30	
<b>Potencia disipada</b>		54,48 W		347 W

A excepción del armario 2, todos los armarios pueden disipar la potencia disipada por los elementos dentro de los mismos. Ya que la capacidad del armario 2 es excedida, se emplea un aire acondicionado, para así evitar elevaciones indeseadas de temperatura dentro de los armarios. Este se coloca directamente en la puerta del armario.

El aire acondicionado se elige utilizando la aplicación de cálculo de la empresa nVent Hoffman. Ingresando las dimensiones de un armario equivalente a la suma de los 5 utilizados, ya que no hay paneles internos que los dividan, además de un valor máximo de temperatura que asegura que ninguno de los elementos vea modificadas sus características de funcionamiento. La temperatura máxima que se podrá alcanzar dentro de los armarios será de  $50^{\circ}\text{C}$ , ya que más allá de esta, la corriente soportada por el variador de velocidad disminuye. La Figura 102 muestra el primer paso dentro del software, en el que se definen las características de los armarios.

The screenshot shows a software interface for configuring an air conditioning unit. At the top, there are input fields for 'Project Name' (Disipación 5 armarios) and 'Section No.: 1'. Below this, there are radio buttons for 'Eldon standard enclosure' and 'Other', with 'Other' being selected. There are also dropdown menus for 'Enclosure Range' and 'Model'. A 3D diagram of a cabinet is shown with dimension lines indicating 'Depth' (500 mm), 'Width' (4000 mm), and 'Height' (1600 mm). Below the diagram, there is a 'Material' dropdown menu set to 'Mild Steel'. At the bottom, there is a section for 'Available voltage for Cooling / Heating' with checkboxes for 24 V, 230 V (checked), 400 V (checked), and 115 V. There is also an 'Any' checkbox.

**Figura 102.-** Paso 1 del cálculo del aire acondicionado.

En el siguiente paso, mostrado en la Figura 103, se define la disposición de los armarios. El paso 3 consiste en definir las condiciones del ambiente dentro y fuera de los armarios y el paso 4 en ingresar el dato de la potencia disipada dentro de estos. Estos pueden verse en la Figura 104 y Figura 105 respectivamente.

**Enclosure site**

Outdoor  Indoor

Exposed to sun

Colour

---

**Enclosure mounting**



Single unit, free all round



Single unit, fixed to wall



Combined in one side



Combined in one side and fixed to wall



Combined in both sides



Combined in both sides and fixed to wall



Combined in both sides, fixed to wall and covered



Wall mounted, not fixed to floor

**Figura 103.-** Paso 2 del cálculo del aire acondicionado.

**Environment conditions**

---

**Outside conditions**

Max. Outside temp.  °C      Latitude  °

Min. Outside temp.  °C      Oriented to

Max. Relative humidity  %

**Inside conditions**

Max. Allowed Inside Temp.  °C

Desired Inside Temp.  °C

Min. Allowed Inside Temp.  °C

**Figura 104.-** Paso 3 del cálculo del aire acondicionado.



Known Power



Temp. Test



IEC Method

---

Simultaneous power  W

**Figura 105.-** Paso 4 del cálculo del aire acondicionado.

El aire acondicionado utilizado proviene de la única recomendación dada por la aplicación luego del proceso anterior, y aparece en la Figura 106. Como dato adicional, la aplicación indica que, sin la utilización del aire acondicionado, la temperatura dentro de los armarios llegaría a los 56,78°C, lo cual es mayor a la temperatura de funcionamiento permitida por el variador de velocidad. El equipo seleccionado consumirá una potencia de 1500 W, se alimentará con 230 V y será de la marca nVent Hoffman (Figura 107).

Results for cooling	
Max. inside temperature without cooling:	<b>56.78 °C</b>
Power to dissipate:	From equipment: <b>1,218.00 W</b>
	Power due to higher outside temp.: <b>363.00 W</b>
	Due to sunlight: <b>0.00 W</b>
	<b>Total: 1,581.00 W</b>
Cooling Type	
	
Air Conditioning	Air-Water Exchanger
	
Filter Fan	Vortex
IP	<input type="text" value="54"/>
Advanced corrosion	<input type="text" value="NO"/>
Material	<input type="text" value="Mild steel"/>
Cooling Equipment Proposed	
Side Mounting	<input type="text" value="Slimfit cooling unit 1500W; P=1,637 W"/> Slimfit cooling unit 1500W; P=1,637 W
Door Mounting	<input type="text" value="Slimfit cooling unit 1500W; P=1,637 W"/> Slimfit cooling unit 1500W; P=1,637 W

**Figura 106.-** Resultado del cálculo del aire acondicionado.



**Figura 107.-** Aire acondicionado de los armarios.

### 2.12.3. Elementos adicionales

La altura de los armarios es de 1,6 m, y para lograr que los equipos estén a una altura más cómoda para su uso por parte de los operarios de la estación se utilizarán cantoneras de zócalo de 20 cm de altura, logrando una altura total de 1,8 m. Otra ventaja de su utilización es la de poder transportar los cables por el suelo, debajo de los armarios y cubrirlos con estos zócalos.

En la Figura 108 se puede ver los 5 armarios elevados por las cantoneras.

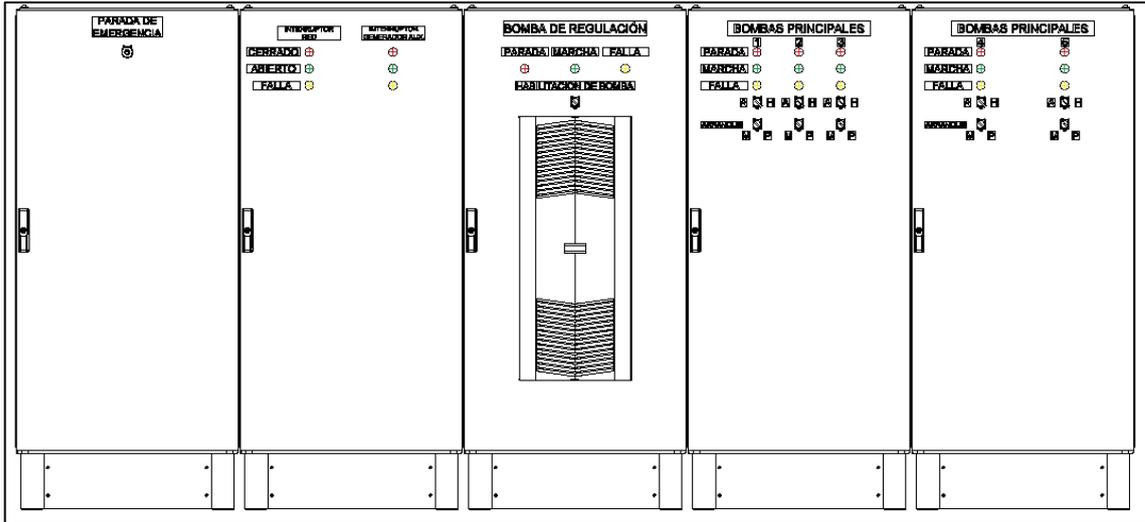


Figura 108.- Vista frontal de los armarios.

En las puertas de los armarios se utilizan llaves selectoras de posición, el pulsador de puño para la parada de emergencia y luces de señalización. Las llaves y pulsador se ven en la Figura 109 y las luces en la Figura 110.



Figura 109.- Llaves y pulsador de los armarios.



Figura 110.- Luces Piloto de los armarios.

Dentro de los armarios, los cables se colocarán en tramos de cablecanal ranurado para poder mantener la prolijidad y orden en el interior, siendo de una medida adecuada para permitir la curvatura correcta de los cables y la colocación de los cables sin que estos ocupen tanto espacio que no permitan la circulación de aire. Los tramos se colocarán tanto en las placas de montaje como en las puertas donde se encuentran los pilotos y las llaves selectoras. Estos pueden verse en la Figura 111.



**Figura 111.-** Cablecanal ranurado.

Ya que el cálculo de la iluminación de la planta baja de la estación sólo consideró los niveles de iluminación en un plano paralelo al suelo, se asegura que la iluminación del interior de los armarios sea la adecuada para un plano vertical, paralelo a la placa de montaje al utilizar luminarias dentro de los armarios.

La empresa Rittal solamente ofrece y recomienda un único modelo de luminaria para los armarios seleccionados, por lo tanto, es la que se utilizará. Se trata de una luminaria LED de 1200 lm y con un consumo de 13 W que se colocará en la zona de la estructura metálica cercana al techo en una orientación tal que ilumine de forma perpendicular a los equipos. Se utilizan 5, una por cada armario.

Las luminarias se conectarán en paralelo entre sí utilizando los cables que vienen incluidos con estas y serán parte del circuito de iluminación de la planta baja. Poseen un sensor de movimiento, por lo que se encenderán solamente cuando se abran las puertas de los armarios. En la Figura 112 puede verse una de estas luminarias.



**Figura 112.-** Luminaria del interior de los armarios.

## 2.13. Automatización de la estación de bombeo

El arranque y parada de las bombas centrífugas es comandado por un PLC según el valor de la presión medida en la cañería de salida de agua de la estación. Cuando la variación de presión se encuentre dentro de unos límites definidos, se regulará el caudal por medio del variador de velocidad de una de las bombas, y cuando la presión supere o se encuentre debajo de estos límites se arrancarán o detendrán una o más de las bombas principales, según corresponda, para mantener el nivel de presión.

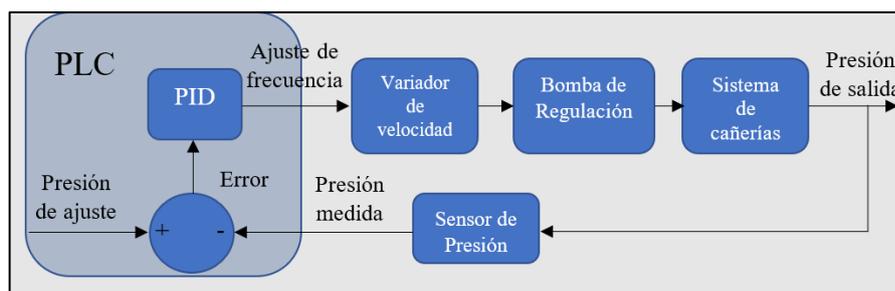
Es el PLC, también, el que comanda la apertura y cierre de los interruptores automáticos en caso de una falla en el servicio de energía de la red eléctrica. Ante la ausencia de esta, el programa aislará la instalación de la red mediante la apertura del interruptor automático principal y dará la orden de arranque al generador para luego alimentar la estación con este al cerrar el interruptor automático correspondiente.

La estación puede ser controlada en su totalidad manualmente, siempre que se elija esta configuración del programa por medio de la pantalla HMI ubicada dentro del armario de la estación. Los motores de las bombas pueden colocarse en modo de arranque manual a través de la pantalla y ser puestos en marcha mediante una llave selectora ubicada en la puerta de sus respectivos armarios, y en el caso de la bomba de regulación, esta se controlará utilizando el panel propio del variador de velocidad. El generador auxiliar también puede ser arrancado de forma manual utilizando un panel dentro de su gabinete.

### 2.13.1. Descripción del programa

La principal función del PLC es la de mantener el nivel de presión del agua a la salida de la estación dentro de un rango de valores definido. Esto se logra por medio de la utilización de un sensor que mide la presión dentro de la cañería y envía el resultado de la medición en forma de una señal analógica al PLC. Esta señal es interpretada por el programa y comparada con el rango de valores permitidos, para luego enviar una señal, también analógica al variador de velocidad indicando el valor de frecuencia de ajuste. La función que permite realizar esto dentro del PLC se llama PID, por a las contantes numéricas que utiliza (Proporcional, Integrativa y Derivativa) que determinan la diferencia, o error, que existe entre la señal del valor medido y el valor de la presión de ajuste deseada.

El control se realiza por el método del lazo cerrado, y puede verse representado en la Figura 113.



**Figura 113.-** Esquema de lazo cerrado del control de presión.

Se considera que el instrumento para medir la presión debe ser elegido por el encargado del diseño de la instalación de cañerías de la estación, siendo preferible que posea una señal de salida adecuada para el PLC, aunque, de no ser el caso, se puede utilizar algún método para adaptar la señal de salida. Como referencia para el desarrollo del proyecto, la presión se mide utilizando un transmisor de presión manométrica de la marca Yokogawa, modelo EJX510A, que permite el ajuste del rango de mediciones y entrega una señal analógica de 4 a 20 mA. El rango de presiones definido en el programa es de un mínimo de 1,9 kg/cm<sup>2</sup> y un máximo de 2,1 kg/cm<sup>2</sup> elegido en base a la presión considerada en el trabajo realizado por el GESE, la cual fue de 2 kg/cm<sup>2</sup>. Estos valores de presión, así como el valor de las constantes del PID pueden ser modificadas a través de la pantalla HMI según se necesario y llevado a cabo por el operario encargado de la estación. El transmisor puede verse en la Figura 114.



**Figura 114.-** Transmisor de presión del lazo cerrado.

La salida analógica del PLC que envía la señal al variador de velocidad es de un rango de valores de 4 a 20 mA, estando la salida asociada a los valores de frecuencia variable que permite el variador, siendo estos de 0 a 50 Hz para el motor utilizado por la bomba de regulación.

La segunda función más importante del PLC es mantener la estación de bombeo en funcionamiento ante ausencia de energía de la red eléctrica. Se utilizan relés de monitoreo para enviar señales con las cuales el programa se informa acerca del estado del servicio eléctrico y del generador auxiliar. Cuando se produce una falla aguas arriba del interruptor principal (sobretensión, subtensión o falta de fase), el relé provoca la apertura de este y a su vez el interruptor informa al PLC de su estado, por lo que luego de un tiempo, esperando en caso de que se normalice la situación, el programa ordena el arranque del generador auxiliar al enviar una señal al panel de control que este posee. Si en lugar de una falla, se trata de un corte de energía, el relé de monitoreo envía una señal al PLC y este último es el que provoca la apertura del interruptor principal antes de ordenar el arranque del generador. Todas las fallas indicadas por los interruptores son indicadas por un piloto LED en la puerta del armario de estos.

Habiendo arrancado el generador, el relé de monitoreo que tiene asignado informa acerca del nivel de tensión, y si se mantiene estable luego de un tiempo a

configurar, el programa ordena el cierre del interruptor automático del generador para que este alimente las cargas de la estación. En esta situación, el programa sólo hará uso de la bomba centrífuga de regulación y la presión será regulada hasta el límite que el caudal entregado sea el máximo disponible en el momento.

El interruptor de la red y el generador son ambos comandados por el PLC a través de mecanismos motorizados. Estos ordenan la apertura al recibir un impulso en una de sus entradas y el cierre al recibir uno en otra de estas. Ya que funcionan utilizando un mecanismo de resorte, este debe recargarse luego de cada apertura manteniendo la señal durante 9 segundos.

Todas las maniobras mencionadas pueden ser realizadas manualmente por los operarios en cualquier momento, independientemente de la configuración del programa. En la Figura 115 puede verse el equipo.



**Figura 115.-** Mecanismo motorizado de interruptores automáticos.

El generador se pone en marcha a través de un panel de control que puede ser accionado a través de los pulsadores que incluye o a través de una señal constante enviada por el PLC a una de las entradas que el panel posee (Fig. 116). En caso de aumentos de temperatura, falta de aceite o falta de combustible (parámetros configurables en el panel), una alarma propia del panel conmutará un contacto que provocará la apertura de un relé de comando, alimentado por la batería del generador, y que interrumpirá la señal de encendido recibida por el generador, causando que este se detenga. A la vez que se da la alarma, el relé de monitoreo informará de la ausencia de tensión al PLC y luego de un número de intentos fallidos por arrancar el generador indicará la falla del mismo a través de un cartel en la pantalla HMI. Si la alarma se diera luego de que se haya cerrado el interruptor del generador, el programa ordenaría la apertura de este e informaría de la falla inmediatamente.



**Figura 116.-** Panel de control del generador auxiliar.

La programación del PLC se encargará del encendido de las bombas centrífugas. Estas arrancarán una a la vez, esperando a que la bomba previa haya llegado a su velocidad nominal, y se detendrán en el orden inverso al que fueron puestas en marcha esperando a que la última se haya detenido por completo (estos tiempos son medidos y programados en el PLC). La primera bomba en arrancar será siempre la bomba de regulación.

Todas las bombas tendrán medido su tiempo de funcionamiento al utilizar uno de los contactos de su respectivo dispositivo de arranque para informar al PLC acerca de su estado de marcha. Al llegar la hora programada de menor consumo del día (durante la noche), el programa comparará el tiempo de marcha de cada una de las bombas y comenzará el día siguiente con un orden de arranque que priorice la utilización de las bombas con menor tiempo total de funcionamiento, de esta forma el desgaste de todas las bombas va a ser similar y se alargará el tiempo requerido para realizar remplazos en las piezas de estas, además de permitir mejores rutinas de mantenimiento. La rotación del orden de marcha solo se aplica a las bombas principales, la bomba de regulación estará siempre en funcionamiento. Si luego de la comparación de horas de funcionamiento hubiese una bomba principal en marcha con más uso que otra, esta se detendría y se comenzaría el nuevo orden de arranque.

Las puertas de los armarios de las bombas principales poseen llaves selectoras de tres posiciones que permiten elegir el modo de funcionamiento de estas:

- Posición izquierda (modo automático): El arranque de la bomba es como el ya descrito, se basa en su tiempo total de funcionamiento y los requerimientos de presión del sistema. En modo automático un relé es activado por esta posición de la llave e informa al PLC, al activar una de sus entradas, que la bomba se encuentra en modo automático.
- Posición central: La bomba en cuestión ya no es considerada por el programa, y no será puesta en marcha bajo ninguna situación por este. La entrada del PLC que indica el modo automático ya no recibe señal.
- Posición derecha: Esta posición arranca la bomba de forma manual, activando la entrada correspondiente del arrancador suave, y la detiene al cambiar de posición. Cuando la marcha se dé de forma manual, el tiempo de funcionamiento igualmente será registrado por el programa para cuando se vuelva a seleccionar el modo automático.

En la puerta del armario de la bomba de regulación se encuentra una llave de 2 posiciones. La única diferencia con lo explicado para las bombas principales es que es en la posición derecha que se activa un relé que informa al PLC de que esta se encuentra en modo manual, y que el arranque en modo manual no se realiza directamente al colocar la llave en posición derecha, sino que debe ordenarse el arranque a través del panel de control que se incluye en el variador de velocidad.

Si al dar la orden de arranque, pasa cierto tiempo en que el PLC no recibe la señal que indica el estado de marcha de la bomba centrífuga, esta será considerada en falla y formará parte del proceso de arranque de las bombas hasta que un operario indique al programa a través de la pantalla HMI que el problema causante de esto fue

solucionado. El mismo caso se da si el PLC recibe una señal de falla en una de sus entradas directamente de los dispositivos de arranque de las bombas. Cuando se den casos de sobrecarga o cortocircuito, estas se indicarán a través de un piloto LED ubicado en la puerta del armario y etiquetado con el número de la bomba correspondiente, al conmutarse uno de los contactos del arrancador suave o variador de velocidad, este contacto se activa al producirse una sobrecarga que es notada por el equipo o cuando se provoca la ausencia de tensión en los bornes del mismo, lo cual sucedería en caso de un cortocircuito al fundirse los fusibles. De la misma forma se utilizan pilotos para indicar la marcha y parada de las bombas.

Se incluye en el programa la posibilidad de comprobar el flujo de agua que entra a la estación, por medio de un sensor de flujo con salida analógica 4-20 mA. Este sensor debe ser elegido por el diseñador del sistema mecánico de la estación, informando acerca de los niveles de flujo normales a ingresar como parámetros en el programa. Si no se colocara un sensor de flujo, o la salida de este se conecta a otro PLC, esta función puede ser deshabilitada. Dado el caso de que se utilice, el proceso completo de la estación se detendrá cuando se detecte un flujo de agua menor al esperado y deberá reiniciarse manualmente desde la pantalla HMI. La misma situación se repite si la presión a la salida de la estación no aumenta significativamente, dentro de un margen de tiempo programado, aun habiendo puesto en marcha bombas adicionales.

### 2.13.2. GEMMA del proceso

Una forma de comprender de forma más general el funcionamiento del proceso de la estación es dividiéndolo en partes que describen su funcionamiento ante diferentes situaciones (en marcha normal, en parada o en falla). Para esto se hace uso de la guía de estudio de los modos de marcha y parada (GEMMA, siglas provenientes de "Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts" en francés).

Esta guía GEMMA suele incluir un gráfico que representa las distintas condiciones descritas, como el que puede verse en la Figura 117.

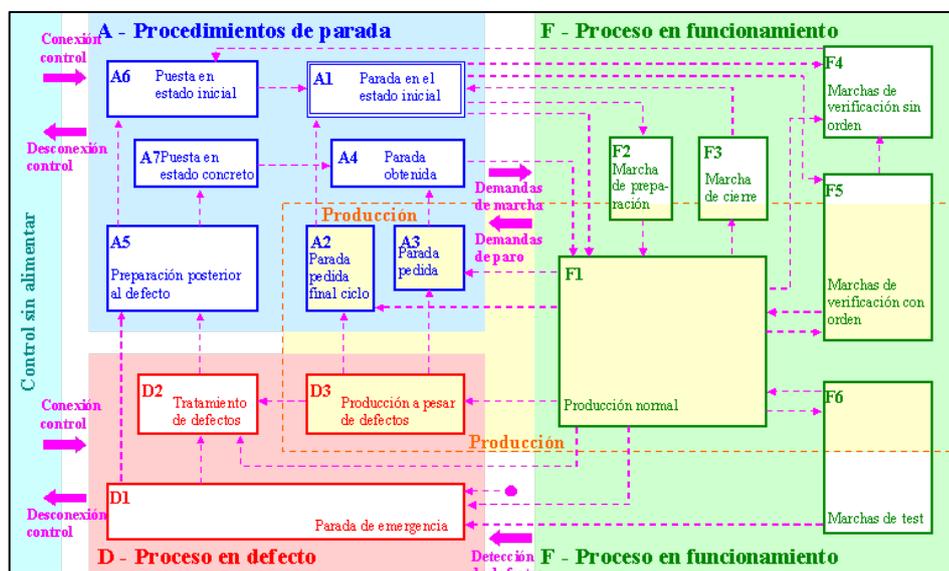


Figura 117.- Ejemplo de gráfico GEMMA.

### Definición de los bloques:

- F<sub>1</sub> (Producción Normal): Comprende las etapas para la obtención del proceso propiamente dicho.
- F<sub>2</sub> (Marcha de Preparación): Incluye todas las etapas previas a la producción en modo automático o semiautomático.
- F<sub>3</sub> (Marcha de Finalización): Incluye las etapas luego de finalizado el proceso.
- F<sub>4</sub> (Verificación de Marcha en desorden): Permite verificar individualmente ciertos movimientos o partes del proceso, sin respetar el orden habitual del ciclo.
- F<sub>5</sub> (Marcha de Verificación): Permite verificar paso a paso o de forma continua ciertos movimientos o partes del proceso, respetando el orden habitual del ciclo.
- F<sub>6</sub> (Marcha de Test): Permite el reajuste o calibración de ciertos sensores o la ejecución de ciertas operaciones de mantenimiento preventivo, corrección por desgaste, etc.
- A<sub>1</sub> (Paro en Estado inicial): Estado inicial de reposo de la parte operativa.
- A<sub>2</sub> (Demanda Paro fin de ciclo): Cuando se solicita este paro, la máquina debe continuar hasta el final de ciclo y finalmente detenerse.
- A<sub>3</sub> (Demanda Paro intermedio): Cuando se solicita este paro, la máquina debe continuar hasta detenerse en un estado determinado, distinto del inicio del ciclo.
- A<sub>4</sub> (Paro en Estado intermedio): La máquina está detenida en un estado distinto del estado inicial y del estado final.
- A<sub>5</sub> (Preparación de Arranque luego de un fallo): En este caso deben efectuarse las acciones necesarias para una nueva puesta en marcha.
- A<sub>6</sub> (Inicialización de P.O.): En el que se prepara efectuar un re arranque desde las condiciones iniciales.
- A<sub>7</sub> (Pre-posicionamiento en estado intermedio): Estado en el que se prepara la parte operativa para efectuar un re arranque desde unas condiciones cualesquiera, distintas de las iniciales.
- D<sub>1</sub> (Parada de Emergencia): En este estado debe preverse: un paro lo más rápido posible y otras acciones necesarias para limitar las consecuencias del fallo, tanto desde el punto de vista de la producción como de la seguridad humana.
- D<sub>2</sub> (Diagnóstico y/o tratamiento de fallo): Incluye las acciones a ejecutar para averiguar el origen del fallo.
- D<sub>3</sub> (Seguir producción en fallo): Corresponde al caso de continuar la producción en caso de ciertos fallos, incluso aceptando una degradación de la calidad o pérdida del producto. Posibilidad de intervención de operadores para suplir ciertas disfunciones.

Estos bloques del GEMMA no son siempre aplicables en todos los diferentes procesos, y tampoco es el caso para el proceso de la estación. Se describen a continuación los bloques que si tienen lugar y se explica la ausencia de los que no.

- F<sub>1</sub> (Producción Normal): Funcionamiento continuo de la bomba de regulación y de las bombas principales, estas últimas accionadas en sucesión hasta alcanzada la presión de salida establecida en el PLC. La primera es accionada por un variador de velocidad y las siguientes por arrancadores suaves. La regulación de la presión de salida, al valor establecido, se lleva a cabo por medio de la función PID del PLC. Las bombas principales son puestas en

marcha según un orden determinado por su tiempo de uso, establecido al comienzo de cada día, estando siempre en marcha al mismo tiempo las necesarias para cumplir con la demanda de caudal. El tiempo de funcionamiento de las bombas es registrado continuamente. Si el máximo caudal de la estación no fuese suficiente para lograr la presión objetivo, el programa lleva la bomba de regulación a su velocidad nominal hasta que esta presión sea superada. Durante la alimentación por generador, solo se encuentra en marcha la bomba de regulación, y la presión se controla sólo hasta llegar al caudal máximo disponible en la bomba.

- F<sub>2</sub> (Marcha de Preparación): La medición de un sensor de flujo de agua en la cañería que alimenta las bombas se lee para comprobar que no haya inconvenientes en la cañería desde el tanque de agua hasta la entrada a la estación. Se utilizan llaves selectoras para colocar en modo automático todas las bombas que deban ser parte del proceso del programa o para quitarlas del mismo dejándolas detenidas o poniéndolas en marcha de modo manual previo al inicio. Se configura la función PID en modo manual o automático para decidir si el variador de velocidad de la bomba de regulación actúa según la señal de la salida analógica recibida desde el PLC o según una configuración manual.
- F<sub>3</sub> (Marcha de Finalización): El proceso de finalización se lleva a cabo previo al cambio de alimentación de generador a red o ante situaciones excepcionales. Al ordenarse la finalización completa del proceso mientras la estación es alimentada por la red, las bombas se detienen una a una, siguiendo una rampa descendiente de velocidad, en el orden contrario al que fueron puestas en marcha, cada una esperando a que la anterior se detenga completamente. Estando la estación alimentada por el generador, la bomba de regulación se detiene, seguida por el generador y luego se produce la apertura del interruptor automático de este y el cierre del interruptor de la red.
- F<sub>4</sub> (Verificación de Marcha en desorden): Cuando se requiera, las bombas pueden colocarse en modo manual y ser puestas en marcha en cualquier orden deseado.
- F<sub>5</sub> (Marcha de Verificación): Ya que las bombas pueden arrancarse de forma independiente en cualquier momento de forma manual no es necesaria ninguna especificación para este apartado.
- F<sub>6</sub> (Marcha de Test): No hay ajustes necesarios a realizar durante la marcha por lo que este apartado se omite.
- A<sub>1</sub> (Paro en Estado inicial): El PLC debe recibir la señal enviada por el sensor de presión y por el sensor de flujo (si se colocase uno). Las bombas que forman parte del proceso deben encontrarse en modo automático. En caso de no disponer del sensor de presión, el modo automático de la función PID se inhabilita a través de la pantalla HMI y el variador de velocidad se controla a través de su panel en modo manual.
- A<sub>2</sub> (Demanda Paro fin de ciclo): El conjunto de bombas, en modo automático, se detiene cuando se dé la orden a través de la pantalla HMI. El orden en que se detienen es opuesto al orden en que fueron puestas en marcha durante el día, es decir que la última puesta en marcha es la primera en detenerse.
- A<sub>3</sub> (Demanda Paro intermedio): Cada vez que se detiene el proceso se vuelve al estado inicial. Se omite este apartado.

- A<sub>4</sub> (Paro en Estado intermedio): No existen estados intermedios en el proceso, las bombas pueden estar en marcha o detenidas solamente. Se omite este apartado.
- A<sub>5</sub> (Preparación de Arranque luego de un fallo): Previo al reinicio del proceso, luego de una falla, se lleva a cabo la comprobación de funcionamiento del elemento causante de esta. Se revisa que los sensores de presión y flujo funcionen correctamente y se define en el programa si el mismo debe funcionar sin sus lecturas. Cuando las bombas sean las que fallen, se hace un arranque de prueba de la o las afectadas en modo manual y se indica al programa qué bombas están disponibles para continuar el proceso.
- A<sub>6</sub> (Inicialización de P.O.): Luego de los pasos llevados a cabo en A<sub>5</sub> se llevan a cabo los pasos descritos en A<sub>1</sub> con las modificaciones necesarias.
- A<sub>7</sub> (Pre-posicionamiento en estado intermedio): Se omite por la misma razón que A<sub>4</sub>.
- D<sub>1</sub> (Parada de Emergencia): La parada de emergencia del sistema se efectúa con el accionamiento de un pulsador golpe de puño, ubicado en la puerta de uno de los armarios de la estación, cuando se presente una situación que lo justifique, por ejemplo, una gran filtración de agua (a la entrada o salida de las bombas) dentro de la estación. El pulsador corta la fase que alimenta los circuitos de comando de todas las bombas, y el PLC interpreta que se trata de una emergencia al no recibir la señal de marcha de ninguna de las bombas durante un tiempo.
- D<sub>2</sub> (Diagnóstico y/o tratamiento de fallo):
  - Falla del sensor de presión: Ante la pérdida de la señal del sensor o mediciones que no se corresponden con los valores esperados teniendo en cuenta las bombas que se encuentran en funcionamiento, el programa coloca la función PID en modo manual (un operario debe poner en modo manual el control del variador de velocidad). Un cuadro de diálogo aparece en la pantalla HMI indicando el problema. Luego de reparado o reemplazado el sensor, un operario indica la normalización de la situación al programa, el cual coloca al PID en modo automático nuevamente y toma el control sobre la frecuencia del variador.
  - Falla del sensor de flujo: Ante pérdida de la señal o mediciones alejadas de los valores de flujo normales a la entrada de la estación, el programa espera un tiempo determinado a que estas se normalicen antes de detener el proceso. Durante este tiempo un mensaje de falla se muestra en la pantalla HMI. Si se da la orden a través de la pantalla, el proceso continúa con normalidad ignorando la señal del sensor hasta que este sea reparado o reemplazado.
  - Falla de alguna de las bombas debido a alguna de las siguientes razones:
    - Sobrecarga de la bomba.
    - Falta de fase.
    - Falla del arranque suave o variador de velocidad por razones desconocidas.
    - Falla por cortocircuito.

Los equipos de control de las bombas, ante la falta del nivel de tensión esperado o por sobrecarga, envían una señal al PLC mediante uno de sus contactos para informar sobre la ocurrencia de una falla. Esta falla

se indica en la pantalla HMI y a través de un piloto luminoso. Al producirse una falla en una o más bombas, estas se quitan del ciclo de arranque por medio de una llave selectora, y el programa continúa funcionando con las bombas restantes disponibles. En el momento en que la o las bombas quedan fuera del programa, estas son remplazada por las bombas con menos horas de funcionamiento que estuviesen detenidas.

➤ Falla de la red de la estación de bombeo:

- Falla por cortocircuito.
- Falla por sobrecarga.
- Falta de fase.
- Falla por sobretensión.
- Falla por baja tensión.

Un relé encargado de monitorear el estado de la red eléctrica de suministro envía una señal al PLC cuando se produzca uno de los últimos 3 tipos de fallas mencionados. Cuando la falla sea una de las 2 primeras, es el interruptor principal el que envía una señal al PLC para informar sobre la ocurrencia. El PLC indica la presencia de una falla, distinguiendo si se trata de una de entre las primeras o las últimas. Si la falla es una de las últimas 3, luego de un tiempo de margen para que se normalice la situación de la red, el PLC ordena la apertura del interruptor principal y seguido a esto inicia una secuencia de intentos de arranque del generador auxiliar. Otro relé de monitoreo envía una señal al PLC cuando el generador se encuentre en marcha y luego de unos minutos de espera para que se estabilice la tensión de este, el programa da la orden de cierre del interruptor del generador para continuar con el proceso de la estación. Al normalizarse la situación de la red eléctrica, el programa espera un tiempo y detiene el proceso, abre el interruptor del generador y ordena la parada de este, esperando a que se detenga para cerrar el interruptor principal y comenzar nuevamente con el proceso normal de la estación. Cuando la falla sea una de las 2 primeras, el mismo proceso ya descrito tiene lugar luego de unos minutos, dando tiempo a un operario en las proximidades de solucionar la causa de la falla. El proceso descrito puede deshabilitarse de antemano dentro del programa o puede detenerse en cualquier momento por medio de la pantalla HMI. La utilización de la alimentación de la red o el generador se indica a través de pilotos luminosos en la puerta del armario.

➤ Fallas del PLC:

- Falla de comunicación con la pantalla HMI.
- Falla del módulo de expansión de entradas/salidas.

Cuando la pantalla HMI no pueda representar la situación de la estación por defecto propio o del módulo ethernet asociado, se colocan todas las bombas en modo manual y el PLC únicamente cumple la función de registrar el tiempo de marcha de cada bomba, este modo de funcionamiento debe ser ordenado través de la conexión con una computadora externa. En caso de que falle alguno de los módulos de entradas/salidas, se selecciona a través de la pantalla una programación que sólo tiene como propósito la transferencia a

alimentación por generador auxiliar en caso de fallas, dejando sin uso la programación de automatización de las bombas. Cuando se produzcan ambas fallas al mismo tiempo, un operario corta la alimentación del PLC y la estación funciona de forma completamente manual. Luego de realizadas las reparaciones o remplazos necesarios, se revierten las acciones llevadas a cabo.

- D<sub>3</sub> (Seguir producción en fallo):
  - El sistema continúa en funcionamiento al detectar problemas de medición en el sensor de presión durante un tiempo determinado o indefinidamente si se lo ordena. Dado el caso se fija al PID en modo manual.
  - Cuando una bomba no se encuentre en marcha aun cuando el programa lo esté ordenando, el programa la quita del conjunto de bombas del proceso y es remplazada por otra disponible.
  - Si no se detectan mediciones del sensor de flujo, o las mediciones son anormales, se continua con el bombeo durante un tiempo estipulado, durante el cual aparece una indicación en la pantalla HMI que permite la opción de continuar con el proceso indefinidamente.

### 2.13.3. Elementos para la automatización de la estación

Para lograr la marcha y parada automática de las bombas y mantener la alimentación eléctrica de la estación, se utiliza un PLC S7-1200 de la marca Siemens (Figura 118), con la CPU 1214C, que incluye 14 entradas digitales, 2 entradas analógicas y 10 salidas digitales. Para lograr la cantidad de entradas y salidas necesarias se incluye; un módulo de expansión de 8 entradas digitales y 8 salidas digitales, y un módulo de 2 salidas analógicas. Todas las salidas son del tipo relé.

La pantalla HMI que se utiliza para controlar el programa instalado en el PLC es de la misma marca y del modelo KTP700 Basic con un tamaño de 7 pulgadas. Para lograra conectarla a la CPU se añade un módulo de comunicación ethernet que también servirá para conectar computadoras en caso de que sea necesario modificar el programa o la pantalla no se encuentre funcionando. Con la pantalla se puede ver el estado actual de las bombas (marcha, parada o falla) y sus tiempos de funcionamiento, las mediciones realizadas por los sensores, el tipo de alimentación que está utilizando la estación. Es posible dar órdenes sobre la actuación de las bombas y/o los interruptores de alimentación, y añadir una base de datos con las variaciones del caudal consumido por los barrios alimentados por la estación durante el año.



**Figura 118.-** PLC de la estación.

En la Figura 119 se muestra la apariencia general de los módulos añadidos al PLC, y en la Figura 120 la pantalla HMI descrita.



**Figura 119.-** Módulos de expansión del PLC.



**Figura 120.-** Pantalla HMI.

La alimentación del PLC, los módulos y la pantalla utiliza una fuente de 24 V de corriente continua y 5 A de salida máximos, de la línea SITOP. Para poder mantener el programa funcionando en todo momento, incluso durante las fallas, se conecta la fuente a una UPS de corriente continua con una batería de 24 V y 3,2 Ah. La combinación de esta UPS y batería permite el funcionamiento del PLC durante 1 hora sin otras fuentes de alimentación, según lo calculado por el programa TIA Selection Tool de la compañía Siemens. El tiempo de autonomía resultantes es suficiente para dar tiempo al programa a lograr el arranque del generador auxiliar y

hacer uso de su energía para continuar funcionando con normalidad. El tiempo de recarga de la batería es de 3 horas y 20 minutos, según lo indicado.

Los resultados del programa se muestran en la Figura 121. En la Figura 122 se muestra la UPS junto a la fuente de alimentación.

Power supplies			
	SITOP PSU100S/1AC/24VDC/5A 6EP1333-2BA20	1	
Modules for power supply buffering		Actual buffer time for the requested values: Charging time after discharge:	01:00:5 03:20:0
	SITOP UPS1600/DC/24VDC/10A/ USB 6EP4134-3AB00-1AY0	1	
	SITOP BAT1600/ BATT.MODUL/24V/3.2AH 6EP4133-0GA00-0AY0	1	

**Figura 121.-** Autonomía del PLC ante fallas en la red.



**Figura 122.-** UPS y Fuente de corriente continua.

Durante los cortes de energía de la red, el PLC se encarga de dar órdenes de maniobra a los interruptores automáticos de caja moldeada de la estación. Los mecanismos motorizados de estos interruptores pueden llegar a requerir de un consumo máximo de 500 VA para producir su accionamiento remoto, según la información dada en su hoja de datos. Ya que utilizar la misma fuente de corriente continua destinada a la alimentación del PLC requeriría que la corriente máxima que esta pueda entregar sea igual a  $500VA/24V$ , es decir, 20,8 A, el gasto económico para

adquirirla no se justificaría con la poca cantidad de veces que se utilizaría para esta operación durante la vida útil de la estación, por lo que se utiliza en su lugar, una UPS de corriente alterna que alimenta exclusivamente a estos interruptores.

La UPS seleccionada es de marca Schneider, de 230 V y 1000 VA de potencia, y puede verse en la Figura 123.



**Figura 123.-** UPS de corriente alterna.

#### 2.13.4. Definición de las entradas y salidas

La cantidad de módulos de expansión de entradas y salidas para el PLC se eligió con el objetivo de cumplir con la cantidad necesaria para el correcto funcionamiento del programa como fue planteado. Estas se describen a continuación y son incluidas en una tabla que las ordena según el módulo al que pertenecen.

La bomba centrífuga de regulación requiere de una salida digital para de la orden de arranque al variador de velocidad. Esta salida alimenta un relé, que con el cierre de uno de sus contactos une los contactos propios del variador que inician el arranque de la bomba. El uso del relé es necesario ya que el variador de velocidad tiene su propia fuente de control que no debe mezclarse con la utilizada para las demás salidas del PLC. La otra salida de la cual hace uso el variador es una analógica que, conectada en los contactos correctos, indica la frecuencia a la que debe fijarse el variador en cada momento para regular la velocidad de la bomba. Las entradas relacionadas con esta bomba son 3, cada una indicando una situación diferente al cambiar de estado; la primera se trata de si la bomba se encuentra en modo automático o manual, la segunda es si esta se encuentra o no en marcha, y la última es si se produjo una falla que pueda ser indicada por el variador con la salida que posee esta función. Los sensores de presión y flujo ocupan en total 2 de las entradas analógicas del PLC.

Para las bombas principales la situación es prácticamente la misma, excepto que no requieren de una salida para su control de velocidad, sólo para su orden de marcha. La entrada que recibe la indicación de una falla lo hace a través de la salida de los arrancadores suaves en este caso.

Los mecanismos motorizados requieren cada uno de 2 salidas para ordenar que lleven a cabo la apertura y cierre de sus interruptores. La misma salida que da la orden de cierre al mecanismo también recarga el sistema de resorte que utiliza si se mantiene durante 9 segundos. También se utiliza otra salida para dar la orden de arranque al generador auxiliar. Las entradas que requiere el PLC para la administración de la alimentación son 4 en total, 2 por cada interruptor, siendo 1 de estas 2 la que indica el despeje de una falla por el interruptor correspondiente por uno de sus contactos y siendo la otra la que indica el estado de la alimentación a través de un contacto del relé de monitoreo.

El total de entradas digitales disponibles es 22 y el de entradas analógicas es 2. El total de salidas digitales es 18 y el de salidas analógicas es 2. Los motores requieren en total 1 salida analógica, 6 salidas digitales y 18 entradas digitales. El sistema de transferencia de energía requiere de 5 salidas digitales y 4 entradas digitales. El total de entradas y salidas que quedan libres en el PLC es entonces de; 7 salidas digitales y 1 salida analógica. En la Tabla (29) se definen las entradas y salidas del PLC sin los módulos de expansión.

**Tabla 29.-** Resumen de entradas y salidas del PLC (sin módulos).

<b>PLC sin expansiones</b>	<b>Pin común conectado a fase de UPS C.A.</b>	%Q0.0	Orden de apertura del interruptor principal
		%Q0.1	Orden de cierre del interruptor principal
		%Q0.2	Orden de apertura del interruptor generador
		%Q0.3	Orden de cierre del interruptor generador
		%Q0.4	Orden de arranque del generador
	<b>Pin común directamente conectado a fase de la red</b>	%Q0.5	Orden de marcha de la bomba de regulación
		%Q0.6	Orden de marcha de la bomba principal 1
		%Q0.7	Orden de marcha de la bomba principal 2
		%Q1.0	Orden de marcha de la bomba principal 3
		%Q1.1	Orden de marcha de la bomba principal 4
	<b>Alimentadas por fuente de 24 Vcc</b>	%I0.0	Indicación de falla del interruptor principal
		%I0.1	Indicación de falla del interruptor del generador
		%I0.2	Indicación del relé de monitoreo de la red
		%I0.3	Indicación del relé de monitoreo del generador
		%I0.4	Indicación de modo automático de la bomba de regulación
		%I0.5	Indicación de falla de la bomba de regulación
		%I0.6	Indicación de marcha de la bomba de regulación
		%I0.7	Indicación de modo automático de la bomba principal 1
		%I1.0	Indicación de falla de la bomba principal 1
		%I1.1	Indicación de marcha de la bomba principal 1
		%I1.2	Indicación de modo automático de la bomba principal 2
		%I1.3	Indicación de falla de la bomba principal 2
%I1.4	Indicación de marcha de la bomba principal 2		
%I1.5	Indicación de modo automático de la bomba principal 3		
%IW64	Medición del sensor de presión		
%IW66	Medición del sensor de flujo		

La Tabla (30) define las entradas y salidas de los módulos de expansión añadidos al PLC.

**Tabla 30.-** Resumen de entradas y salidas del PLC (módulos de expansión).

<b>Módulos de expansión del PLC</b>	<b>Módulo de 8 DI/8DO</b>	<b>Pin común directamente conectado a fase de la red</b>	%Q1.2	Orden de marcha de la bomba principal 4
			%Q1.3	No utilizada
			%Q1.4	No utilizada
			%Q1.5	No utilizada
			%Q1.6	No utilizada
			%Q1.7	No utilizada
			%Q2.0	No utilizada
			%Q2.1	No utilizada
		<b>Alimentadas por fuente de 24 Vcc</b>	%I1.6	Indicación de falla de la bomba principal 3
			%I1.7	Indicación de marcha de la bomba principal 3
			%I2.0	Indicación de modo automático de la bomba principal 4
			%I2.0	Indicación de falla de la bomba principal 4
			%I2.0	Indicación de marcha de la bomba principal 4
			%I2.0	Indicación de modo automático de la bomba principal 2
	%I2.0		Indicación de falla de la bomba principal 2	
%I2.0	Indicación de marcha de la bomba principal 2			
<b>Módulo de 2 AO</b>	<b>Alimentadas por fuente de 24 Vcc</b>	%QW64	Señal de regulación del variador de velocidad	
		%QW66	No utilizada	

### 3. CONCLUSIONES

En este punto se consideran cumplidos los objetivos propuestos para este proyecto. La estación diseñada puede enviar el caudal de agua necesario a los aproximadamente 85000 habitantes de la zona alta de la ciudad de Bahía Blanca. El sistema puede funcionar de forma desatendida, durante situaciones normales de la red y las máquinas, gracias al programa de automatización planteado. La utilización de equipos electrónicos que aseguran el arranque y la parada gradual de las bombas centrífugas beneficia al sistema de cañerías reduciendo los esfuerzos mecánicos que conlleva el transporte de agua.

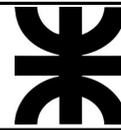
Debido a las dimensiones de la estación, no es posible añadir más bombas centrífugas de tipo horizontal sin que las mismas se encuentren tan cerca entre sí que dificulten la realización del mantenimiento por parte del personal, por lo que, en caso de que aumente el consumo de la población que depende del servicio de la estación, más allá de los 1350 m<sup>3</sup>/h que esta puede proveer, se considera que la única forma de aumentar la capacidad es remplazando las bombas seleccionadas por otras con mayor caudal disponible.

La correcta elección de las bombas centrífugas puede ponerse en duda debido a la falta de datos estadísticos más recientes acerca de los consumos de agua y a la falta de cálculos que determinen las características del sistema de cañerías que realiza el transporte, pero se cree que el proceso que se llevó a cabo se aproxima lo suficiente, para los objetivos de este proyecto, al resultado que se obtendría con la información adecuada, teniendo en cuenta las características de las bombas en la estación existente en la actualidad.

El generador auxiliar de la estación permite continuar con el funcionamiento parcial del servicio, al mantener la bomba de regulación en funcionamiento. Se considera el uso del generador durante pocas horas, ya que no se presuponen largos períodos de falla en la red, razón por la cual la potencia elegida es suficiente únicamente para la alimentación de una de las bombas, los equipos de automatización y la iluminación. Al considerar situaciones donde la energía no estuviese disponible durante días, debería utilizarse un generador capaz de alimentar el total de las cargas.

La instalación eléctrica de la estación se beneficiaría de la implementación de un sistema de corrección del factor de potencia. El factor de potencia de la estación diseñada es de 0,83 y no varía entre los valores de 0,82 y 0,85 la mayor parte del tiempo ya que son las cargas de mayor potencia, las bombas, las que determinan su valor. Con estos valores se recomienda utilizar simplemente una base de capacitores fija que lo lleven al factor de potencia deseado.

El costo de los materiales necesarios para llevar a cabo este proyecto, a excepción de las bombas (que ya se consideran compradas) se detalla en las siguientes páginas. Los precios se obtuvieron de diversas webs en los que cada elemento se encontrara disponible para su compra.



## PROYECTO: INGENIERÍA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

Ítem	Descripción	Código	Marca	Cantidad	Unidad	Precio Unitario [USD]	Subtotal [USD]
<b>1 Protecciones eléctricas</b>							
1.1	Interruptor seccionador Fusible tripolar - 125 A - Fusibles 00 - Resistencia 20 kA	GS2KK3	Schneider	6	c/u	331,84	1991,04
1.2	Fusible gL 00 - 80 A	F0L0080	Reproel	15	c/u	15,52	232,80
1.3	Fusible gL 00 - 63 A	F0L0063	Reproel	3	c/u	12,24	36,72
1.4	Interruptor automático - 630 A - 415 Vac - Ics 36 kA	C63F42D630	Schneider	1	c/u	3261,50	3261,50
1.5	Módulo de protección VigiPacT - IΔn 30 mA-30 A para Interruptor de 630 A	LV432466	Schneider	1	c/u	4662,31	4662,31
1.6	Mecanismo motorizado 230 Vac para interruptor de 630 A	LV432641	Schneider	1	c/u	3284,94	3284,94
1.7	Interruptor automático - 100 A - 415 Vac - Ics 25 kA	C10B4TM080	Schneider	1	c/u	726,96	726,96
1.8	Módulo de protección VigiPacT - IΔn 30 mA-30 A para Interruptor de 100 A	LV429488	Schneider	1	c/u	2371,73	2371,73
1.9	Mecanismo motorizado 230 Vac para interruptor de 100 A	LV429434	Schneider	1	c/u	2527,47	2527,47
1.10	Contacto auxiliar (1 NO/NC) integrable en interruptores automáticos	29450	Schneider	2	c/u	151,39	302,78
1.11	Interruptor automático - 50 A - 415 Vac - Ics 25 kA	C10B4TM050	Schneider	1	c/u	625,20	625,20
1.12	Interruptor termomagnético bipolar - 4 A - Icc 4,5 kA - Curva C	837200	Zoloda	3	c/u	10,99	32,97
1.13	Interruptor termomagnético bipolar - 4 A - Icc 50 kA - Curva C	A9F74304	Schneider	1	c/u	293,08	293,08
1.14	Interruptor termomagnético bipolar - 6 A - Icc 4,5 kA - Curva C	837201	Zoloda	1	c/u	10,99	10,99
1.15	Interruptor termomagnético tripolar - 6 A - Icc 4,5 kA - Curva C	837300	Zoloda	1	c/u	15,93	15,93
1.16	Interruptor termomagnético bipolar - 10 A - Icc 4,5 kA - Curva C	837202	Zoloda	1	c/u	14,72	14,72
1.17	Interruptor termomagnético bipolar - 16 A - Icc 4,5 kA - Curva C	837203	Zoloda	1	c/u	10,19	10,19
1.18	Interruptor termomagnético tripolar - 16 A - Icc 4,5 kA - Curva C	837302	Zoloda	1	c/u	14,72	14,72
1.19	Interruptor termomagnético tetrapolar - 32 A - Icc 4,5 kA - Curva C	837405	Zoloda	1	c/u	21,07	21,07
1.20	Interruptor termomagnético tetrapolar - 40 A - Icc 4,5 kA - Curva C	837406	Zoloda	1	c/u	21,07	21,07
1.21	Interruptor diferencial - 30 mA - 40 A - Clase AC	868402	Zoloda	1	c/u	70,85	70,85
1.22	Guardamotor trifásico - 10 A - Icc 100 kA	3RV2011-1JA10	Siemens	1	c/u	197,00	197,00
1.23	Relé de moitoreo de fases ante falla, cambio de secuencia, baja tensión y sobretensión	3UG4615-1CR20	Siemens	2	c/u	563,00	1126,00
<b>2 Armarios de la estación</b>							
2.1	Sistema de armarios ensamblables de chapa de acero - 1600x800x500 mm	VX 8865.000	Rittal	5	c/u	621,67	3108,35
2.2	Cantoneira de zócalo con pantallas de zócalo, delante y detrás - 200 mm de altura	VX 8640.023	Rittal	5	c/u	77,54	387,70
2.3	Pantallas de zócalo laterales - 200 mm de altura	VX 8640.042	Rittal	1	c/u	32,65	32,65
2.4	Aire acondicionado para armario autoportante - 230 V - 850 W	S101526G031	nVent Hoffman	1	c/u	3586,77	3586,77
<b>3 Puesta a Tierra</b>							
3.1	Barra de puesta a tierra de material E-Cu - 80x10x700 mm	SV 9686.588	Rittal	1	c/u	272,54	272,54
3.2	SopORTE angular de barra de puesta a tierra - 2 piezas	SV 9686.350	Rittal	1	c/u	45,53	45,53
3.3	Jabalina para puesta a tierra de acero-cobre - longitud de 3 m - diámetro de 3/4"	JLJC1930	GENROD	1	c/u	68,90	68,90
3.4	Tomacable mordaza normalizado T3	MT3	GENROD	1	c/u	16,04	16,04
3.5	Caja de inspección de hierro fundido - 25x25x7 cm	CI 1	GENROD	1	c/u	48,76	48,76
3.6	Grampa para puesta a tierra con fijación a superficie - Un conductor de 10-35 mm2	G2-01	LCT	24	c/u	7,23	173,52
3.7	Grampa para puesta a tierra con fijación a superficie - Dos conductores de 6-50 mm2	C9-01	LCT	5	c/u	13,22	66,10

4	Caños y Accesorios						
4.1	Caño rígido PVC - 50 mm de diámetro - Tramos de 3 m	TR50/3	POLIVINIL	1	c/u	10,08	10,08
4.2	Curva rígida PVC - 50 mm de diámetro	CC50	POLIVINIL	1	c/u	4,52	4,52
4.3	Caño rígido PVC curvable en frío - 32 mm de diámetro - Tramos de 3 m	TR32/3	POLIVINIL	6	c/u	5,93	35,58
4.4	Resorte para curvado en frío de caño de PVC para diámetro de 32 mm	RE32	POLIVINIL	1	c/u	87,85	87,85
4.5	Caño rígido PVC curvable en frío - 20 mm de diámetro - Tramos de 3 m	TR20/3	POLIVINIL	9	c/u	2,63	23,67
4.6	Resorte para curvado en frío de caño de PVC para diámetro de 20 mm	RE20	POLIVINIL	1	c/u	29,41	29,41
4.7	Caño rígido PVC curvable en frío - 16 mm de diámetro - Tramos de 3 m	TR16/3	POLIVINIL	42	c/u	2,90	121,80
4.8	Resorte para curvado en frío de caño de PVC para diámetro de 16 mm	RE16	POLIVINIL	1	c/u	27,60	27,60
4.9	Grampa de fijación de caño de PVC de 16 mm (Separación de 55 cm) - Paquete de 10 U.	GA16	POLIVINIL	23	c/u	3,94	90,62
4.10	Unión rígida y recta entre segmentos de caño rígido de 16 mm de diámetro - Paquete de 26 U.	UR16	POLIVINIL	1	c/u	4,93	4,93
4.11	Grampa de fijación de caño de PVC de 20 mm (Separación de 60 cm) - Paquete de 24 U.	GA20	POLIVINIL	3	c/u	4,64	13,92
4.12	Unión rígida y recta entre segmentos de caño rígido de 20 mm de diámetro - Paquete de 10 U.	UR20	POLIVINIL	1	c/u	3,11	3,11
4.13	Grampa de fijación de caño de PVC de 32 mm (Separación de 60 cm) - Paquete de 14 U.	GA32	POLIVINIL	3	c/u	6,68	20,04
4.14	Unión rígida y recta entre segmentos de caño rígido de 32 mm de diámetro - Paquete de 10 U.	UR32	POLIVINIL	1	c/u	7,46	7,46
4.15	Grampa de fijación de caño de PVC de 50 mm (Separación de 90 cm) - Paquete de 8 U.	GA50	POLIVINIL	1	c/u	5,51	5,51
4.16	Caja de paso de material termoplástico - 85x85x79 mm	BN0808	POLIVINIL	15	c/u	4,75	71,25
4.17	Conector caja-caño de tipo con tuerca para caños de 16 mm de diámetro - Paquete de 50 U.	NT16	POLIVINIL	2	c/u	14,36	28,72
4.18	Conector caja-caño de tipo con tuerca para caños de 20 mm de diámetro - Paquete de 20 U.	NT20	POLIVINIL	1	c/u	6,27	6,27
4.19	Conector caja-caño de tipo con tuerca para caños de 32 mm de diámetro - Paquete de 5 U.	NT32	POLIVINIL	1	c/u	8,36	8,36
4.20	Conector caja-caño de tipo con tuerca para caños de 50 mm de diámetro - Paquete de 10 U.	NT40	POLIVINIL	1	c/u	27,56	27,56
5	Cables						
5.1	Cable XLPE 1x25 mm2 Afumex 1000+ (Marrón)	RZ1-R	Prysmian	120	m	27,79	3334,80
5.2	Cable XLPE 1x25 mm2 Afumex 1000+ (Negro)	RZ1-R	Prysmian	120	m	27,79	3334,80
5.3	Cable XLPE 1x25 mm2 Afumex 1000+ (Rojo)	RZ1-R	Prysmian	120	m	27,79	3334,80
5.4	Cable XLPE 1x16 mm2 Afumex 1000+ (Verde-Amarillo) - Tramos de 100 m	RZ1-R	Prysmian	2	c/u	1232,50	2465,00
5.5	Cable Material termoplástico 1x10 mm2 Afumex 750 (Marrón) - Tramos de 100 m	N07M-K	Prysmian	1	c/u	731,85	731,85
5.6	Cable Material termoplástico 1x10 mm2 Afumex 750 (Negro) - Tramos de 100 m	N07M-K	Prysmian	1	c/u	731,85	731,85
5.7	Cable Material termoplástico 1x10 mm2 Afumex 750 (Rojo) - Tramos de 100 m	N07M-K	Prysmian	1	c/u	731,85	731,85
5.8	Cable Material termoplástico 1x10 mm2 Afumex 750 (Celeste) - Tramos de 100 m	N07M-K	Prysmian	1	c/u	731,85	731,85
5.9	Cable Material termoplástico 1x10 mm2 Afumex 750 (Verde-Amarillo) - Tramos de 100 m	N07M-K	Prysmian	1	c/u	731,85	731,85
5.10	Cable Material termoplástico 1x1,5 mm2 Afumex 750 (Rojo) - Tramos de 100 m	N07M-K	Prysmian	2	c/u	124,16	248,32
5.11	Cable Material termoplástico 1x1,5 mm2 Afumex 750 (Celeste) - Tramos de 100 m	N07M-K	Prysmian	2	c/u	124,16	248,32
5.12	Cable Material termoplástico 1x2,5 mm2 Afumex 750 (Rojo) - Tramos de 100 m	N07M-K	Prysmian	1	c/u	197,07	197,07
5.13	Cable Material termoplástico 1x2,5 mm2 Afumex 750 (Celeste) - Tramos de 100 m	N07M-K	Prysmian	1	c/u	197,07	197,07
5.14	Cable Material termoplástico 1x2,5 mm2 Afumex 750 (Verde-Amarillo) - Tramos de 100 m	N07M-K	Prysmian	3	c/u	197,07	591,21
5.15	Cable XLPE 3x185+95 mm2 Afumex 1000+	RZ1-R	Prysmian	60	m	648,49	38909,40
6	Luminarias						
6.1	Luminaria LED para armario - 13 W - 1200 Lm - 100-240 Vca	SZ 2500.300	Rittal	5	c/u	197,51	987,55
6.2	Cable de conexión para luminaria LED para armario - 3x1,5 mm2 - 3 m de longitud	SZ 2500.400	Rittal	5	c/u	35,83	179,15
6.3	Luminaria Tubo LED - 25.5 W - 220-240 Vac - 3200 Lm	BN126C LED32S/ 830 PSU TW1 L1500	PHILIPS	24	c/u	74,85	1796,40
6.4	Luminaria Tubo Fluorescente x1 - 30 W - 230-240 Vac - 2400 lm	TMS022 1xTL- D30W HFS	PHILIPS	2	c/u	28,93	57,86
6.5	Luminaria Tubo Fluorescente x2 - 58 W - 230-240 Vac - 5200 lm (C/u)	TMS022 2xTL- D58W HFS	PHILIPS	11	c/u	41,84	460,24

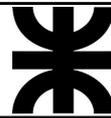
7	Soportería y Bulonería						
7.1	Tarugos plásticos de 6 mm (Por c/grampa) - Paquete de 100 U.			4	c/u	4,10	16,40
7.2	Tornillos Parker de 35x3 mm cabeza cruz (Por c/grampa) - Paquete de 100 U.			4	c/u	8,28	33,12
7.3	Riel de montaje DIN de 35 mm perforado de 1m de longitud	800.005	Zoloda	8	c/u	5,05	40,40
7.4	Terminales de compresión de cobre estañado de 185 mm2 con ojal de 5/8"	SCC 185/2	LCT	6	c/u	14,42	86,52
7.5	Terminales de compresión de cobre estañado de 95 mm2 con ojal de 5/8"	SCC 95/2	LCT	2	c/u	6,74	13,48
7.6	Terminales de compresión de cobre estañado de 25 mm2 con ojal de 1/2" - Paquete de 10 U.	SCC 25/4	LCT	11	c/u	18,47	203,17
7.7	Terminales de compresión de cobre estañado de 16 mm2 con ojal de 3/8" - Paquete de 10 U.	SCC 16/3	LCT	4	c/u	13,45	53,80
7.8	Terminales de compresión de cobre estañado de 10 mm2 con ojal de 5/16" - Paquete de 10 U.	SCC 10/3	LCT	1	c/u	10,55	10,55
7.9	Terminales de compresión de cobre estañado de 2,5 mm2 con ojal de 3/16" - Paquete de 10 U.	SCC 2.5/2	LCT	5	c/u	619,00	3095,00
7.10	Terminales de compresión de cobre estañado de 1,5 mm2 con ojal de 3/16" - Paquete de 10 U.	SCC 1.5/3	LCT	1	c/u	2,74	2,74
8	Bandejas y accesorios						
8.1	Tramo recto de bandeja portacables perforada - 3 m de longitud - 200x50 mm	TRPS-200-22-Z	SAMET	4	c/u	36,90	147,60
8.2	Tramo recto de bandeja portacables perforada - 3 m de longitud - 50x50 mm	TRPS-050-22-Z	SAMET	12	c/u	21,30	255,60
8.3	Tapa ciega para tramo recto de bandeja - 200 mm de ancho	TTRS-200-22-Z	SAMET	4	c/u	30,34	121,36
8.4	Tapa ciega para tramo recto de bandeja - 50 mm de ancho	TTRS-050-22-Z	SAMET	12	c/u	12,90	154,80
8.5	Curva vertical ascendente para bandeja portacables - 50 mm de ancho	CUPS-050-A-Z	SAMET	6	c/u	15,60	93,60
8.6	Tapa ciega para curva vertical de bandeja - 50 mm de ancho	TCUPS-050-D-Z	SAMET	6	c/u	8,74	52,44
8.7	Soposte ménsula para bandeja portacables - 230 mm de largo	S-230-Z	SAMET	9	c/u	5,53	49,77
8.8	Final de tramo/reducción de bandeja portacable - 200 mm de ancho	RFPS-200-Z	SAMET	2	c/u	5,99	11,98
8.9	Final de tramo/reducción de bandeja portacable - 75 mm de ancho	RFPS-075-Z	SAMET	12	c/u	4,88	58,56
8.10	Final de tramo/reducción de bandeja portacable - 50 mm de ancho	RFPS-050-Z	SAMET	6	c/u	5,13	30,78
8.11	Embudo para bajada en forma paralela en bandeja portacables - 200 mm de ancho	EMPS-200-Z	SAMET	6	c/u	80,22	481,32
9	Barras de distribución de corriente de los armarios						
9.1	Soposte de barras para pletinas flexibles de 4 polos - Paquete de 4 unidades	SV 9340.004	Rittal	2	c/u	48,50	97,00
9.2	Juego de conexión de barras para barras de 30x10mm - Paquete de 3 unidades	SV 9320.030	Rittal	1	c/u	65,81	65,81
9.3	Barras colectoras - material E-Cu 30x10 mm - 2,4 m de longitud - Paquete de 3 unidades	SV 3586.005	Rittal	2	c/u	422,91	845,82
9.4	Cubierta del sistema de barras y bornes de conexión - 200x110 mm - Paquete de 4 unidades	SV 3091.000	Rittal	1	c/u	89,54	89,54
9.5	Cubierta del sistema de barras y bornes de conexión - 200x80 mm - Paquete de 4 unidades	SV 3088.000	Rittal	1	c/u	80,12	80,12
9.6	Cubierta del sistema de barras y bornes de conexión - 100x80 mm - Paquete de 4 unidades	SV 3087.000	Rittal	2	c/u	66,78	133,56
9.7	Perfil cubierta para sistema de barras - 1,100 m de longitud - Paquete de 2 unidades	SV 9340.214	Rittal	2	c/u	35,83	71,66
9.8	Pantalla soporte para perfil cubierta - Paquete de 5 unidades	SV 9340.224	Rittal	1	c/u	4,55	4,55
9.9	Cubierta final para sistema de barras - Paquete de 2 piezas	SV 9340.074	Rittal	1	c/u	4,88	4,88
9.10	Bandeja de base para sistema de barras - 1,1 m de longitud - Paquete de 2 unidades	SV 9342.134	Rittal	1	c/u	53,75	53,75
9.11	Bornes de conexión para barras - secciones de 70-185 mm2 - Paquete de 15 piezas	SV 3459.500	Rittal	1	c/u	36,70	36,70
9.12	Bornes de conexión para barras - secciones de 16-50 mm2 - Paquete de 15 piezas	SV 3457.500	Rittal	2	c/u	17,01	34,02
9.13	Bornes de conexión para barras - secciones 1-4 mm2 - Paquete de 15 piezas	SV 3455.500	Rittal	1	c/u	9,78	9,78

10	Equipos de potencia						
10.1	Contactador de potencia - AC3-51 A - AC1-70 A - 230 Vac	3RT2036-1AL20-1AA0	Siemens	6	c/u	1.047,00	6282,00
10.2	Variador de velocidad 380-480 V 30 kW Powerflex	22C-D060A103	Allen-Bradley	1	c/u	4.817,93	4817,93
10.3	Arrancador suave Sirius - 72 A - 37 kW - 400 V	3RW4038-1BB14	Siemens	5	c/u	2.291,00	11455,00
11	Tablero de tomacorrientes						
11.1	Tablero de tomacorrientes de polimero autoextinguible - 340x335x160 mm	13180	Schneider	1	c/u	117,29	117,29
11.2	Placa adaptadora de zócalo 90x100 mm para tomacorrientes de 65x85mm	13136	Schneider	2	c/u	13,38	26,76
11.3	Tomacorrientes para embutir recto - 16 A - 2P+T - 220 V	PKF16G423	Schneider	1	c/u	10,97	10,97
11.4	Tomacorrientes para embutir inclinado - 16 A - 3P+T - 380-415 V	PKF16F434	Schneider	1	c/u	11,74	11,74
11.5	Tomacorrientes para embutir inclinado - 32 A - 3PN+T - 380-415 V	PKF32G435	Schneider	1	c/u	19,19	19,19
12	Generador auxiliar						
12.1	Generador auxiliar en gabinete - 50 kVA - 400V (50 Hz) - motor diesel de 4 tiempos	FE NEF 50M	FENK	1	c/u	29823,39	29823,39
12.2	Controlador de funcionamiento para generador auxiliar	TE2010-GE	Tecnoelettera	1	c/u	528,88	528,88
12.4	Caja de acero con puerta de dimensiones - 300x300x150 mm - montaje en pared	NSYCRN33150P	Schneider	1	c/u	127,72	127,72
13	Borneras y canalización en armarios						
13.1	Borne de paso - sección de 0,08-1,5 mm <sup>2</sup> - 500 V - 17,5 A - para riel DIN 35 mm - Paquete de 50 U.	3031076	Phoenix Contact	4	c/u	0,68	2,72
13.2	Puente enchufable - 5 puntas - para borne de paso de 0,08-1,5 mm <sup>2</sup> - Paquete de 50 U.	3030145	Phoenix Contact	1	c/u	54,90	54,90
13.3	Puente enchufable - 4 puntas - para borne de paso de 0,08-1,5 mm <sup>2</sup> - Paquete de 50 U.	3030132	Phoenix Contact	1	c/u	40,11	40,11
13.4	Puente enchufable - 3 puntas - para borne de paso de 0,08-1,5 mm <sup>2</sup>	3030129	Phoenix Contact	4	c/u	0,63	2,52
13.5	Puente enchufable - 2 puntas - para borne de paso de 0,08-1,5 mm <sup>2</sup>	3030116	Phoenix Contact	41	c/u	0,32	13,12
13.6	Placa separadora de borne de paso de 0,08-1,5 mm <sup>2</sup>	3030721	Phoenix Contact	38	c/u	0,28	10,64
13.7	Tapa final de borne de paso de 0,08-1,5 mm <sup>2</sup>	3030417	Phoenix Contact	32	c/u	0,35	11,20
13.8	SopORTE final de borne de paso de 0,08-1,5 mm <sup>2</sup> de 9,5 mm de ancho	3022218	Phoenix Contact	18	c/u	0,50	9,00
13.9	Caperuza final para riel DIN 35 mm - Paquete de 100 U.	1206573	Phoenix Contact	1	c/u	20,77	20,77
13.10	Borne de paso - sección de 1,5-25mm <sup>2</sup> - 1000 V - 76 A - para riel DIN 35 mm	3044199	Phoenix Contact	4	c/u	1,70	6,80
13.11	Placa separadora de borne de paso de 1,5-25 mm <sup>2</sup> - Paquete de 50 U.	706647	Phoenix Contact	1	c/u	74,16	74,16
13.12	Tapa final de borne de paso de 1,5-25 mm <sup>2</sup>	3047206	Phoenix Contact	2	c/u	0,48	0,96
13.13	SopORTE final de borne de paso de 1,5-25 mm <sup>2</sup> de 10 mm de ancho	1201662	Phoenix Contact	2	c/u	2,89	5,78
13.14	Cablecanal ranurado 40x60 mm de 2 m	DXN10072	Schneider	14	c/u	8,60	120,40
13.15	Cablecanal ranurado 40x40 mm de 2 m	DXN10062	Schneider	8	c/u	8,60	68,80
13.16	Cablecanal ranurado 80x60 mm de 2 m	DXN10112	Schneider	1	c/u	14,56	14,56
14	Comando y señalización						
14.1	Pulsador de parada de emergencia - 1/4 de giro - NC - 22 mm de diámetro	XB4BS8442	Schneider	1	c/u	67,43	67,43
14.2	Llave selectora - 3 posiciones - 2 NA - manija larga - 22 mm de diámetro	XB4BJ33	Schneider	5	c/u	42,05	210,25
14.3	Llave selectora - 2 posiciones - 1 NA - manija corta - 22 mm de diámetro	XB4BD21	Schneider	6	c/u	33,52	201,12
14.4	Piloto luminoso LED - verde - 230 Vac - 22 mm de diámetro	XB7EV03MP	Schneider	8	c/u	43,52	348,16
14.5	Piloto luminoso LED - amarillo - 230 Vac - 22 mm de diámetro	XB7EV05MP	Schneider	8	c/u	43,52	348,16
14.6	Piloto luminoso LED - rojo - 230 Vac - 22 mm de diámetro	XB7EV04MP	Schneider	8	c/u	43,52	348,16

15	Automatización y Control						
15.1	UPS - 230 Vac - 1000 VA	SRV1KI-AR	Schneider	1	c/u	893,95	893,95
15.2	UPS - 24 Vcc - 10 A de salida	6EP4134-3AB00-0AY0	Siemens	1	c/u	670,00	670,00
15.3	Batería de plomo de la UPS - 24 V - 3,2 Ah	6EP4133-0GA00-0AY0	Siemens	1	c/u	256,96	256,96
15.4	Fuente de alimentación - 120-230 Vac de entrada - 24 V 5 A de salida	6EP1333-2BA20	Siemens	1	c/u	570,00	570,00
15.5	CPU 1214 DC/DC/Relay PLC S7-1200	6ES7214-1HG40-0XB0	Siemens	1	c/u	1119,00	1119,00
15.6	Módulo de 8 Salidas/Entradas digitales SM1222 para PLC	6ES7223-1PH32-0XB0	Siemens	1	c/u	545,00	545,00
15.7	Módulo de 2 Salidas analógicas SM1232 para PLC	6ES7232-4HB32-0XB0	Siemens	1	c/u	748,00	748,00
15.8	Módulo de conexión ethernet con 4 switchs CSM1277 para PLC	6GK7277-1AA10-0AA0	Siemens	1	c/u	389,00	389,00
15.9	Pantalla HMI KTP700 para PLC	6AV2123-2GB03-0AX0	Siemens	1	c/u	1838,00	1838,00
15.10	Zócalo para relé - 220 Vac/cc	RSLZVA4	Schneider	30	c/u	13,19	395,70
15.11	Zócalo para relé - 24 Vac/cc	RSLZVA1	Schneider	1	c/u	13,19	13,19
15.12	Relé para zócalo - 24 Vcc - 6 A - 1 NO/NC	RSL1AB4BD	Schneider	31	c/u	7,71	239,01
TOTAL ESTIMADO [USD]						159706,98	

## ANEXOS

Listados .....	105
Listado de cargas .....	105
Listado de cables .....	107
Planos .....	108
Diagrama unifilar.....	108
Layout de canalizaciones eléctricas .....	115
Layout de puesta a tierra .....	131
Esquema funcional .....	137
Topográfico de los armarios .....	154
Diagrama de conexionado.....	163
Fotografías .....	168
Modelado 3D .....	171



DOCUMENTO:  
LISTADO DE CARGAS

PROYECTO: INGENIERÍA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

ITEM	CARGAS	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	TENSIÓN [V]	FREC. [Hz]	ROT. NOM. [RPM]	POT. MECÁN. [kW]	REND. [%]	P [kW]	S [kVA]	F.P. [%]	I [A]	F.C.	F.S.
										NOTA 1		NOTA 2	
TRANSFORMADOR - 400 kVA													
1	TABLERO 1												
1.1	UPS-100	UPS DE C.A.	1X230 CA	50	-	-	88%	0,800	1,000	-	-	-	-
1.2	UPS-200	UPS DE C.C.	24 CC	-	-	-	98%	0,240	-	-	10,000	-	-
1.3	BAT-200	BATERÍA DE LA UPS DE C.C.	24 DC	-	-	-	-	-	-	-	20,000	-	-
1.4	U-200	FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE C.C.	1X230 CA	50	-	-	88%	0,144	-	-	5,000	-	-
1.5	PLC-200	CPU PLC	24 DC	-	-	-	-	-	-	-	0,500	-	-
1.6	MOD-01-200	MÓD. DE ENTRADAS/SALIDAS DIGITALES PARA PLC	24 DC	-	-	-	-	-	-	-	0,120	-	-
1.7	MOD-02-200	MÓD. DE ENTRADAS ANALÓGICAS PARA PLC	24 DC	-	-	-	-	-	-	-	0,045	-	-
1.8	MOD-03-200	MÓD. ETHERNET PARA PLC	24 DC	-	-	-	-	-	-	-	0,070	-	-
1.9	HMI-200	PANTALLA HMI PARA PLC	24 DC	-	-	-	-	-	-	-	0,230	-	-
2	TABLERO 2												
2.1	Y-01-100	MEC. MOTOR. DE INTERRUPTOR PRINCIPAL	1X230 CA	50	-	-	-	-	0,500	-	-	-	-
2.2	Y-02-100	MEC. MOTOR. DE INTERRUPTOR DE GENERADOR	1X230 CA	50	-	-	-	-	0,500	-	-	-	-
2.3	CL-01	CIRC. DE ILUMINACIÓN DE PLANTA BAJA	1X230 CA	50	-	-	-	0,306	-	90%	1,480	-	-
2.4	CL-02	CIRC. DE ILUMINACIÓN DE LA SALA DE BOMBAS	1X230 CA	50	-	-	-	1,336	-	80%	7,260	-	-
2.5	CL-03	CIRC. DE ILUMINACIÓN EXTERIOR	1X230 CA	50	-	-	-	0,153	-	90%	0,740	-	-
2.6	M-01	BOMBA DE ACHIQUE	1X230 CA	50	-	1,200	-	1,260	1,730	-	7,600	-	-
2.7	TT-06	TABLERO DE TOMACORRIENTES	3x400 CA	50	-	-	-	-	-	-	32,000	-	-
2.8	AC-01	AIRE ACONDICIONADO DE TABLEROS	1X230 CA	50	-	-	-	1,500	-	-	5,100	-	-
2.9	KA-01	RELÉ DE MONITOREO DE RED	3X400 CA	50	-	-	-	-	-	-	3,000	-	-
2.10	KA-02	RELÉ DE MONITOREO DE GENERADOR	3X400 CA	50	-	-	-	-	-	-	3,000	-	-
3	TABLERO 3												
3.1	U-M-10	VARIADOR DE VELOCIDAD	3x400 CA	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.2	M-10	BOMBA CENTRÍFUGA DE REGULACIÓN	3x400 CA	50	2970	30,0	93,2%	32,150	37,830	80%	54,600	75%	1
4	TABLERO 4												
4.1	U-M-20	ARRANCADOR SUAVE	3x400 CA	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.2	U-M-30	ARRANCADOR SUAVE	3x400 CA	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.3	U-M-40	ARRANCADOR SUAVE	3x400 CA	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.4	M-20	BOMBA CENTRÍFUGA	3x400 CA	50	1480	37,00	94,0%	39,320	47,950	76%	69,210	75%	1
4.5	M-30	BOMBA CENTRÍFUGA	3x400 CA	50	1480	37,00	94,0%	39,320	47,950	76%	69,210	75%	1
4.6	M-40	BOMBA CENTRÍFUGA	3x400 CA	50	1480	37,00	94,0%	39,320	47,950	76%	69,210	75%	1

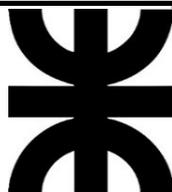
5	TABLERO 5												
5.1	U-M-50	ARRANCADOR SUAVE	3x400 CA	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.2	U-M-60	ARRANCADOR SUAVE	3x400 CA	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.3	M-50	BOMBA CENTRÍFUGA	3x400 CA	50	1480	37,00	94,0%	39,320	47,950	76%	69,210	75%	1
5.4	M-60	BOMBA CENTRÍFUGA	3x400 CA	50	1480	37,00	94,0%	39,320	47,950	76%	69,210	75%	1

**NOTAS:**

1. F.P. = FACTOR DE POTENCIA.
2. F.C. = FACTOR DE CARGA; F.S. = FACTOR DE SIMULTANEIDAD.

**DOCUMENTOS DE REFERENCIA:**

- DIAGRAMA UNIFILAR
- TOPOGRÁFICO
- DIAGRAMA DE CONEXIONADO



DOCUMENTO N°:

LISTADO DE CABLES

**PROYECTO: INGENIERÍA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y DE AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE**

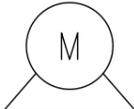
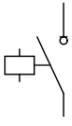
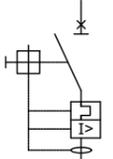
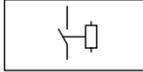
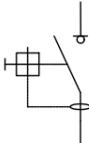
Ítem	Tag	Desde	Hasta	Tensión [V]	Formación de cables	Longitud [m]	Aislación
1	<b>Potencia</b>						
1.1	CP-T-TBT-02	T-01	TBT-02	400	1x(3x185 + 95)	48	XLPE
1.2	CP-G-TBT-02	G-01	TBT-02	400	1x(4x16) + T	4	XLPE
1.3	CP-CL-01	TC-01	CL-01	230	2x1,5 + T	42	Termoplástico
1.4	CP-CL-02	TC-01	CL-02	230	2x2,5 + T	45	Termoplástico
1.5	CP-CL-03	TC-01	CL-03	230	2x1,5 + T	54	Termoplástico
1.6	CP-M-01	TC-01	M-01	230	2x2,5 + T	34	Termoplástico
1.7	CP-TT-06	TC-01	TT-06	400	4x10 + T	18	Termoplástico
1.8	CP-M-10	TP-03	M-10	400	3x25 + T	12	XLPE
1.9	CP-M-20	TP-04	M-20	400	3x25 + T	12	XLPE
1.10	CP-M-30	TP-04	M-30	400	3x25 + T	14	XLPE
1.11	CP-M-40	TP-04	M-40	400	3x25 + T	16	XLPE
1.12	CP-M-50	TP-05	M-50	400	3x25 + T	18	XLPE
1.13	CP-M-60	TP-05	M-60	400	3x25 + T	20	XLPE
2	<b>Comando</b>						
2.1	CC-PT-01	PT-01	TC-01	24 Vcc	12	m	Termoplástico

**DOCUMENTOS DE REFERENCIA:**

LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

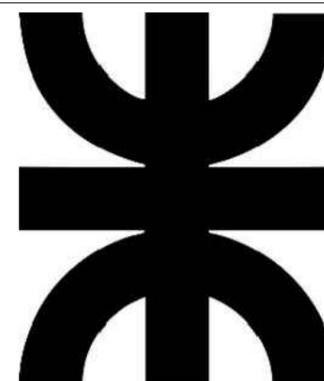
DIAGRAMA UNIFILAR

REFERENCIAS:

	TRANSFORMADOR CON PRIMARIO EN TRIÁNGULO Y SECUNDARIO EN ESTRELLA		MOTOR DE CORRIENTE ALTERNA
	GRUPO ELECTRÓGENO		INTERRUPTOR-SECCIONADOR FUSIBLE
	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO		CONTACTOR DE POTENCIA
	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE CAJA MOLDEADA CON PROTECCIÓN DIFERENCIAL		VARIADOR DE FRECUENCIA
	RELÉ DE MONITOREO DE FASES		ARRANCADOR SUAVE
	UPS CON SALIDA DE CORRIENTE CONTÍNUA		DISYUNTOR DIFERENCIAL
	UPS CON SALIDA DE CORRIENTE ALTERNA		TOMACORRIENTE
	CIRCUITO DE LUMINARIAS		PILOTOS LUMINOSOS DE APERTURA, CIERRE Y FALLA DE INTERRUPTOR
			PILOTOS LUMINOSOS DE MARCHA, PARADA Y FALLA DE MOTOR
	AIRE ACONDICIONADO DE LOS ARMARIOS		PULSADOR DE PARADA DE EMERGENCIA
	GUARDAMOTOR		LLAVE SELECTORA DE MODO MANUAL-AUTOMÁTICO DE MOTOR
			LLAVE DE MARCHA-PARADA DE MOTOR

DOC. DE REFERENCIA

- LISTADO DE CARGAS
- LISTADO DE CABLES
- MEMORIA DE CÁLCULO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA

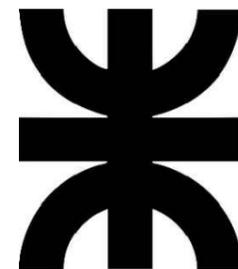
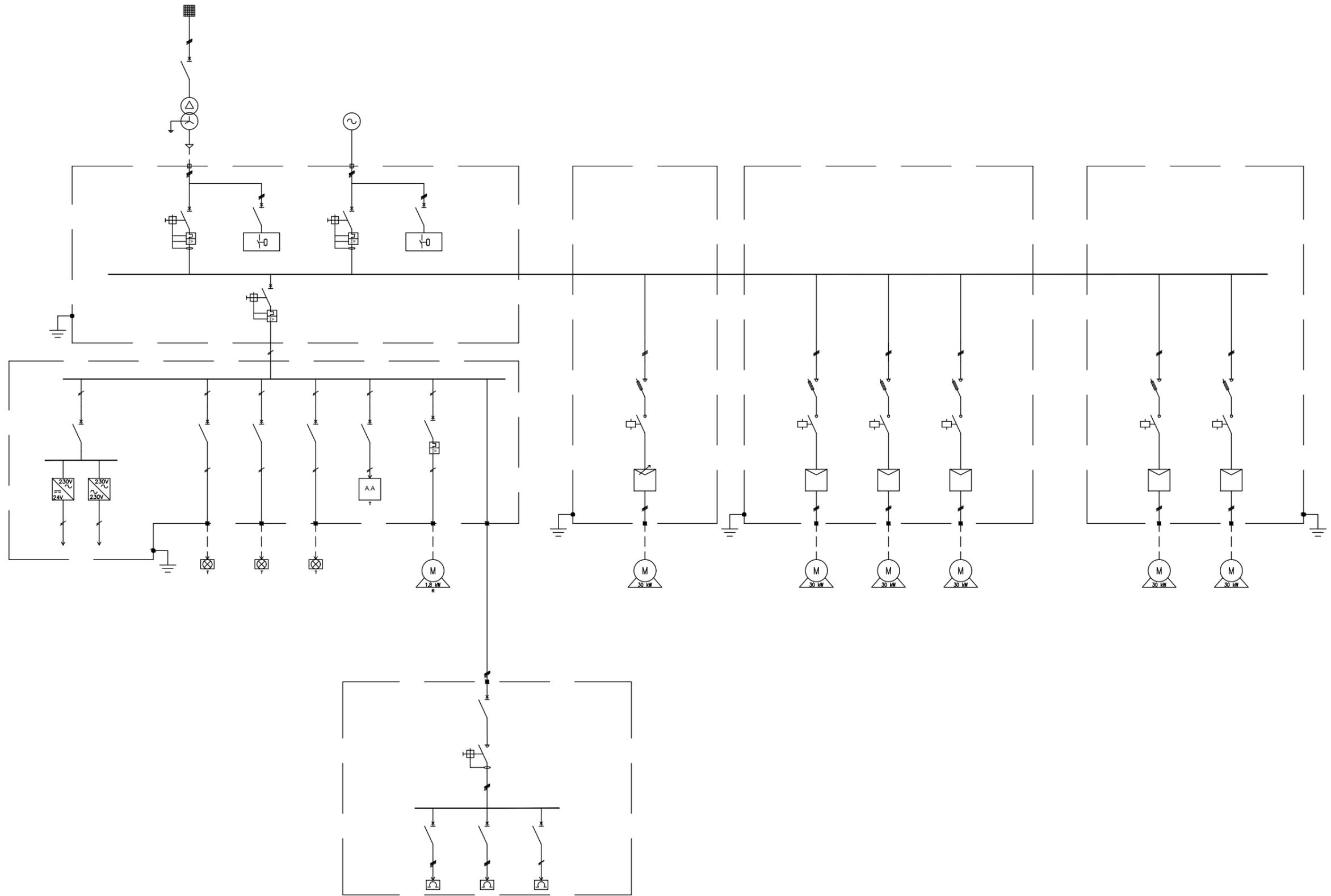


PROYECTO: **DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE**

TITULO: **DIAGRAMA UNIFILAR**

PÁGINA DEL PROYECTO **108 DE 177**

ESCALA **VARIAS**



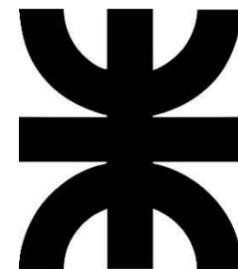
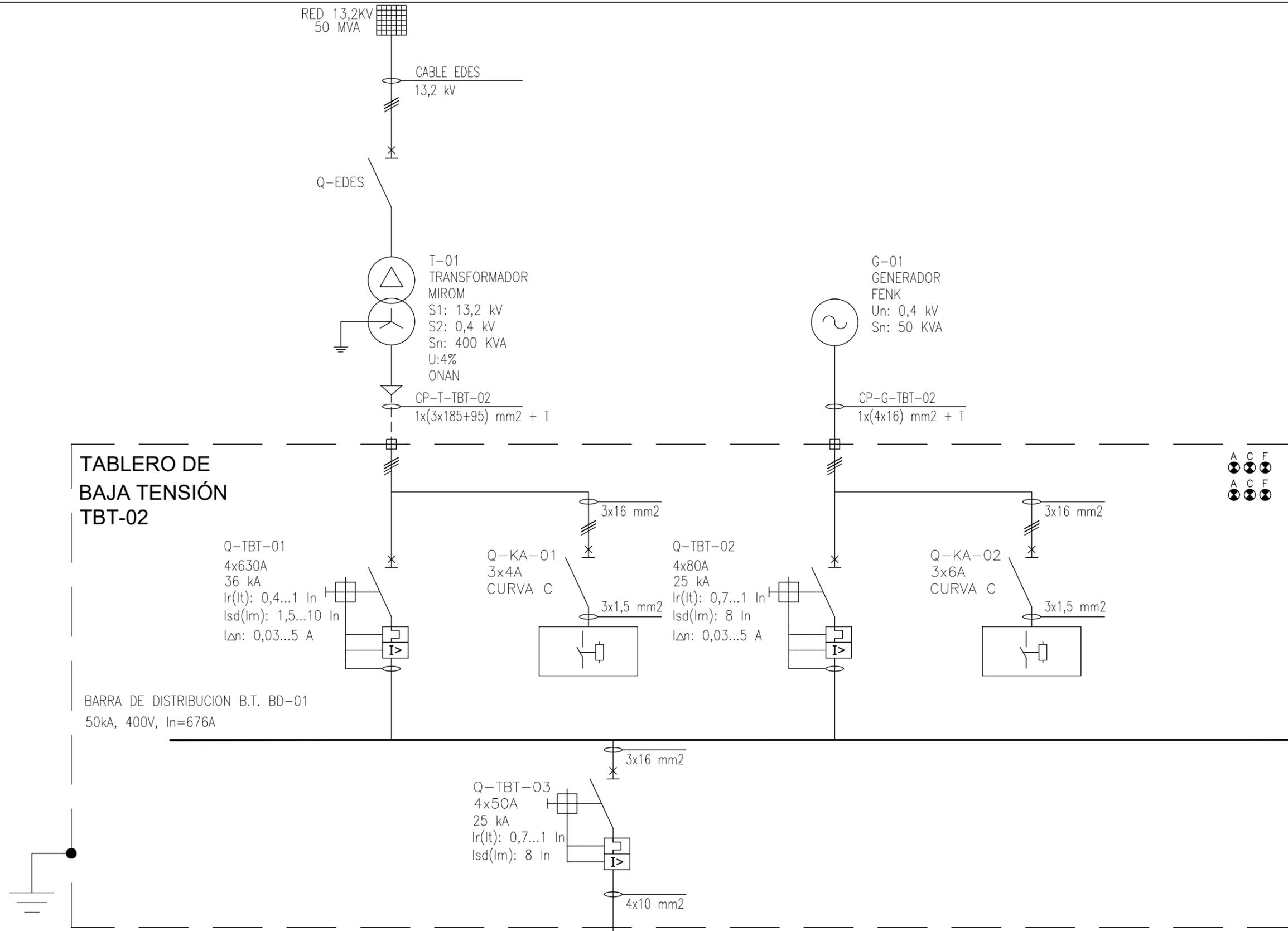
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: DIAGRAMA UNIFILAR

PÁGINA DEL PROYECTO: 109 DE 177

ESCALA: 9:20

Página: 2 DE 7



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: DIAGRAMA UNIFILAR

PÁGINA DEL PROYECTO: 110 DE 177

ESCALA: 5:4

Página: 3 DE 7

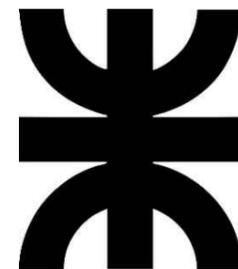
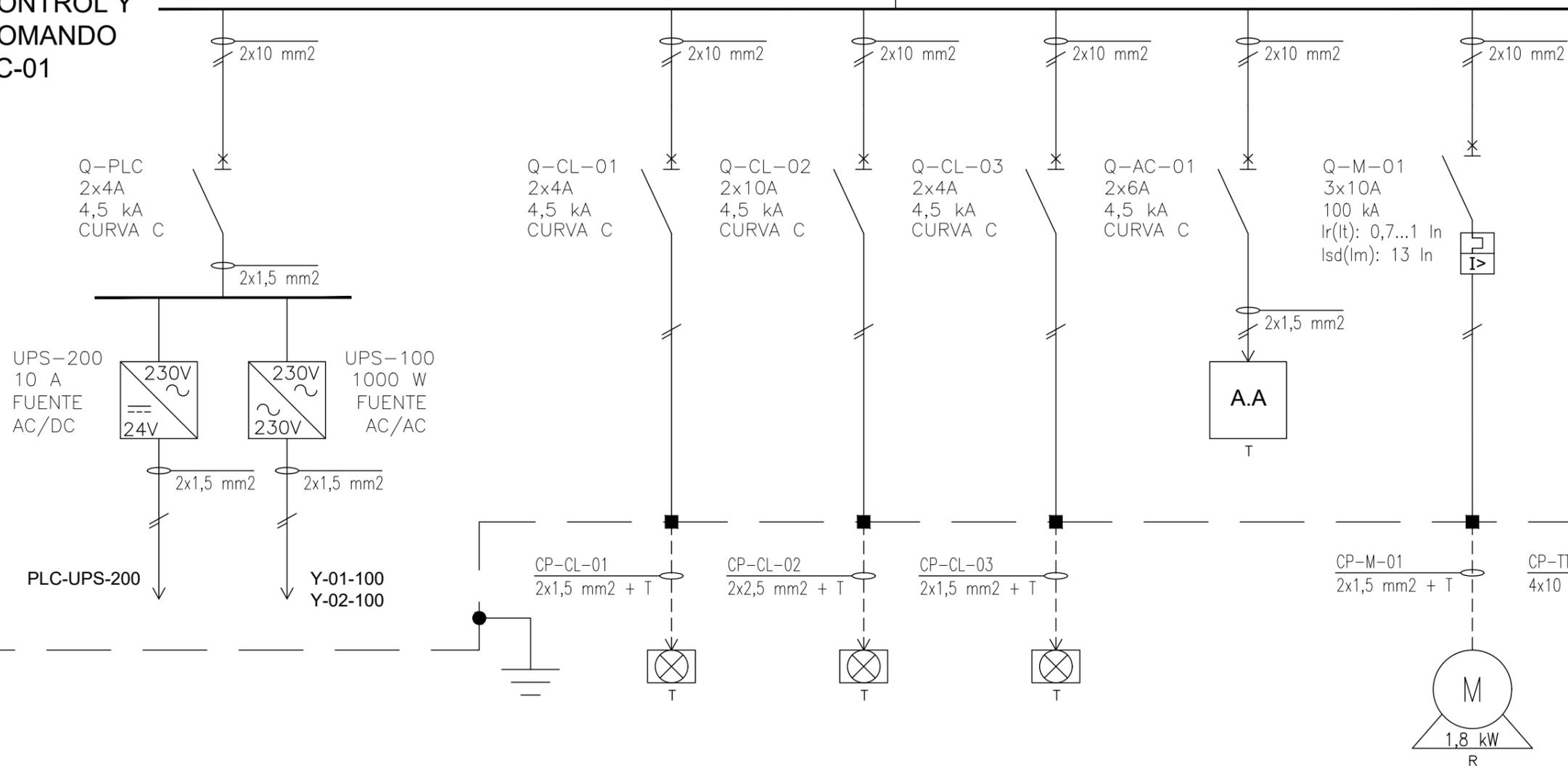
BARRA DE DISTRIBUCION B.T. BD-01  
50kA, 400V, In=676A



REPARTIDOR DE CARGAS B.T. BD-02  
26kA, 400V, In=125A

**TABLERO DE CONTROL Y COMANDO TC-01**

PE



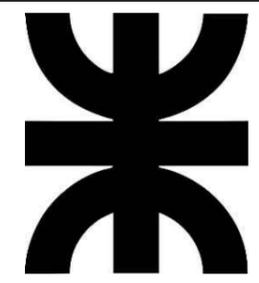
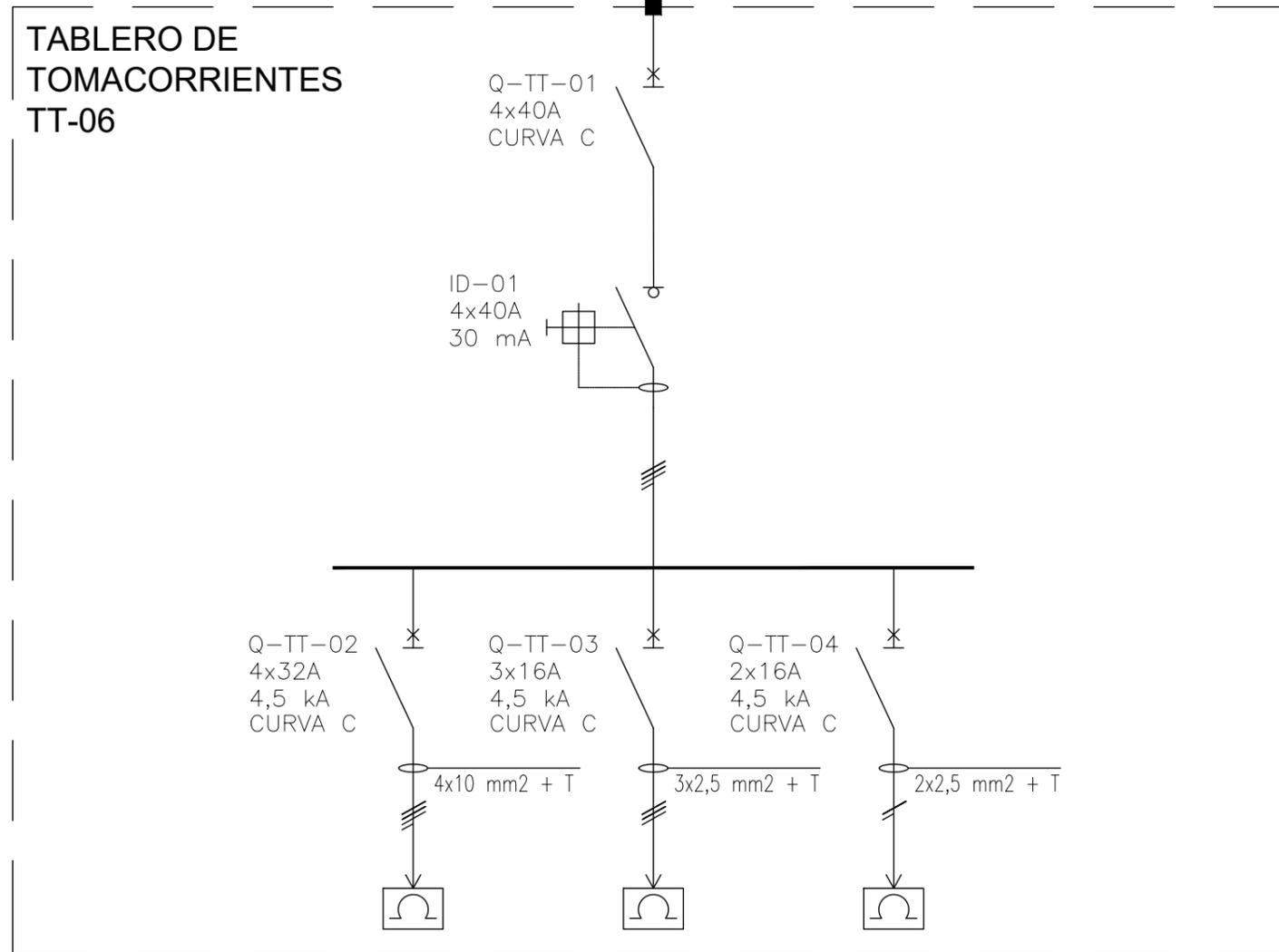
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: DIAGRAMA UNIFILAR

PÁGINA DEL PROYECTO: 111 DE 177

ESCALA: 5:4

Página: 4 DE 7



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

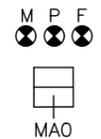
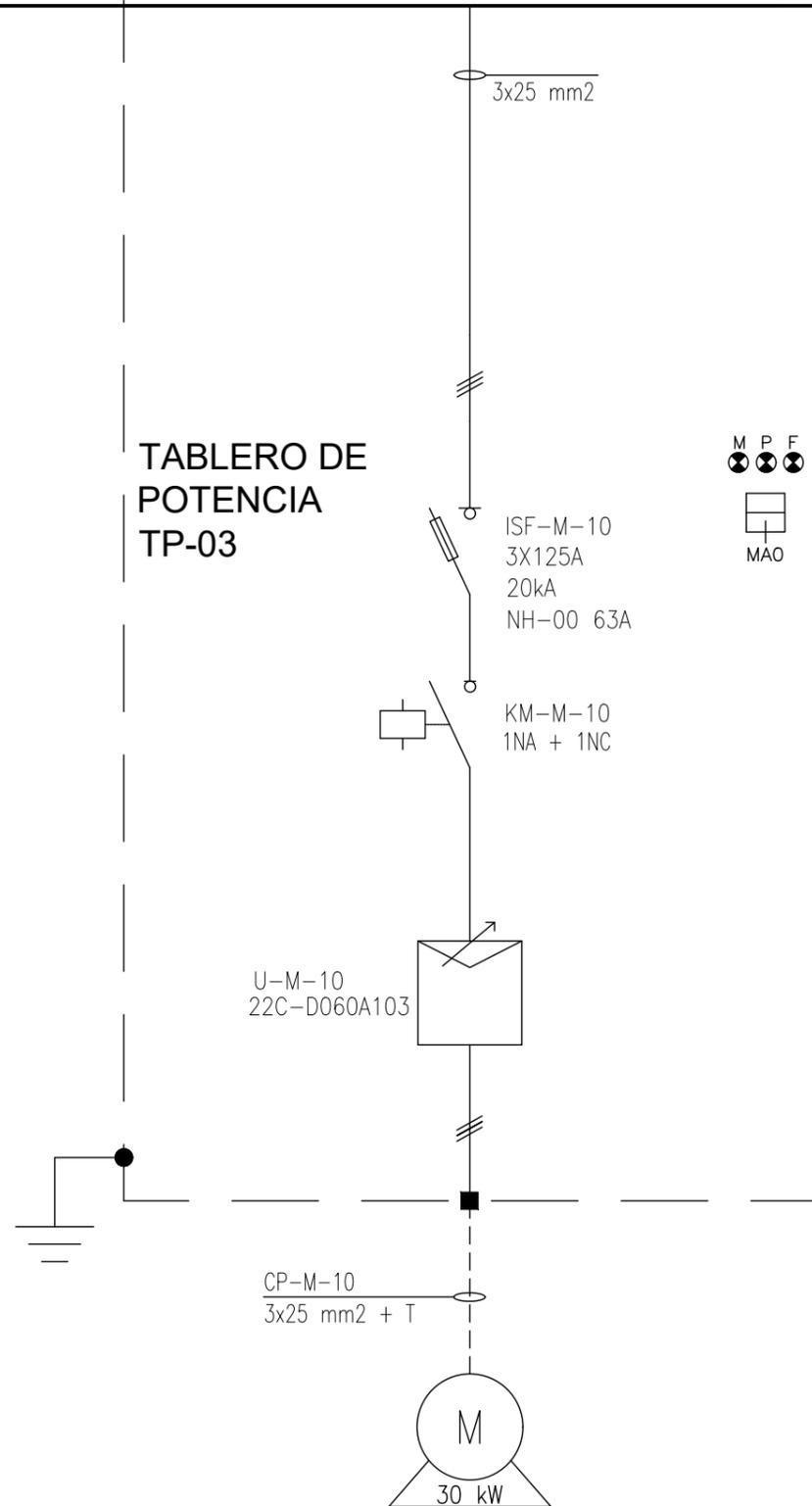
TÍTULO: DIAGRAMA UNIFILAR

PÁGINA DEL PROYECTO: 112 DE 177

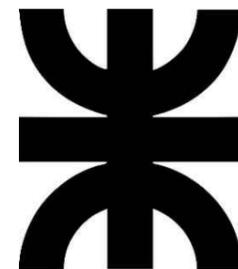
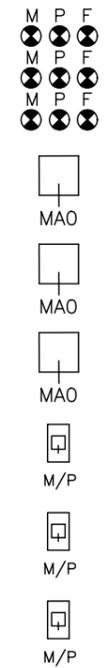
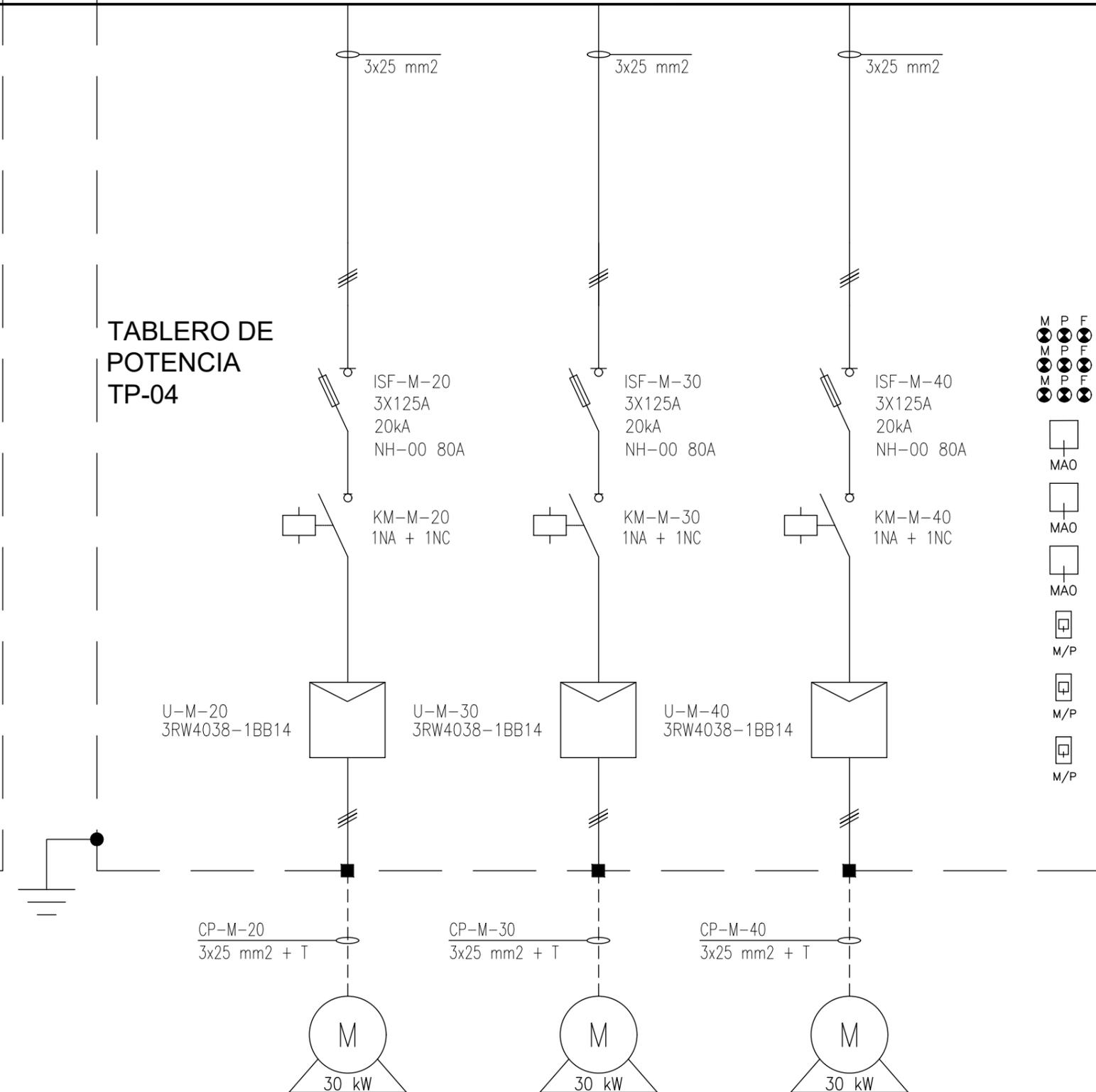
ESCALA: 5:4

BARRA DE DISTRIBUCION B.T. BD-01  
50kA, 400V, In=676A

**TABLERO DE POTENCIA TP-03**



**TABLERO DE POTENCIA TP-04**



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: DIAGRAMA UNIFILAR

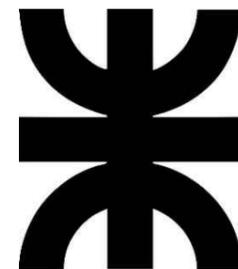
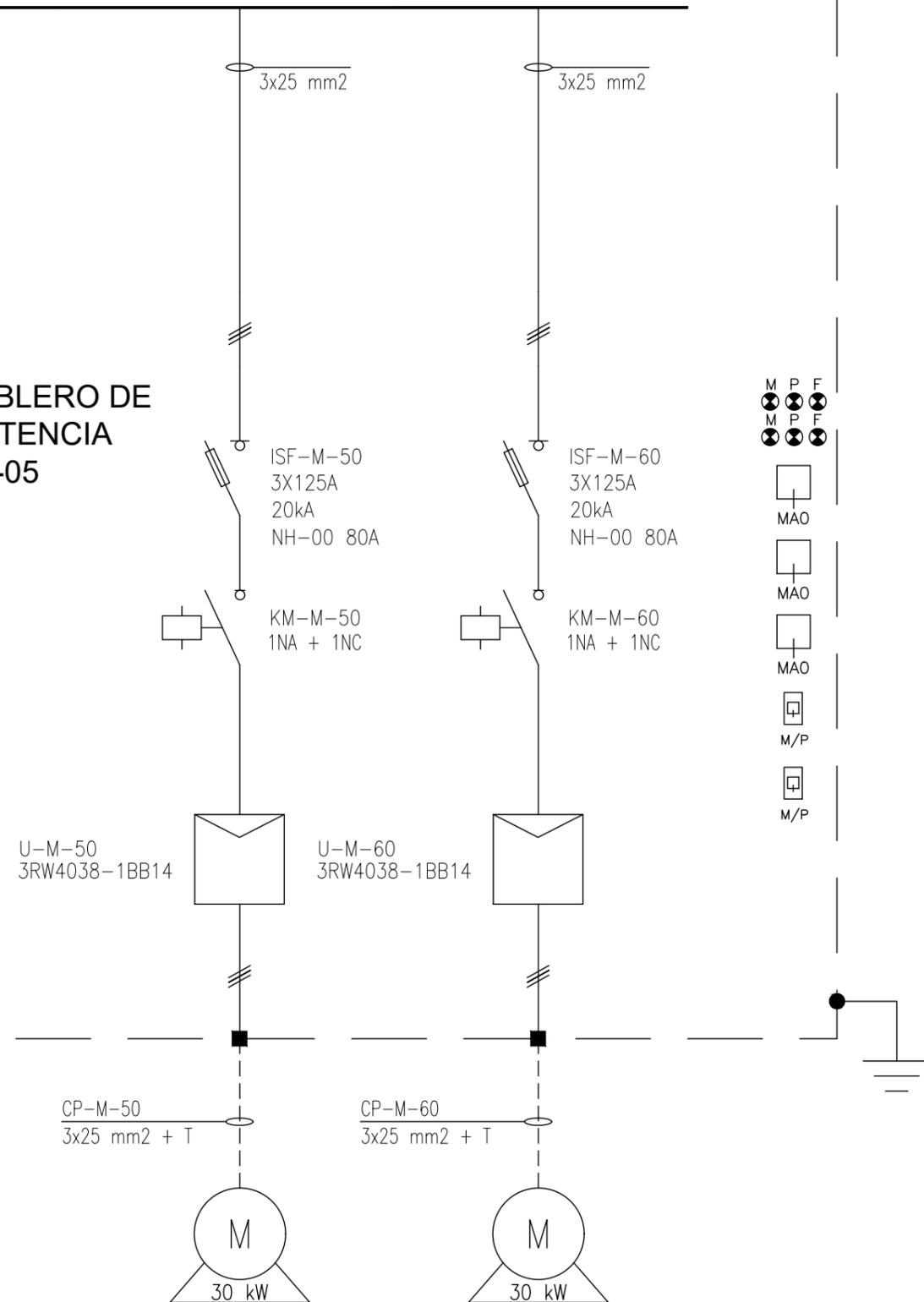
PÁGINA DEL PROYECTO: 113 DE 177

ESCALA: 5:4

Página: 6 DE 7

BARRA DE DISTRIBUCION B.T. BD-01  
50kA, 400V, In=676A

**TABLERO DE POTENCIA TP-05**



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: DIAGRAMA UNIFILAR

PÁGINA DEL PROYECTO: 114 DE 177

ESCALA: 5:4

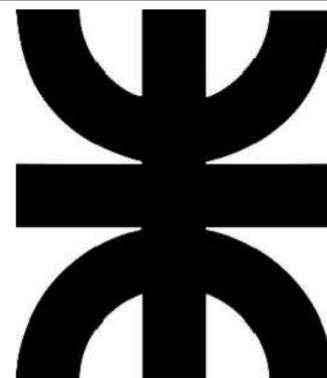
Página: 7 DE 7

NOTAS

-TODAS LAS COTAS SE DAN EN MILÍMETROS

DOC. DE REFERENCIA

-LISTADO DE CARGAS  
-LISTADO DE CABLES  
-TOPOGRÁFICO



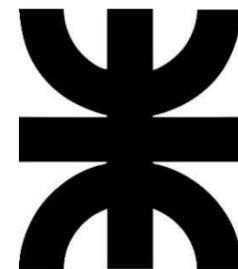
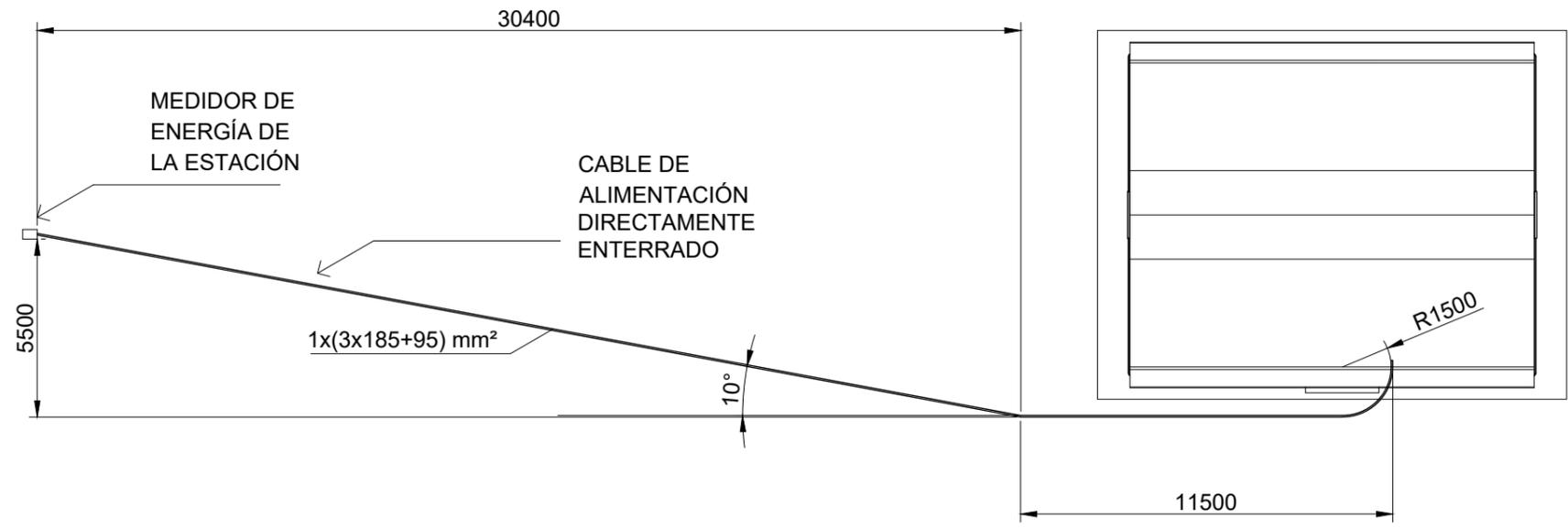
PROYECTO: **DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE**

TITULO: **LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS**

PÁGINA DEL PROYECTO **115 DE 177**

ESCALA **VARIAS**

# VISTA SUPERIOR DE LA ESTACIÓN



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

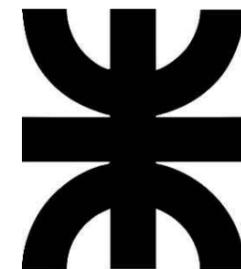
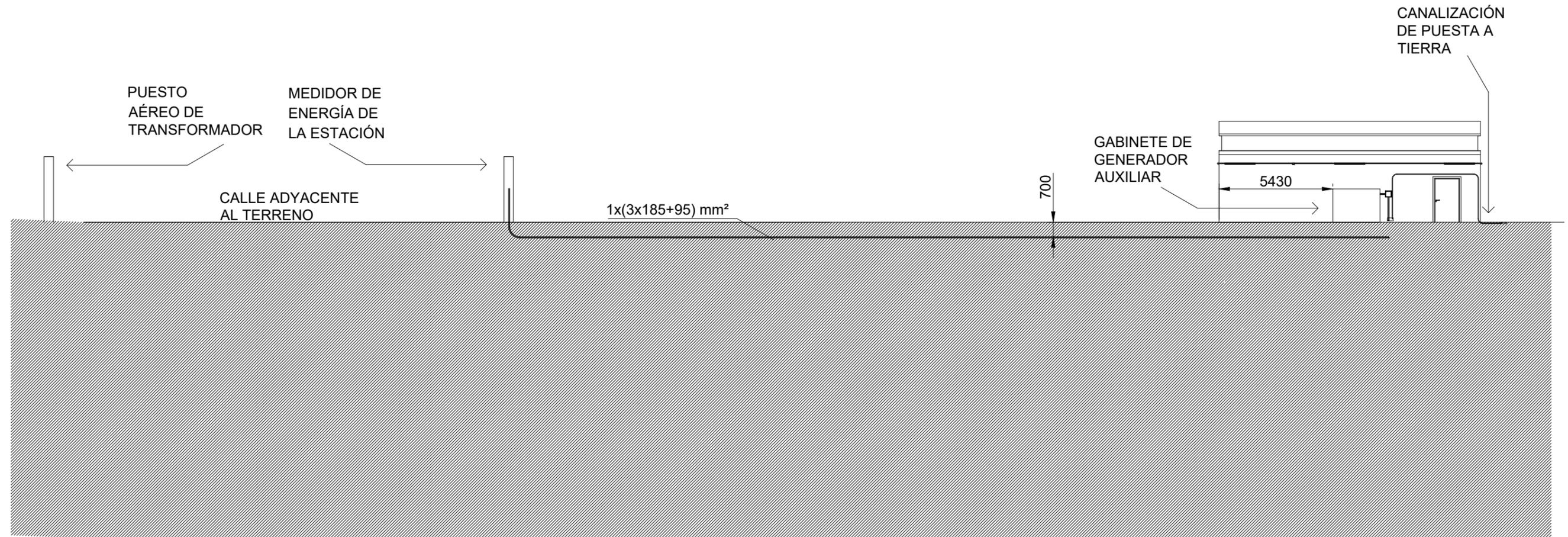
TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

PÁGINA DEL PROYECTO: 116 DE 177

ESCALA: 1:200

Página:2 DE 16

# VISTA FRONTAL DE LA ESTACIÓN



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

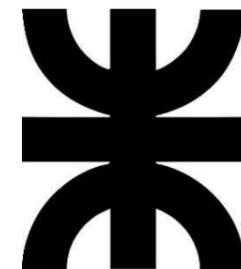
TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

PÁGINA DEL PROYECTO: 117 DE 177

ESCALA: 1:200

Página:3 DE 16

# VISTA POSTERIOR DE LA ESTACIÓN



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

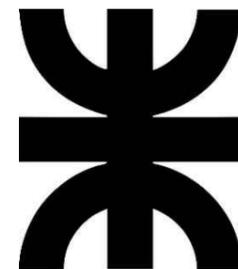
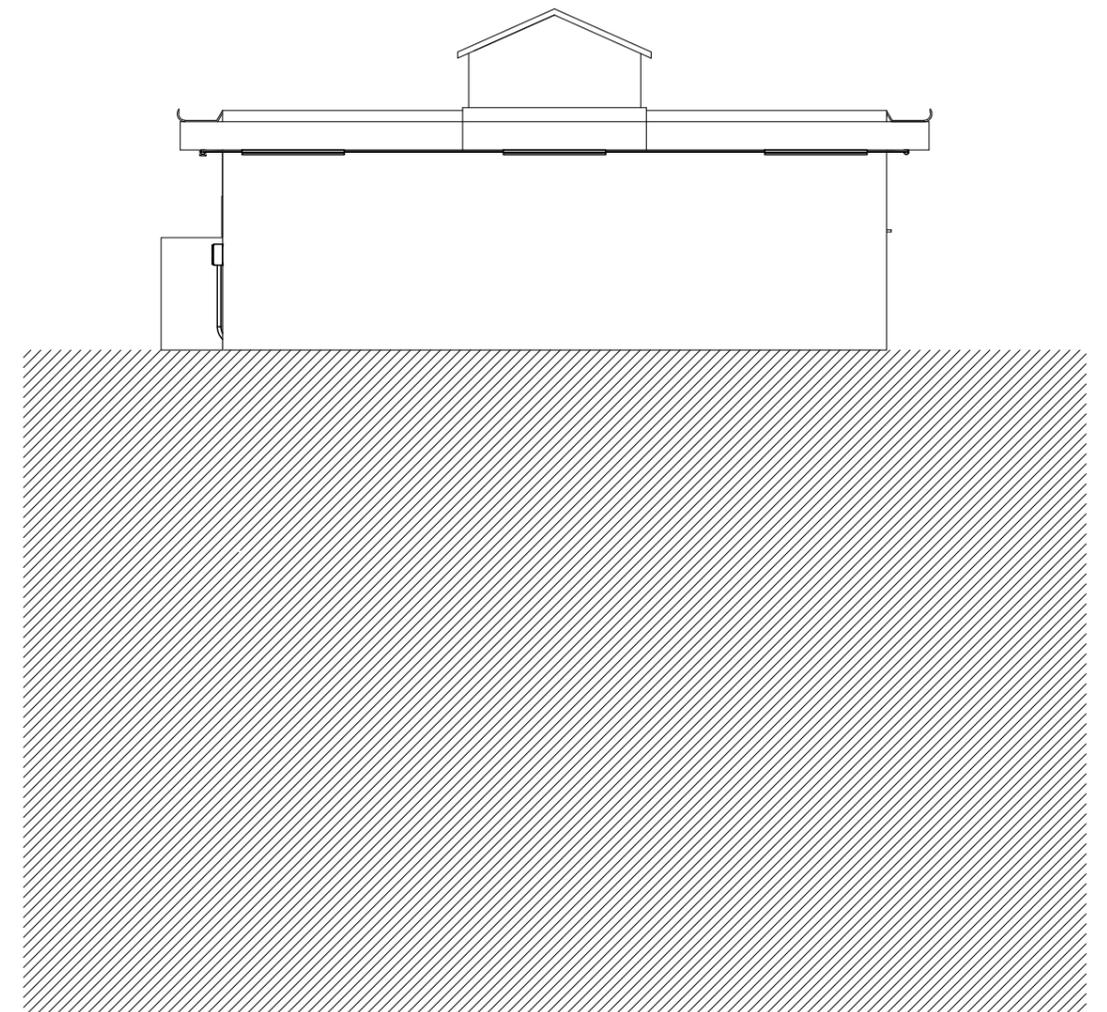
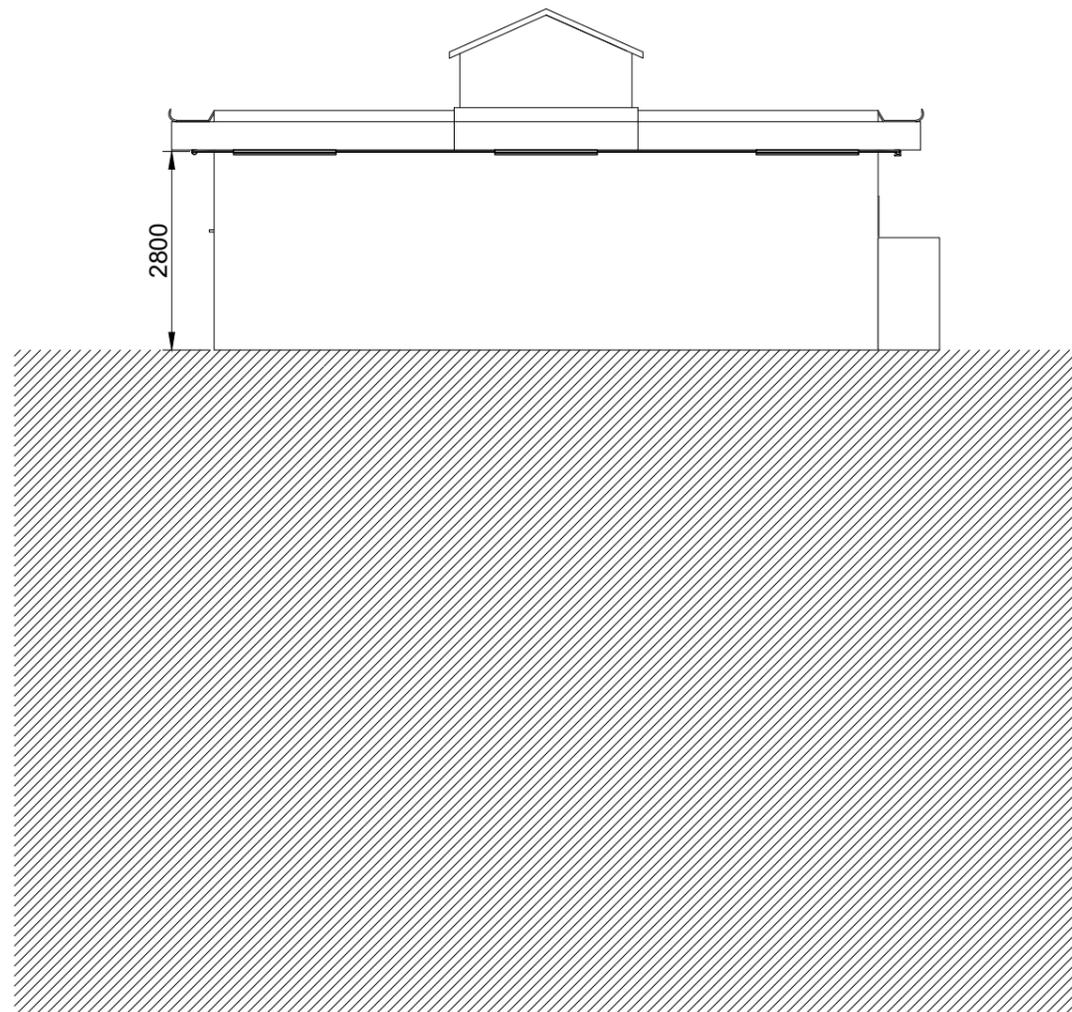
PÁGINA DEL PROYECTO: 118 DE 177

ESCALA: 1:200

Página:4 DE 16

# VISTA LATERAL IZQUIERDA DE LA ESTACIÓN

# VISTA LATERAL DERECHA DE LA ESTACIÓN



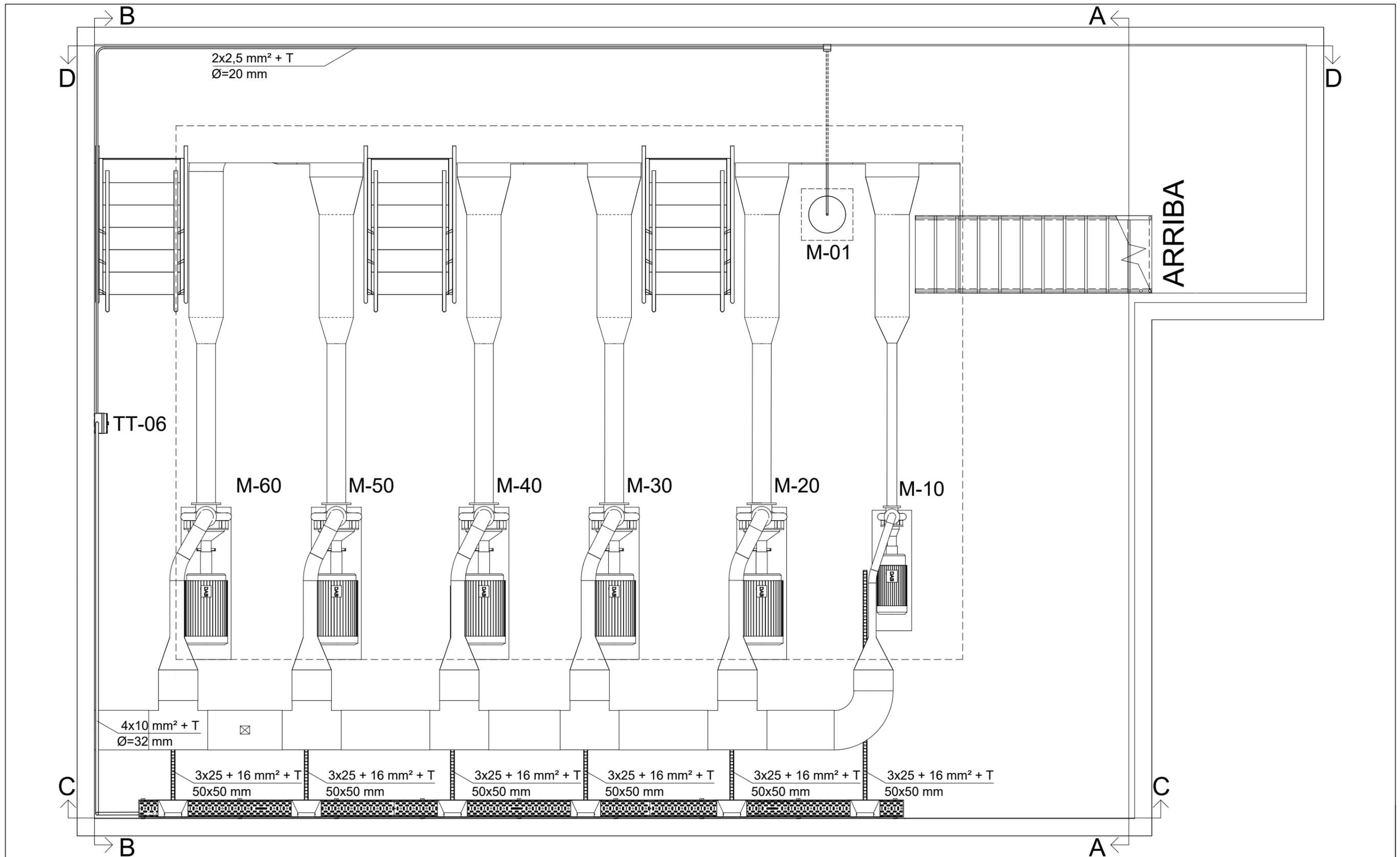
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

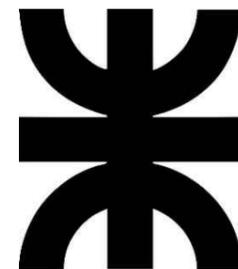
PÁGINA DEL PROYECTO: 119 DE 177

ESCALA: 1:100

Página:5 DE 16



## CANALIZACIONES DE CIRCUITOS DE POTENCIA



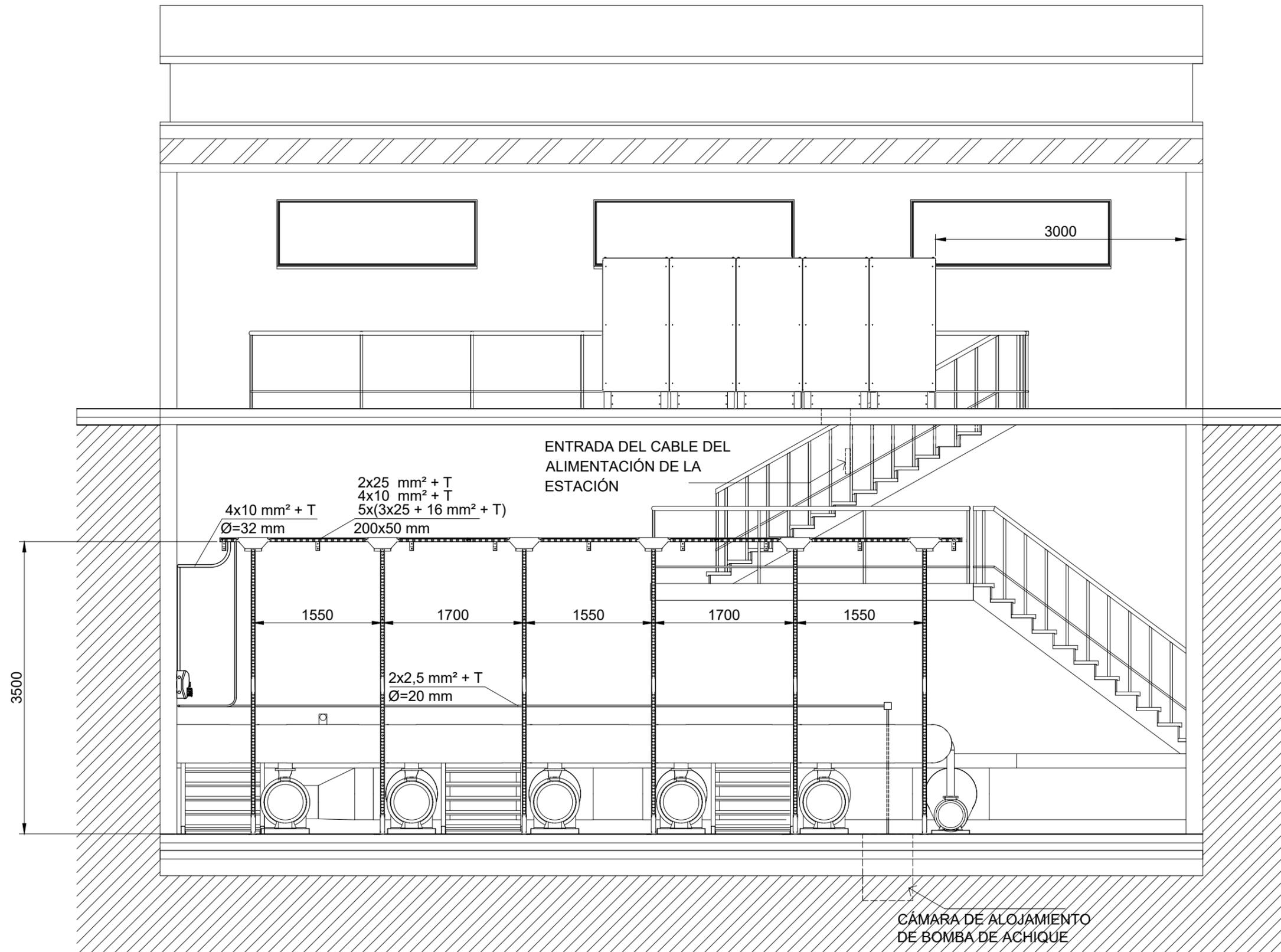
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

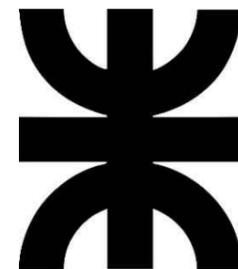
PÁGINA DEL PROYECTO: 120 DE 177

ESCALA: 1:42

Página:6 DE 16



POTENCIA - CORTE C-C

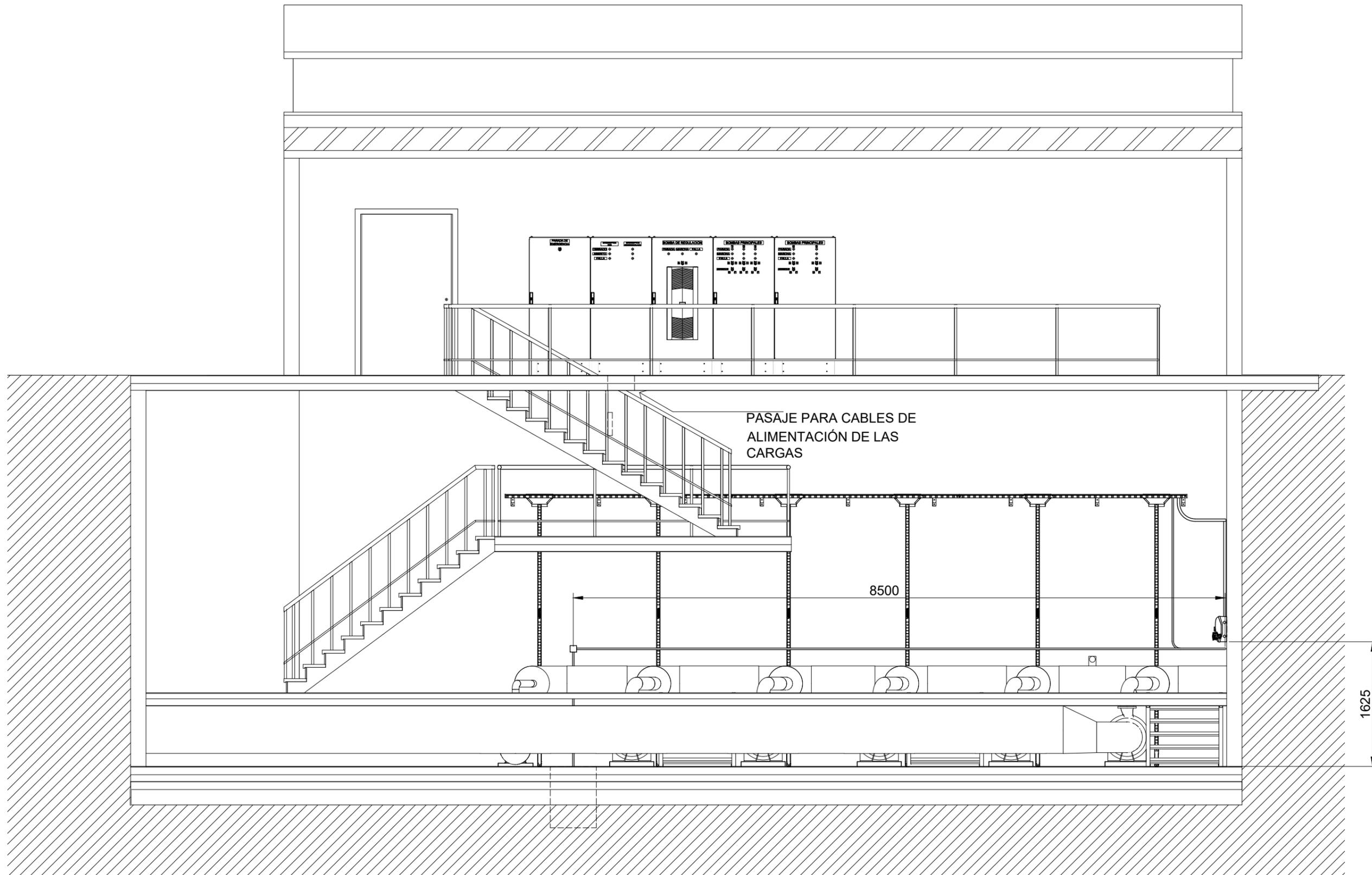


PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

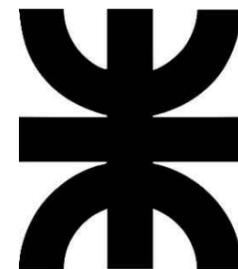
TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

PÁGINA DEL PROYECTO: 121 DE 177

ESCALA: 1:50



POTENCIA - CORTE D-D



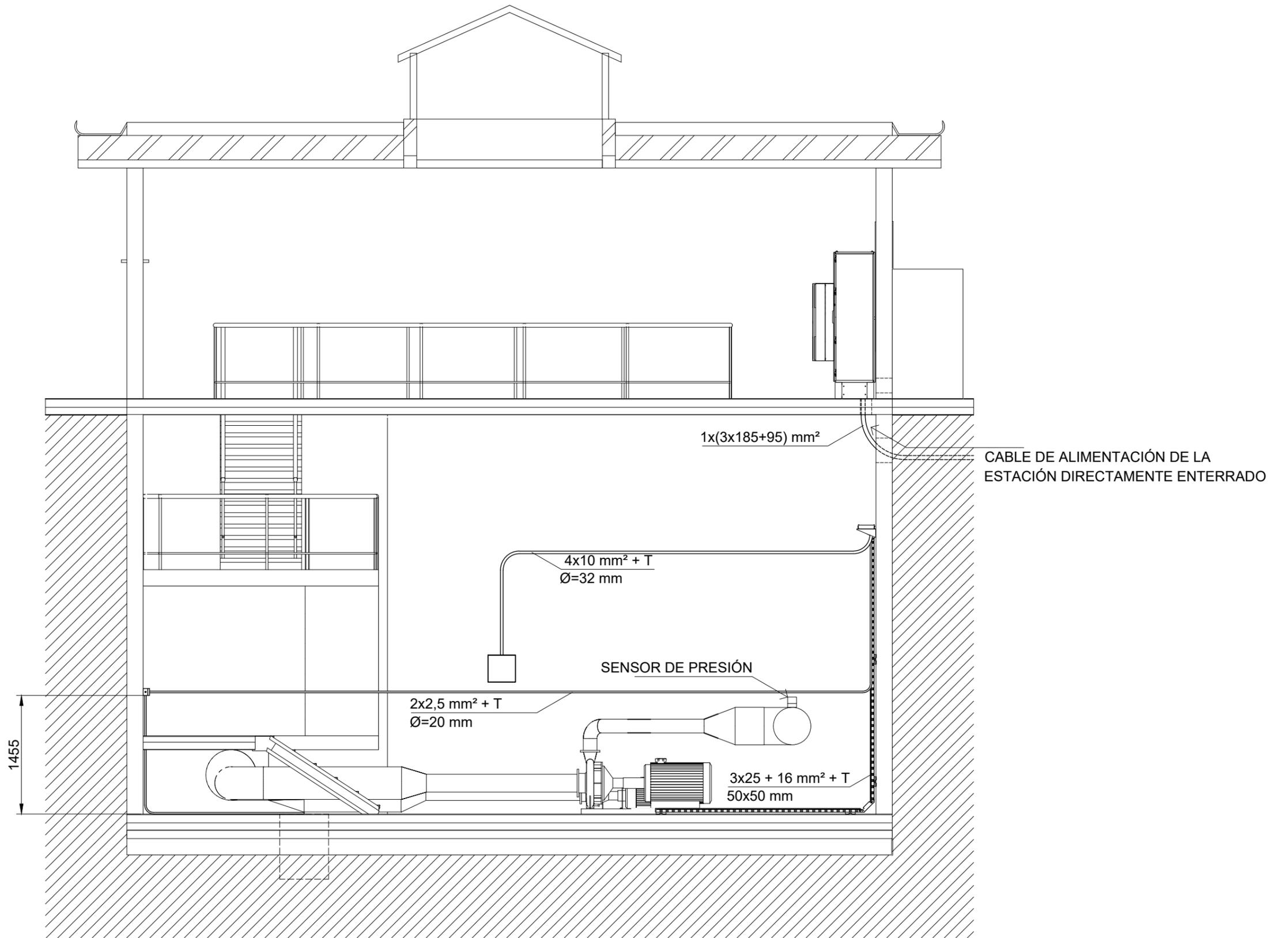
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

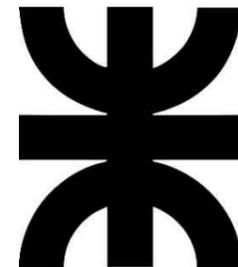
PÁGINA DEL PROYECTO: 122 DE 177

ESCALA: 1:50

Página:8 DE 16



POTENCIA - CORTE B-B



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

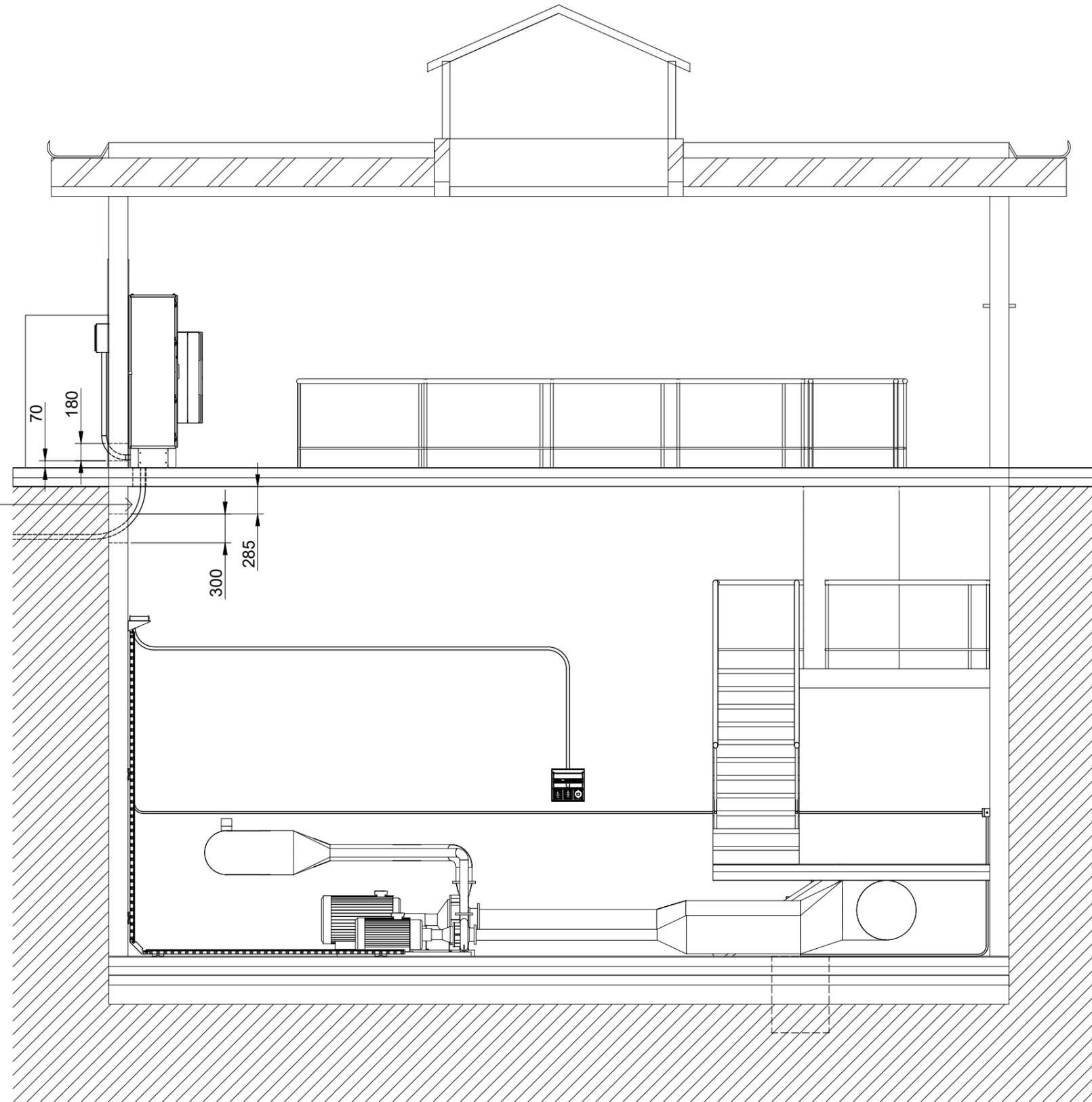
TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

PÁGINA DEL PROYECTO: 123 DE 177

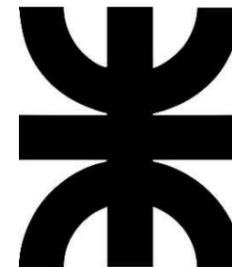
ESCALA: 1:50

Página:9 DE 16

CABLE DE ALIMENTACIÓN  
DE LA ESTACIÓN  
DIRECTAMENTE  
ENTERRADO



POTENCIA - CORTE A-A



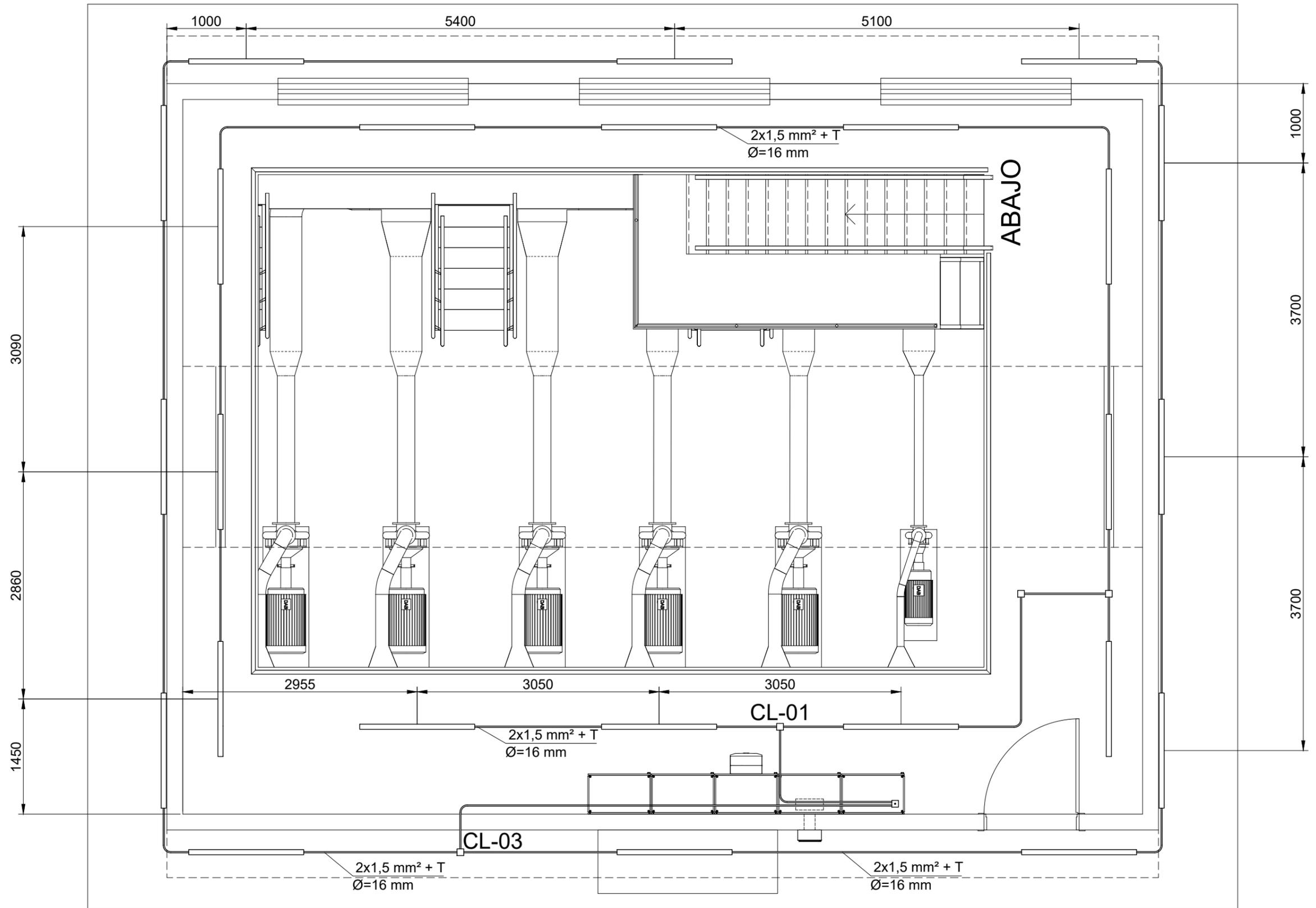
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

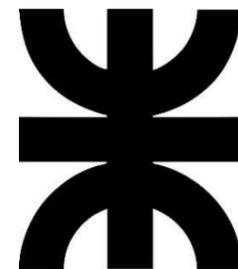
PÁGINA DEL PROYECTO: 124 DE 177

ESCALA: 1:50

Página:10 DE 16



**CANALIZACIONES DE CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN  
PLANTA BAJA**

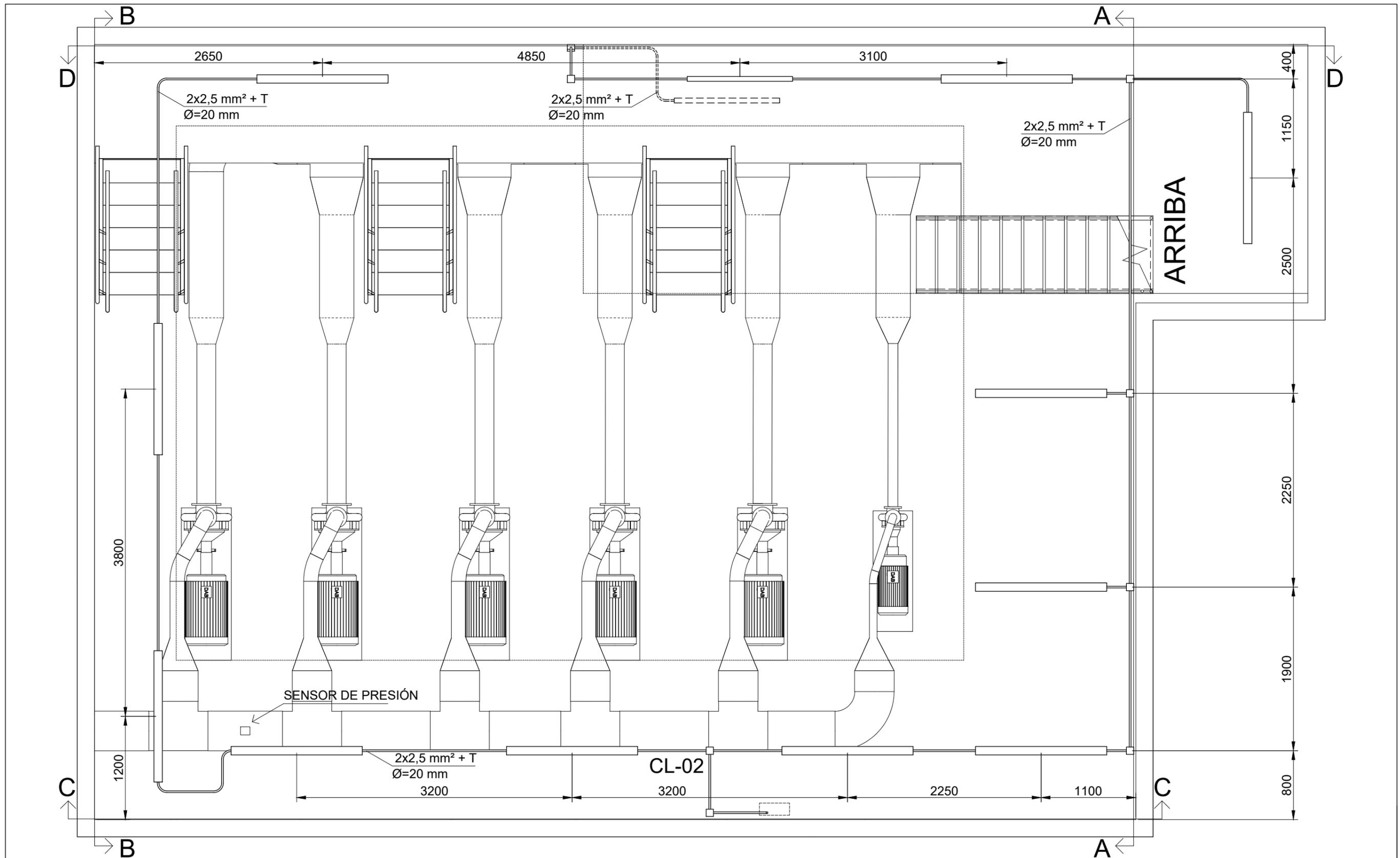


PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

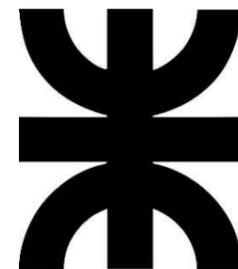
TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

PÁGINA DEL PROYECTO: 125 DE 177

ESCALA: 1:50



## CANALIZACIONES DE CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN SALA DE BOMBAS



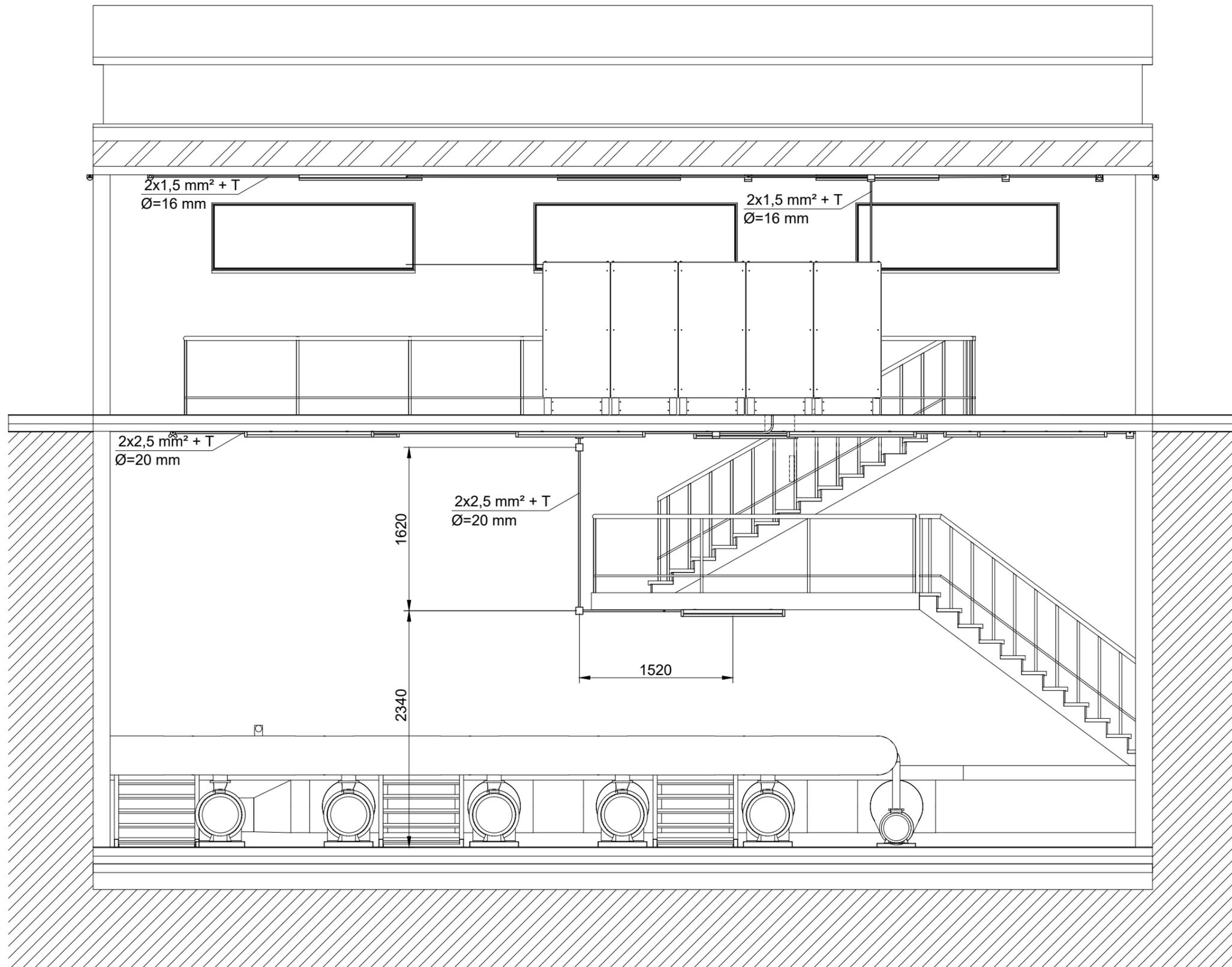
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

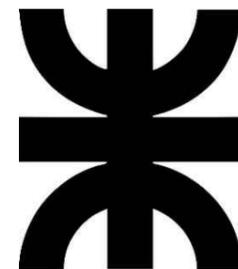
PÁGINA DEL PROYECTO: 126 DE 177

ESCALA: 1:42

Página: 12 DE 16



ILUMINACIÓN - CORTE C-C

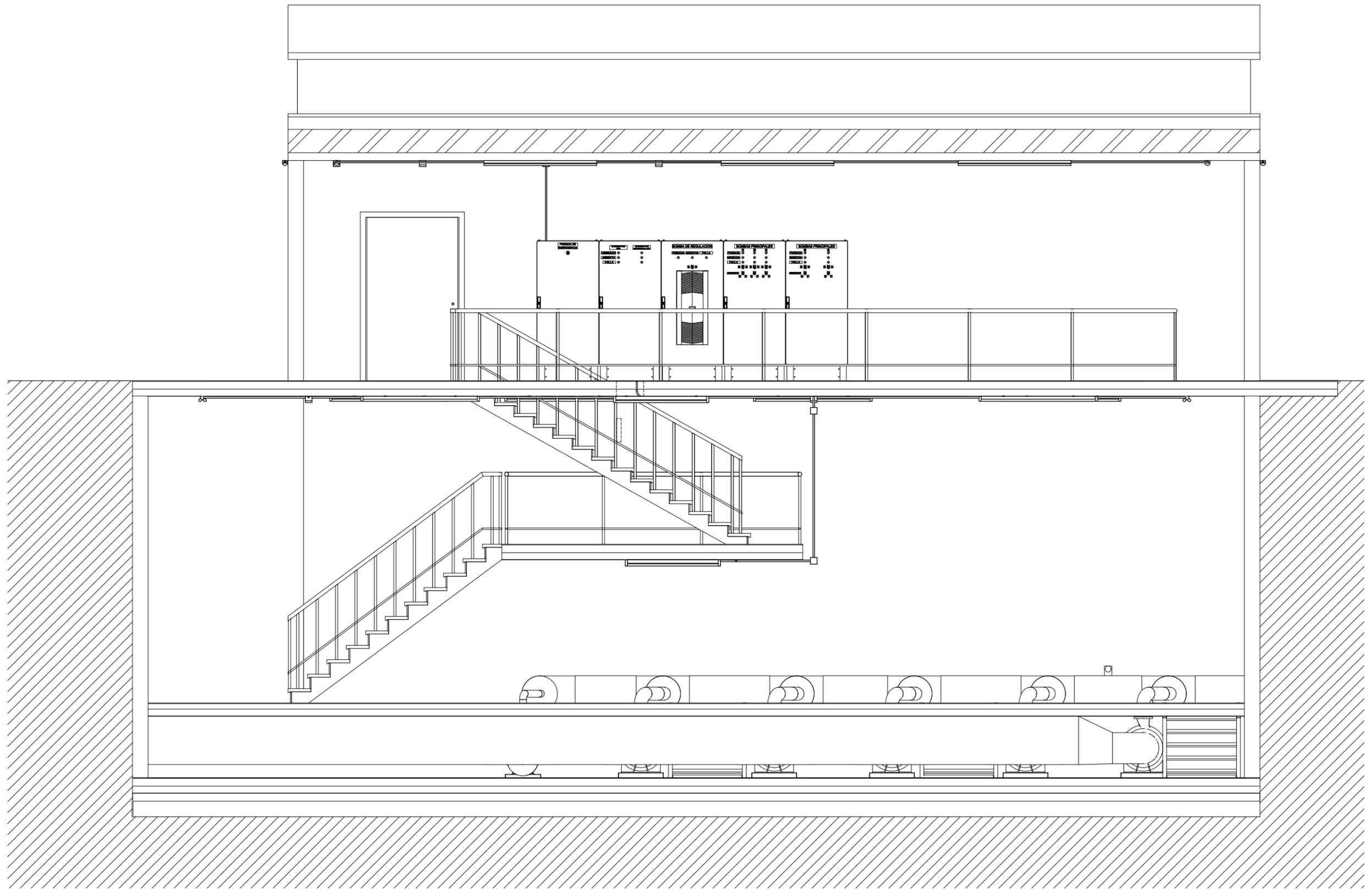


PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

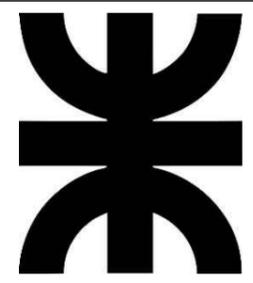
TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

PÁGINA DEL PROYECTO: 127 DE 177

ESCALA: 1:50



ILUMINACIÓN - CORTE D-D

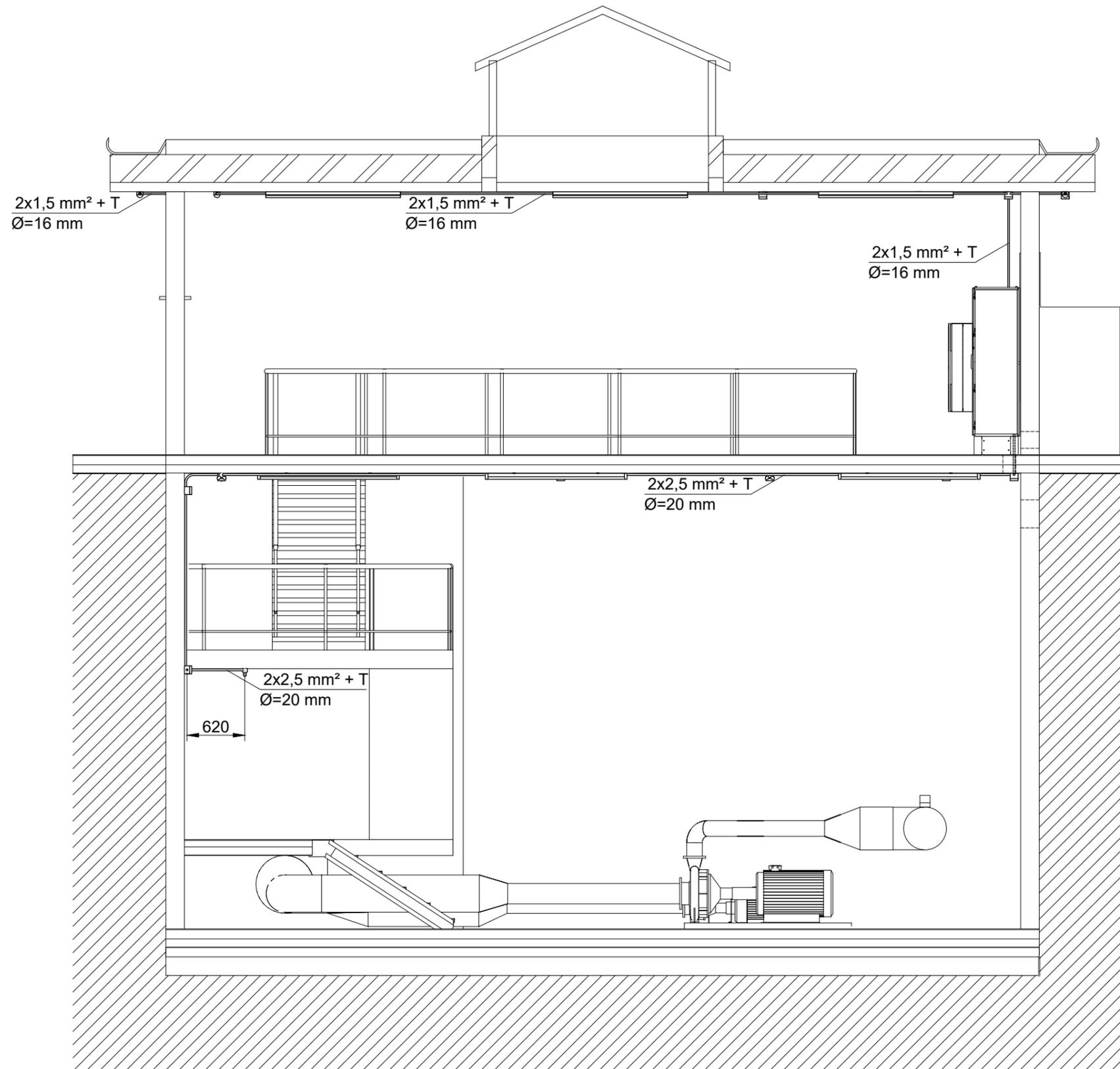


PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

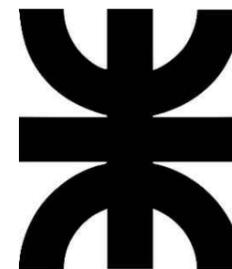
TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

PÁGINA DEL PROYECTO: 128 DE 177

ESCALA: 1:50 Página:14 DE 16



ILUMINACIÓN - CORTE B-B

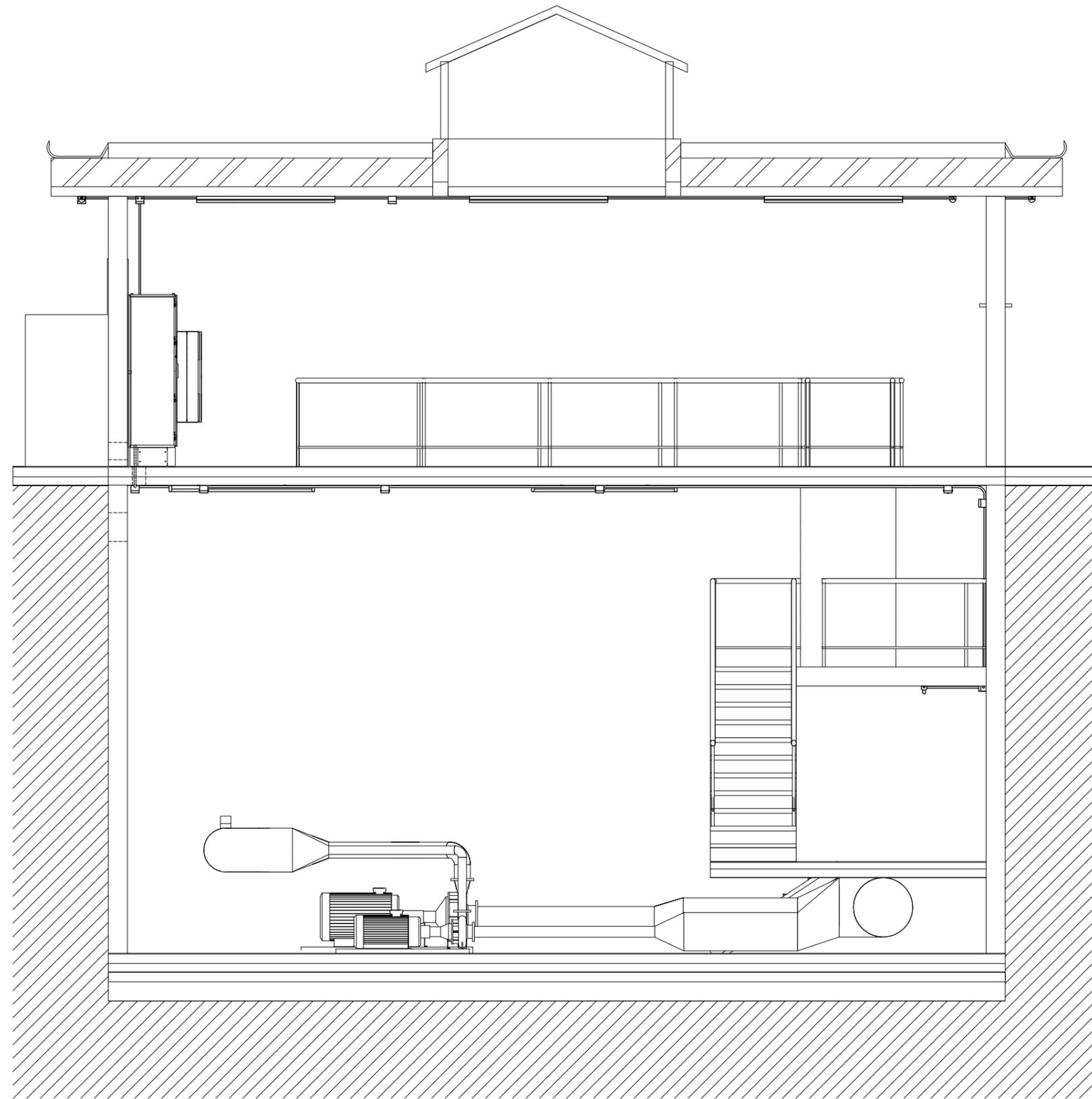


PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

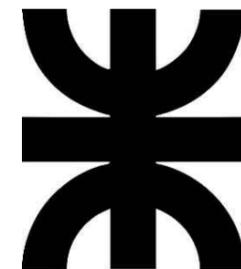
TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

PÁGINA DEL PROYECTO: 129 DE 177

ESCALA: 1:50



ILUMINACIÓN - CORTE A-A



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

PÁGINA DEL PROYECTO: 130 DE 177

ESCALA: 1:50

REFERENCIAS:



GRAMPA DE CONEXIÓN DE CABLE DE PROTECCIÓN DE BANDEJAS



CONEXIÓN DE CABLE DE PROTECCIÓN A MASAS METÁLICAS



CABLE DE PROTECCIÓN DE 2,5 mm<sup>2</sup>



CABLE DE PROTECCIÓN DE 10 mm<sup>2</sup>



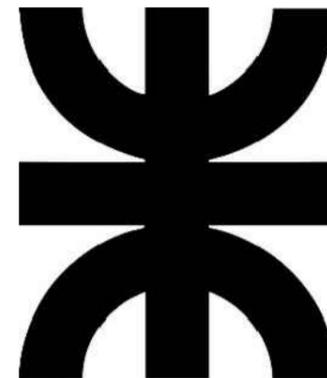
CABLE DE PROTECCIÓN DE 16 mm<sup>2</sup>

NOTAS

-TODAS LAS COTAS SE DAN EN MILÍMETROS

DOC. DE REFERENCIA

-LAYOUT DE CANALIZACIONES ELÉCTRICAS  
-TOPOGRÁFICO

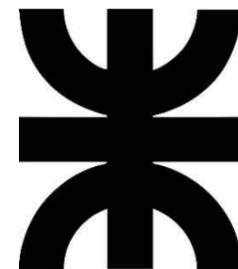
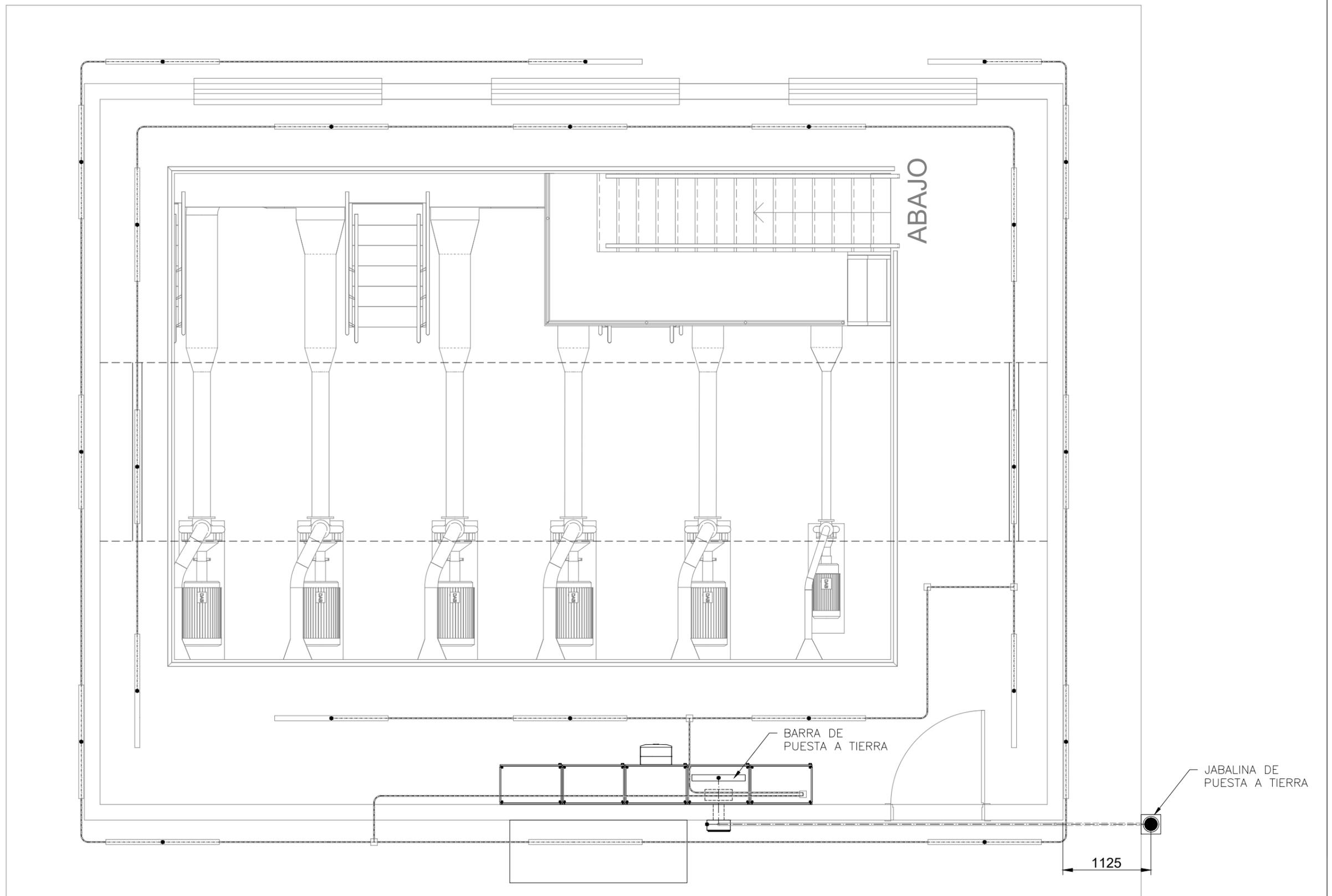


PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TITULO: LAYOUT DE PUESTA A TIERRA

PÁGINA DEL PROYECTO 131 DE 177

ESCALA VARIAS



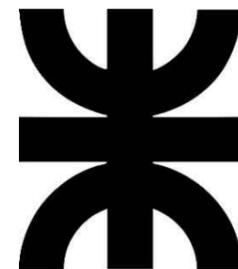
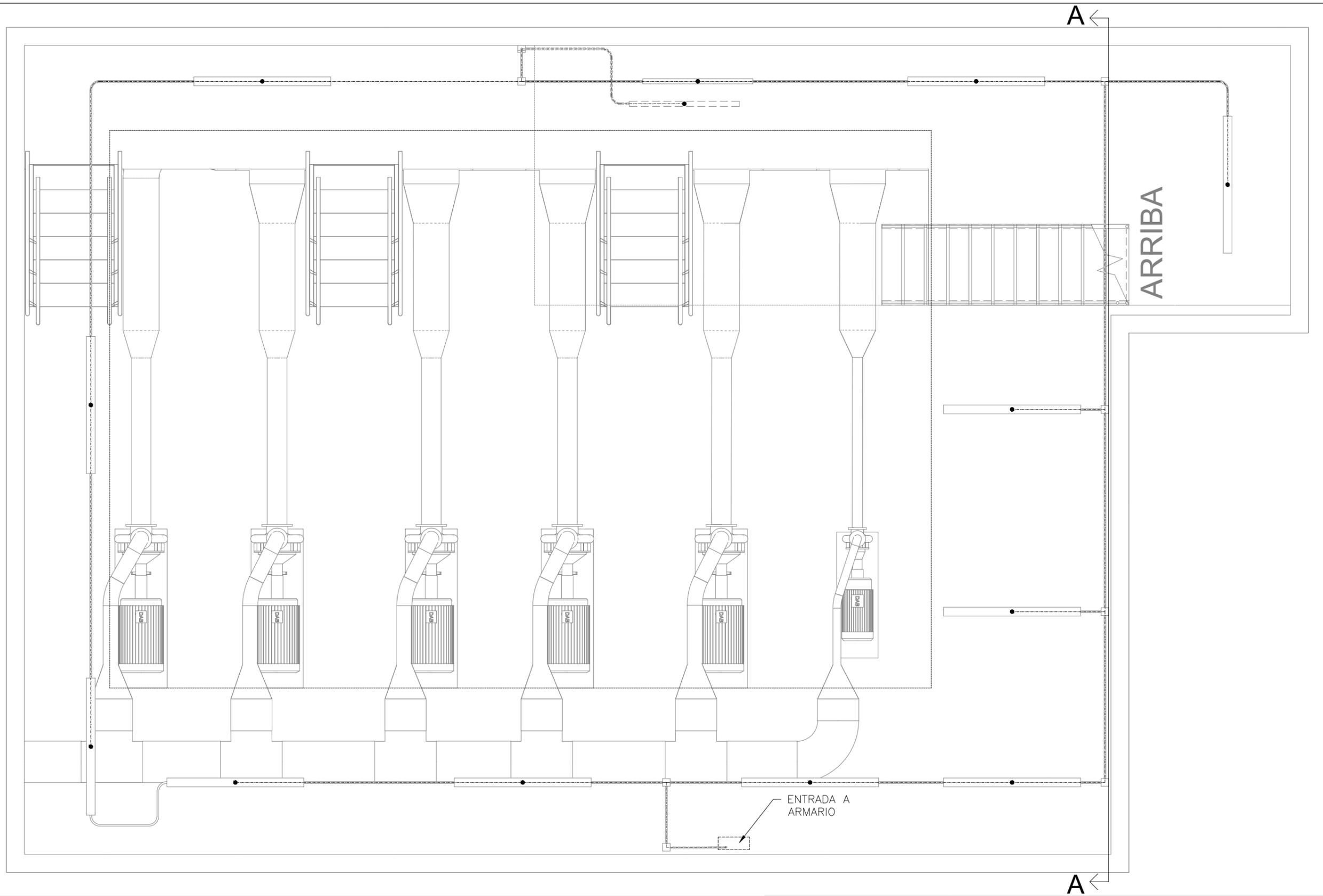
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: LAYOUT DE PUESTA A TIERRA

PÁGINA DEL PROYECTO: 132 DE 177

ESCALA: 1:50

Página: 2 DE 6

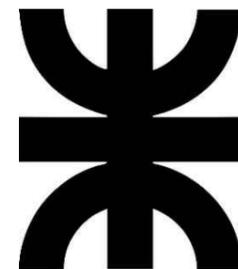
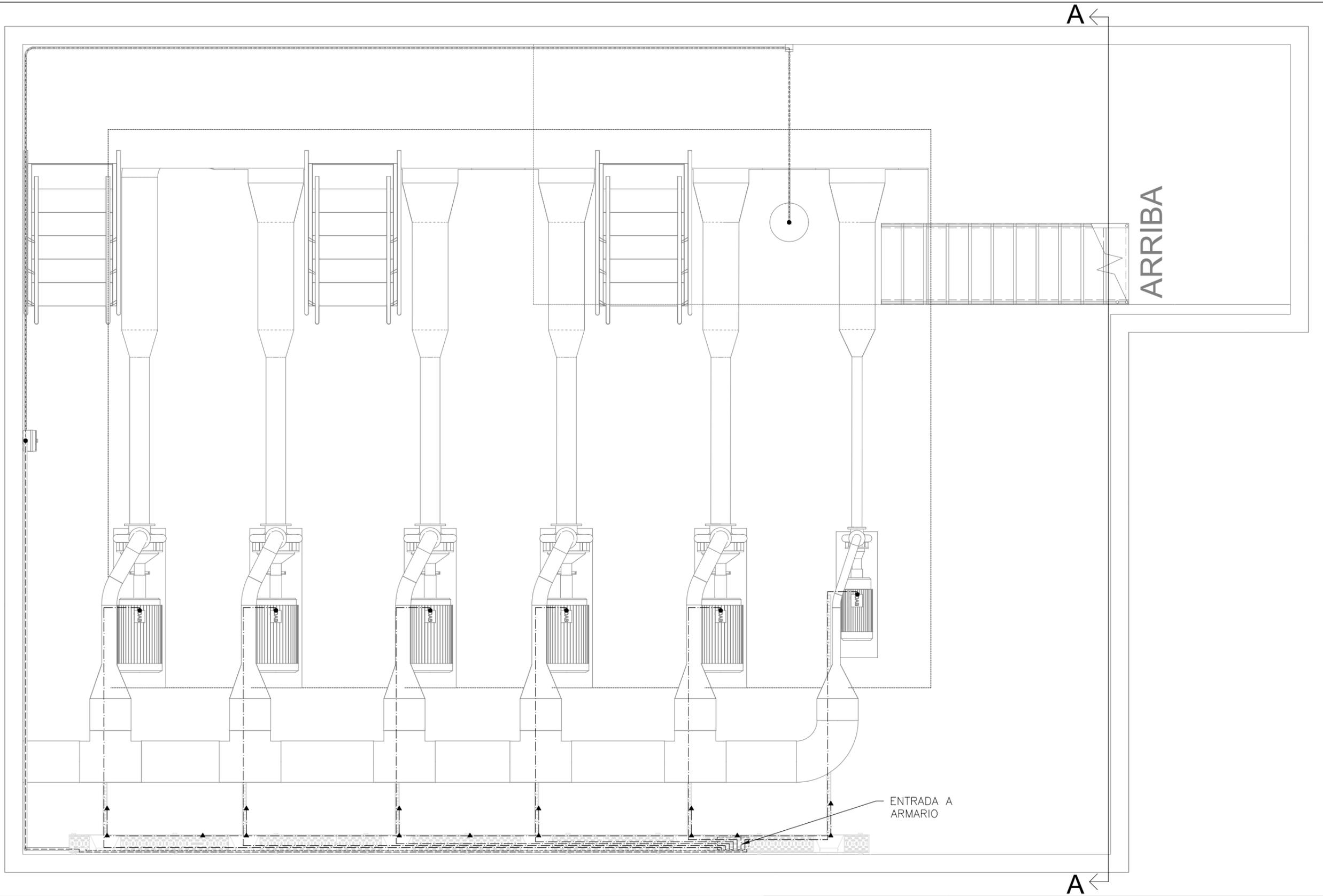


PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: LAYOUT DE PUESTA A TIERRA

PÁGINA DEL PROYECTO: 133 DE 177

ESCALA: 1:42

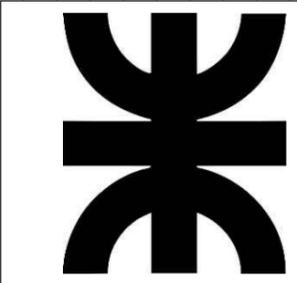
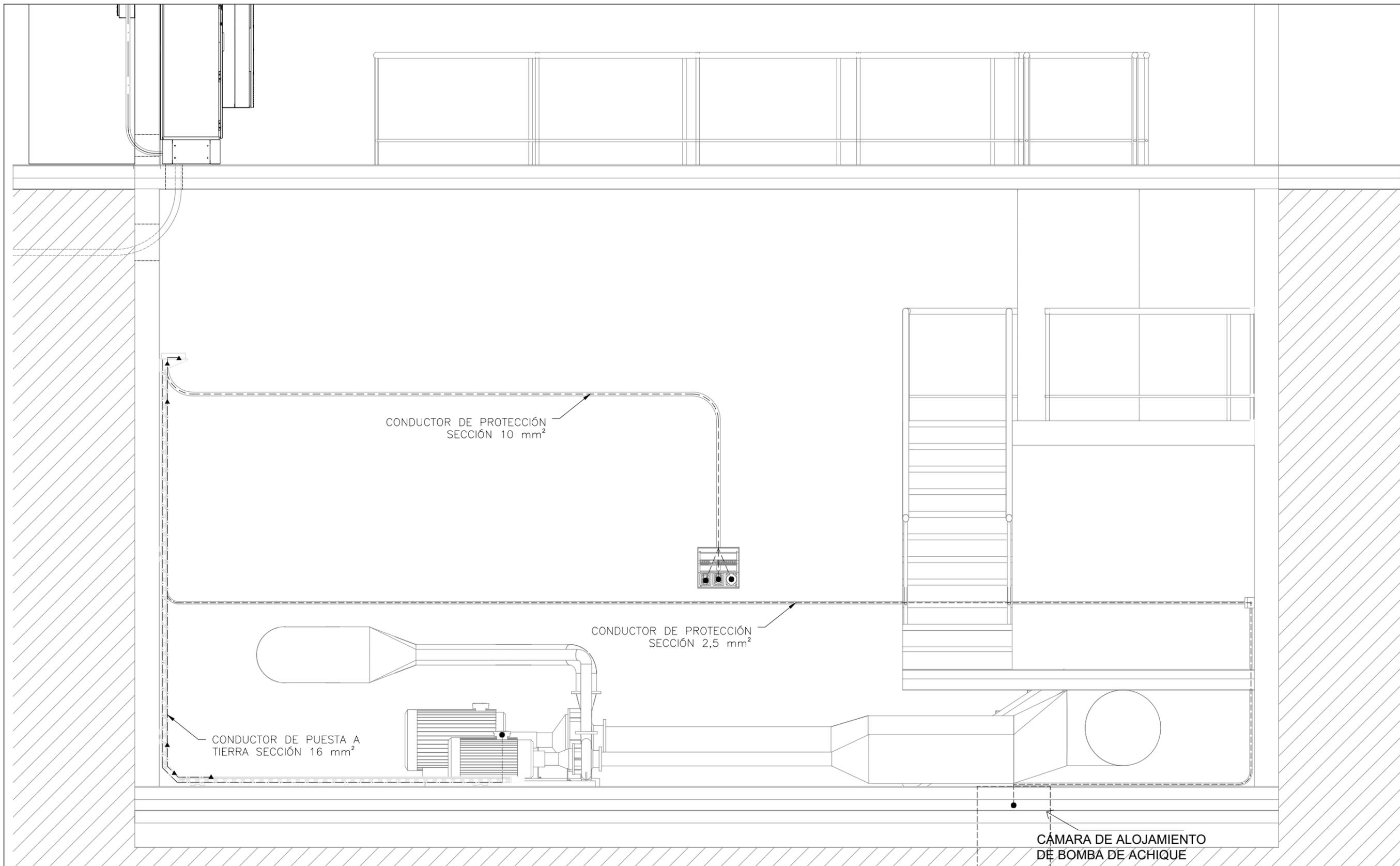


PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: LAYOUT DE PUESTA A TIERRA

PÁGINA DEL PROYECTO: 134 DE 177

ESCALA: 1:42



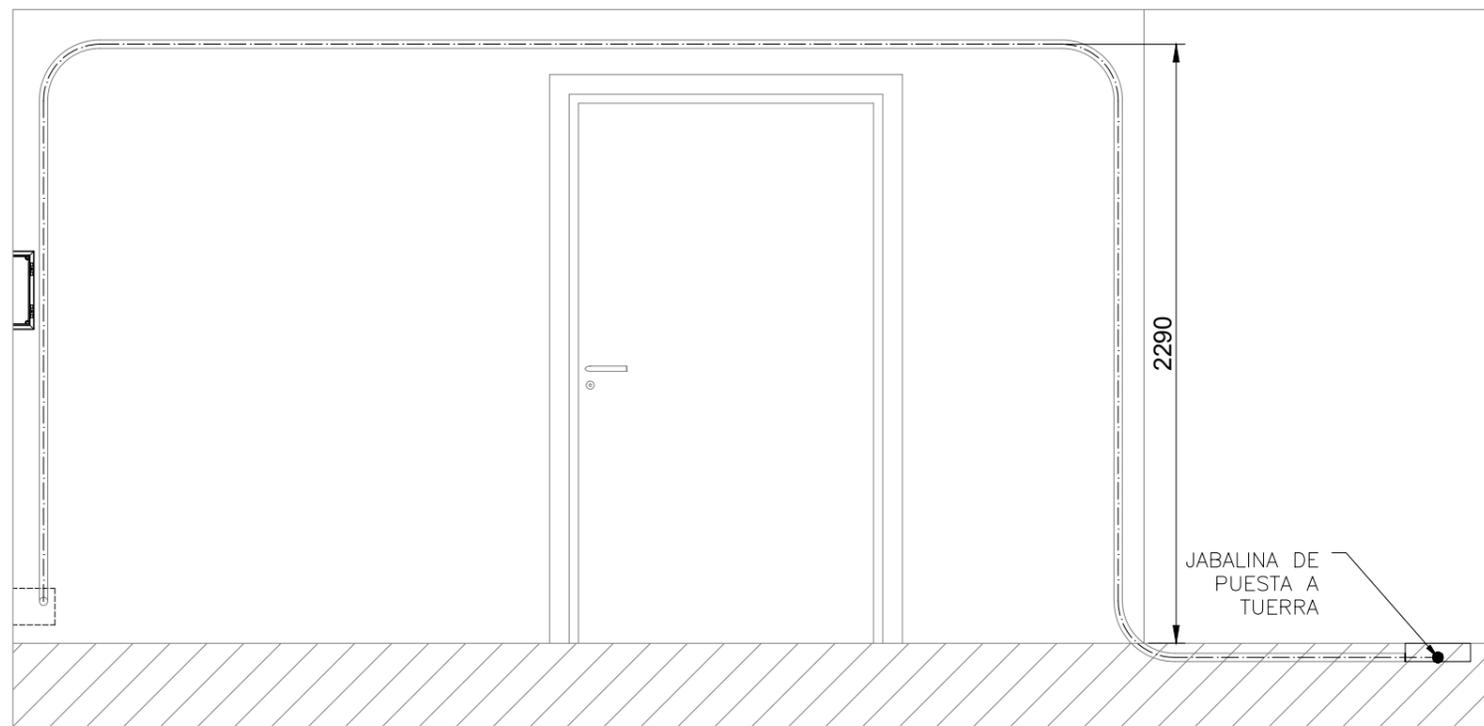
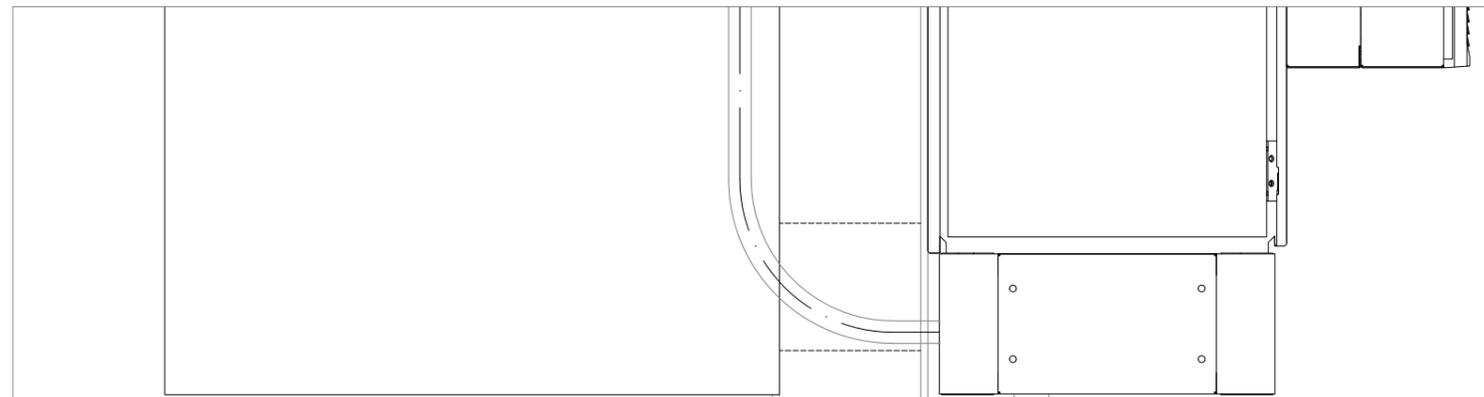
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: LAYOUT DE PUESTA A TIERRA

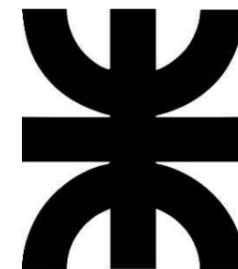
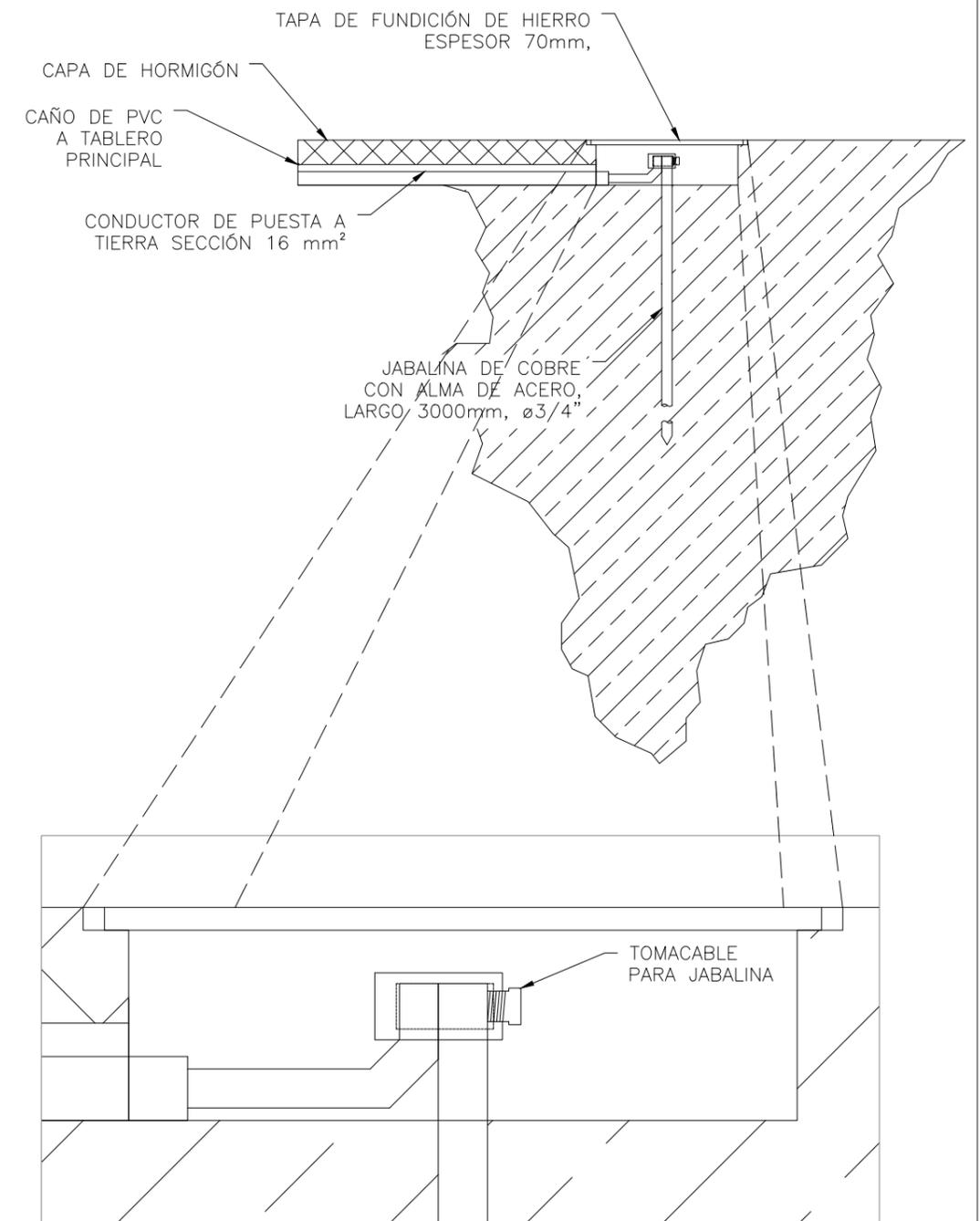
PÁGINA DEL PROYECTO: 135 DE 177

ESCALA: 1:30

## CANALIZACIÓN DE ACOMETIDA A BARRA DE PUESTA A TIERRA



## DETALLE DE PUESTA A TIERRA



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

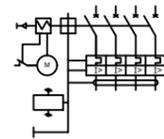
TÍTULO: LAYOUT DE PUESTA A TIERRA

PÁGINA DEL PROYECTO: 136 DE 177

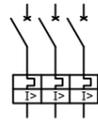
ESCALA: 1:50

Página: 6 DE 6

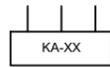
## REFERENCIAS:



INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE CAJA MOLDEADA CON PROTECCIÓN DIFERENCIAL Y ACCIONAMIENTO POR MECANISMO MOTORIZADO



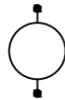
INTERRUPTOR AUTOMÁTICO TERMOMAGNÉTICO



RELÉ DE MONITOREO DE FASES



GRUPO ELECTRÓGENO



MOTOR DE MECANISMO DE ACCIONAMIENTO REMOTO



CONTACTO AUXILIAR O RELÉ NORMALMENTE ABIERTO



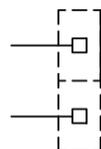
CONTACTO AUXILIAR O RELÉ NORMALMENTE CERRADO



BOBINA DE ACCIONAMIENTO DE RELÉ ASOCIADA A CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO



BOBINA DE ACCIONAMIENTO DE RELÉ ASOCIADA A CONTACTO NORMALMENTE CERRADO



ENTRADA/SALIDA DE PLC



MOTOR ASINCRÓNICO TRIFÁSICO



BOBINA DE CONTACTOR DE LÍNEA



PULSADOR DE PARADA DE EMERGENCIA DE PUÑO

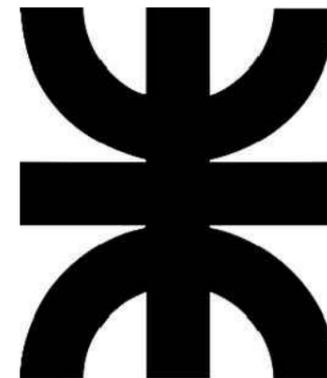


PILOTO LUMINOSO

NOTAS

DOC. DE REFERENCIA

- LISTADO DE CARGAS
- MEMORIA DE CÁLCULO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
- DIAGRAMA UNIFILAR



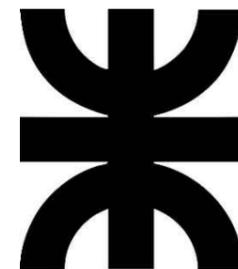
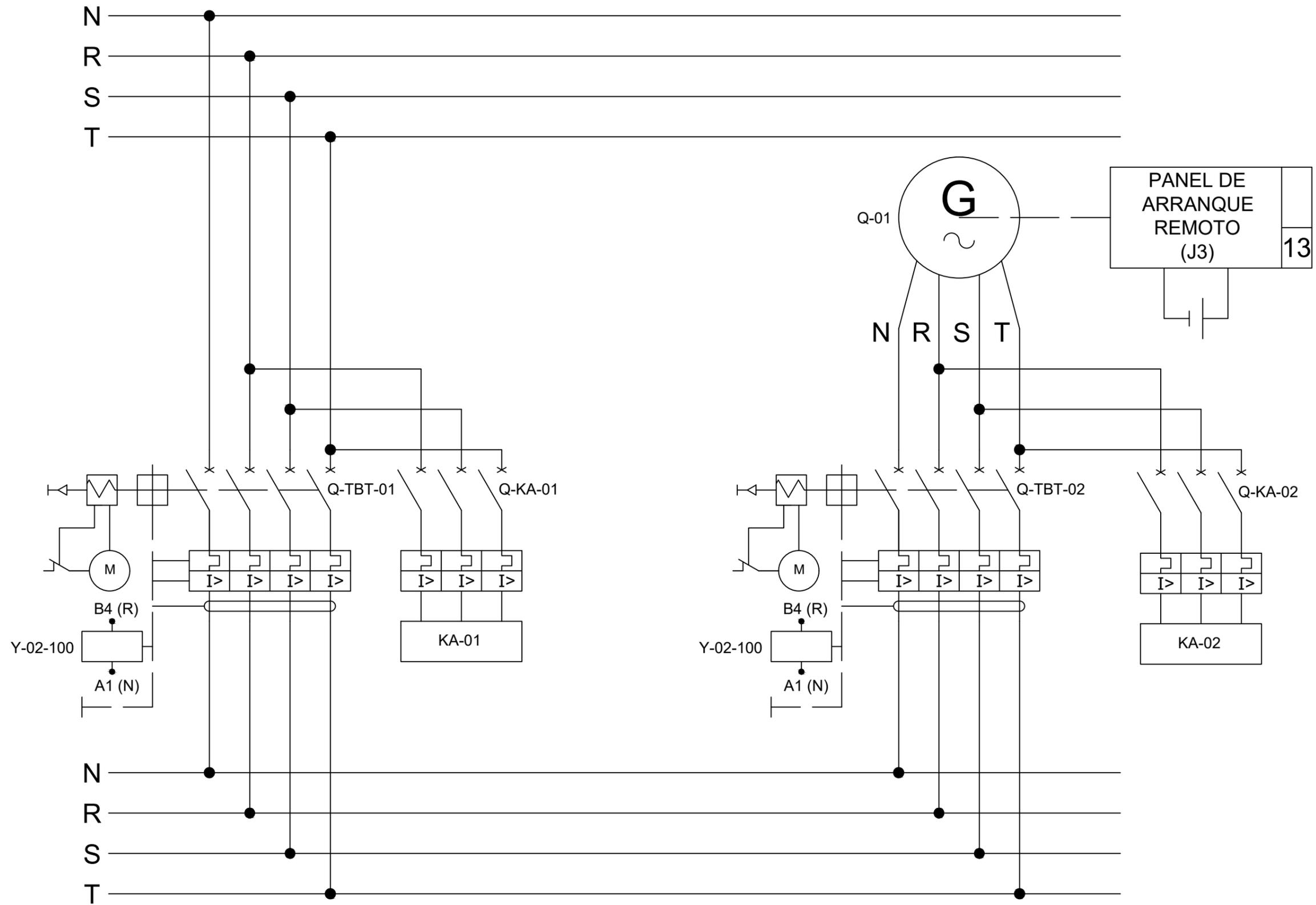
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TITULO: ESQUEMA FUNCIONAL

PÁGINA DEL PROYECTO 137 DE 177

ESCALA 1:4

Página:1 DE 17



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

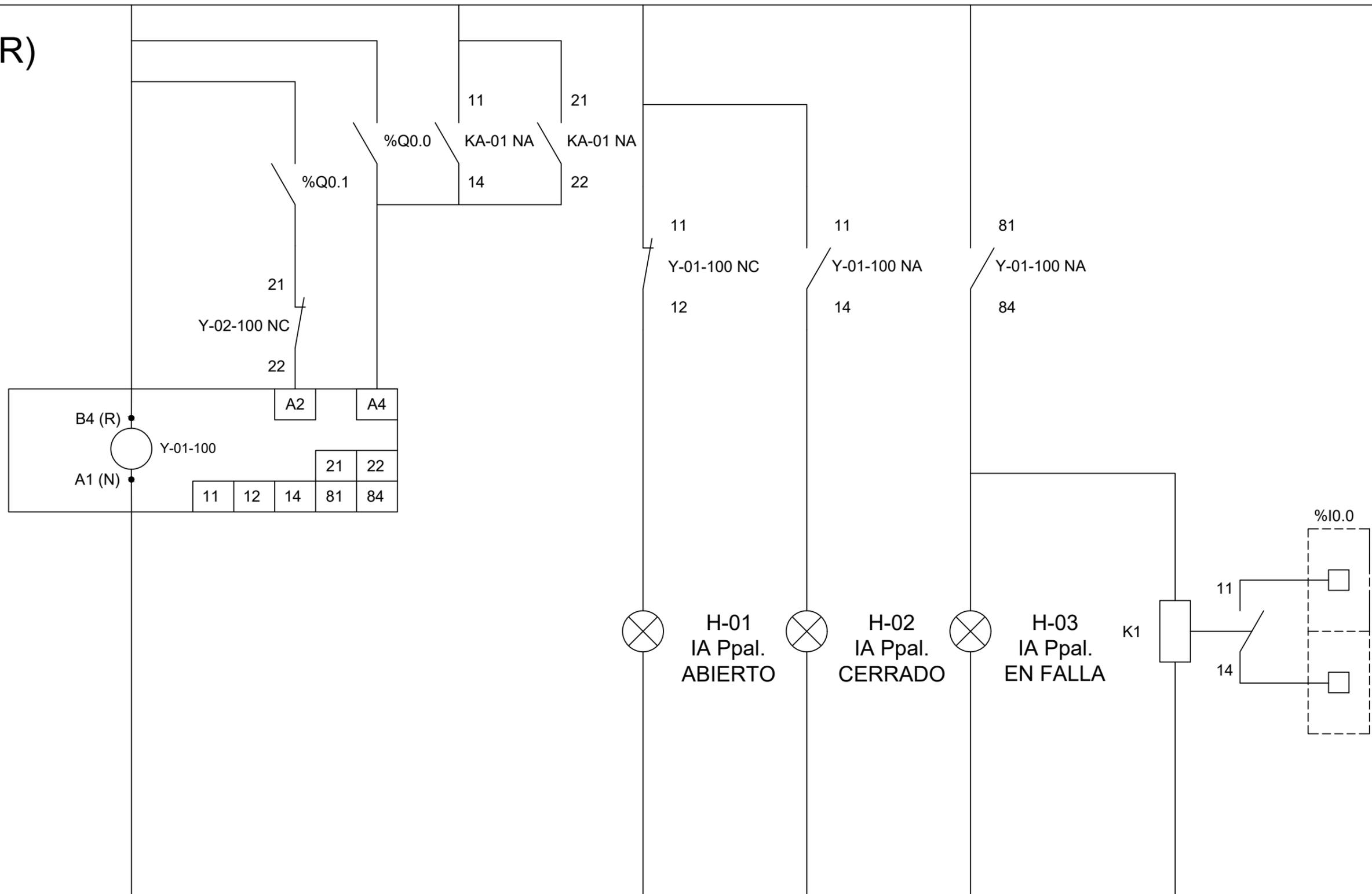
TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

PÁGINA DEL PROYECTO: 138 DE 177

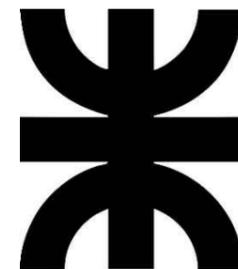
ESCALA: 1:4

Página:2 DE 17

230V (R)  
UPS



N



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

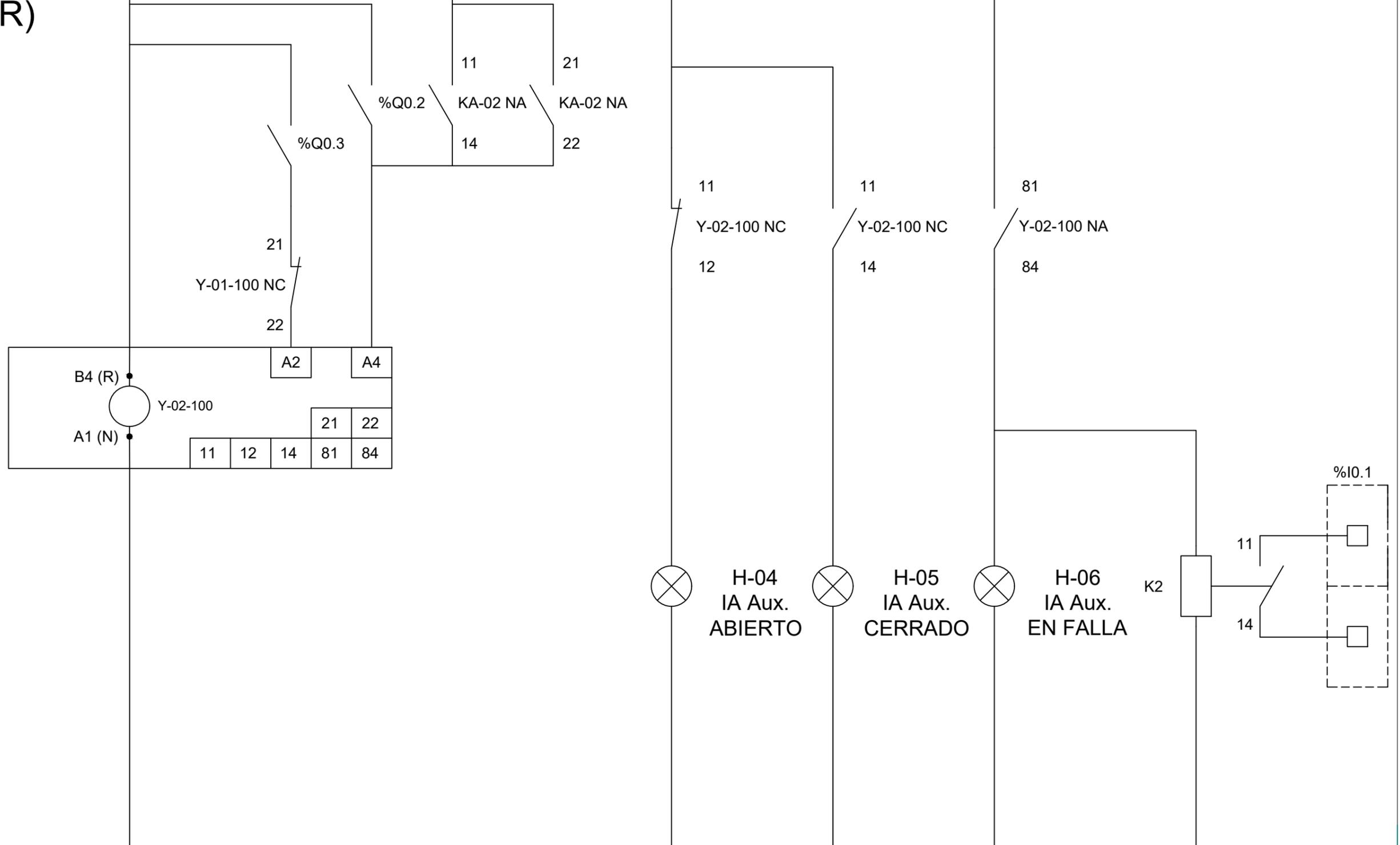
TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

PÁGINA DEL PROYECTO: 139 DE 177

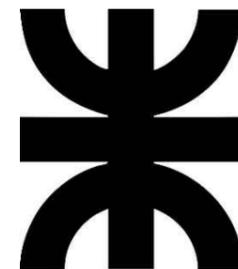
ESCALA: 1:4

Página:3 DE 17

230V (R)  
UPS



N



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

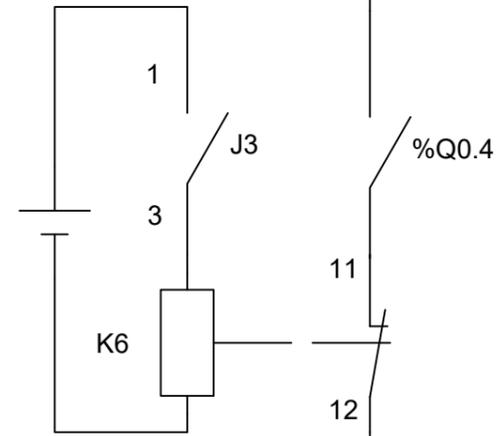
TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

PÁGINA DEL PROYECTO: 140 DE 177

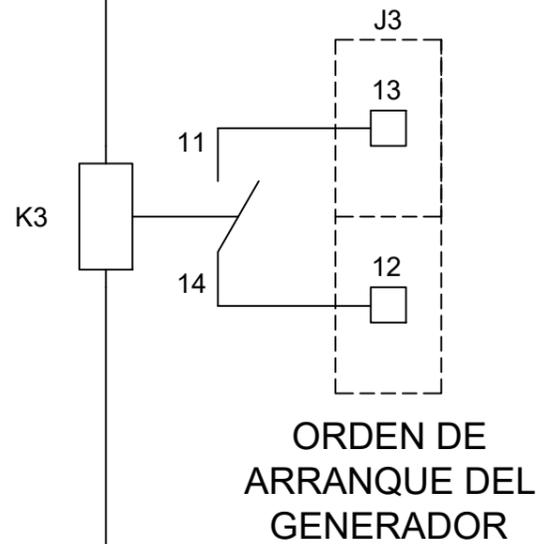
ESCALA: 1:4

Página:4 DE 17

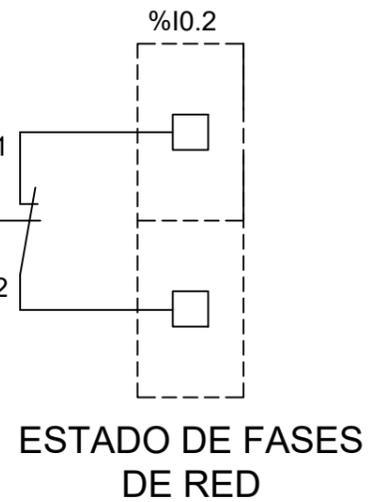
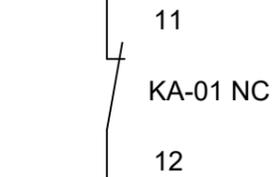
230V (R)  
UPS



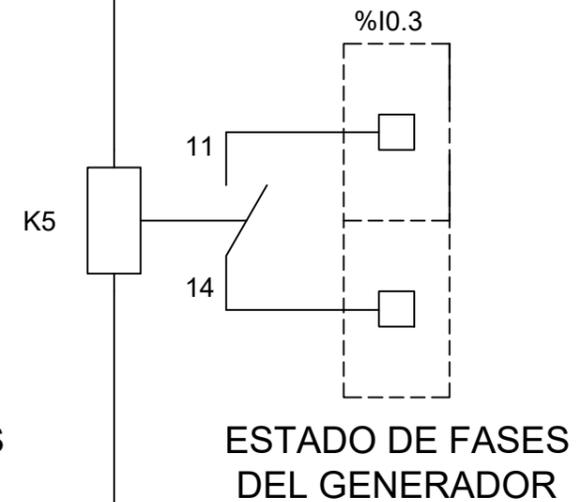
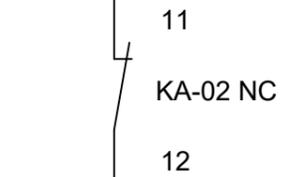
ALARMA DEL  
GENERADOR



ORDEN DE  
ARRANQUE DEL  
GENERADOR

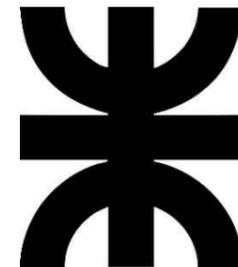


ESTADO DE FASES  
DE RED



ESTADO DE FASES  
DEL GENERADOR

N



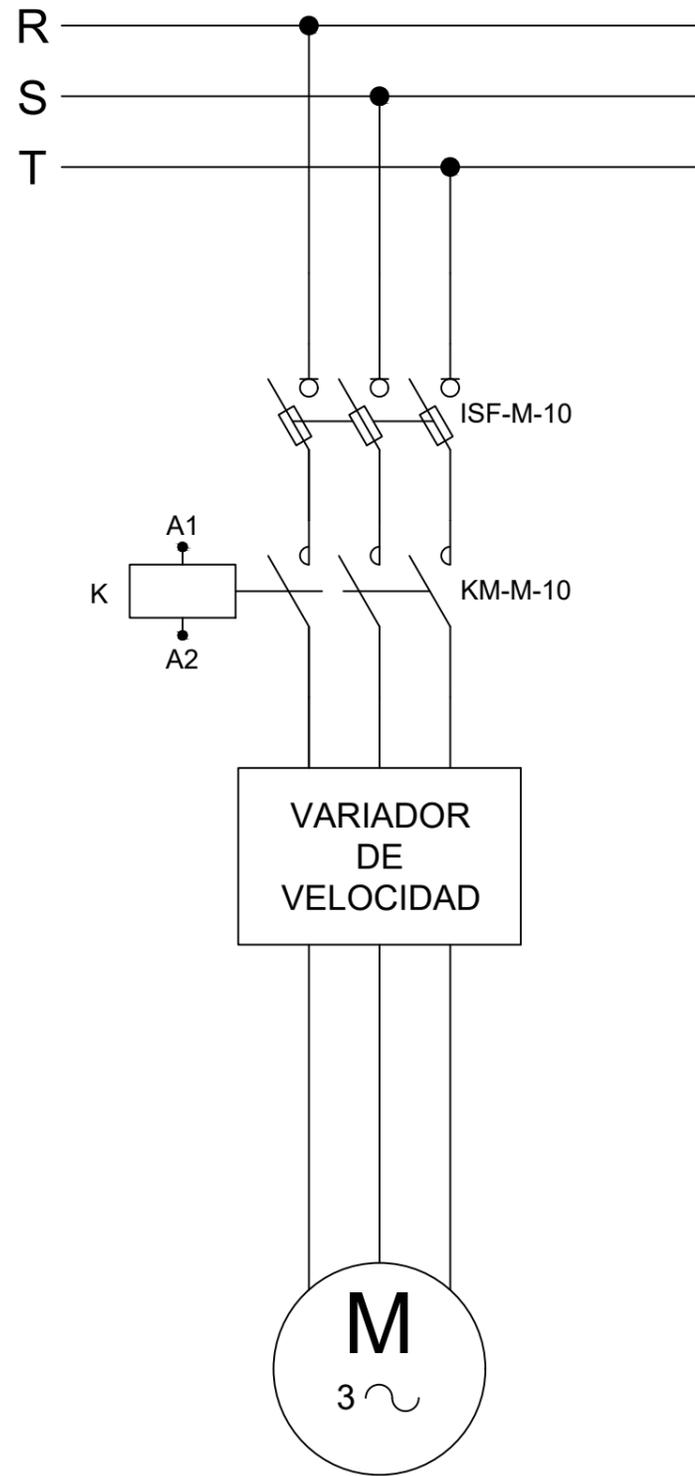
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

PÁGINA DEL PROYECTO: 141 DE 177

ESCALA: 1:4

Página:5 DE 17



230V (R)

PARADA DE EMERGENCIA GENERAL

S-01-M-20

%Q0.5

11

14

K8

%QW64

VARIADOR DE VELOCIDAD

13

14

R1

R2

R3

R4

R5

R6

01

02

11

14

K7

11

K9

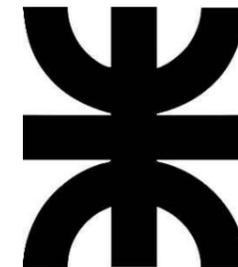
11

12

%I0.4

INDICADOR DE AUTOMÁTICO

N



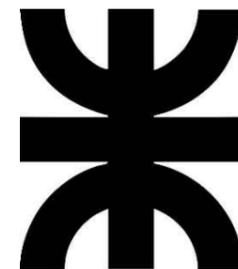
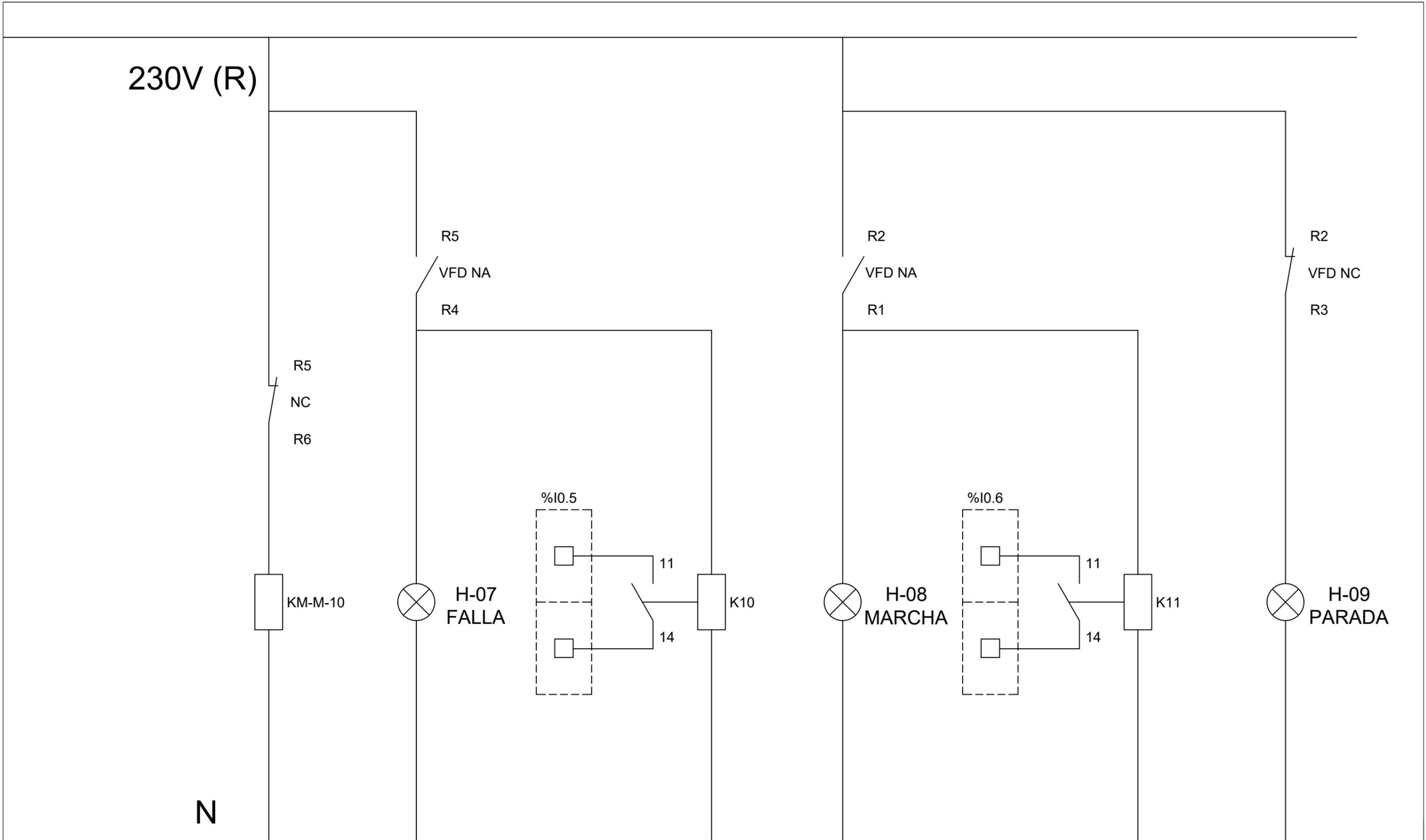
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

PÁGINA DEL PROYECTO: 142 DE 177

ESCALA: 1:4

Página:6 DE 17



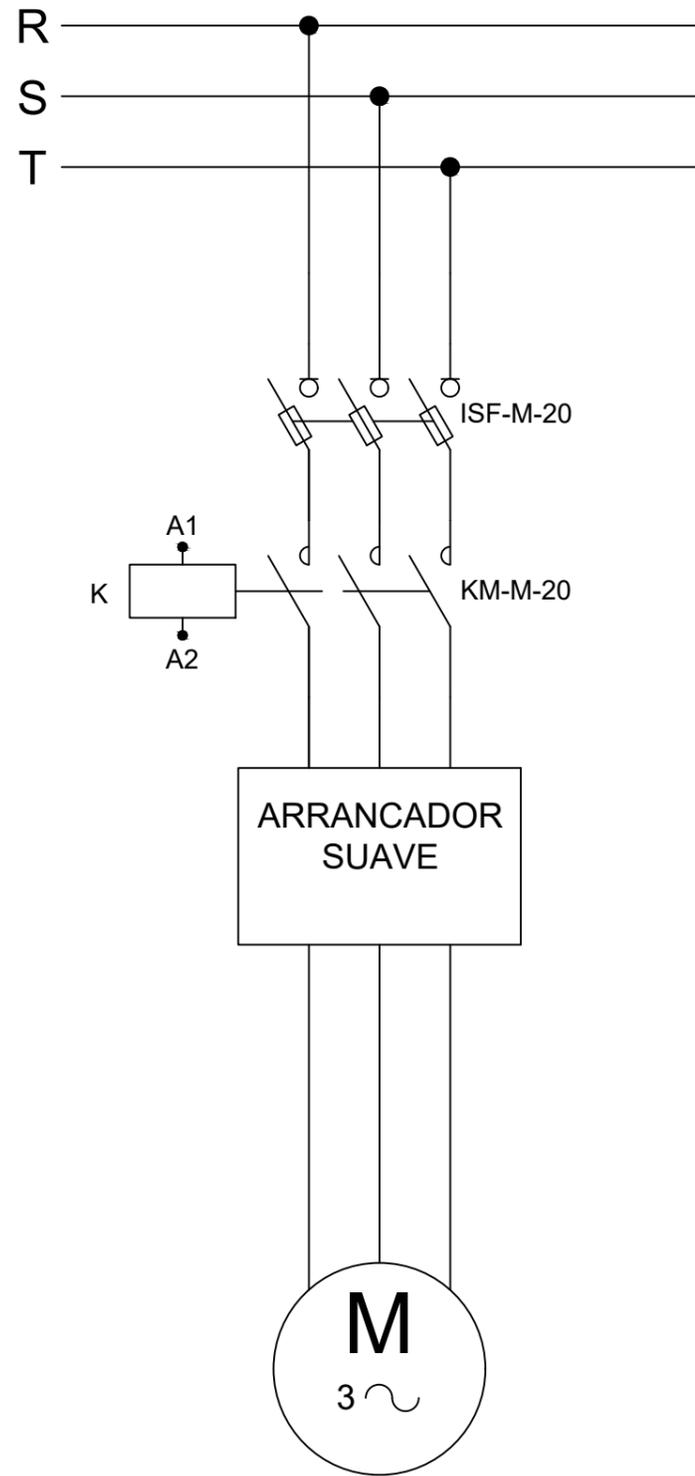
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

PÁGINA DEL PROYECTO: 143 DE 177

ESCALA: 1:4

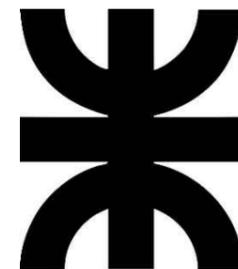
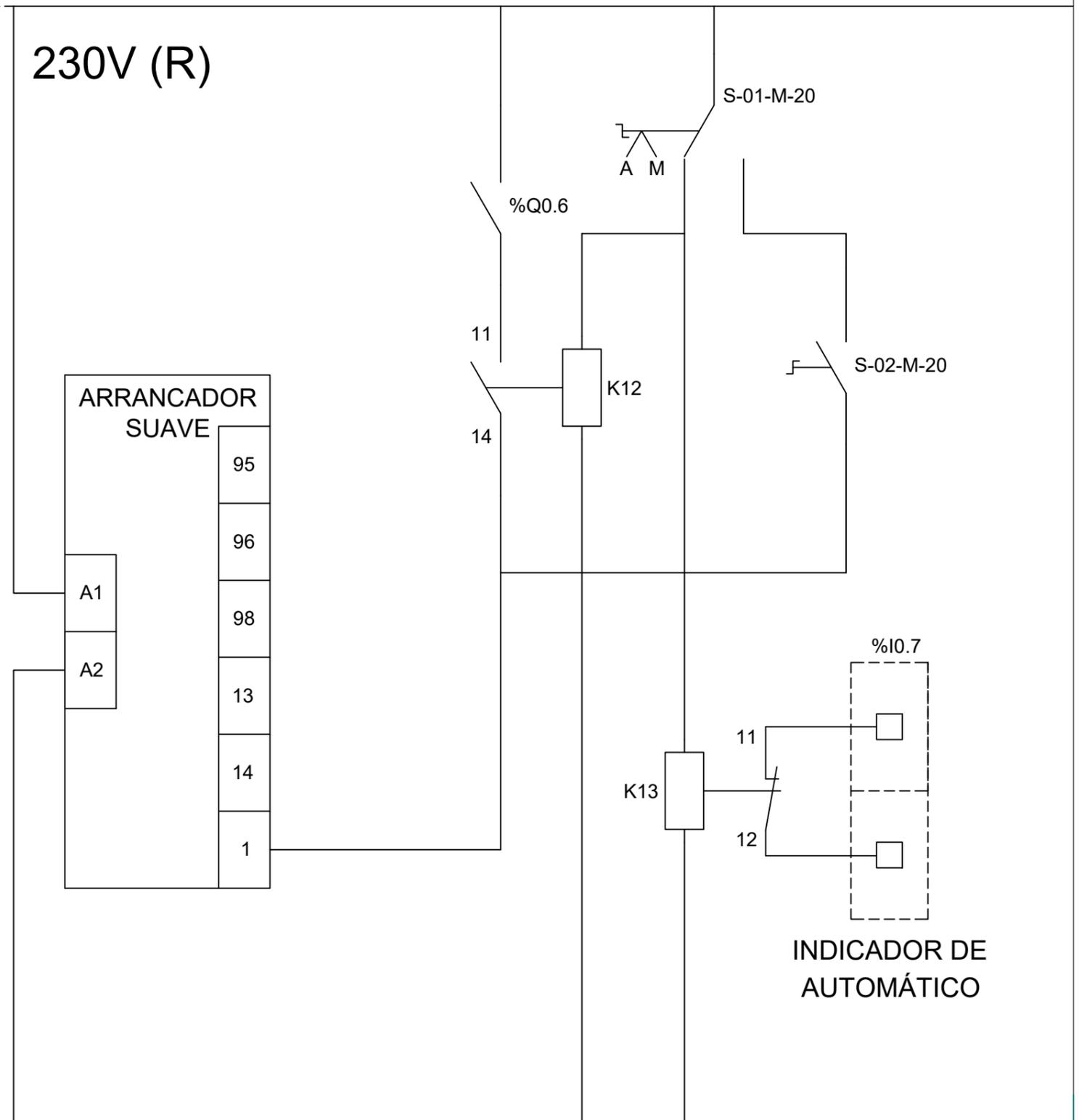
Página:7 DE 17



←  
PARADA DE EMERGENCIA GENERAL

230V (R)

N



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

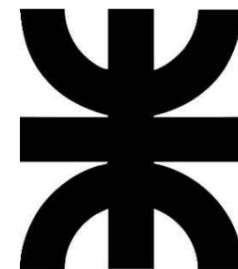
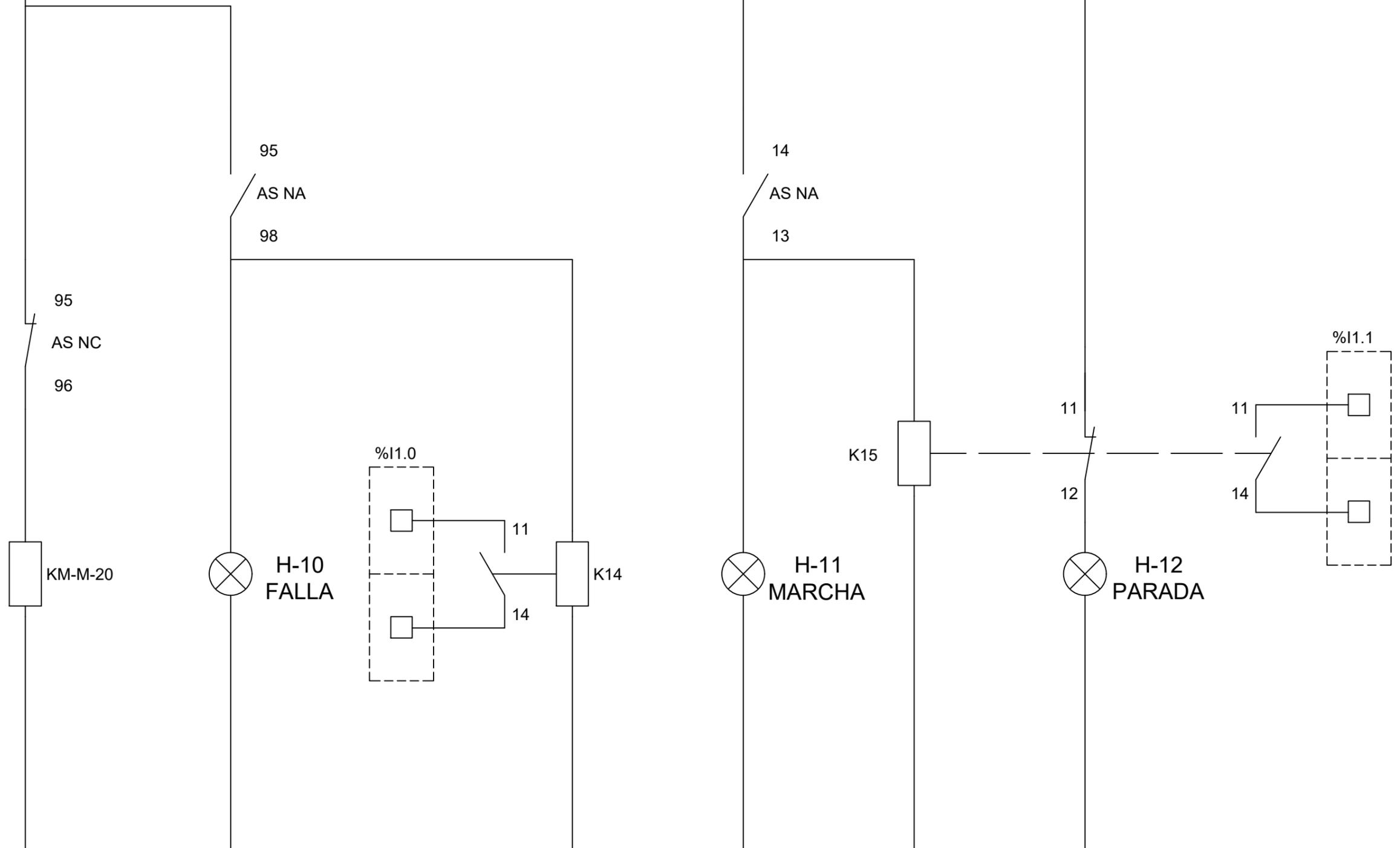
PÁGINA DEL PROYECTO: 144 DE 177

ESCALA: 1:4

Página:8 DE 17

230V (R)

N



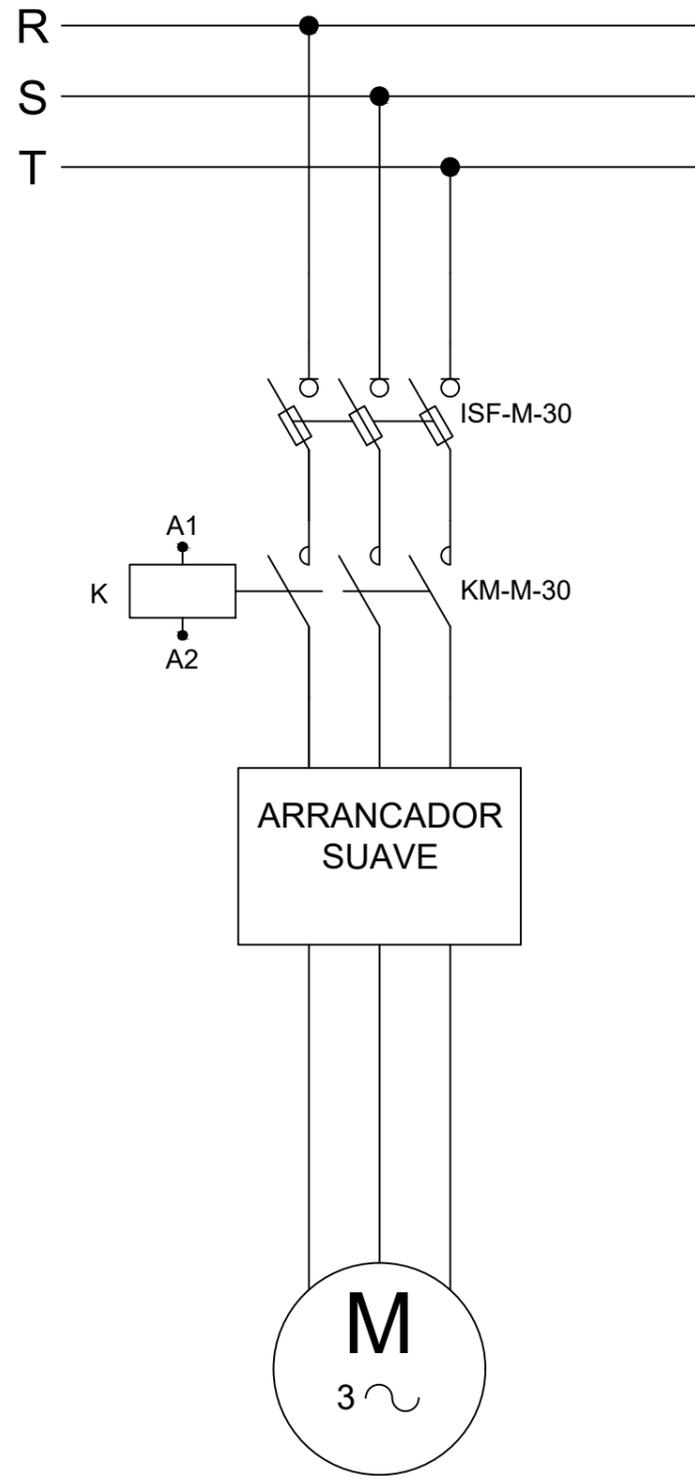
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

PÁGINA DEL PROYECTO: 145 DE 177

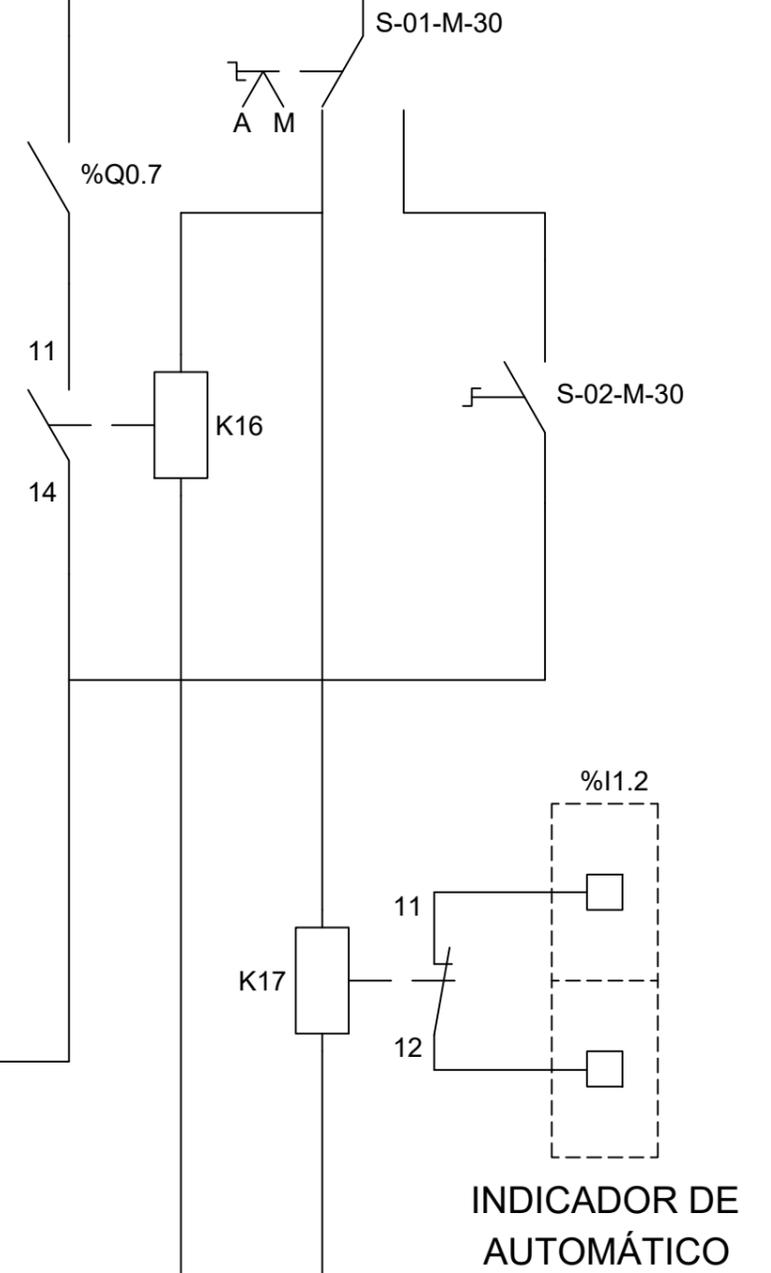
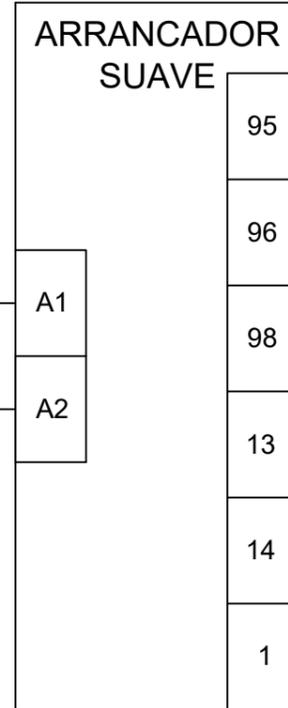
ESCALA: 1:4

Página:9 DE 17

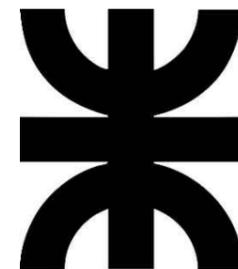


←  
 PARADA DE EMERGENCIA GENERAL

230V (R)



N



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

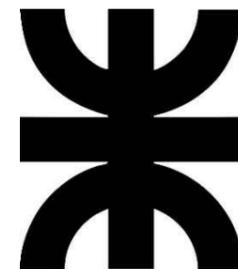
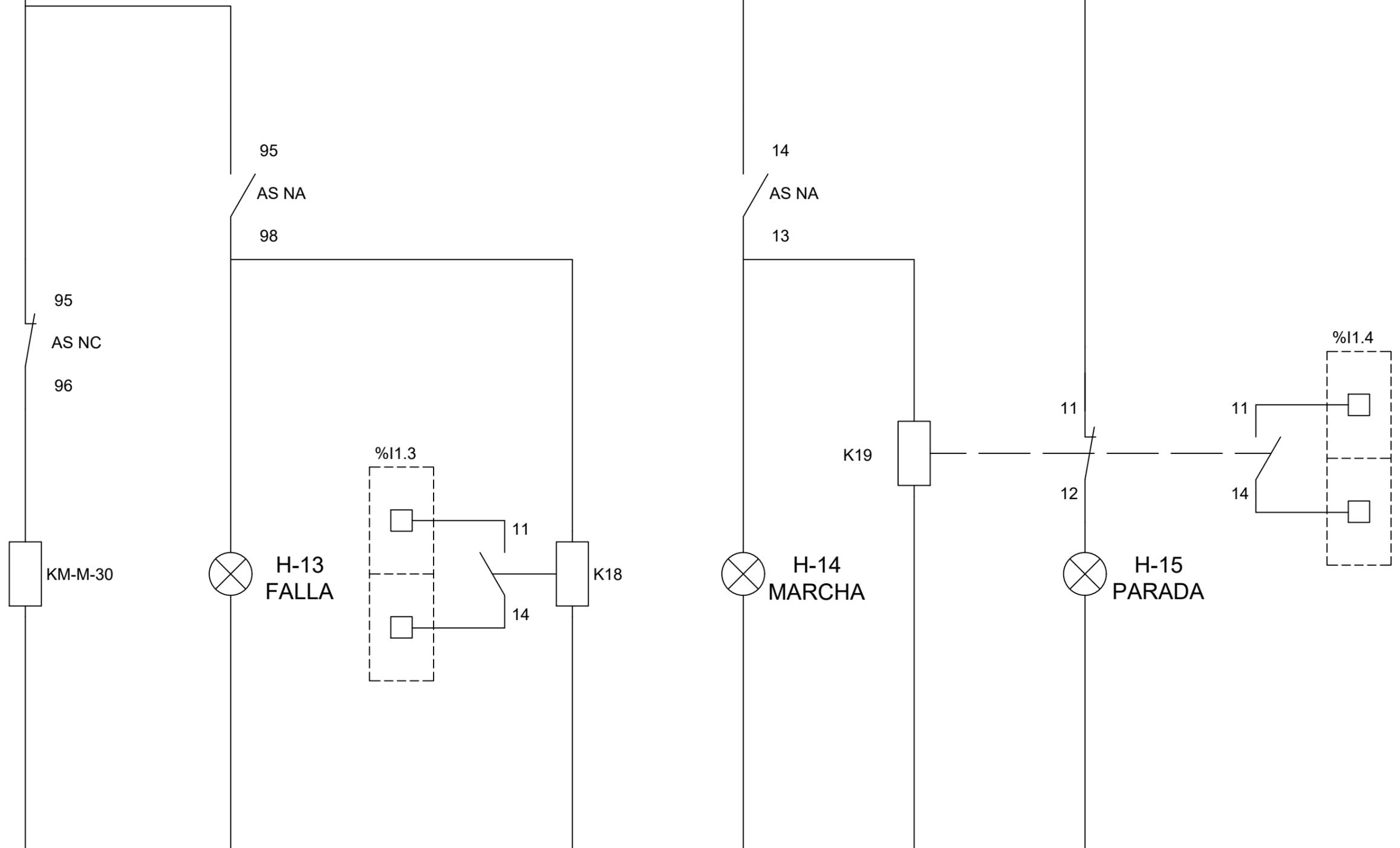
PÁGINA DEL PROYECTO: 146 DE 177

ESCALA: 1:4

Página:10 DE 17

230V (R)

N



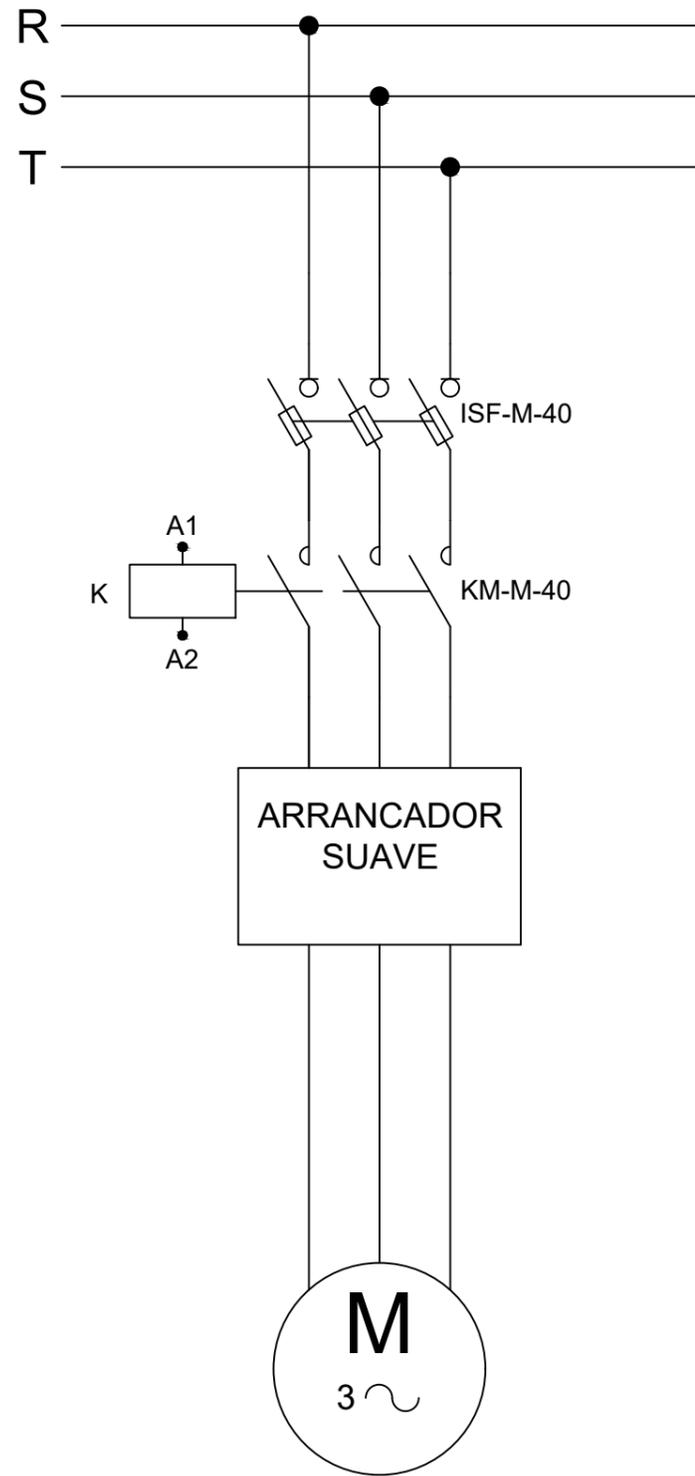
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

PÁGINA DEL PROYECTO: 147 DE 177

ESCALA: 1:4

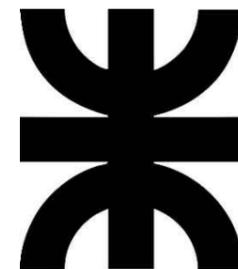
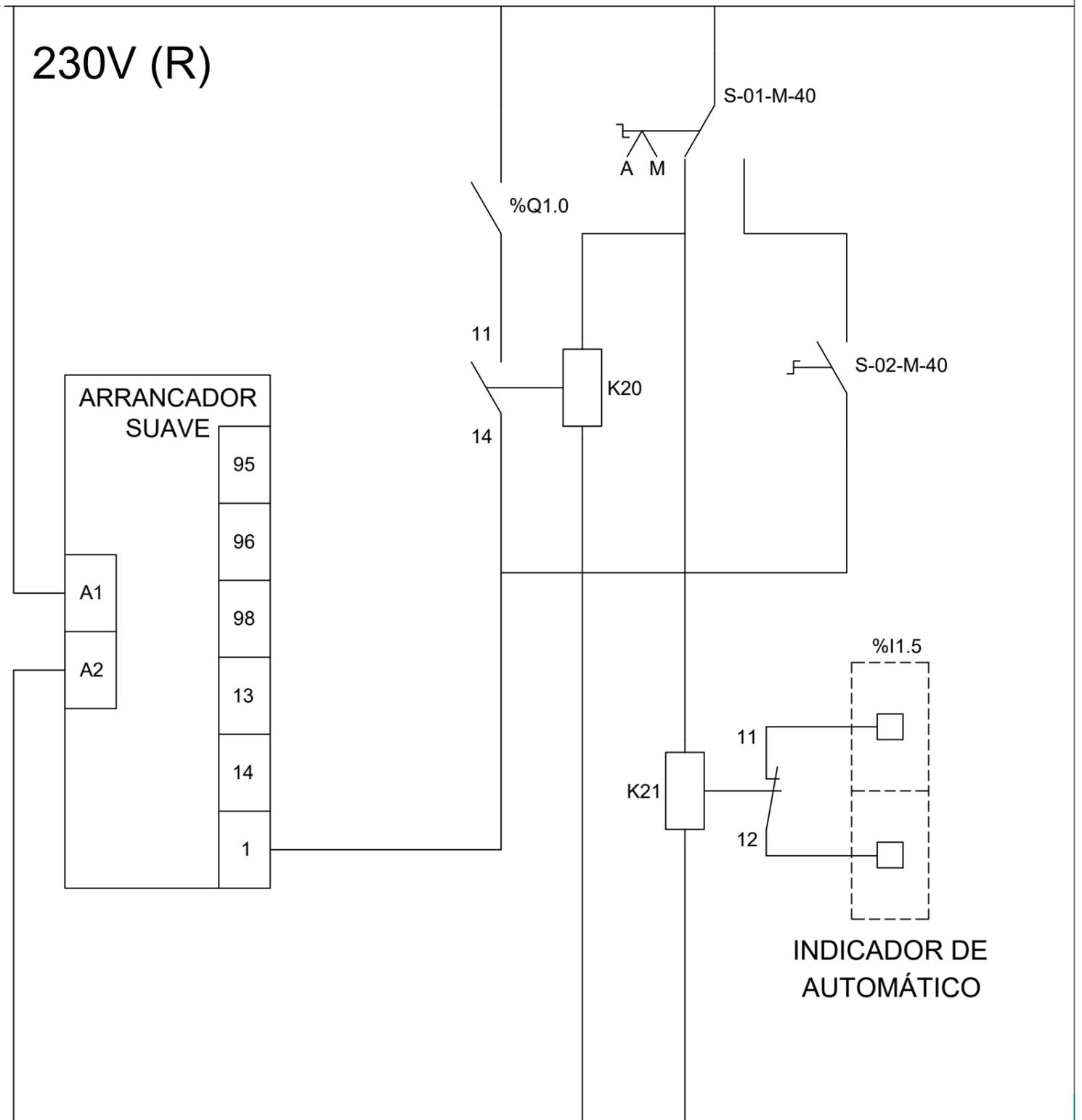
Página:11 DE 17



←  
PARADA DE EMERGENCIA GENERAL

230V (R)

N



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

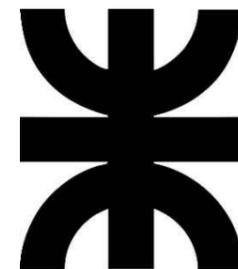
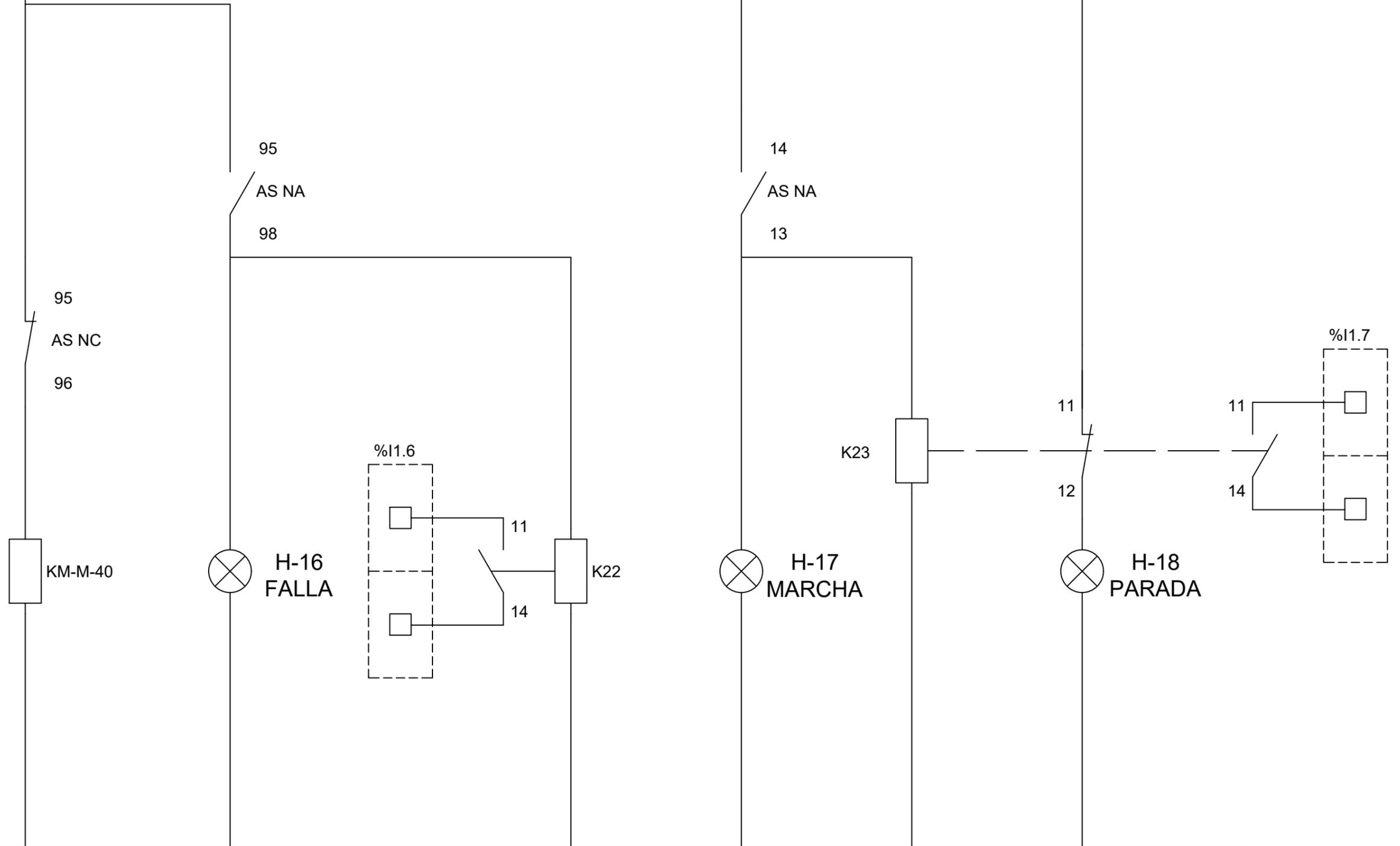
PÁGINA DEL PROYECTO: 148 DE 177

ESCALA: 1:4

Página:12 DE 17

230V (R)

N

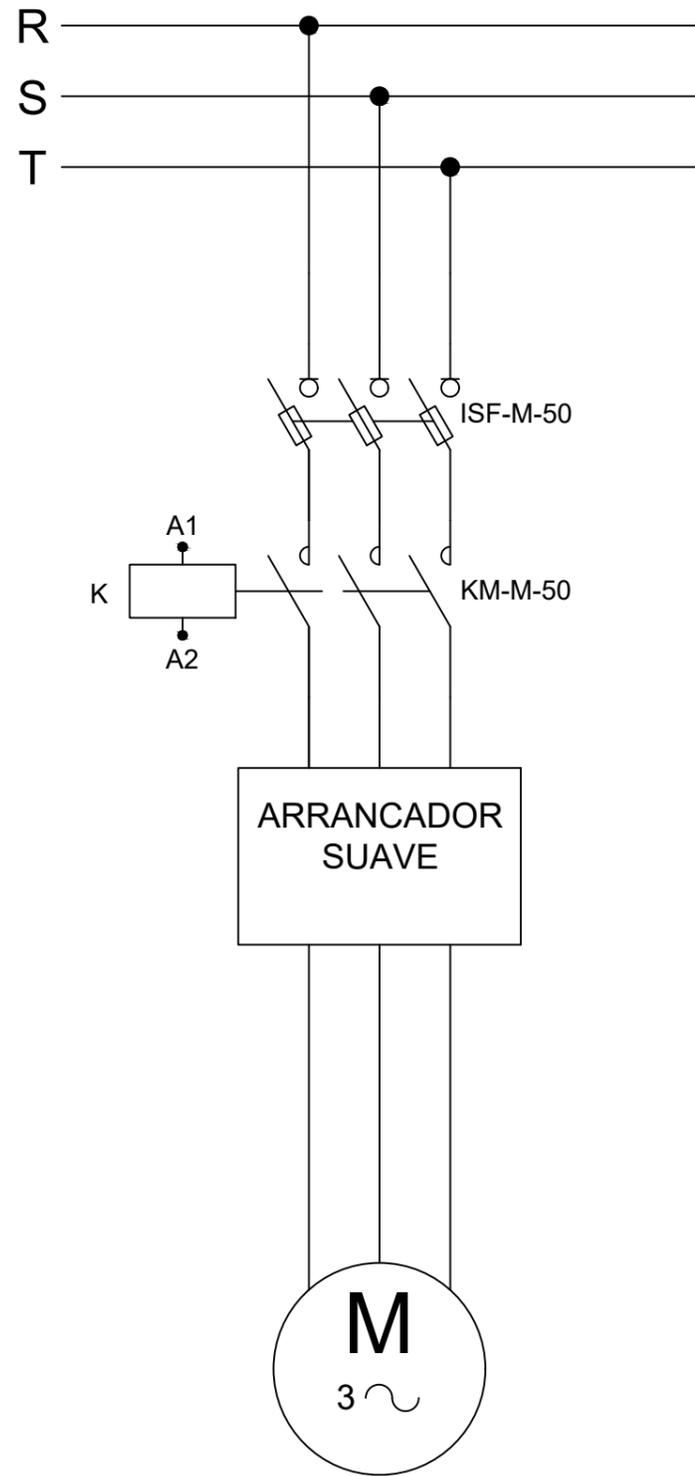


PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

PÁGINA DEL PROYECTO: 149 DE 177

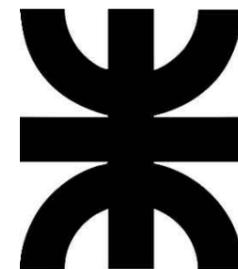
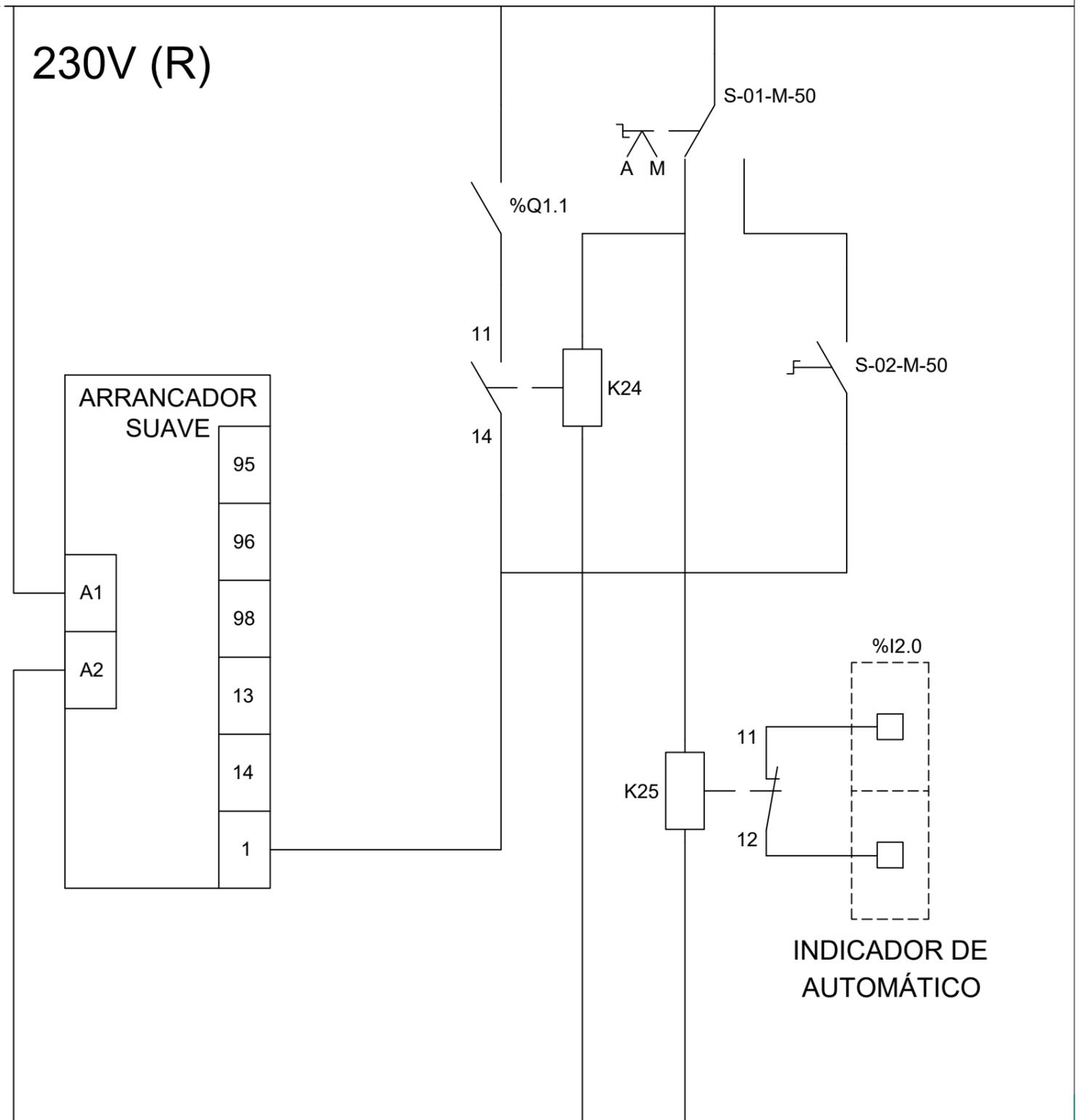
ESCALA: 1:4



←  
PARADA DE EMERGENCIA GENERAL

230V (R)

N



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

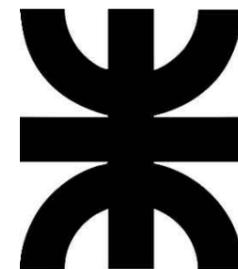
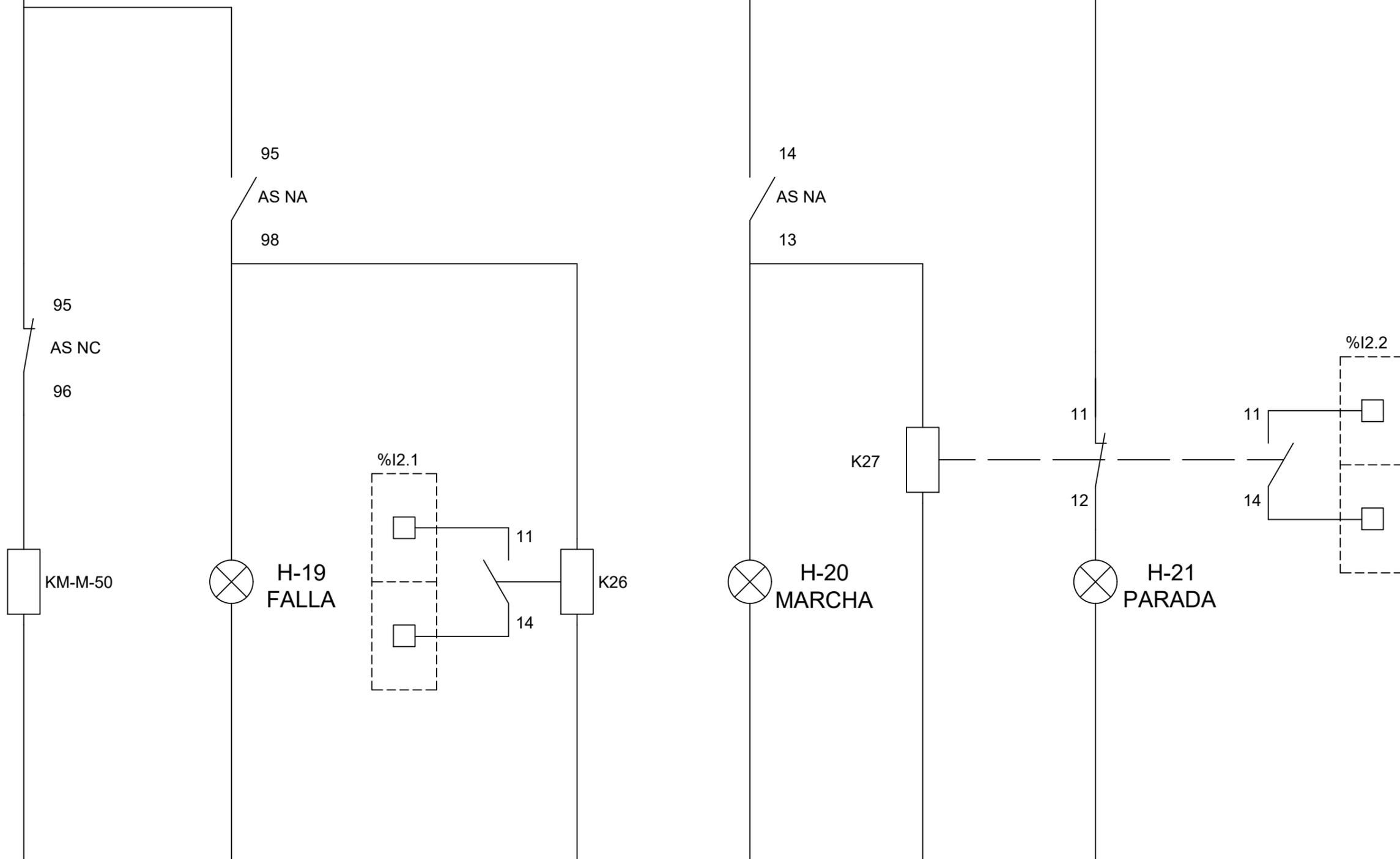
PÁGINA DEL PROYECTO: 150 DE 177

ESCALA: 1:4

Página:14 DE 17

230V (R)

N



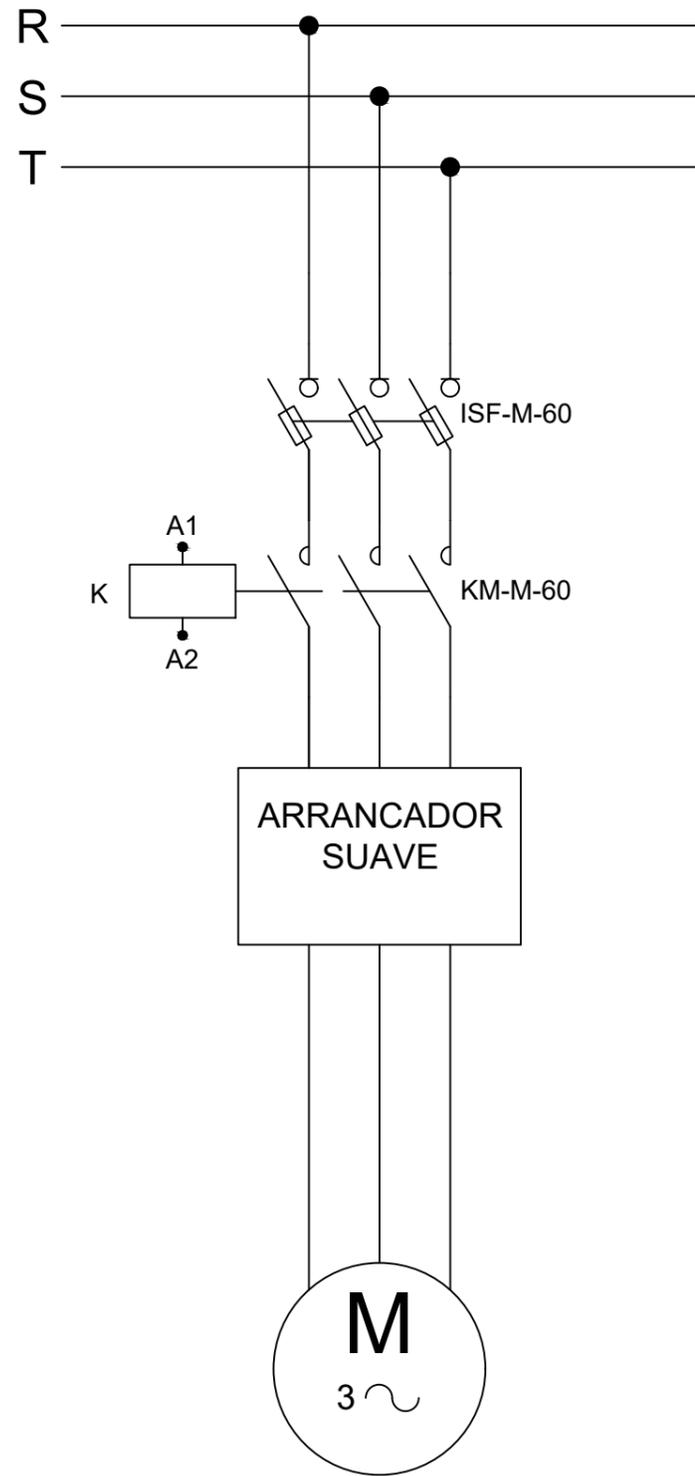
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

PÁGINA DEL PROYECTO: 151 DE 177

ESCALA: 1:4

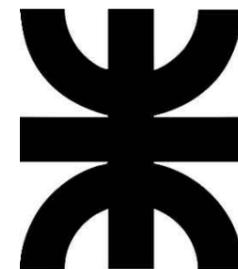
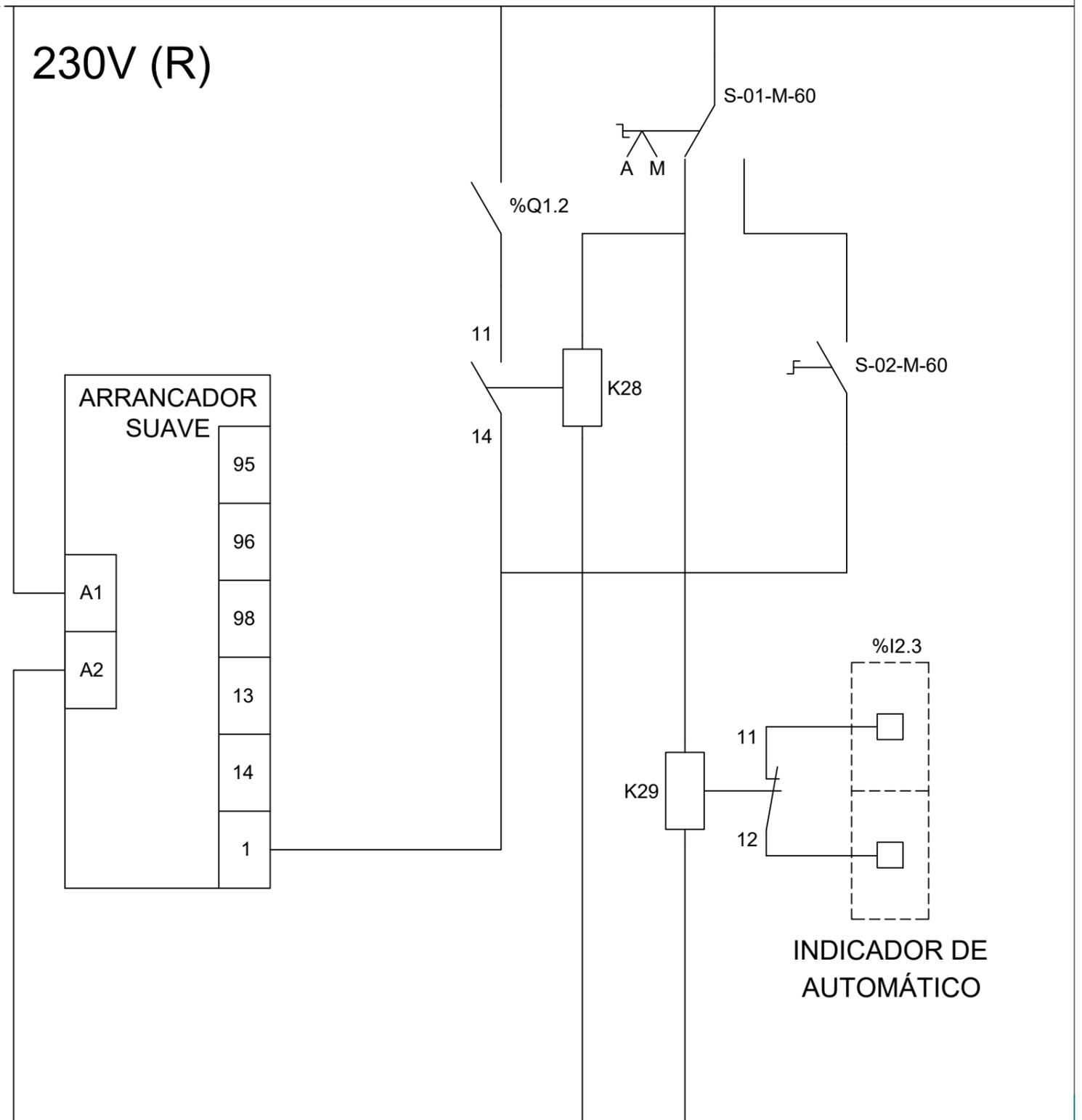
Página:15 DE 17



←  
PARADA DE EMERGENCIA GENERAL

230V (R)

N



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

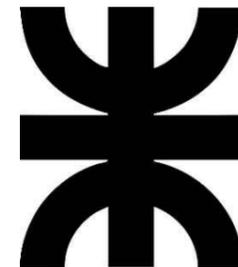
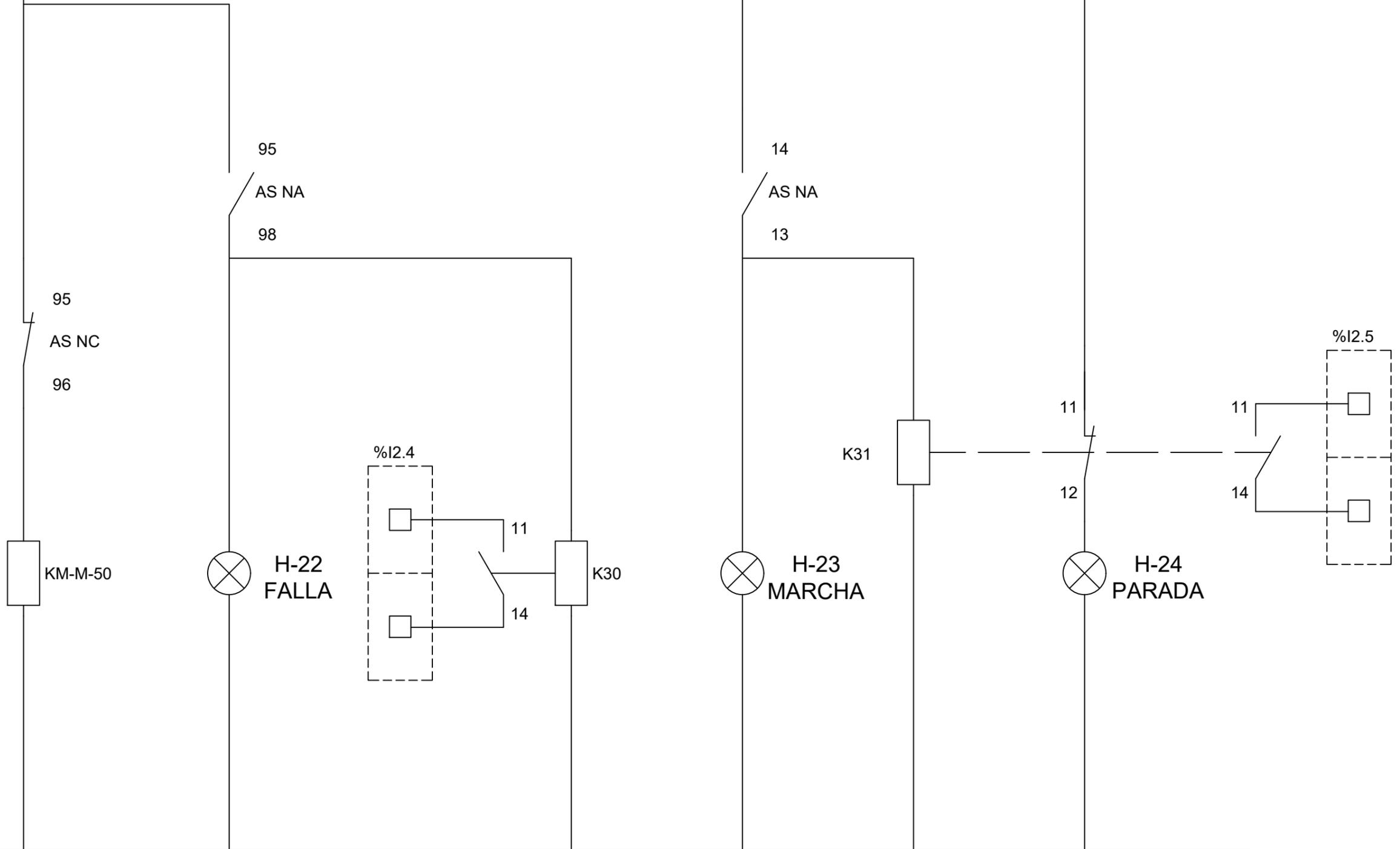
PÁGINA DEL PROYECTO: 152 DE 177

ESCALA: 1:4

Página:16 DE 17

230V (R)

N



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: ESQUEMA FUNCIONAL

PÁGINA DEL PROYECTO: 153 DE 177

ESCALA: 1:4

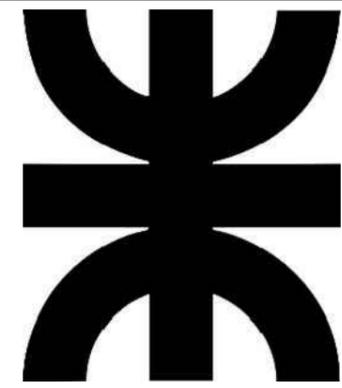
REFERENCIAS:

NOTAS

-TODAS LAS COTAS SE DAN EN MILÍMETROS

DOC. DE REFERENCIA

- LISTADO DE CARGAS
- MEMORIA DE CÁLCULO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA
- DIAGRAMA UNIFILAR



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

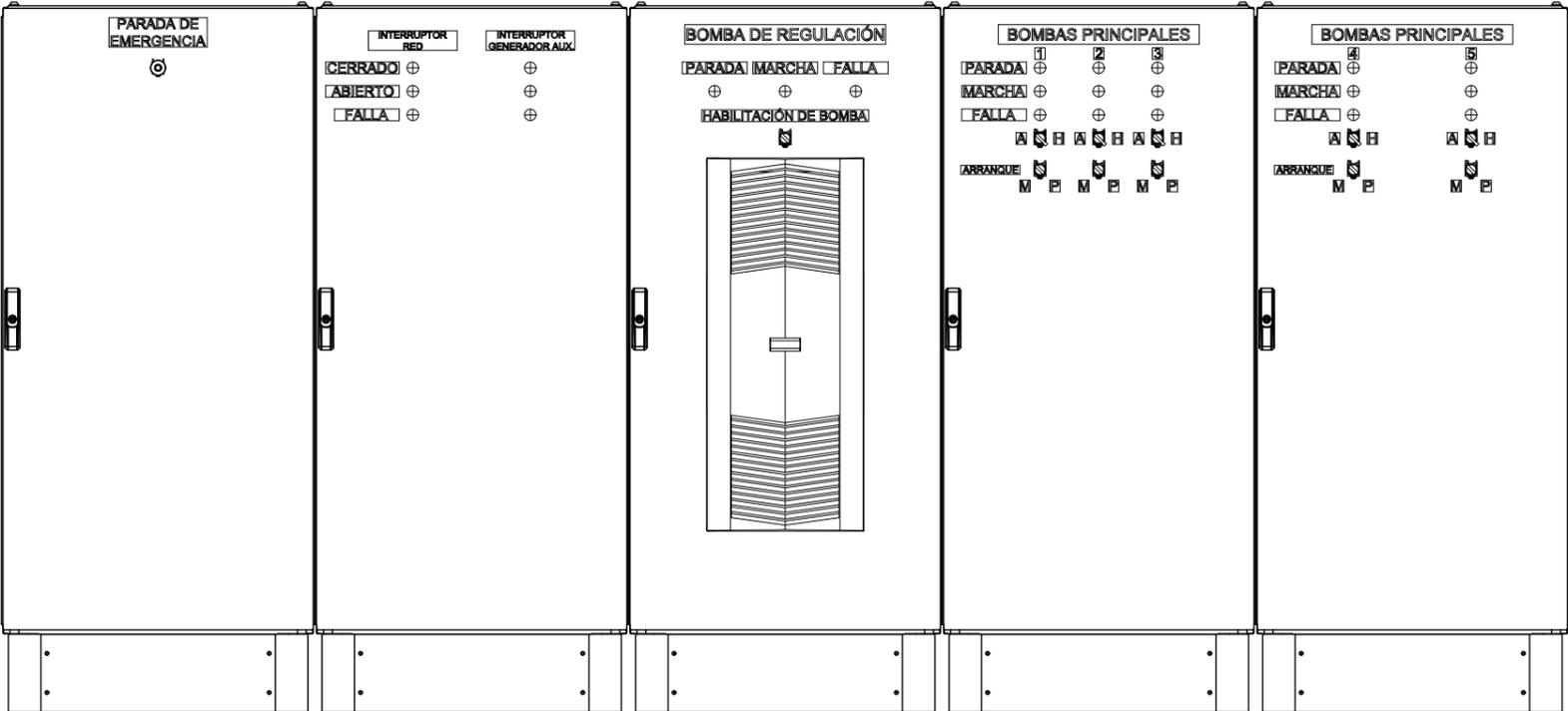
TITULO: TOPOGRÁFICO DE LOS ARMARIOS

PÁGINA DEL PROYECTO 154 DE 177

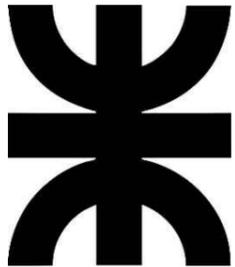
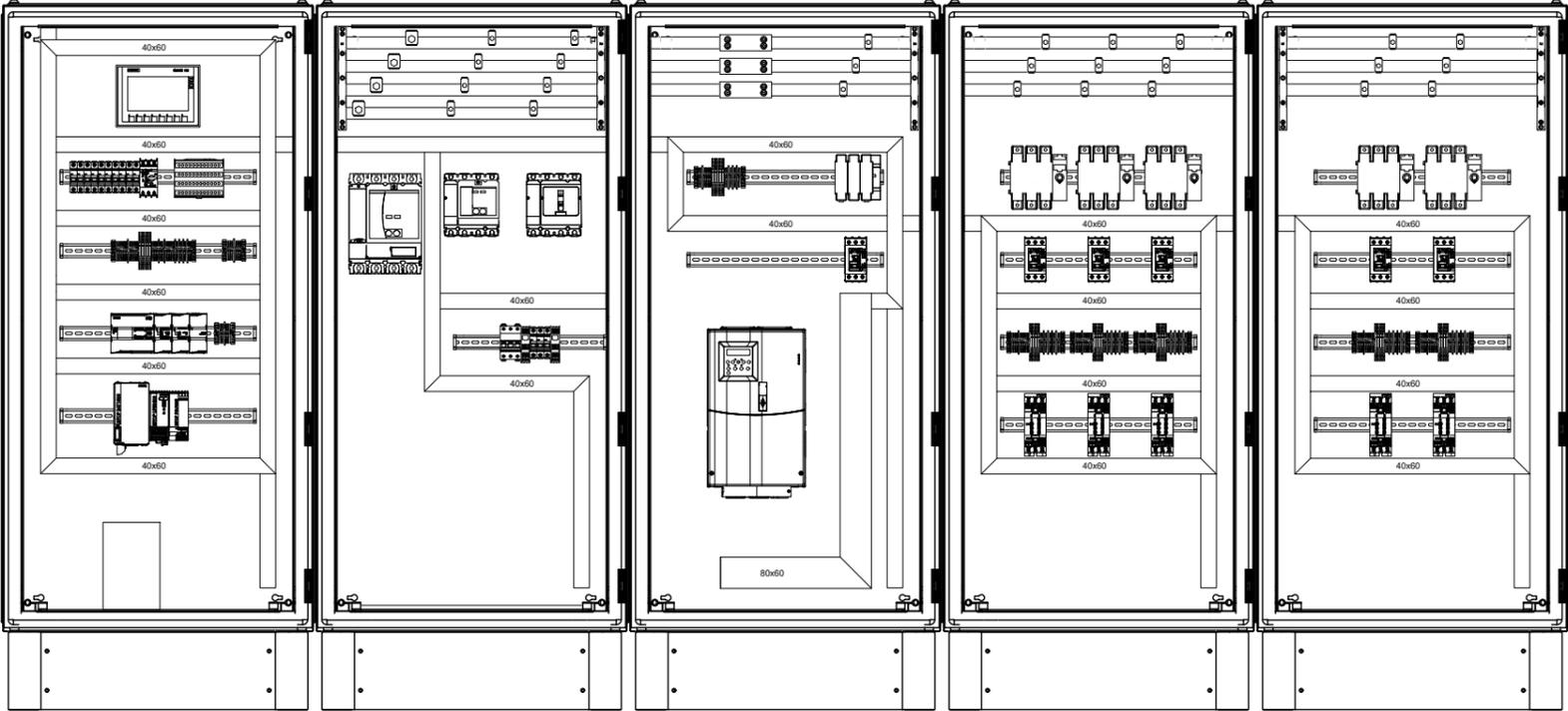
ESCALA VARIAS

# ESQUEMA TOPOGRÁFICO - ARMARIOS DE LA ESTACIÓN

## VISTA FRONTAL



## VISTA FRONTAL - SIN PUERTAS - BARRAS SIN CUBIERTAS



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

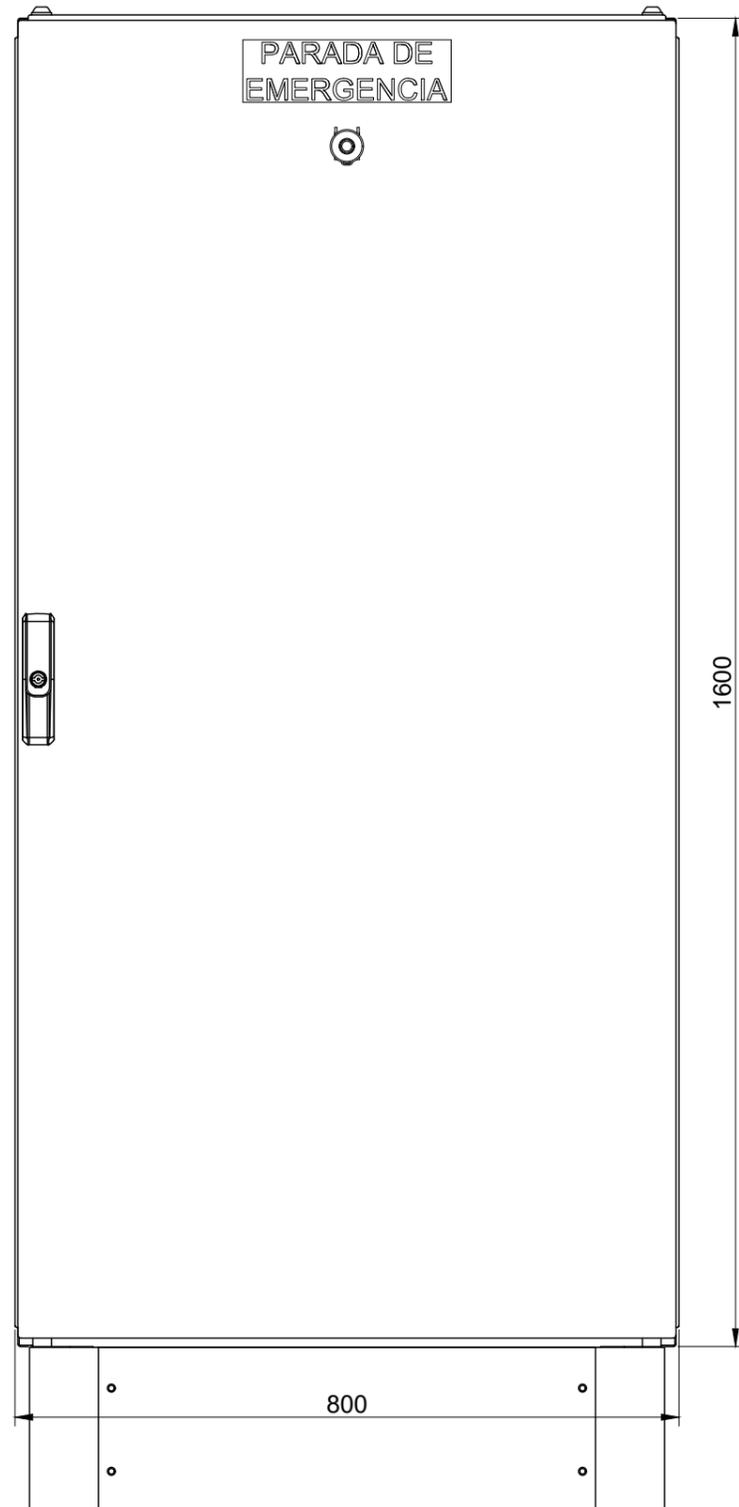
TÍTULO: TOPOGRÁFICO DE LOS ARMARIOS

PÁGINA DEL PROYECTO: 155 DE 177

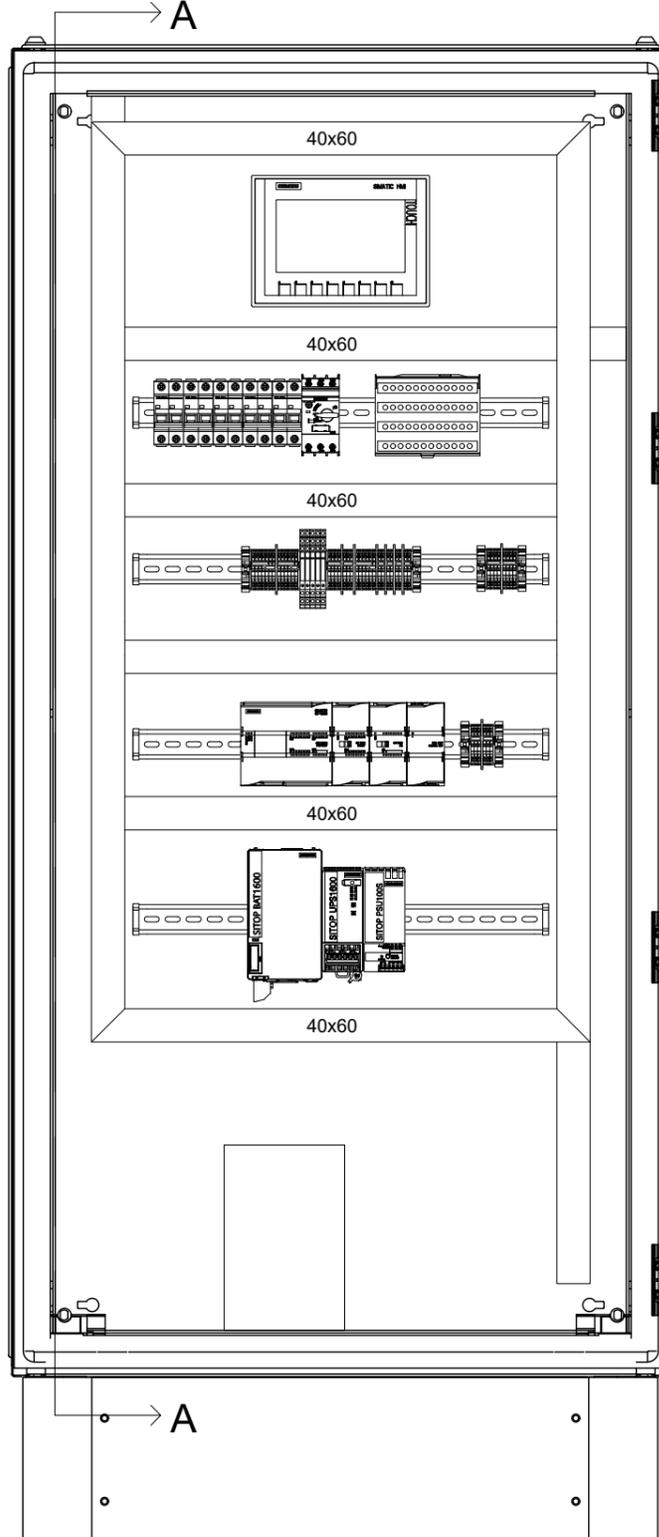
ESCALA: 1:18

# ARMARIO 1 (POR SEPARADO)

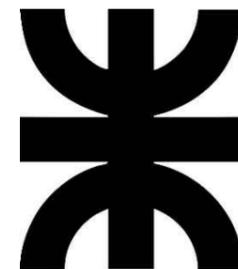
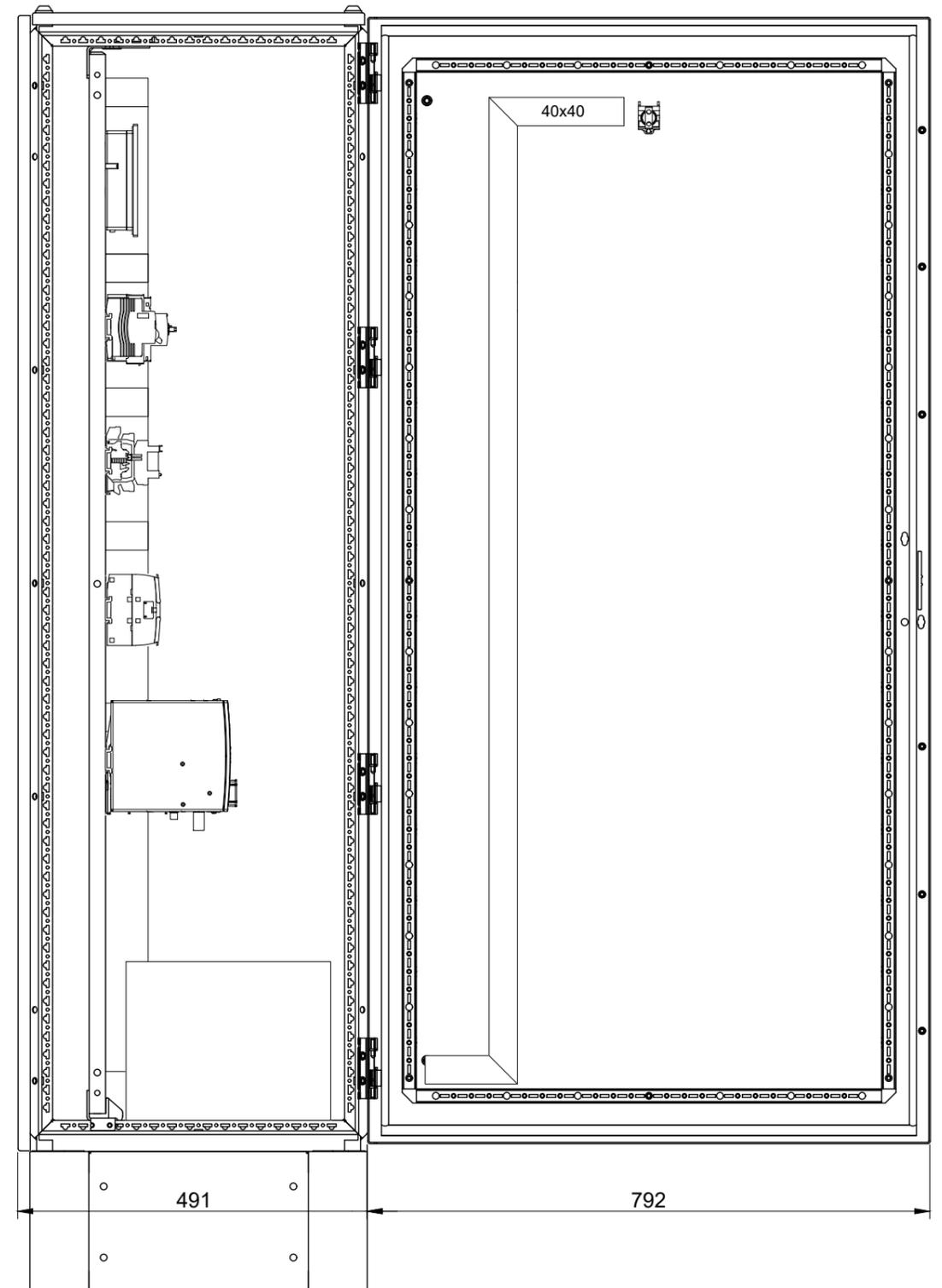
VISTA FRONTAL



VISTA FRONTAL (SIN PUERTA)



VISTA LATERAL (CORTE A - A)



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

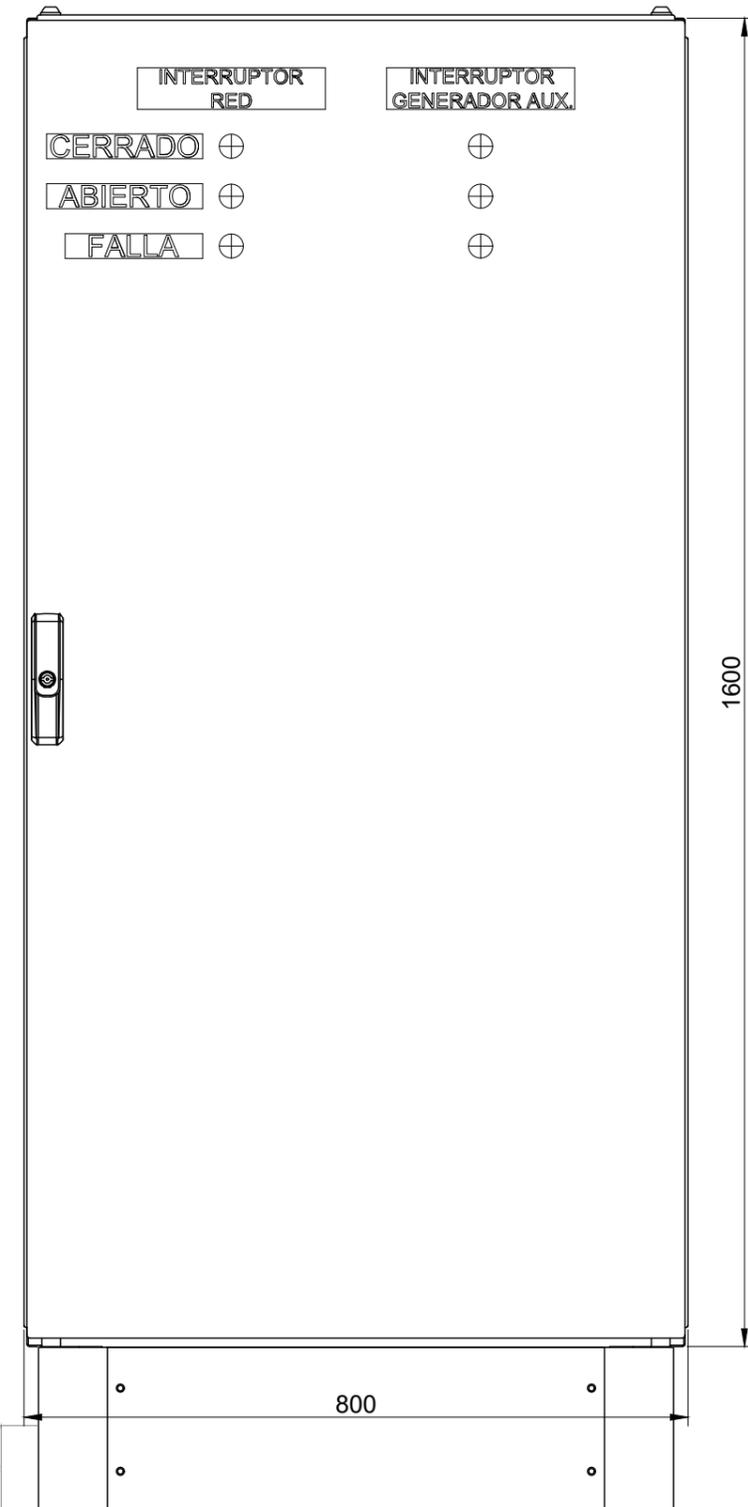
TÍTULO: TOPOGRÁFICO DE LOS ARMARIOS

PÁGINA DEL PROYECTO: 156 DE 177

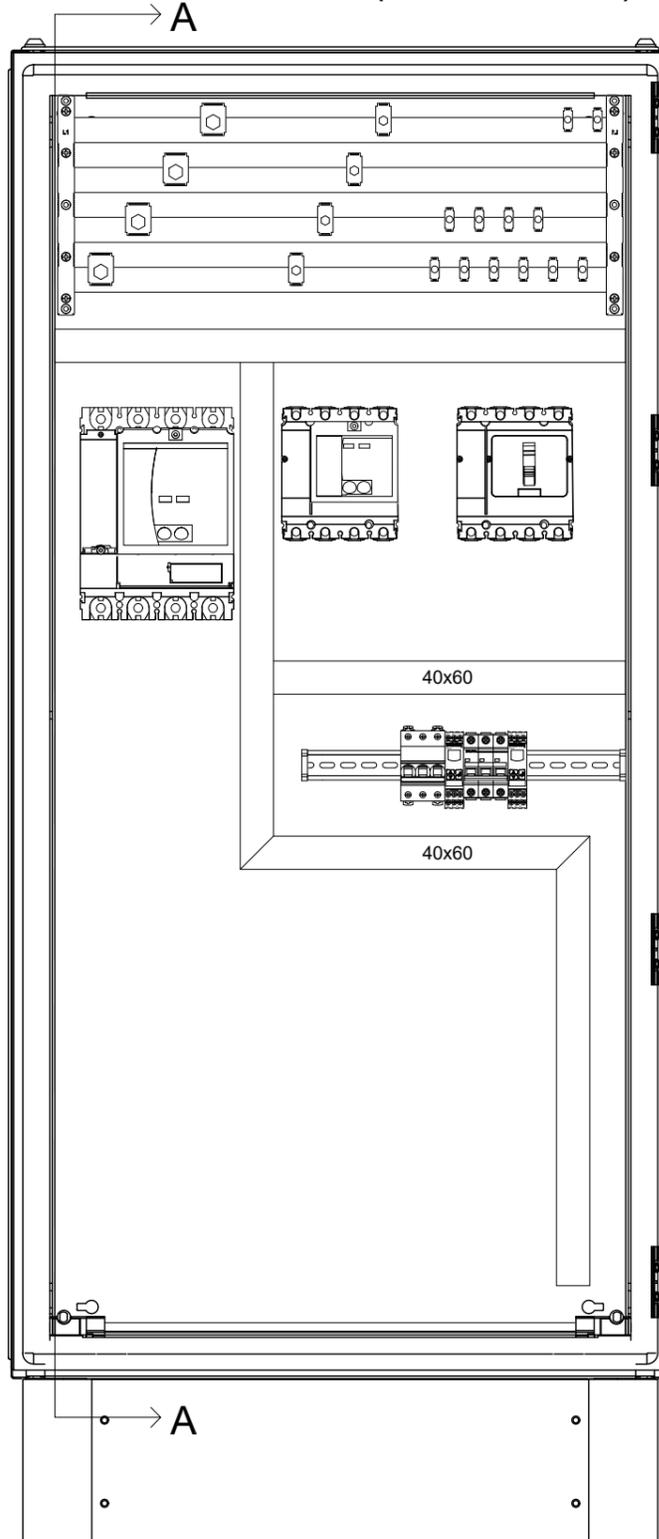
ESCALA: 1:8.5

# ARMARIO 2 (POR SEPARADO)

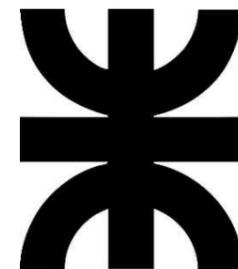
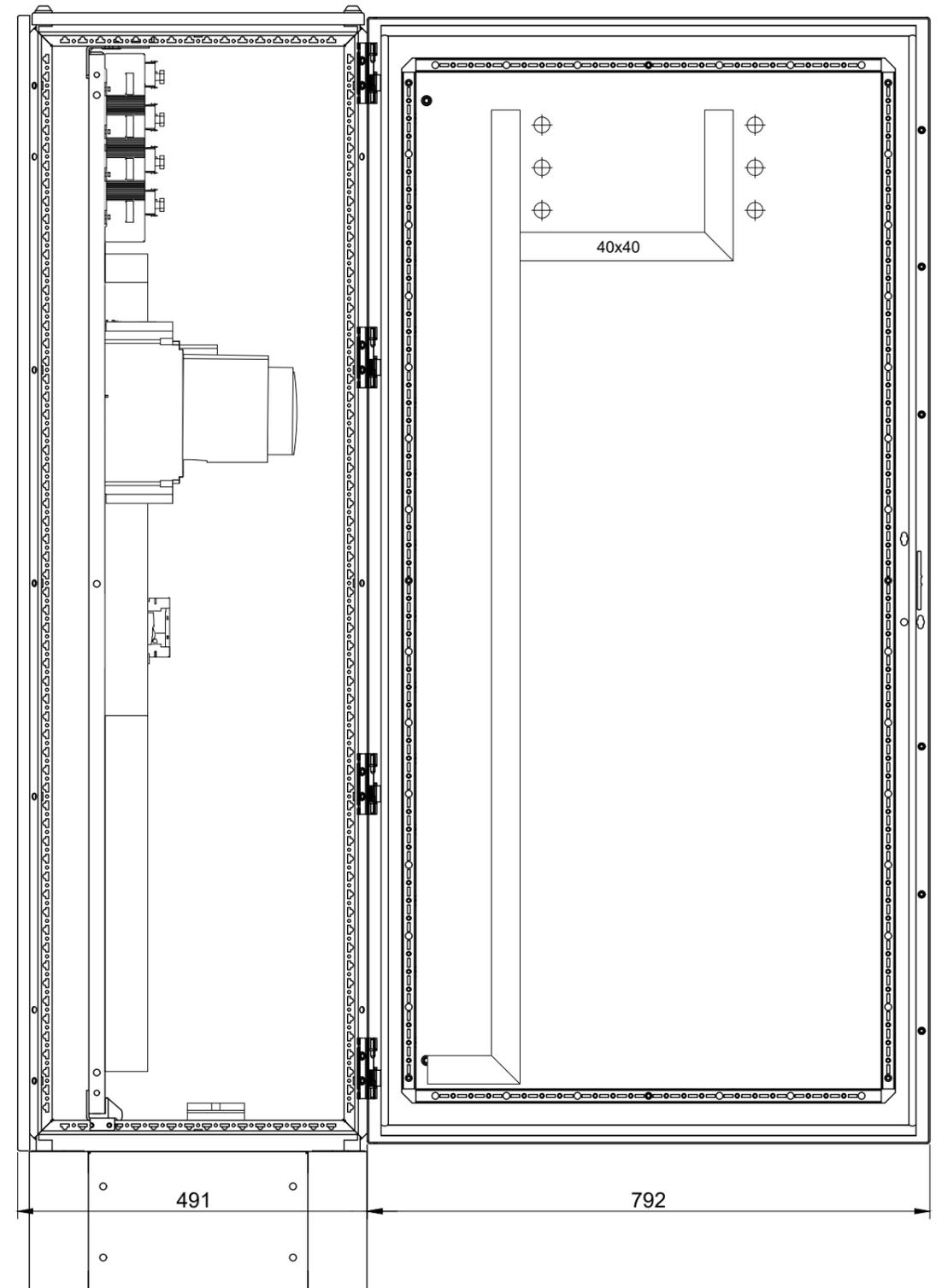
VISTA FRONTAL



VISTA FRONTAL (SIN PUERTA)



VISTA LATERAL (CORTE A - A)



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

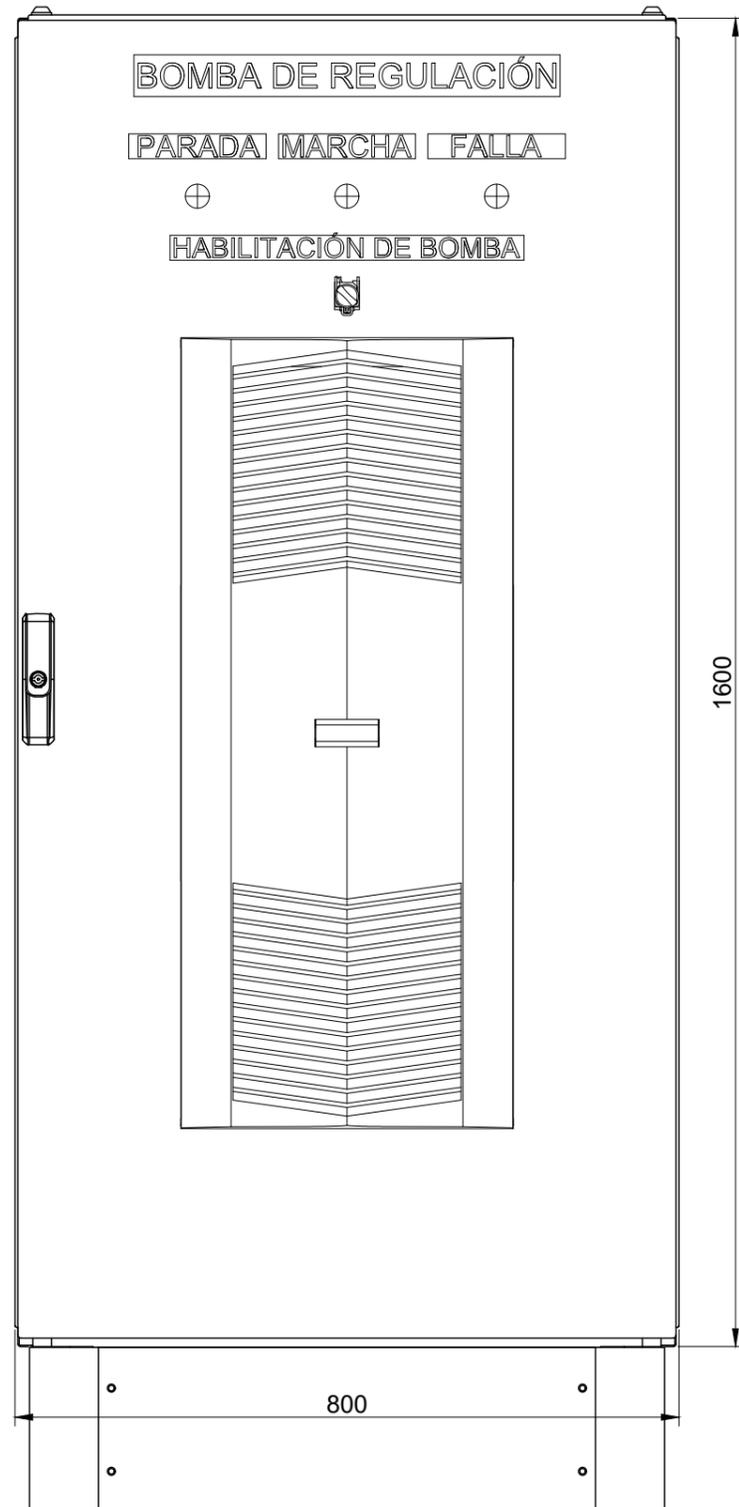
TÍTULO: TOPOGRÁFICO DE LOS ARMARIOS

PÁGINA DEL PROYECTO: 157 DE 177

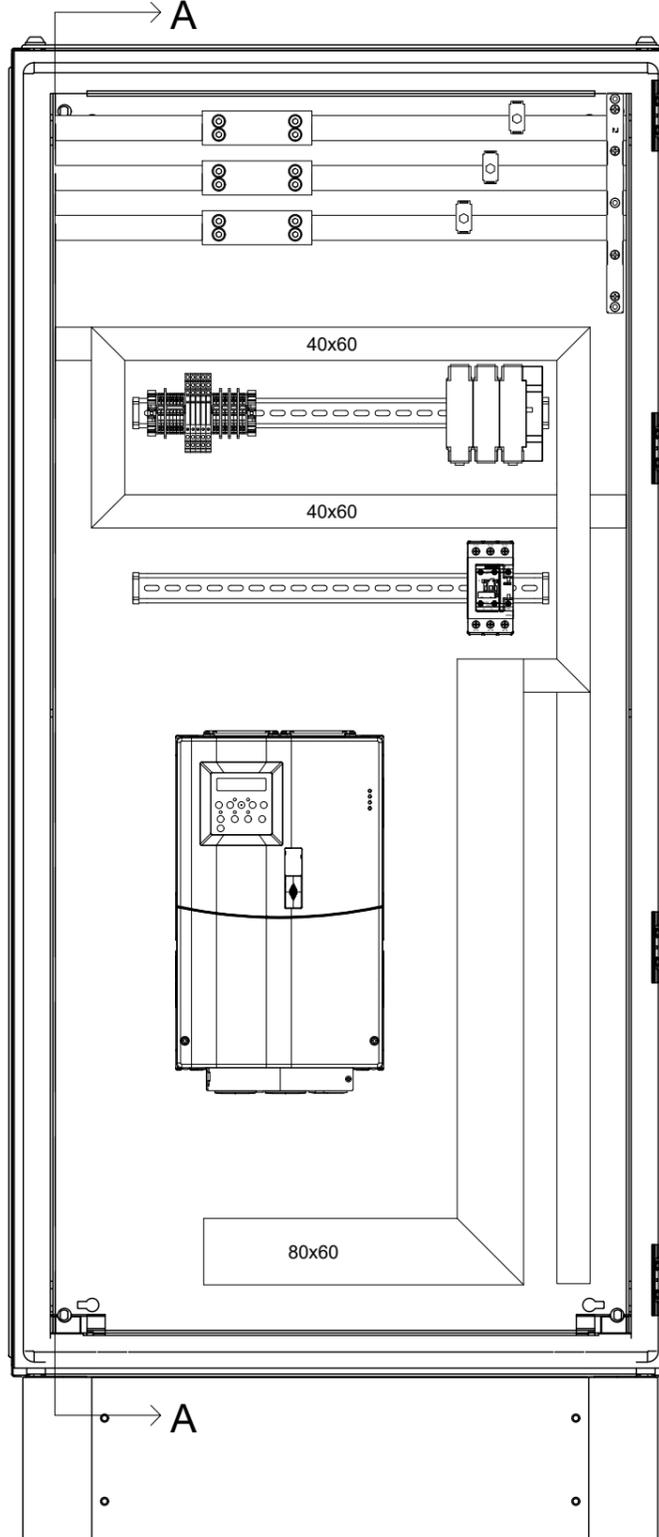
ESCALA: 1:8.5

# ARMARIO 3 (POR SEPARADO)

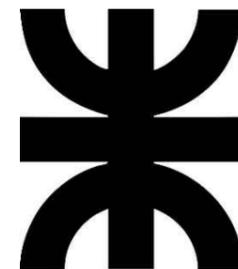
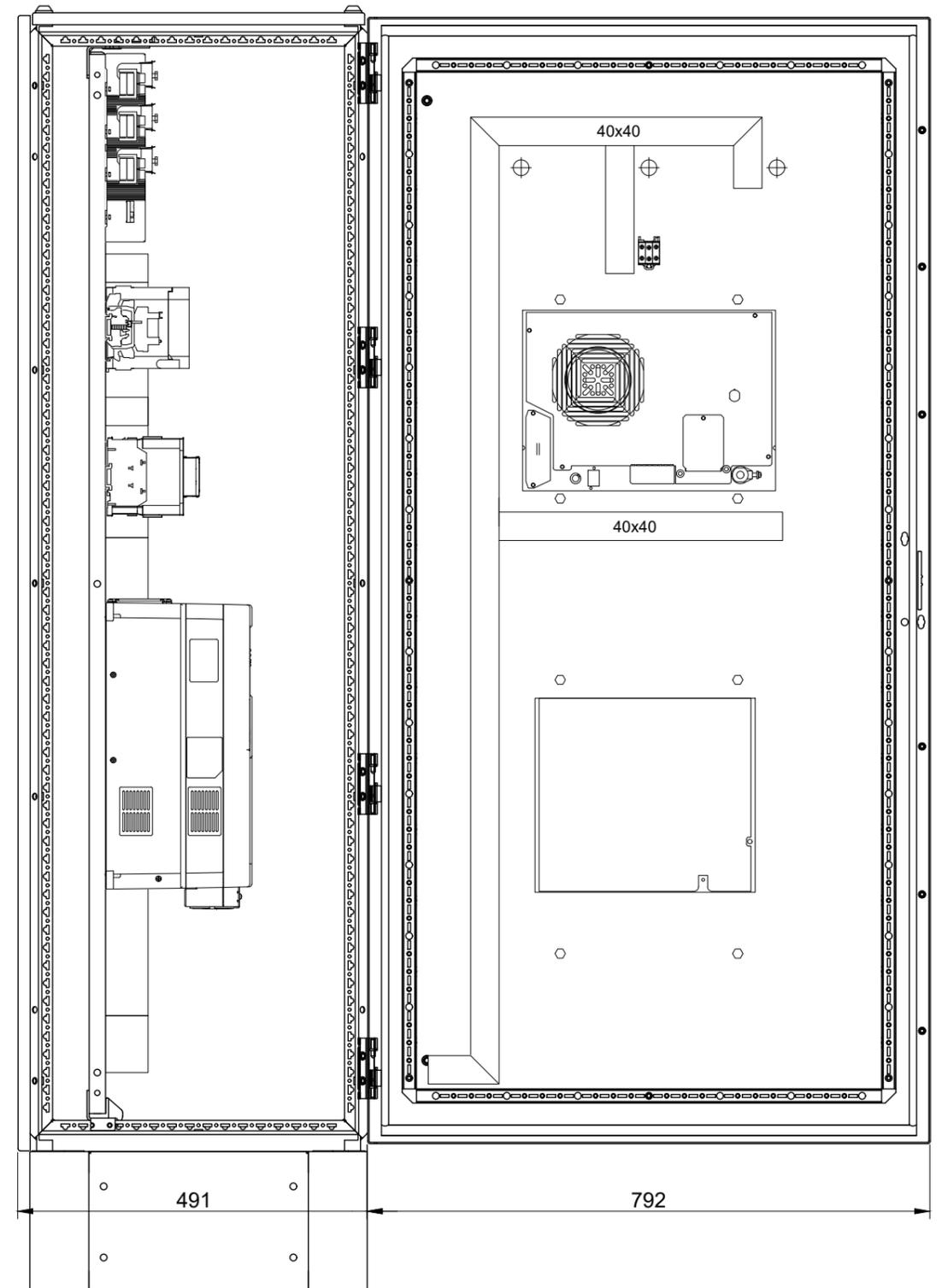
VISTA FRONTAL



VISTA FRONTAL (SIN PUERTA)



VISTA LATERAL (CORTE A - A)



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

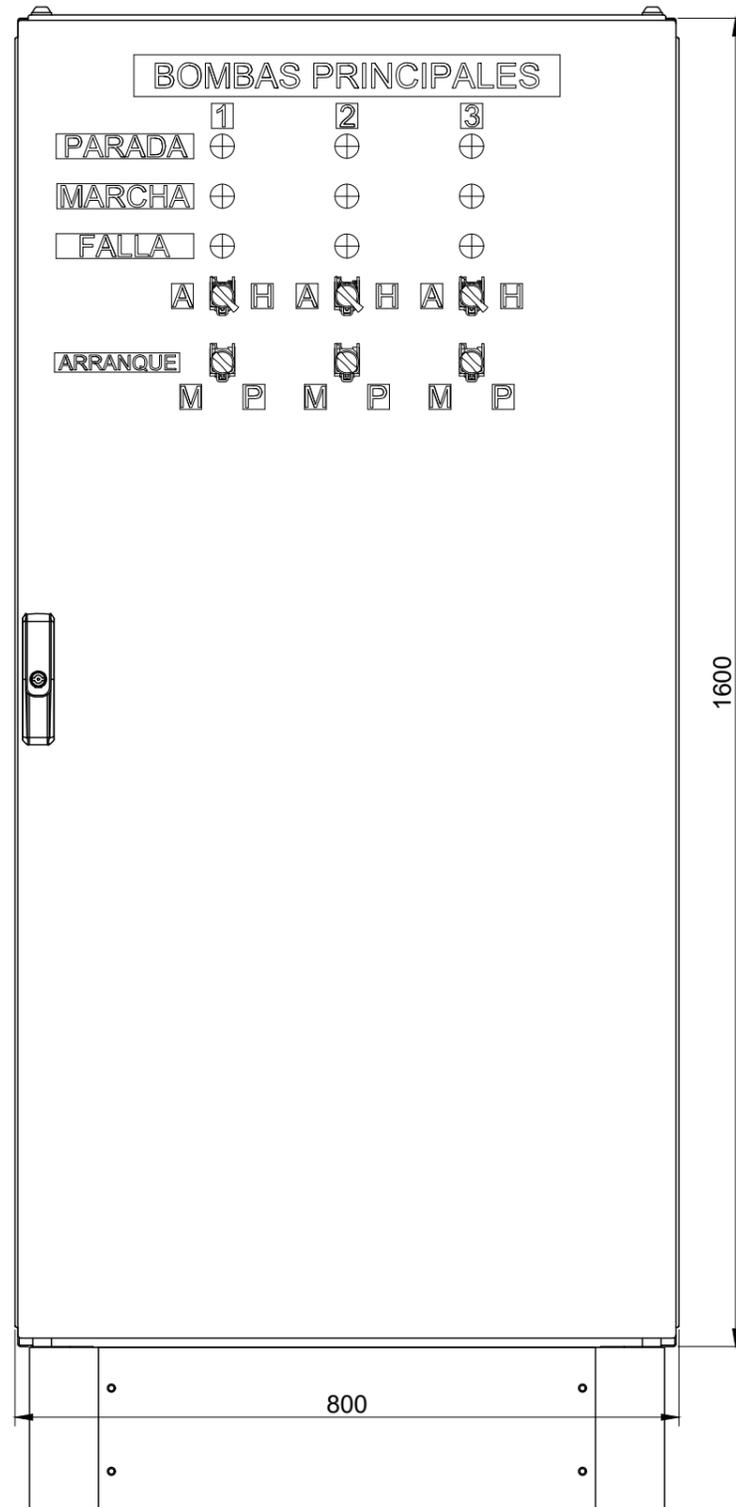
TÍTULO: TOPOGRÁFICO DE LOS ARMARIOS

PÁGINA DEL PROYECTO: 158 DE 177

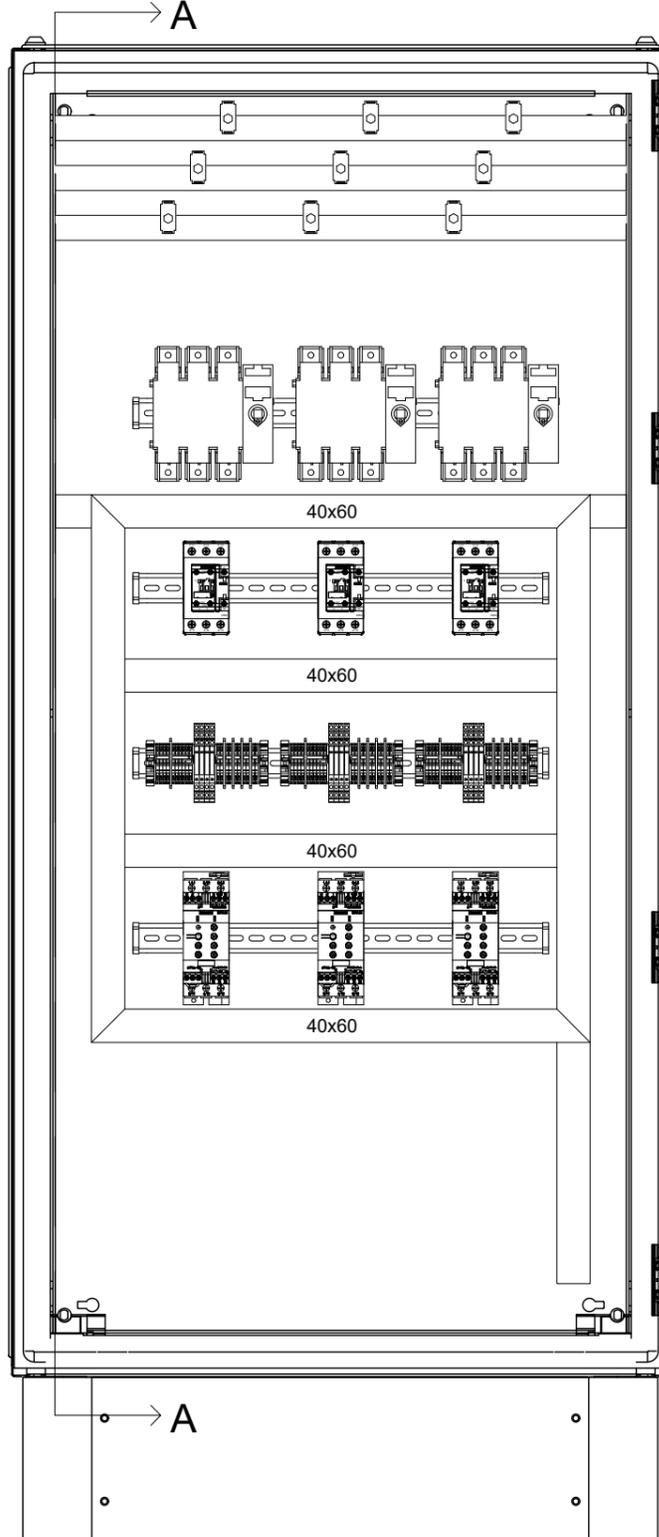
ESCALA: 1:8.5

# ARMARIO 4 (POR SEPARADO)

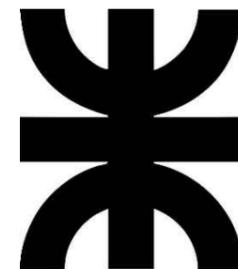
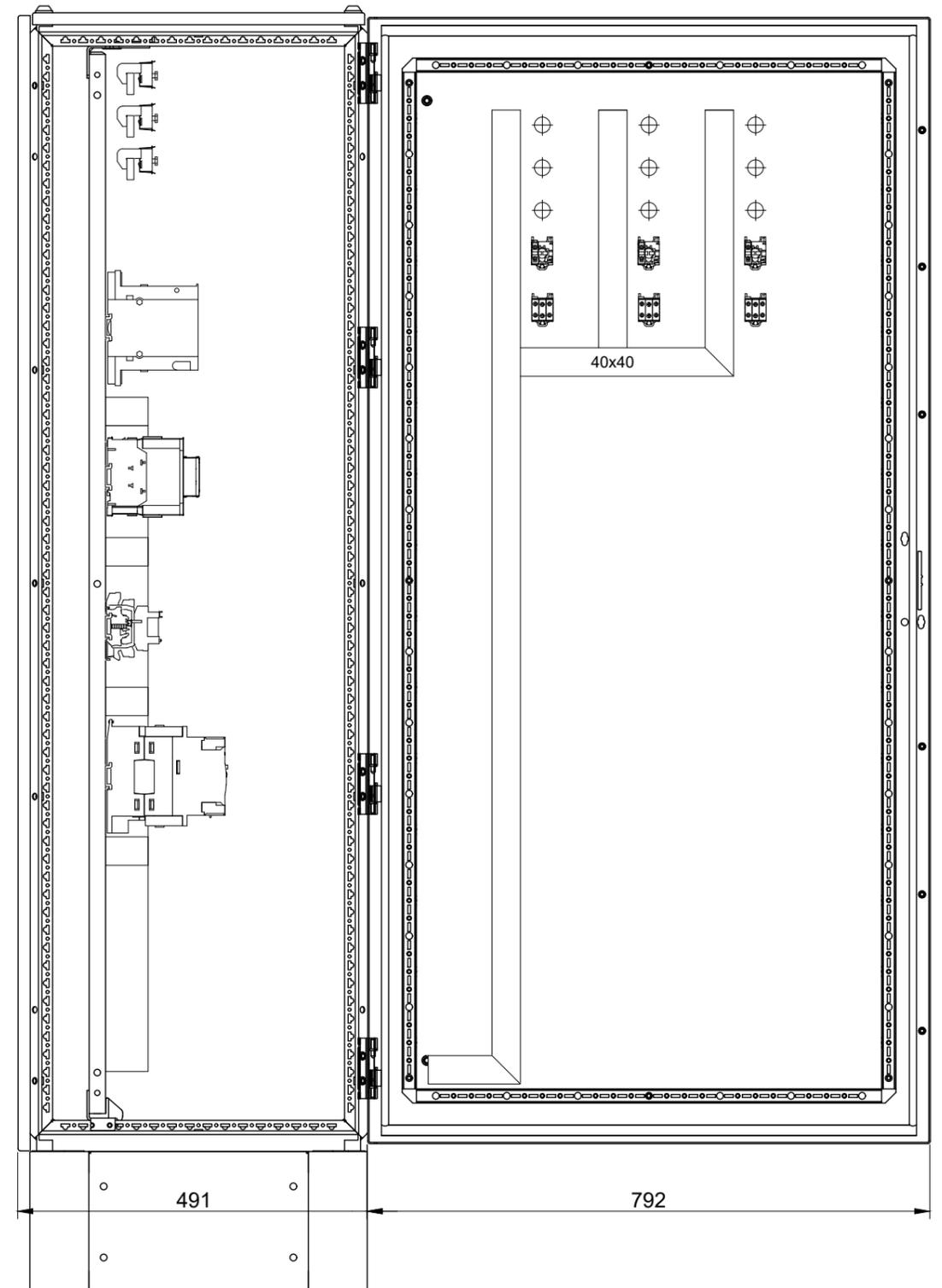
VISTA FRONTAL



VISTA FRONTAL (SIN PUERTA)



VISTA LATERAL (CORTE A - A)



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

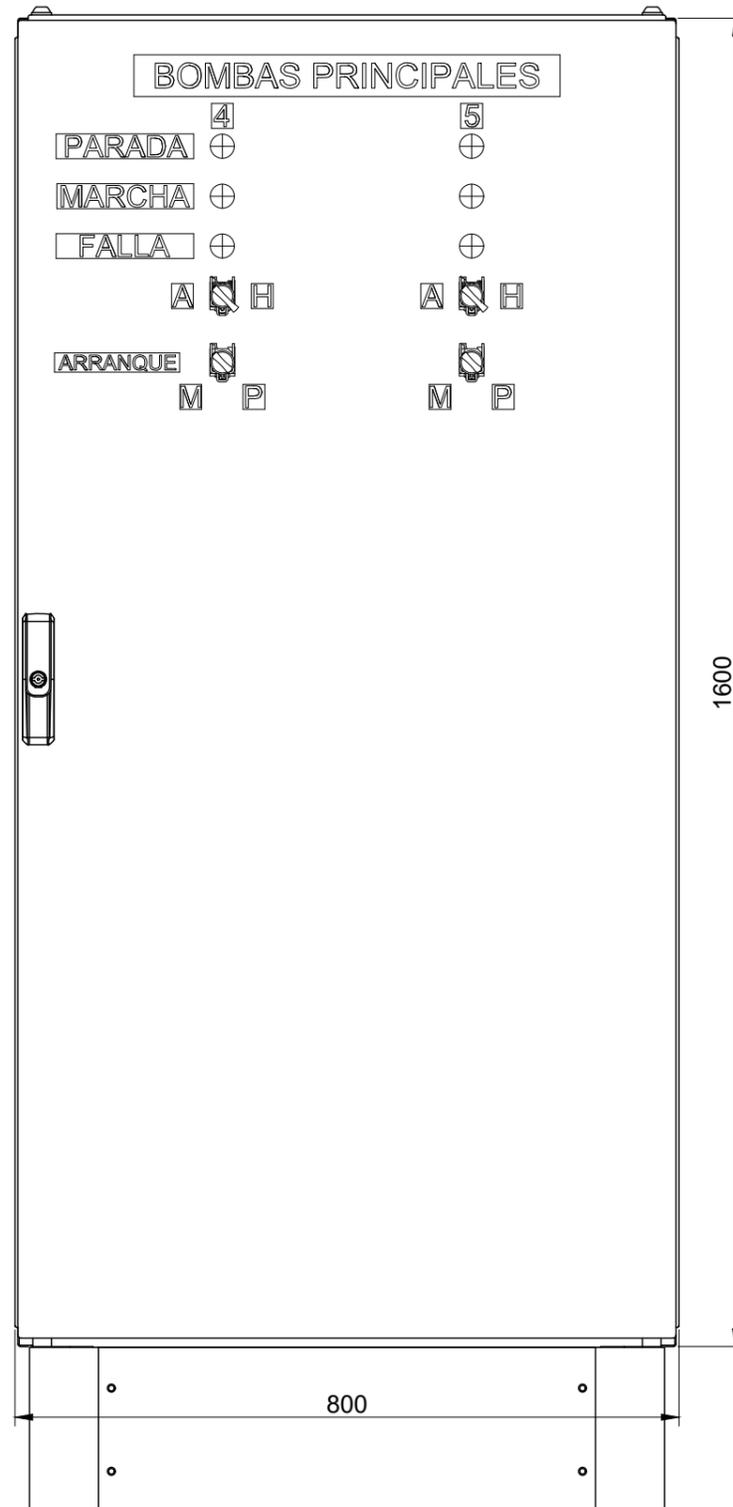
TÍTULO: TOPOGRÁFICO DE LOS ARMARIOS

PÁGINA DEL PROYECTO: 159 DE 177

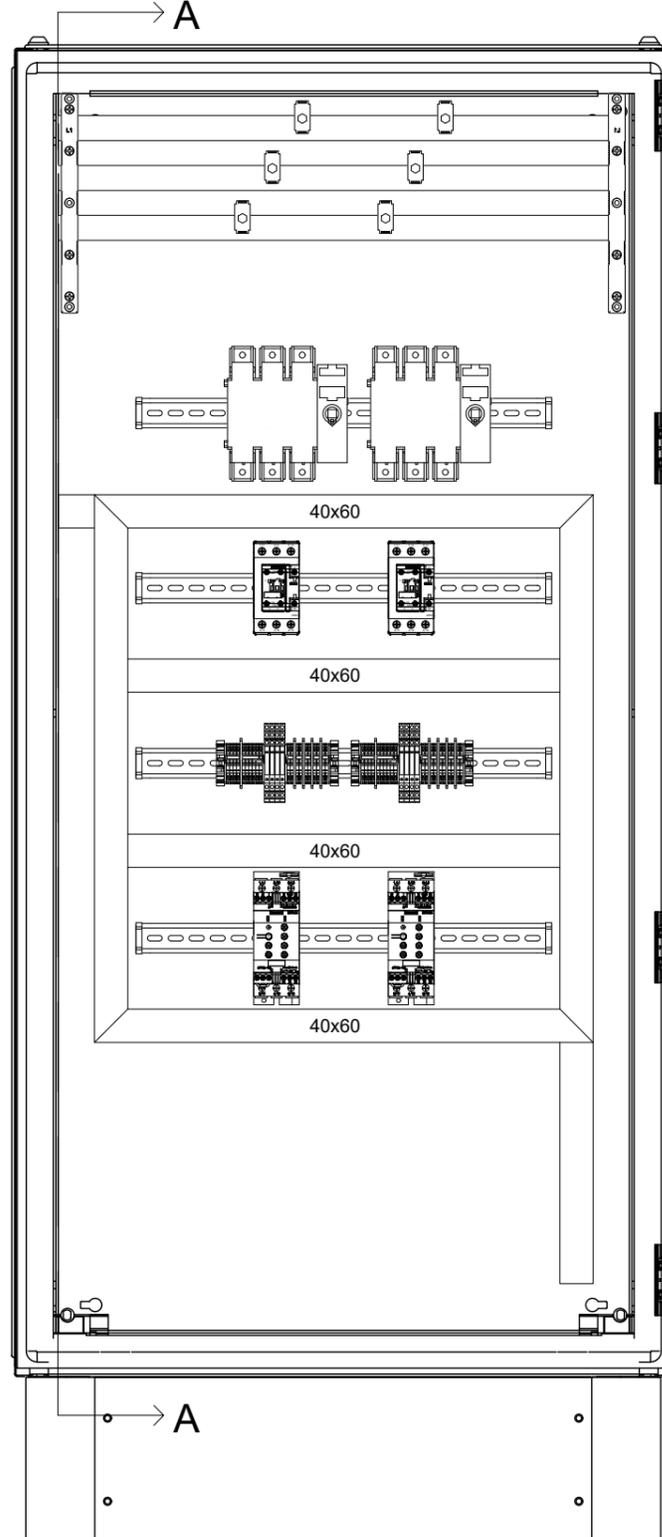
ESCALA: 1:8.5

# ARMARIO 5 (POR SEPARADO)

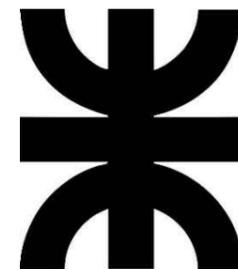
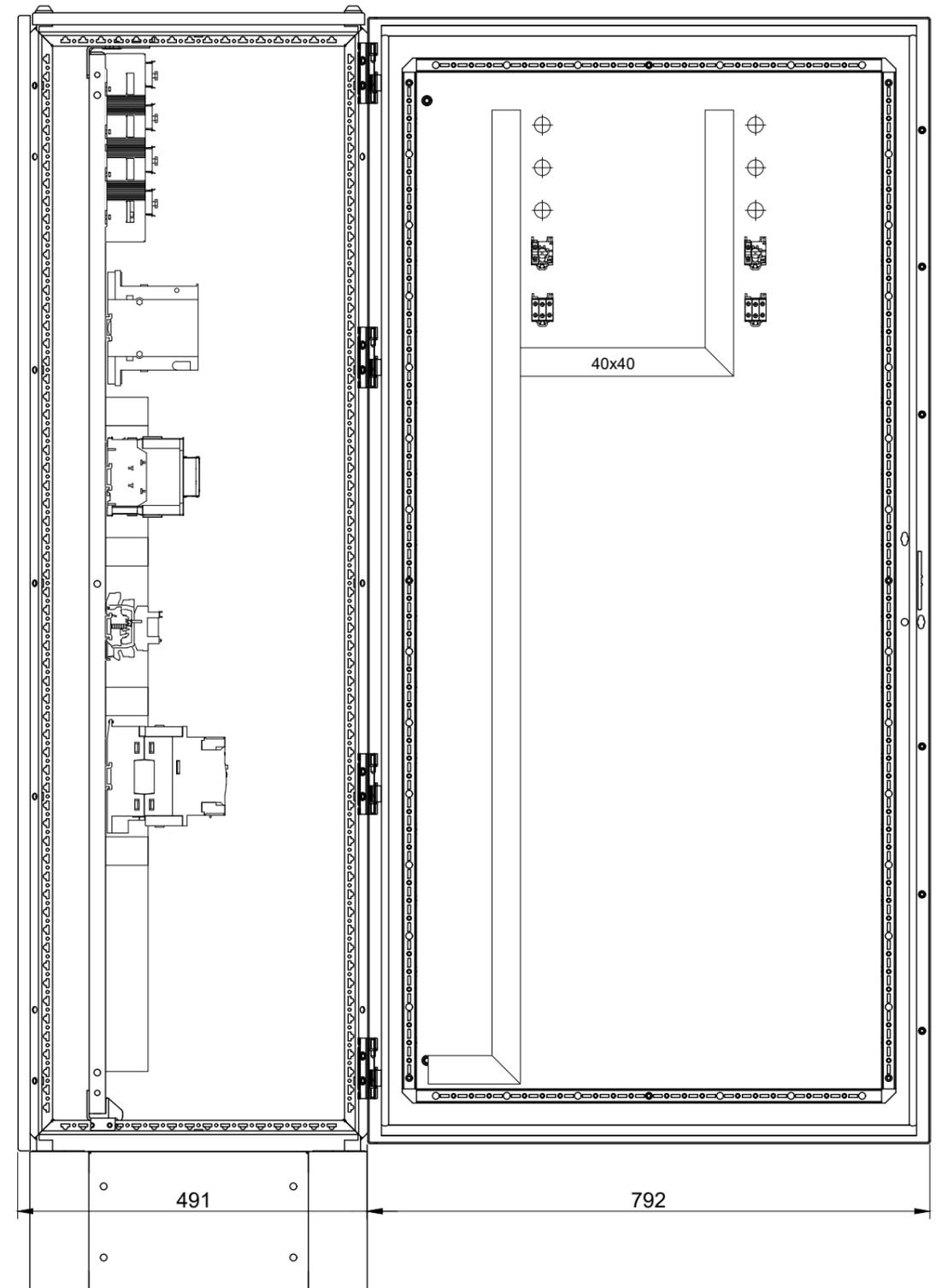
VISTA FRONTAL



VISTA FRONTAL (SIN PUERTA)



VISTA LATERAL (CORTE A - A)



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

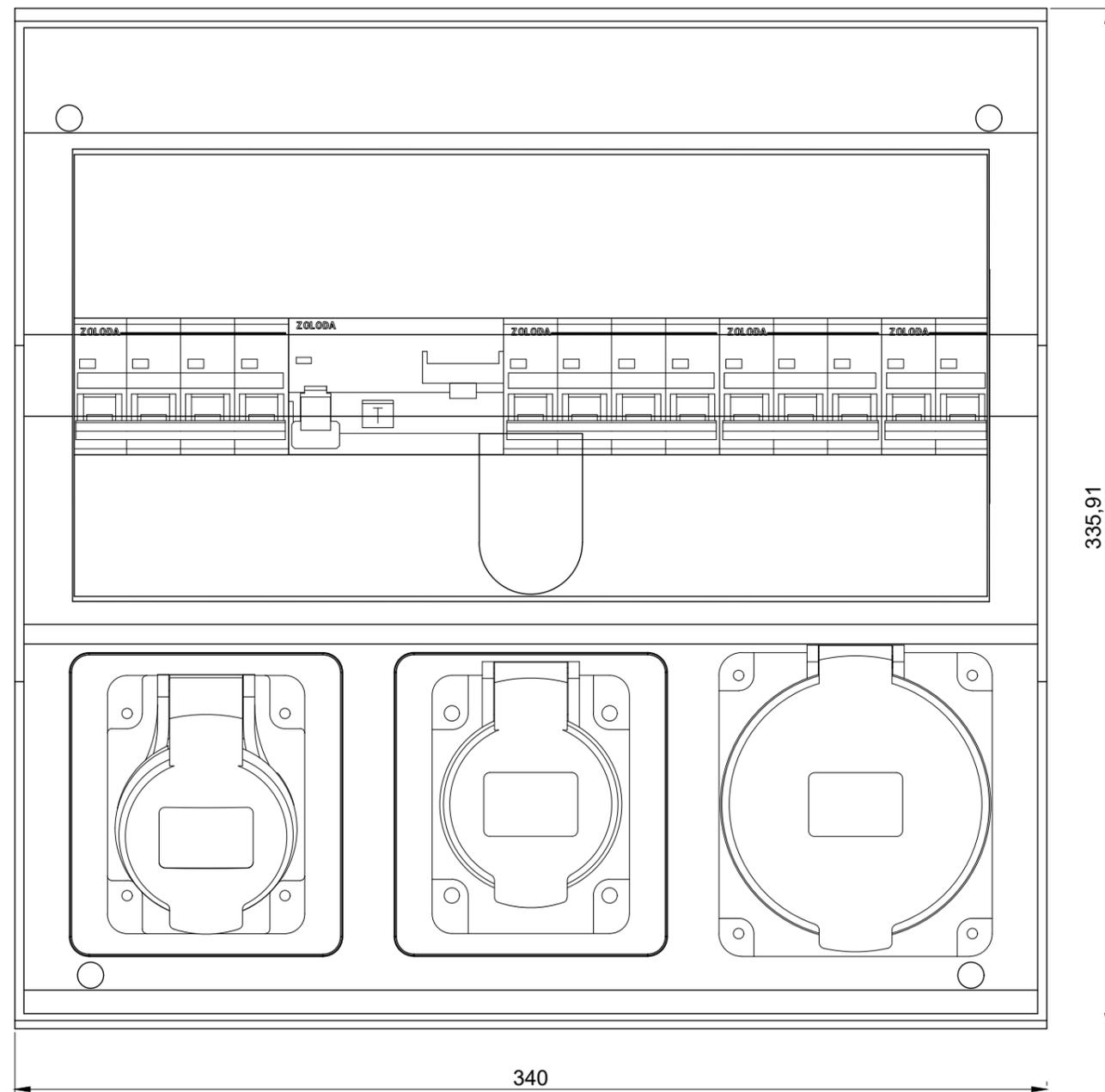
TÍTULO: TOPOGRÁFICO DE LOS ARMARIOS

PÁGINA DEL PROYECTO: 160 DE 177

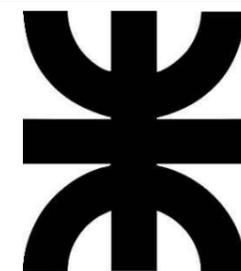
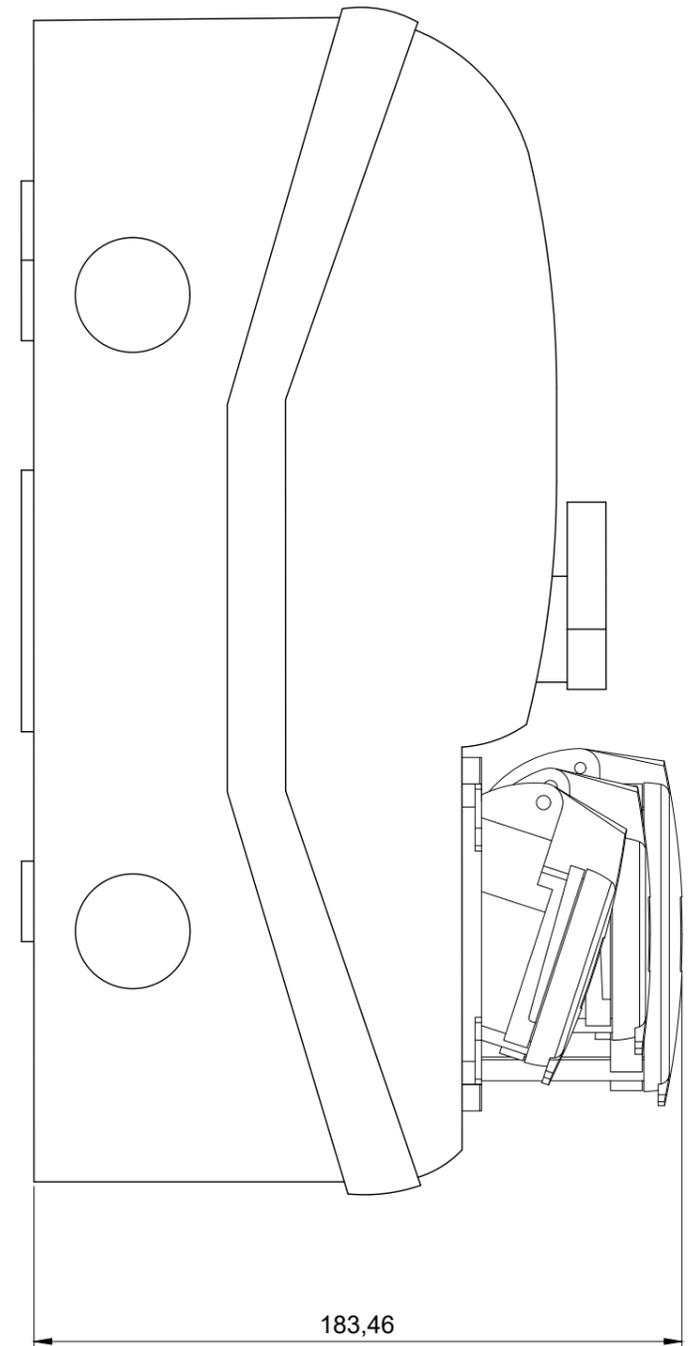
ESCALA: 1:8.5

# TABLERO DE TOMACORRIENTES

## VISTA FRONTAL



## VISTA LATERAL



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: TOPOGRÁFICO DE LOS ARMARIOS

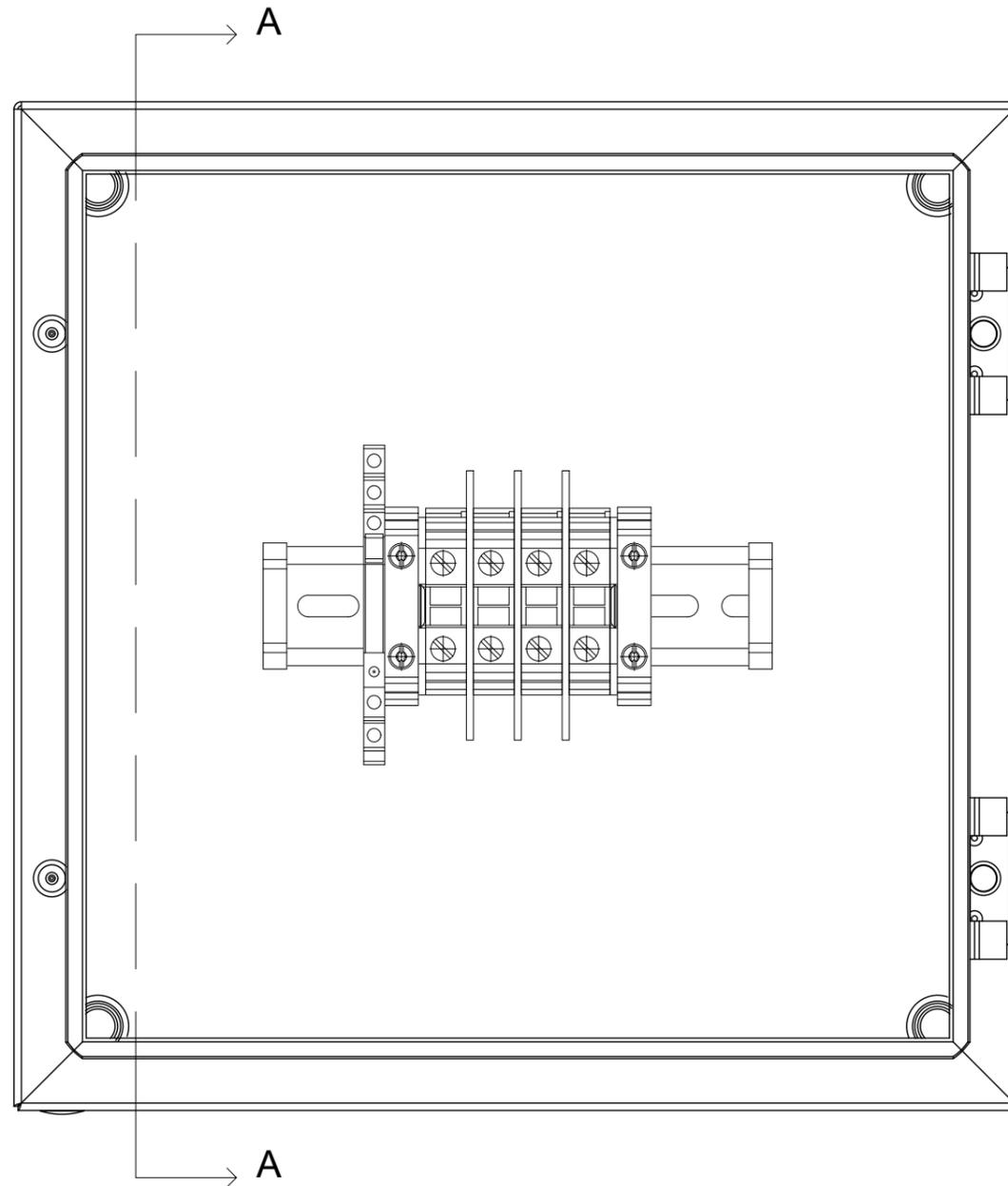
PÁGINA DEL PROYECTO: 161 DE 177

ESCALA: 1:2

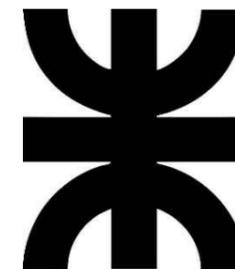
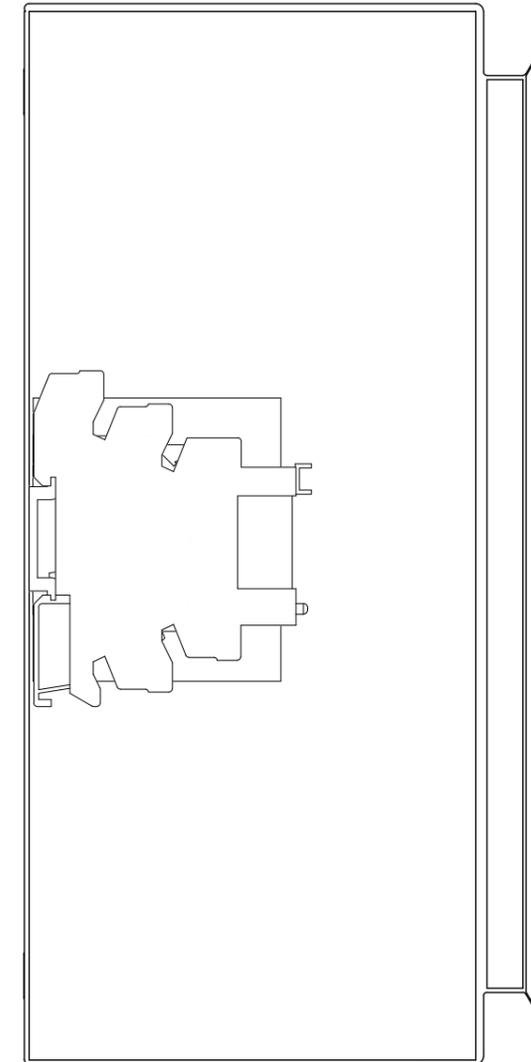
Página: 8 DE 9

# CAJA DE CONEXIÓN DEL GENERADOR AUXILIAR

## VISTA FRONTAL



## VISTA LATERAL (CORTE A - A)



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: TOPOGRÁFICO DE LOS ARMARIOS

PÁGINA DEL PROYECTO: 162 DE 177

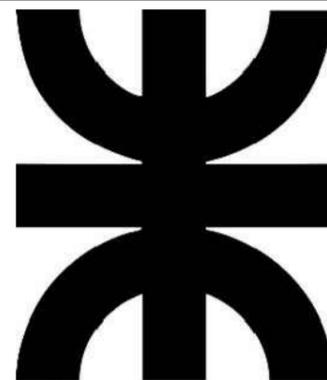
ESCALA: 1:2

Página: 9 DE 9

NOTAS

DOC. DE REFERENCIA

- TOPOGRÁFICO DE LOS ARMARIOS
- ESQUEMA FUNCIONAL
- DIAGRAMA UNIFILAR



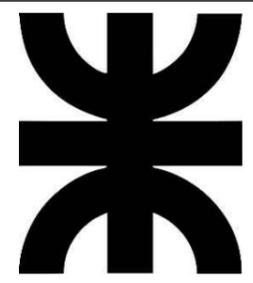
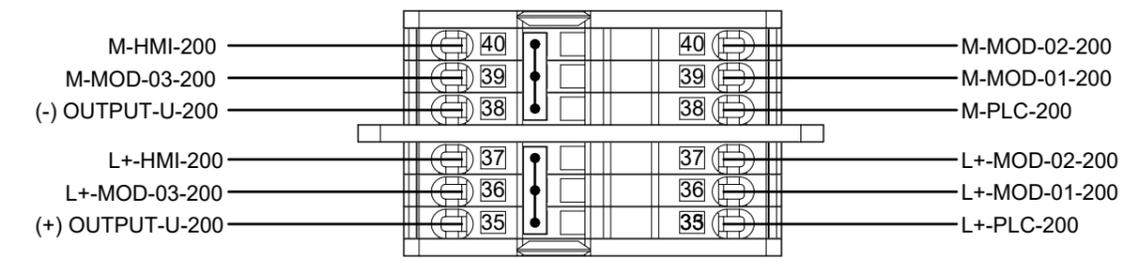
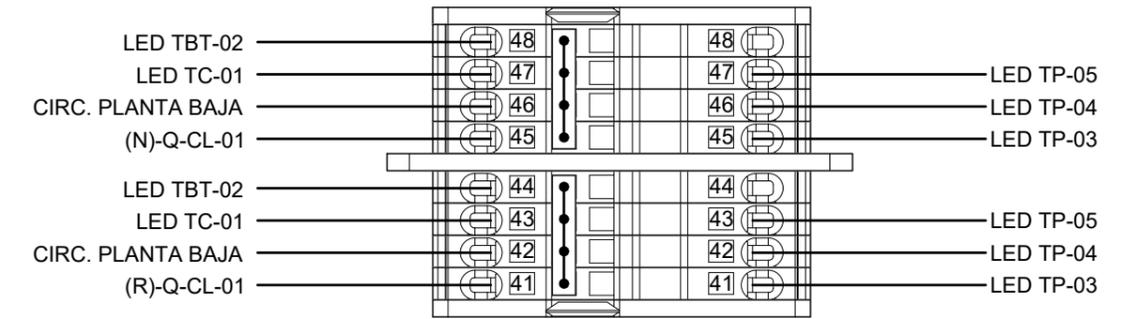
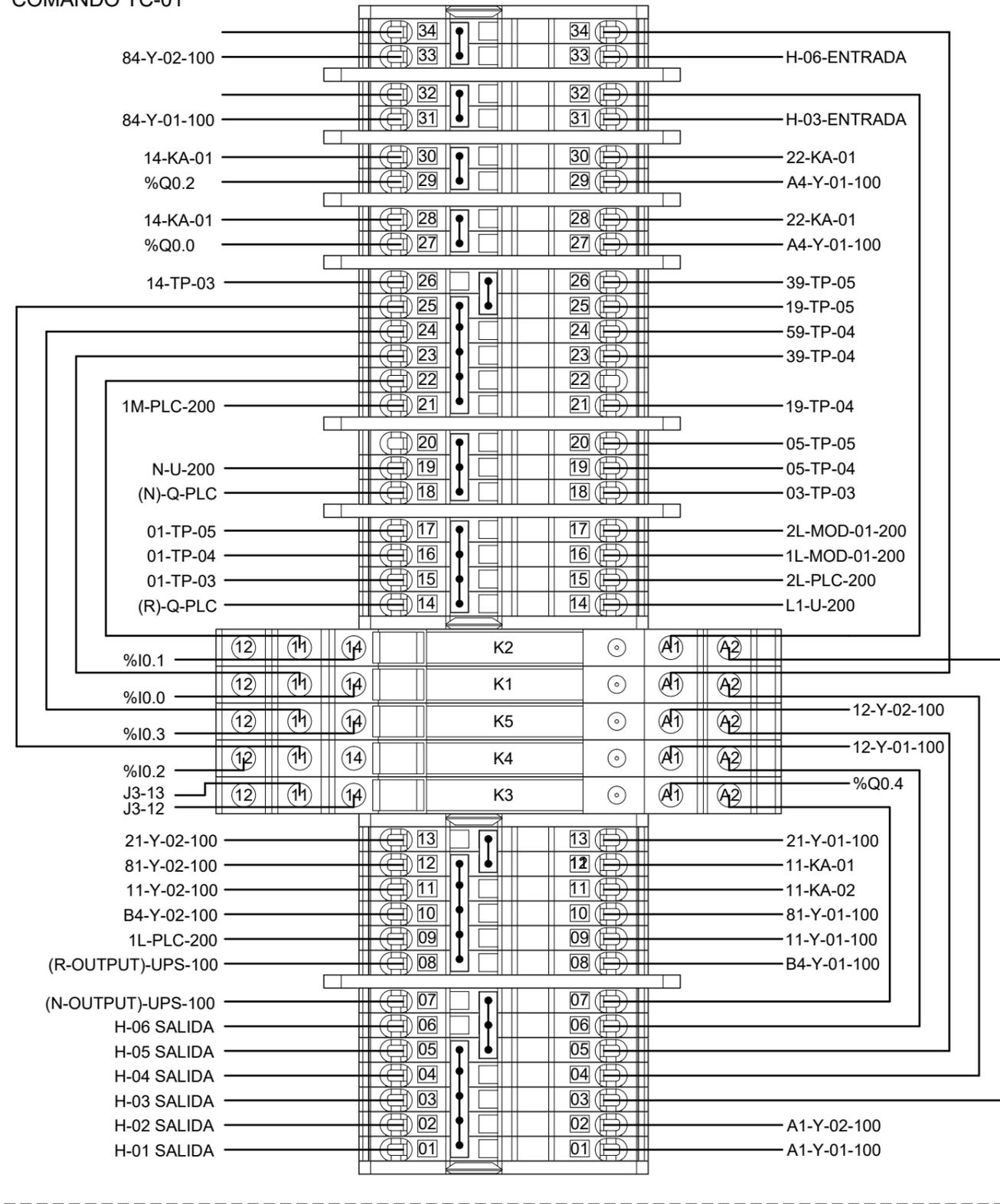
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TITULO: DIAGRAMA DE CONEXIONADO

PÁGINA DEL PROYECTO 163 DE 177

ESCALA 1.10:1

**TABLERO DE CONTROL Y  
COMANDO TC-01**



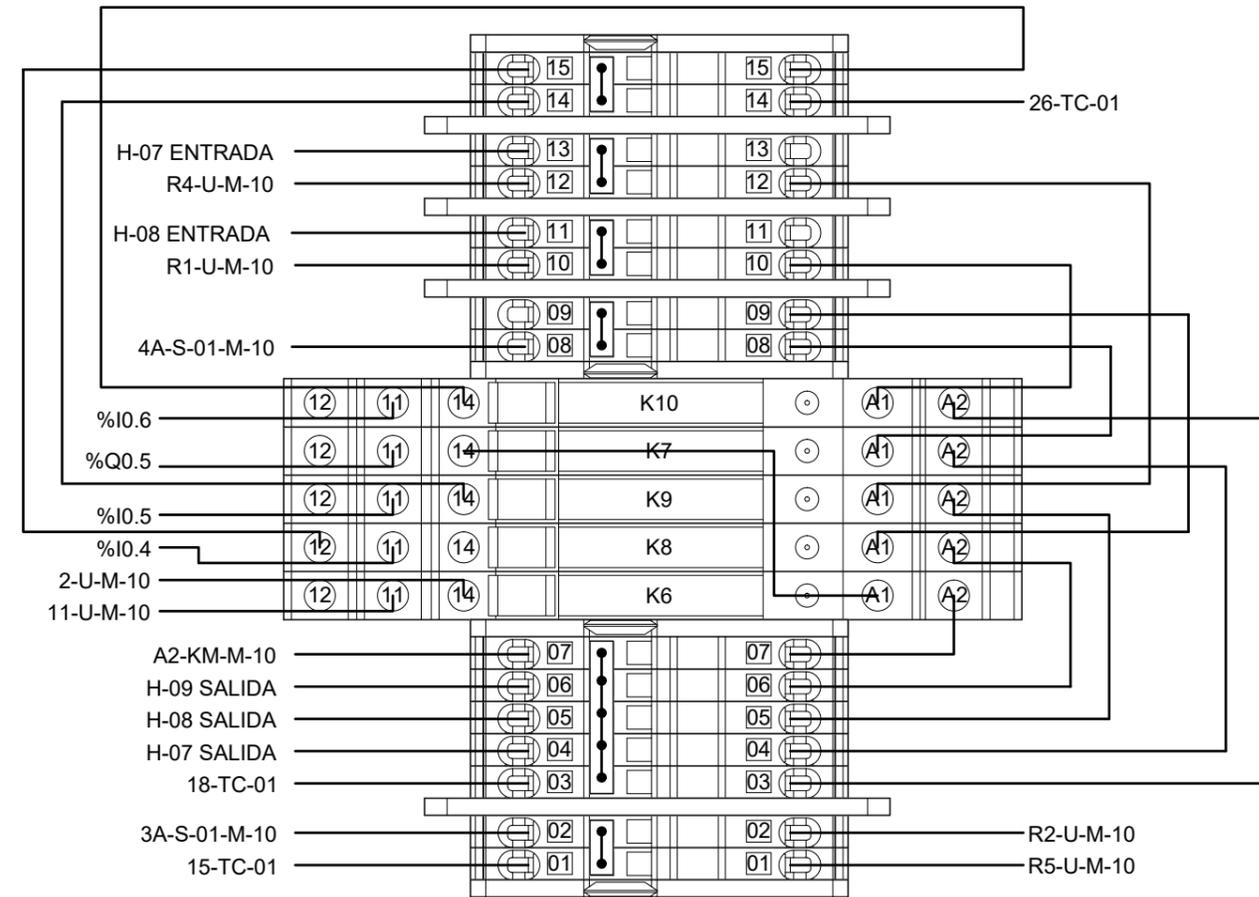
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: DIAGRAMA DE CONEXIONADO

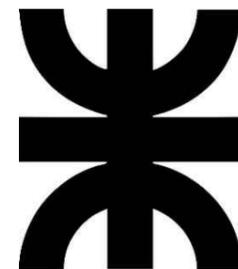
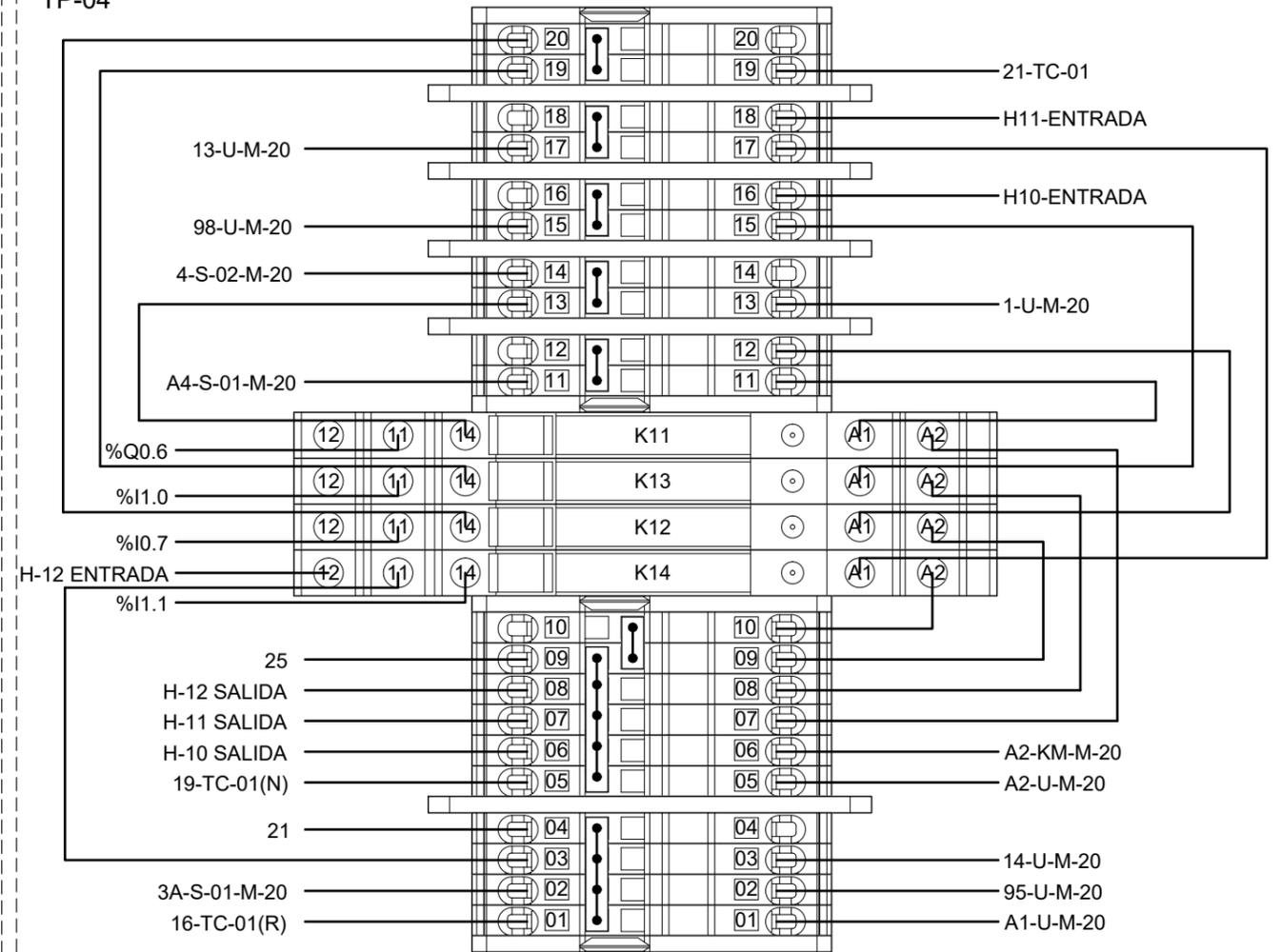
PÁGINA DEL PROYECTO: 164 DE 177

ESCALA: 1.1:1 Página: 2 DE 5

**TABLERO DE POTENCIA  
TP-03**



**TABLERO DE POTENCIA  
TP-04**



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

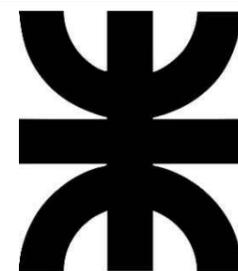
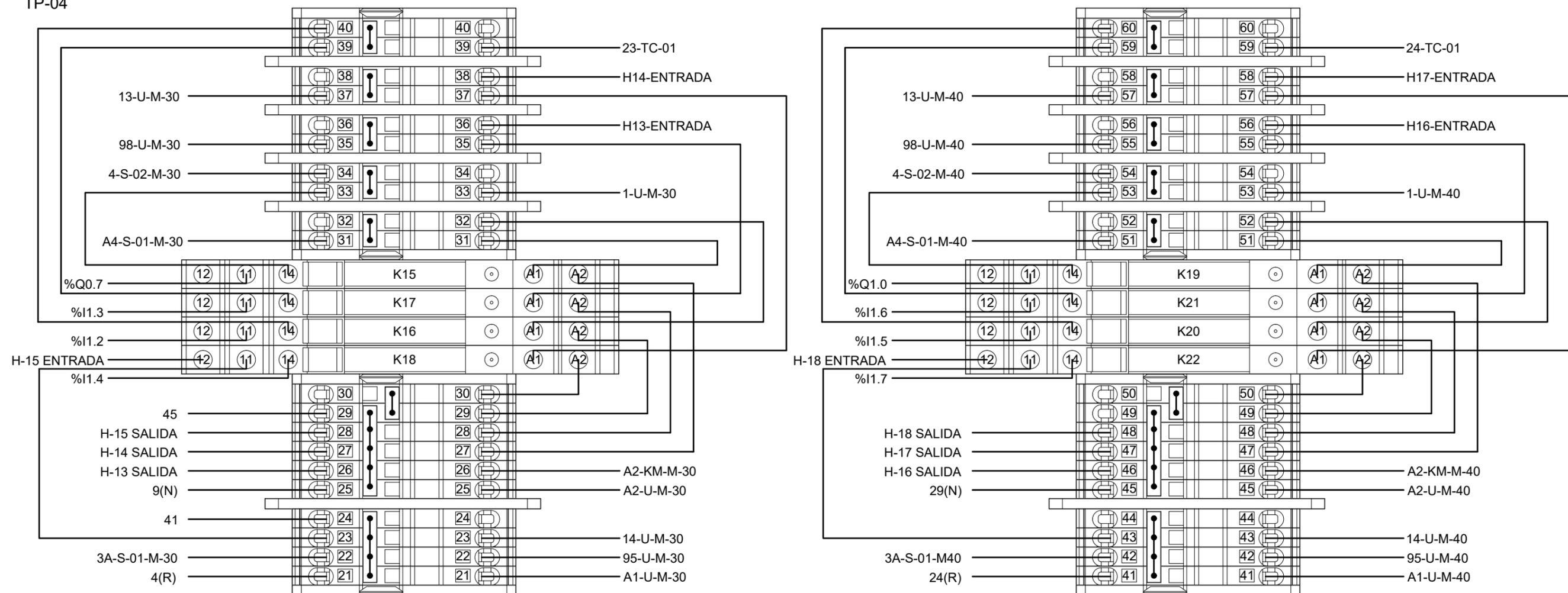
TÍTULO: DIAGRAMA DE CONEXIONADO

PÁGINA DEL PROYECTO: 165 DE 177

ESCALA: 1.1:1

Página: 3 DE 5

TABLERO DE POTENCIA  
TP-04



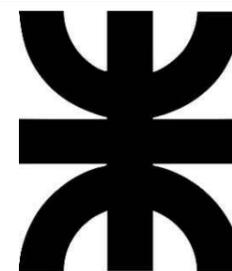
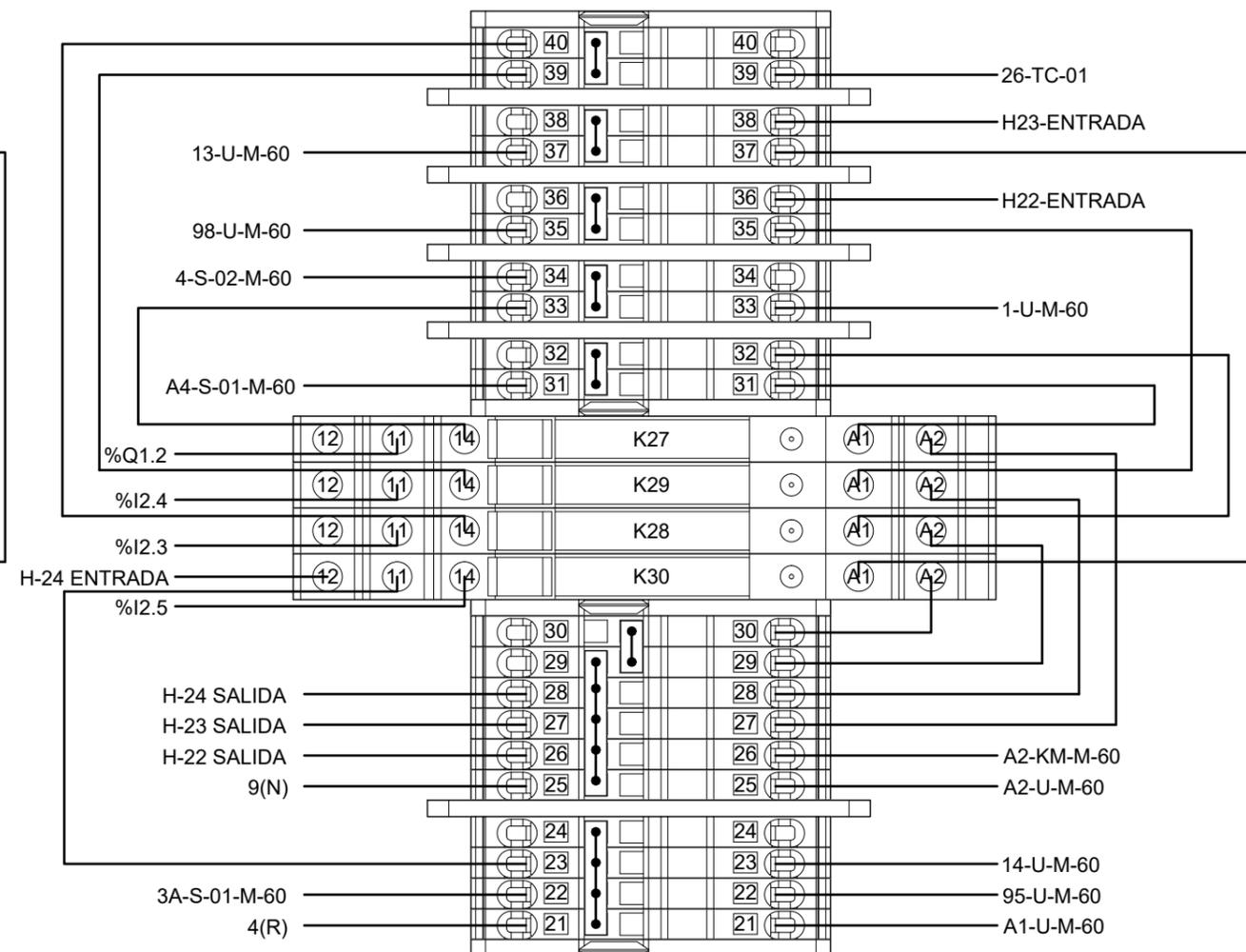
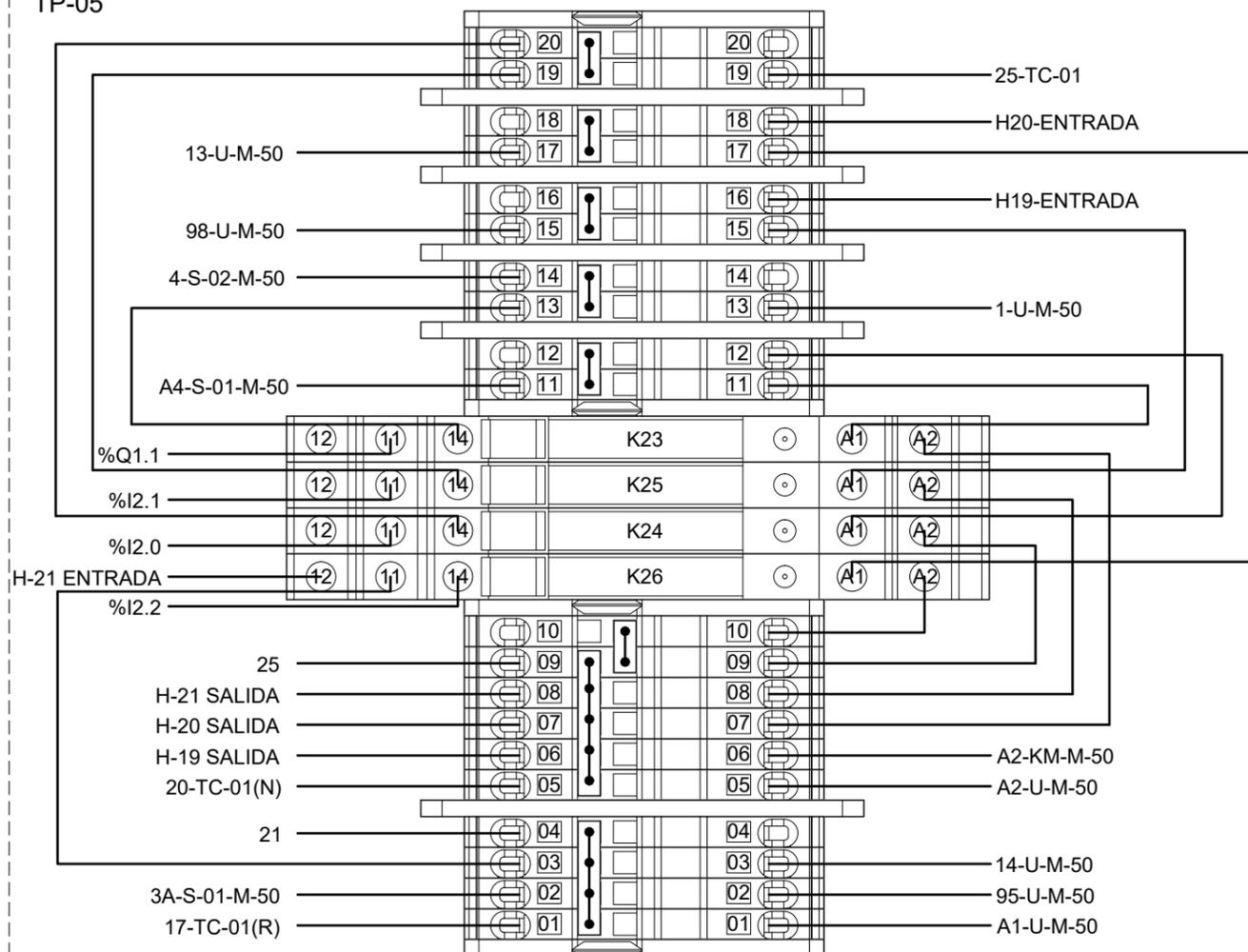
PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: DIAGRAMA DE CONEXIONADO

PÁGINA DEL PROYECTO: 166 DE 177

ESCALA: 1.1:1

TABLERO DE POTENCIA  
TP-05



PROYECTO: DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

TÍTULO: DIAGRAMA DE CONEXIONADO

PÁGINA DEL PROYECTO: 167 DE 177

ESCALA: 1.1:1

Página: 5 DE 5

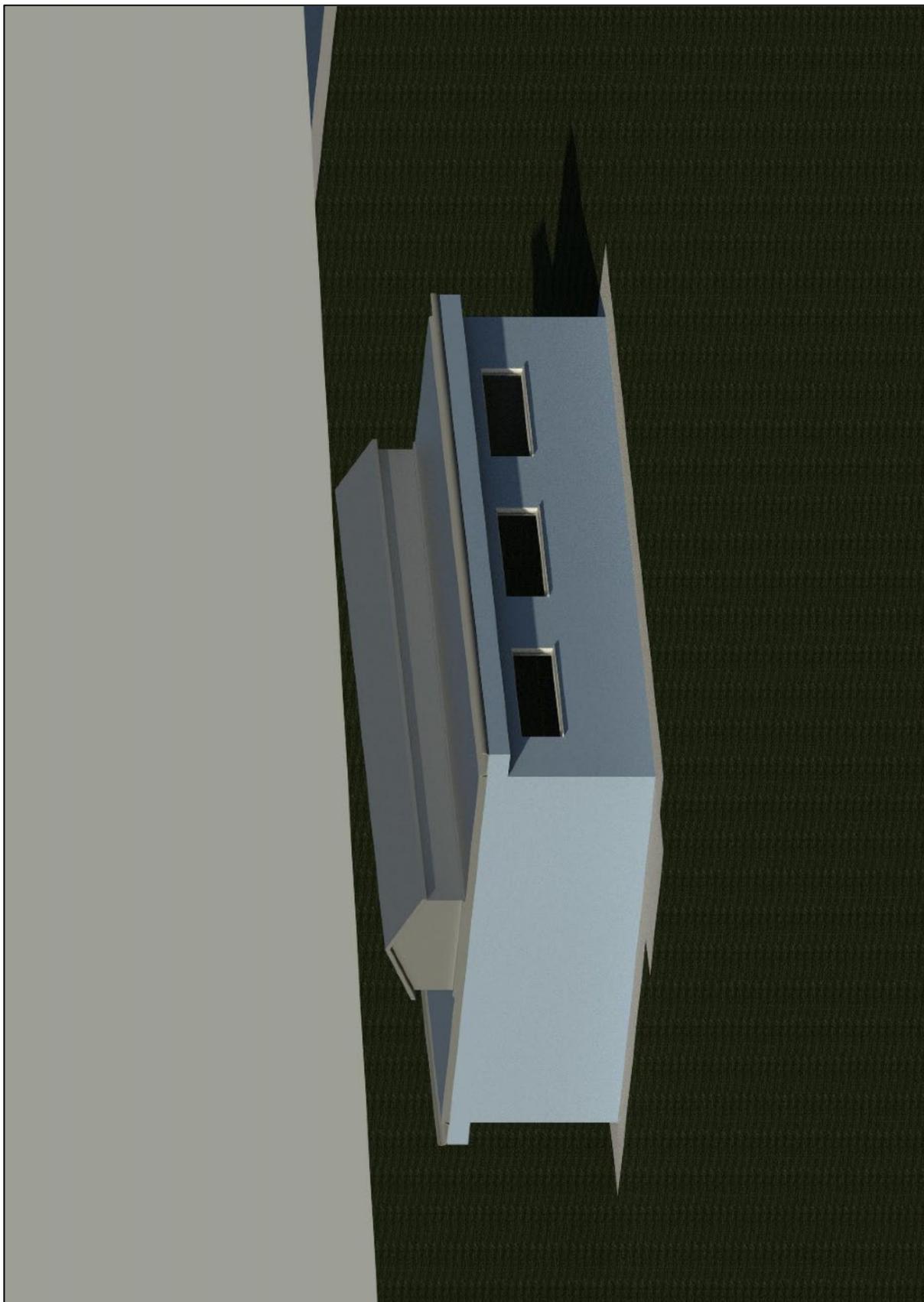
## Fotografias

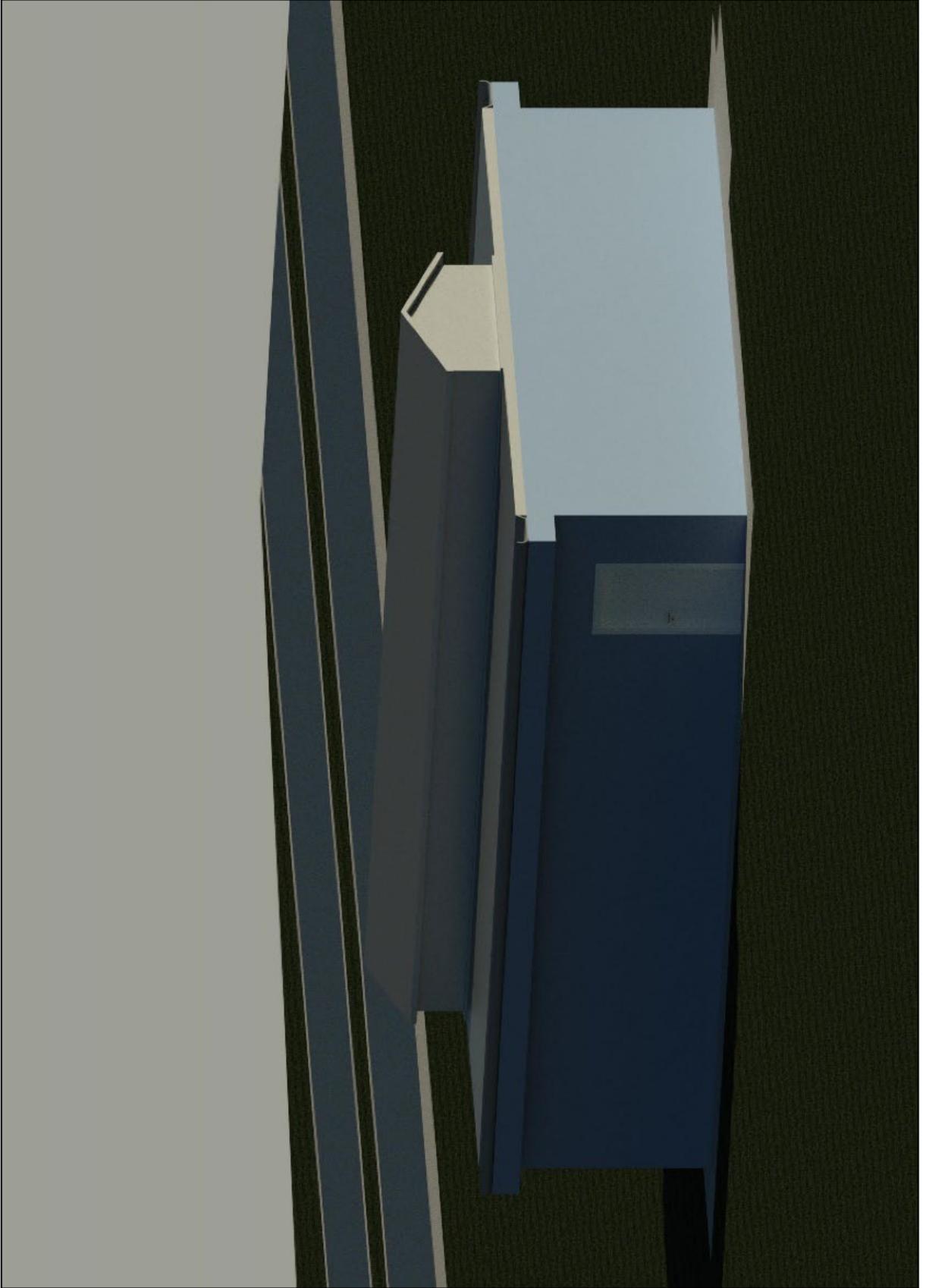


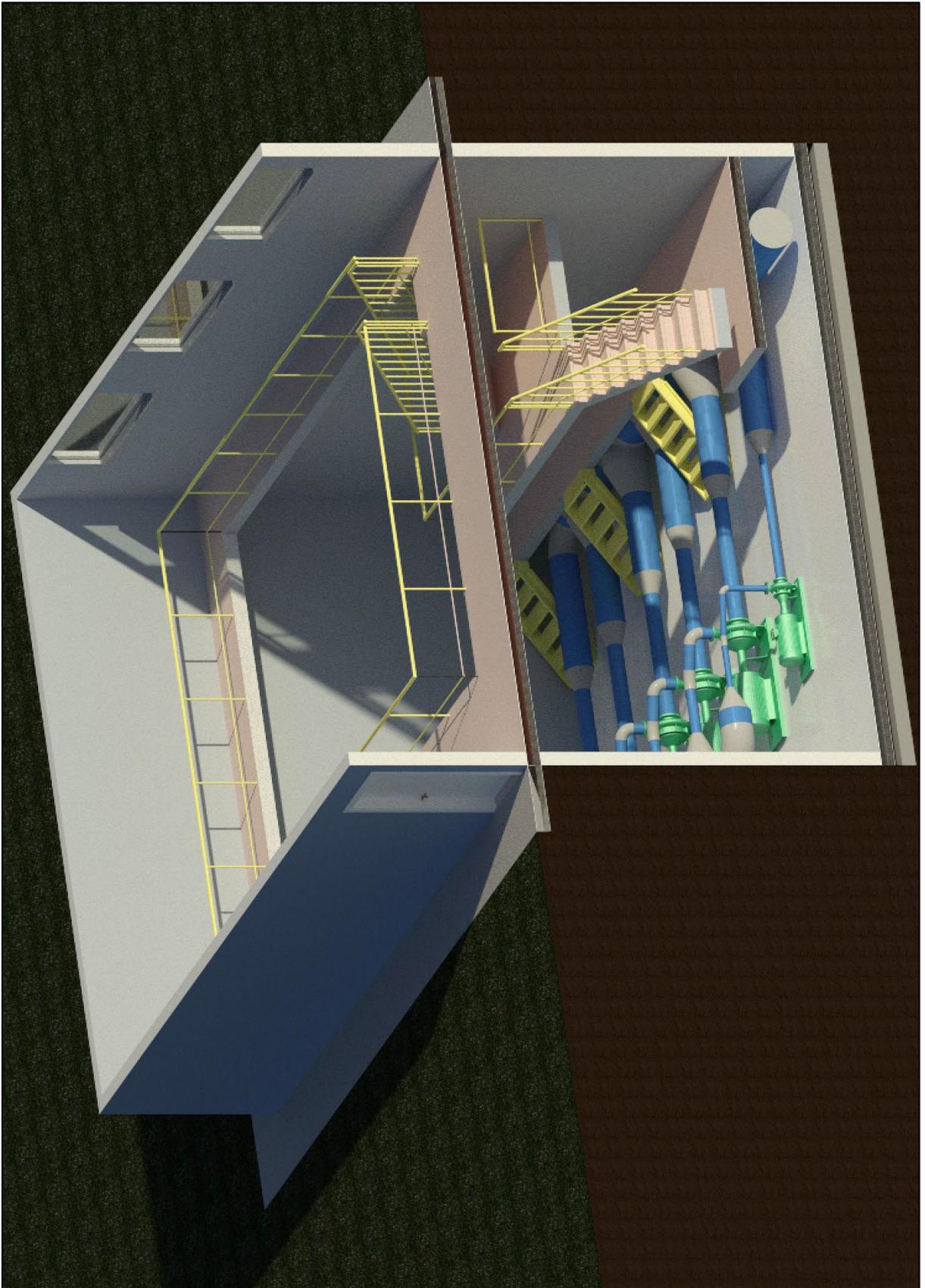


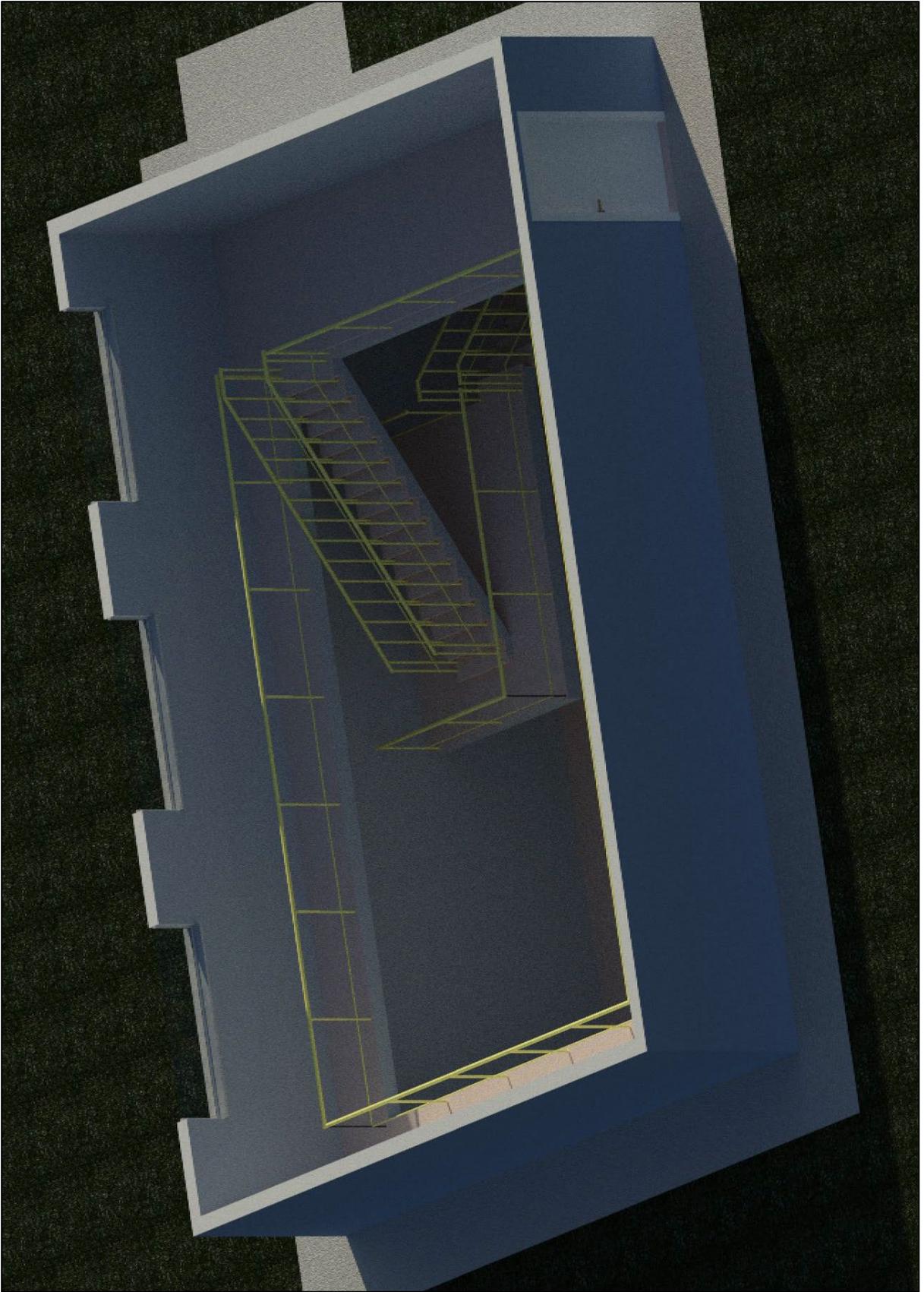


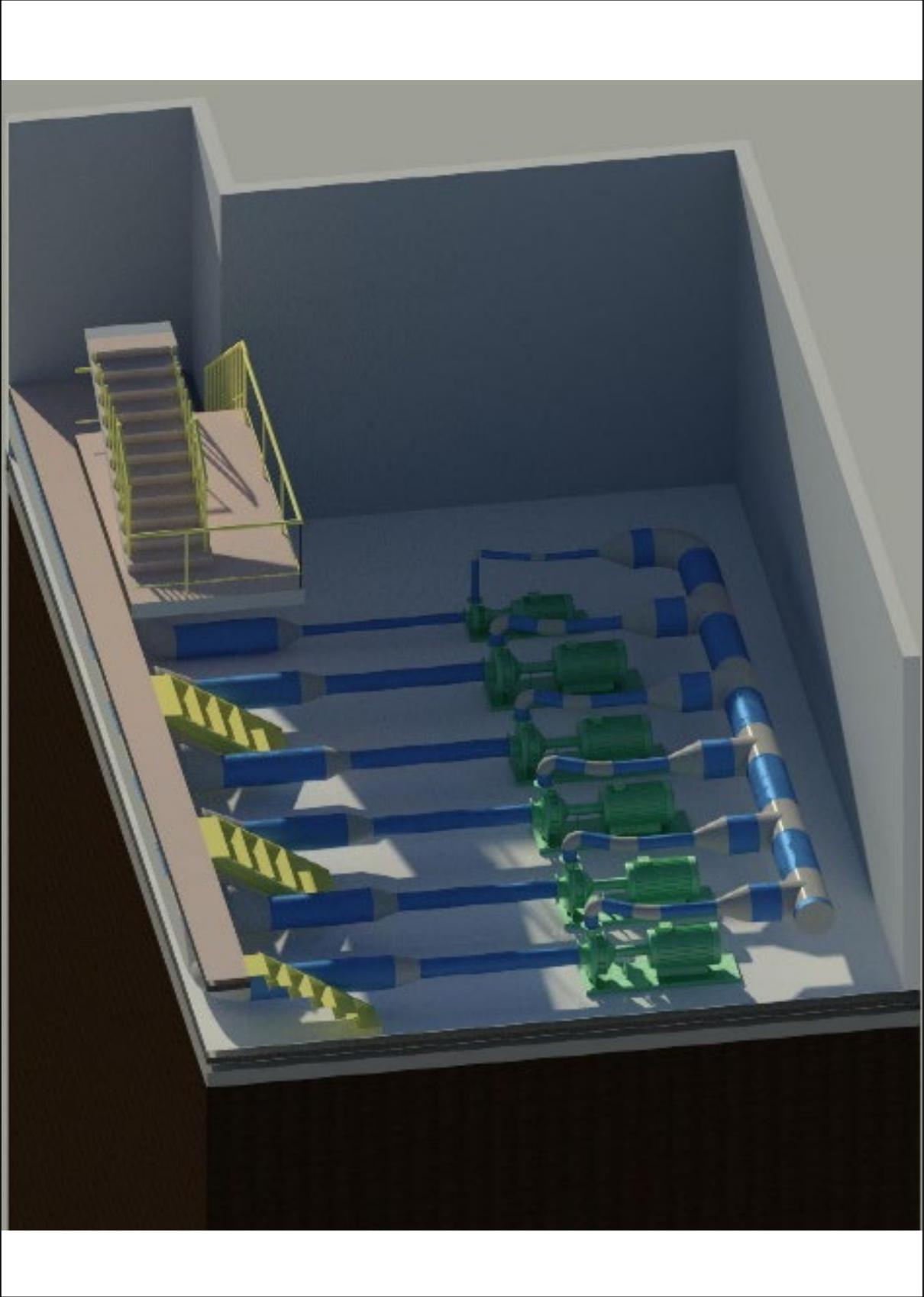
## Modelados 3D











## BIBLIOGRAFÍA

- [1] ABSA. *Taller: Problemática regional del agua, Bahía Blanca*. PROIMCA-PRODECA. 2017.
- [2] Radio URBANA 93.9. *ABSA realiza obras de ampliación en el bombeo de agua en Planta Patagonia*. <https://urbana939.com.ar/absa-realiza-obras-de-ampliacion-en-el-bombeo-de-agua-en-planta-patagonia>. Última vez accedido: 18/12/2022.
- [3] Google. Imágenes de la estación de bombeo existente en la ciudad. <https://www.google.com.ar/maps/@-38.7062046,-62.2143118,3a,75y,28.78h,89.75t/data=!3m6!1e1!3m4!1s3QQVDLemRzp-pQldx1smUg!2e0!7i13312!8i6656> . Última vez accedido: 18/12/2022.
- [4] Telefe Bahía Blanca. *Obras para duplicar la capacidad de bombeo de la Planta Patagonia*. <https://bahia.mitelefe.com/locales/obras-para-duplicar-la-capacidad-de-bombeo-de-la-planta-patagonia/>. Última vez accedido: 18/12/2022
- [5] CREEBBA. *Valor agregado de la distribución local de agua*. Proyecto estimación PBI de Bahía Blanca. 2011.
- [6] Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud (Área de desarrollo sostenible y salud ambiental, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Medio Ambiente. *Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*. 2005.
- [7] Dr. Ing. Horacio di Prátula, Ing. Carlos Pistonesi, Ing. Eduardo Guillermo, Ing. Pablo Giron. *Eficiencia en sistemas de bombeo con lazo de control*. BIEL. 1997.
- [8] DAB PUMPS. *Technical Data*. KDN TS y KDN Oversized TS.
- [9] Prysmian Group. *El libro blanco de la instalación*. Manual técnico y práctico de cables y accesorios de Baja Tensión. 2018.
- [10] ENRE. *Capítulo 12 – Iluminación y color*. Norma IRAM-AADL J 20-06. 1996.
- [11] AEA. *Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles*. Edición 2006.
- [12] IEC. *Short-circuit currents in three-phase a.c. systems. Part 0: Calculations*. Edición 2001.

[13] Universidad Nacional del Sur. *Caracterización climática de Bahía Blanca*. <https://agrometeorologia.criba.edu.ar/Downloads/Climatic.pdf> . Departamento de Agronomía. Última vez accedido: 05/01/2023.

[14] Micaela Tommasi, Geóloga. *Geología Bahía Blanca, Buenos Aires: Geología Regional y local, geomorfología, hidrogeología y riesgos geológicos*. Geotecnia Fácil. <https://geotecniafacil.com/geologia-bahia-blanca/> . Última vez accedido: 05/01/2023.