

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad De Ingeniería Mecánica



INFORME DE SUFICIENCIA

**Diseño de la subestación eléctrica de 5MVA en 20KV para un
muelle de transporte de minerales**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

Elaborado por
Leonel Dante Toribio Espíritu
 [0009-0001-2455-6412](https://orcid.org/0009-0001-2455-6412)

Asesor:
Elmar Javier Franco Gonzales
 [0000-0002-4712-0726](https://orcid.org/0000-0002-4712-0726)

Lima-Perú
2015

DEDICATORIA

A mi madre por su confianza, amor y apoyo en toda la etapa de mi formación profesional y en mi vida diaria.

A mi padre por su amor y enseñanzas de cómo afrontar los retos de la vida.

A mis hermanos por su constante apoyo y trabajo en equipo para avanzar como familia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la sabiduría e inteligencia que me dio para poder desarrollar el informe.

Agradezco a mi familia por su apoyo y motivación constante durante el desarrollo del informe.

Agradezco a los profesores y profesionales que me asesoraron en desarrollar el informe.

RESUMEN

El presente informe trata sobre el diseño de una subestación eléctrica de 5 MVA, 20/10 kV, 60 Hz para el proyecto de Muelle de Minerales previsto para una capacidad de diseño máxima de 2300 TMPH de concentrado de minerales de cobre, plomo y zinc.

En el informe muestra cuál es la situación de las instalaciones eléctricas del muelle de minerales y bajo este panorama se diseña e implementa una subestación eléctrica de 5 MVA en 20 KV.

En el informe se desarrolla los cálculos y dimensionamiento de la subestación eléctrica. En la cual se calculó la potencia instalada, máxima demanda, cálculo de conductores, cálculo de corto circuito, dimensionamiento de equipos, cálculo de ajuste para equipos de protección, cálculo de puesta a tierra, cálculo de iluminación, cálculo de ventilación forzada, dimensionamiento de sistema detección incendio, sistema de control SCADA eléctrico, dimensionamiento de sistema de emergencia y dimensionamiento de sala eléctrica.

Palabras claves: Subestación eléctrica, Muelle de minerales, concentrado de minerales, máxima demanda, potencia instalada, sistema de control SCADA y detección de incendio.

ABSTRACT

This report deals with the design of an electrical substation of 5 MVA, 20/10 kV, 60 Hz for the Mineral Dock project planned for a maximum design capacity of 2300 TMPH of copper, lead and zinc mineral concentrate. .

The report shows the situation of the electrical installations of the mineral dock and under this panorama an electrical substation of 5 MVA at 20 KV is designed and implemented. The report develops the calculations and sizing of the electrical substation. In which the installed power, maximum demand, conductor calculation, short circuit calculation, equipment sizing, adjustment calculation for protective equipment, grounding calculation, lighting calculation, forced ventilation calculation, sizing of fire detection system, electrical SCADA control system, emergency system sizing and electrical room sizing.

Keywords: Electrical substation, mineral dock, mineral concentrate, maximum demand, installed power, SCADA control system and fire detection.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Definición Del Problema	2
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
CAPITULO II. SUBESTACIÓN ELÉCTRICA Y SUS COMPONENTES	3
2.1 Generalidades	3
2.2 Concepto de subestación	4
2.3 Niveles de tensión en sistemas eléctricos	4
2.4 Clasificación de las subestaciones eléctricas	4
2.4.1 Clasificación de las subestaciones de acuerdo con su función	5
2.4.2 Clasificación de las subestaciones de acuerdo con su nivel de tensión	5
2.4.3 Clasificación de las subestaciones de acuerdo con su tipo de aislamiento.	6
2.4.4 Clasificación de las subestaciones de acuerdo con su forma de instalación.....	7
2.5 Dimensionamiento de la subestación	7
2.6 Elementos de una subestación	8
2.6.1 Transformador de potencia.....	8
2.6.2 Celda de media tensión.....	15
2.6.3 Transformador de potencial(TP) y transformador de corriente(TC).....	17
CAPITULO III. DISEÑO DE SUBESTACION ELECTRICA	18
3.1 Descripción de la subestación	18
3.1.1 Subestación Edelnor (20kV)	18
3.1.2 Subestación de transformación 20/10kv	18
3.1.3 Subestación principal 10kV (S.E. - 01).....	19
3.2 Calculo de máxima demanda	21
3.2.1 Potencia instalada y máxima demanda.....	21
3.3 Calculo de conductores	21

3.3.1	Parámetros de la subestación Edelnor.	21
3.3.2	Características Técnicas del cable N2XSY 18/30KV.	22
3.3.3	Selección de cable N2XSY por corriente de carga nominal.	24
3.3.4	Selección de cable N2XSY por corriente de corto circuito.	25
3.3.5	Cálculo del cable por Caída de Tensión	28
3.4	Cálculo de corto circuito.....	29
3.4.1	Cálculo de corto circuito en la SE- EDELNOR.....	29
3.4.2	Cálculo de corto circuito CMT-SP-20KV-001	29
3.4.3	Cálculos de corto circuito : TR-SP-001	30
3.4.4	Cálculos de corto circuito: SG-OA-10KV-001.....	31
3.4.5	Cálculos de corto circuito: SG-ET-10KV-001.....	31
3.4.6	Cálculos de corto circuito: SG-MU-10KV-001.....	32
3.5	Dimensionamiento de equipos.....	33
3.5.1	Transformadores de dos devanados.....	33
3.5.2	Celdas de media tensión.	36
3.5.3	Equipos de medición y protección.	40
3.5.4	Servicios auxiliares.....	42
3.6	Criterio para la determinación de ajuste	44
3.6.1	Protección de sobre corriente.	44
3.6.2	Protección diferencial de transformador 87T.....	46
3.7	Calculo de ajustes para los equipos de protección por sobrecorriente..	47
3.7.1	Ajustes tomados como referencia.....	47
3.7.2	Protección de Sobre corriente de Fases (50/51).....	48
3.7.3	Protección de Sobrecorriente de Tierra (51N).....	49
3.8	Calculo de ajustes para el relé de protección diferencial 87T.....	49
3.8.1	S.E. Muelle Nuevo puerto de Terminal de Embarque.	49
3.8.2	Percent differential PICKUP:.....	51
3.8.3	Percent differential slope 1:	52
3.8.4	Percent differential kneepoint	52
3.8.5	Percent differential slope 2	53
3.8.6	Harmonic inhibit.....	53
3.8.7	Energization inhibit	53

3.8.8	Energization sensing	54
3.8.9	Fifth harmonic inhibit.....	54
3.8.10	Instantaneous differential.....	54
3.8.11	Restricted ground fault (falla a tierra restringida)	54
3.9	Ajustes de máxima y mínima tensión.	55
3.10	Calculo de puesta a tierra.	56
3.10.1	Condiciones de diseño.....	56
3.10.2	Medición de resistividad del terreno.....	57
3.10.3	Calculo de la resistencia de puesta a tierra.....	58
3.10.4	Calculo de la impedancia de secuencia.	61
3.10.5	Calculo de la sección del conductor.....	61
3.10.6	Calculo de tensión de paso y toque limite tolerable.	63
3.10.7	Calculo de corriente de falla corregida con las impedancias del sistema.	65
3.10.8	Calculo de tensión de contacto real de la malla.	65
3.10.9	Calculo de tensión de paso real de la malla.	67
3.11	Calculo de iluminación.....	67
3.12	Calculo de ventilación forzada.	69
3.13	Dimensionamiento del sistema de detección de incendio.	71
3.14	Sistema de control SCADA eléctrico.....	72
3.15	Dimensionamiento del sistema de emergencia.....	78
3.16	Dimensionamiento de la sala.....	78
3.16.1	Características constructivas.	78
3.16.2	Criterios de diseño para las cargas estructurales.....	79
3.16.3	Paredes y techos.	79
3.16.4	Puerta cortafuego.	80
3.16.5	Entrada y salida de canalizaciones.	81
3.16.6	Señalización.	81
CONCLUSIONES		82
RECOMENDACIONES		84
BIBLIOGRAFIA		85
ANEXOS.....		86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Intervalos de tensión en sistemas eléctricos.	4
Tabla 2. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas.	21
Tabla 3. Factores de corrección.....	25
Tabla 4. Especificaciones Técnicas del Transformador de 5 MVA.....	35
Tabla 5. Valores de Tensión del Servicio de las Celdas.	36
Tabla 6. Especificaciones técnicas de la celda de media tensión	44
Tabla 7. Constante de las Curvas IEC.	46
Tabla 8. Valores de resistividad del terreno.	57
Tabla 9. Constante de los materiales conductores.....	62
Tabla 10. Dimensiones típicas de los conductores de puesta a tierra.	63
Tabla 11. Tabla de iluminancias para subestaciones eléctricas.	68
Tabla 12. Carga térmica de equipos eléctricos.	69
Tabla 13. Parámetros del aire acondicionado.	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Uso de subestaciones en el sistema eléctrico.....	3
Figura 2. Esquema de protección diferencial	50
Figura 3. Característica de operación de la protección diferencial.	51
Figura 4. esquema de protección para fallas a tierra.	55
Figura 5. Diagrama de medición schlumnerger.....	57
Figura 6. Red de comunicación de la SE-01	74
Figura 7. Scada del sistema eléctrico	75
Figura 8. Parámetros eléctricos del PQM II.....	76
Figura 9. Parámetros eléctricos del SR745.....	76
Figura 10. Parámetros eléctricos del F650.....	77
Figura 11. Lista de tags.	77
Figura 12. Detalle de la puerta antipánico.....	80

PRÓLOGO

El presente informe trata sobre la el diseño de una subestación eléctrica de 5 MVA, 20/10 kV, 60 Hz para el proyectó de Muelle de Minerales previsto para una capacidad de diseño máxima de 2300 TMPH de concentrado de minerales de cobre, plomo y zinc.

En el capítulo 1, es la introducción al informe donde se muestra cuál es la situación de Las instalaciones eléctricas y bajo este panorama se muestra los objetivos de este informe, la justificación y el alcance de lo que se va desarrollar con lo cual realizamos el planteamiento del problema.

En el capítulo 2, se elabora la parte teórica de las subestaciones eléctricas. Describiendo los tipos de subestaciones y los equipos principales de las subestaciones.

En el capítulo 3, se desarrolla los cálculos justificativos y dimensionamiento de la sala.

CAPITULO I INTRODUCCIÓN.

1.1 Definición Del Problema

El proyecto de muelle de minerales tiene una potencia de máxima demanda de 3069.41 MW para la operación sus instalaciones.

Debido a la alta potencia requerida por el proyecto, la concesionaria de distribución de energía Edelnor suministra dicha potencia en 20 kV.

1.2 Justificación

Las instalaciones eléctricas del proyecto requieren energía eléctrica en MT y BT, para lo cual se requiere diseñar una subestación eléctrica que distribuya la energía eléctrica con las condiciones requeridas de calidad de energía.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar una subestación eléctrica de 5 MVA en 20 KV para el proyecto de muelle de minerales, con la finalidad de recibir y distribuir la energía eléctrica en las instalaciones del proyecto.

CAPITULO II

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA Y SUS COMPONENTES.

2.1 Generalidades.

El objetivo de todo sistema eléctrico de potencia es suministrar la energía necesaria para satisfacer de manera eficaz, confiable y segura la demanda de energía eléctrica para el desarrollo de un sector o país. Para lograr esto es necesario generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica desde las plantas de generación hasta los centros de carga. Dentro de un sistema eléctrico de potencia se encuentran las subestaciones eléctricas, las cuales constituyen los nodos del sistema eléctrico, donde convergen y se derivan circuitos de diferentes tipos.

En la Figura 2.1 se muestra un esquema con el proceso de generación, transmisión y distribución de la energía, y el uso de las subestaciones en este proceso.

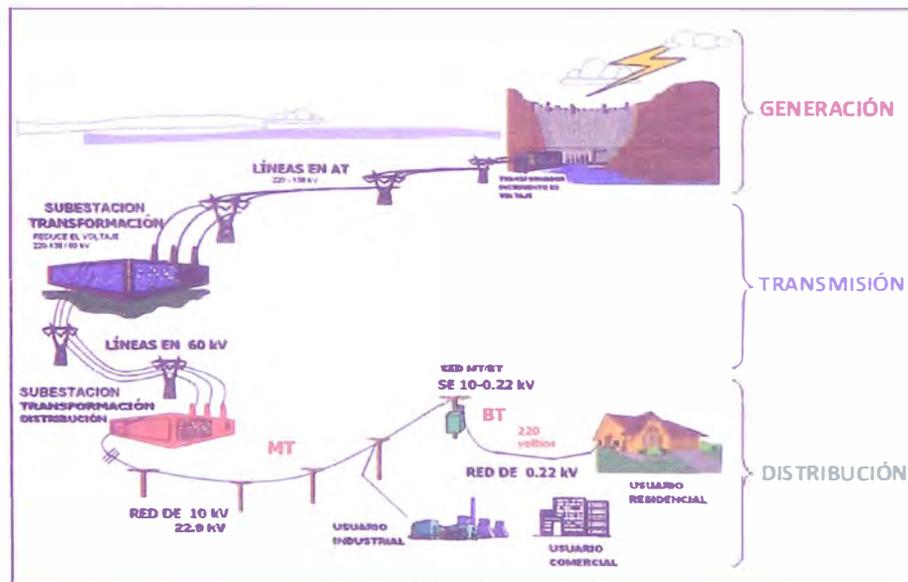


Figura 1. Uso de subestaciones en el sistema eléctrico.

2.2 Concepto de subestación.

Una subestación es un conjunto de equipos, instalaciones y dispositivos eléctricos, cuya operación en conjunto permite la modificación de los parámetros de un sistema eléctrico. Sus funciones principales son: transformar, distribuir, controlar y medir la energía eléctrica de un sistema. En una subestación eléctrica se puede transformar la energía eléctrica a niveles adecuados de tensión para su transmisión, distribución y consumo bajo determinados requerimientos de calidad, confiabilidad y eficiencia.

2.3 Niveles de tensión en sistemas eléctricos.

La clasificación de los niveles de tensión empleados en sistemas eléctricos de potencia se realiza dependiendo de las tensiones que se manejan en sus principales etapas, como son: transmisión, subtransmisión, distribución y utilización.

En la Tabla 2.1 se muestran los principales intervalos de tensión empleados en los sistemas eléctricos.

Tipo de Red	Denominación Perú	Abreviatura	Nivel de Tensión (kV)
Transmisión Subtransmisión	Muy alta tensión	MAT	>100 kV
	Alta tensión	AT	>30 kV y ≤100 kV
Distribución primaria	Media Tensión	MT	>1 kV y ≤30 kV
Distribución secundaria	Baja Tensión	BT	≤1 kV

Tabla 1. Intervalos de tensión en sistemas eléctricos.

2.4 Clasificación de las subestaciones eléctricas.

Las subestaciones eléctricas se clasifican de diferentes maneras, incluyendo: por la función que desempeñan, por su nivel de tensión, por su forma de instalación y por su tipo de aislamiento.

2.4.1 Clasificación de las subestaciones de acuerdo con su función

Respecto a la función que desempeñan, las subestaciones se clasifican en:

- Subestaciones elevadoras. Este tipo de subestaciones normalmente son utilizadas en centrales de generación. Su función principal es elevar las tensiones de salida de las unidades generadoras, de un nivel de media tensión, a un nivel de alta o extra alta tensión para transmitir la carga que es generada.
- Subestaciones reductoras. Al contrario de las subestaciones elevadoras, las subestaciones reductoras reducen las tensiones de transmisión a una menor tensión para su distribución.
- Subestaciones de maniobra (switchero). Las subestaciones tipo maniobra o de switchero, son utilizadas sólo para realizar operaciones de conexión y desconexión, es decir, distribuyen el flujo de energía hacia otros nodos de la red mediante maniobras, según los requerimientos y condiciones del sistema.

2.4.2 Clasificación de las subestaciones de acuerdo con su nivel de tensión

Respecto a su nivel de tensión, las subestaciones se clasifican de la siguiente manera:

- Subestaciones de distribución. Las subestaciones de distribución son las encargadas de reducir una tensión de transmisión o subtransmisión a uno de media tensión. Generalmente, las subestaciones de distribución manejan

una tensión primaria de 115 kV y una tensión secundaria que varía entre 13.8 y 34.5 kV.

- Subestaciones de transmisión. Este tipo de subestaciones son las encargadas de reducir una tensión de transmisión a uno de subtransmisión. En general, las subestaciones de transmisión manejan tensiones primarias de 400 ó 230 kV, mientras que la tensión secundaria es de 115 kV.

2.4.3 Clasificación de las subestaciones de acuerdo con su tipo de aislamiento.

Respecto a su tipo de aislamiento, las subestaciones se clasifican de la siguiente manera:

- Subestaciones aisladas en aire. Son subestaciones en las cuales su aislamiento está dado por el aire del medio ambiente en que se encuentran. Este tipo de subestaciones son afectadas por las características atmosféricas del sitio donde se ubican, incluyendo: presión, temperatura y altitud, principalmente.
- Subestaciones aisladas en gas SF₆. Los elementos que conforman este tipo de subestaciones se encuentran dentro de módulos herméticamente cerrados, que contienen gas SF₆ (hexafluoruro de azufre) a presión. Este tipo de subestaciones tienen la ventaja de no ser afectadas por condiciones atmosféricas, además de permitir su uso en espacios reducidos por su gran compactación.

2.4.4 Clasificación de las subestaciones de acuerdo con su forma de instalación.

Respecto a su forma de instalación, las subestaciones se pueden clasificar como:

- Subestaciones tipo intemperie. Son subestaciones instaladas en áreas exteriores, diseñadas específicamente para operar al aire libre bajo las condiciones ambientales del sitio de instalación. Estas características son: precipitación pluvial, contaminación, humedad, viento, nieve, entre otros.
- Subestación tipo interior. Son subestaciones instaladas en áreas interiores, como edificaciones. Este tipo de instalación brinda mayor protección contra condiciones atmosféricas, además de brindar la ventaja de ocupar menor espacio. Las subestaciones de tableros metálicos blindados (Metal-Clad) y las subestaciones aisladas en gas SF₆, son las principales subestaciones de este tipo.

2.5 Dimensionamiento de la subestación.

Los niveles de tensión determinan el nivel de aislamiento que garantice la operación del sistema de manera confiable y segura, tanto para el personal como para los equipos instalados en la subestación. A su vez, el nivel de aislamiento determina las especificaciones de los materiales aislantes y las distancias mínimas requeridas entre los diferentes elementos para evitar romper la rigidez dieléctrica del material aislante.

El tamaño de los equipos depende de la potencia eléctrica requerida y de las distancias mínimas especificadas en la norma técnica.

En conclusión, el dimensionamiento de la subestación se determina con las distancias críticas de aislamiento, el tamaño de los equipos y las distancias mínimas de

acercamiento del personal operativo y de mantenimiento en el sitio de instalación de la subestación.

2.6 Elementos de una subestación

La selección adecuada de los equipos y componentes a utilizar en una subestación eléctrica, se realiza considerando la confiabilidad, continuidad y flexibilidad que brindan estos a la subestación.

El número de componentes como sus características específicas pueden variar dependiendo de la tensión de operación en una subestación eléctrica.

2.6.1 Transformador de potencia.

Los transformadores de potencia cumplen con una función muy importante en los sistemas eléctricos de potencia. Transforman el voltaje del sistema de nivel nominal a otro y deben ser capaces de transportar el flujo de potencia en forma continua hacia una parte particular del sistema o hacia la carga (en su caso). Para cumplir con este requerimiento específico, resulta que el transformador de potencia es el equipo más grande, pesado, complejo y también más costoso de los equipos usados en una subestación eléctrica.

Tipos de transformadores.

Los transformadores de potencia pueden ser autotransformadores o transformadores convencionales de varios devanados. Una instalación trifásica puede consistir de tres unidades monofásicas formando un banco trifásico o una sola unidad trifásica.

La decisión de que tipo transformador usar depende de factores como: el costo inicial, los costos operación (influencia de la eficiencia), la confiabilidad, etcétera.

Las unidades trifásicas tienen por lo general mayor eficiencia, menor tamaño y costos iniciales menores, por lo tanto, son más económicas.

La ventaja de usar tres unidades monofásicas es que, se puede compartir una unidad a un costo menor. La selección entre transformadores convencionales de dos o tres devanados o autotransformadores, involucra sus diferencias básicas en las medidas que puedan afectar los factores de costos y aplicación.

Características generales para transformadores y autotransformadores de potencia.

Tensión nominal.

Las tensiones nominales de un transformador son aquellas a las que se refieren sus características de operación y funcionamiento.

Tensión nominal de un devanado.

Es la tensión que debe ser aplicada o inducida en vacío, entre las terminales de un transformador.

Relación de transformación y su tolerancia.

La relación de transformación está basada en la relación de las tensiones y sujeta al efecto de la regulación a diferentes cargas y factores de potencia.

La tolerancia para la relación de transformación, medida cuando el transformador esta sin carga, debe ser de $\pm 0,5 \%$ en todas las derivaciones. Si la tensión por vuelta excede de $0,5 \%$ de la tensión deseada, las tensiones de las derivaciones deben corresponder a la tensión de la vuelta próxima.

Impedancia nominal.

La impedancia se expresa generalmente en porcentaje de la tensión de impedancia (caída de voltaje) con respecto a la tensión nominal.

La tolerancia de la impedancia deberá ser la siguiente:

- La impedancia de un transformador de 2 devanados con un valor en porcentaje de impedancia superior al $2,5 \%$, debe tener una tolerancia de $\pm 7,5 \%$ del valor especificado.
- Cuando se especifiquen transformadores de dos devanados con un valor en porcentaje de impedancia menor a $2,5 \%$, debe tener una tolerancia de $\pm 10 \%$ del valor especificado.
- La impedancia de un transformador de 3 o más devanados, o bien, con devanados en zigzag, debe tener una tolerancia de $\pm 10 \%$ del valor especificado.
- La tolerancia en la impedancia de un autotransformador debe ser $\pm 10 \%$ del valor especificado.

Conexiones principales.

Conexión estrella-estrella.

Esta conexión da un servicio satisfactorio si la carga trifásica es balanceada; si la carga es desbalanceada, el neutro eléctrico tiende a ser desplazado del punto central, haciendo diferentes los voltajes de línea a neutro; esta desventaja puede ser eliminada conectando a tierra el neutro. La ventaja de este sistema de conexiones es que el aislamiento soporta únicamente el voltaje de línea a tierra, que es 58 % del voltaje entre líneas.

Conexión delta-delta.

Este arreglo es usado generalmente en sistemas donde los voltajes no son altos y cuando la continuidad del servicio debe ser mantenida aun si uno de los transformadores falla; si esto sucede, los transformadores pueden continuar operando en la conexión delta-abierta, también llamada "conexión V". Con esta conexión no se presentan problemas con cargas desbalanceadas, pues prácticamente los voltajes permanecen iguales, independientemente del grado de desbalance de la carga.

Conexión delta-estrella.

Esta conexión se emplea usualmente para elevar el voltaje, como por ejemplo al principio de un sistema de transmisión de alta tensión. En el lado de alta tensión, el aislamiento trabaja a solamente el 58 % del voltaje de línea a línea; otra de sus ventajas es que el punto neutro es estable y no flota cuando la carga es desbalanceada. Esta conexión también es muy usada cuando los transformadores deben suministrar carga trifásica y carga monofásica; en estos casos, la conexión proporciona un cuarto hilo conectado al neutro.

Preferentemente, las conexiones en transformadores trifásicos de dos devanados son delta en el primario y estrella en el secundario; el secundario en estrella, con neutro a través de una boquilla, proporciona un punto conveniente para establecer una tierra en el sistema; el primario conectado en delta aísla los 2 sistemas en cuanto al flujo de corriente de secuencia cero, que resultan de fallas a tierra en el secundario.

Sistemas de enfriamiento.

Sistema de enfriamiento OA

El transformador debe contar con el número suficiente de radiadores o enfriadores con objeto de que no exceda las temperaturas máximas permisibles.

A la entrada y a la salida de cada enfriador se deben proporcionar válvulas de mariposa con objeto de poder desmontar el radiador del tanque, sin necesidad de vaciar el aceite del transformador.

Estas válvulas deben estar montadas en el tanque del transformador y acoplarse a los enfriadores

Por medio de bridas atornilladas y con empaques a prueba de aceite. Un lado de las bridas debe contar con una caja circular y rectangular, maquinada, para alojar empaques y evitar sobrecompresiones de los empaques. Las válvulas deben tener indicador de posición.

Sistema de enfriamiento OA/FA y OA/FA/FA

Estos sistemas deben cumplir con lo especificado en las normas ANSI C57.12.10, así como con lo siguiente:

El transformador debe contar con un número suficiente de radiadores o enfriadores, detectores de temperatura, sistema de control y protección, con el objeto de que el transformador no exceda las temperaturas máximas permisibles.

Los motores de los ventiladores deben ser trifásicos y cumplir con lo siguiente:

- Totalmente cerrados.
- Servicio intemperie.
- Frecuencia de 60 Hz.
- Clase de aislamiento tipo B.
- Elevación de temperatura 80 °C.
- Con dispositivos de protección, individuales para cada motor contra cortocircuitos.
- La tensión de alimentación debe ser indicada según las características particulares.

El control de los pasos de enfriamiento debe hacerse basándose en la temperatura, esto es, por un termómetro de imagen térmica de devanados.

Sistema de enfriamiento OA/FOA.

Este sistema debe estar de acuerdo con la norma ANSI C57-12.10 y además cumplir con lo siguiente:

En el sistema de enfriamiento OA, el transformador debe tener una capacidad no menor del 35 % de la capacidad FOA.

La impedancia de los transformadores debe estar referida a la base de la capacidad en FOA.

El transformador debe contar con un número suficiente de radiadores de aceite y aire forzados, tuberías de interconexiones, detectores de temperatura, sistemas de control y protección, etcétera, con el objeto de que el transformador no exceda las temperaturas permisibles.

El transformador debe contar con el número suficiente de radiadores, bombas de aceite y ventiladores, para que no exceda la temperatura máxima permisible de 65 °C en los devanados del transformador.

Cambiador de derivaciones

Cambio de derivaciones con transformador desenergizado

El devanado de alta tensión debe contar con 4 derivaciones de 2,5 % de la tensión nominal. Las cuatro derivaciones deben ser para plena capacidad. Según las necesidades de operación, se indicará si las 4 derivaciones serán 2 arriba y 2 abajo o 1 arriba y 3 debajo de la tensión nominal.

Cambio de derivaciones con carga

Para los casos en que se indique, los transformadores deben estar equipados con un cambiador de derivaciones con carga y deben cumplir con:

- a) Todas las derivaciones deben ser a capacidad plena.
- b) El número de derivaciones debe ser de 10 arriba y 10 debajo de la tensión nominal, de un valor cada una de 1 % de la misma.
- c) La banda de regulación total debe ser de más-menos 10 % sobre la tensión nominal.
- d) Las derivaciones deben estar sobre el devanado de alta tensión.

- e) Suministrar un gabinete común que centralice la operación de los cambiadores individuales como una sola unidad o banco.
- f) En el caso de un banco de tres transformadores o autotransformadores y uno de reserva, se deben dejar en el gabinete común, el alambrado y las conexiones de la unidad de reserva, a fin de que mediante un mínimo de interconexiones o puentes se pueda sustituir cualquiera de los transformadores o autotransformadores por el de reserva.
- g) Se debe suministrar el equipo y dejar la preparación necesaria para la operación futura del banco de transformadores en paralelo con otro banco similar.

2.6.2 Celda de media tensión.

Se denomina celda al conjunto de equipos eléctricos de MT o AT conectados entre sí que cumplen una función. (Salida, Entrada, Protección de Transformador, Medida, etc.).

Se pueden clasificar según el tipo constructivo en:

- Mampostería
- Prefabricadas o Modulares

Mampostería: Los equipos son instalados (montaje) en obra. Primero es necesario realizar una obra civil, y luego se realiza el montaje de los equipos

Prefabricadas o Modulares: La celda es suministrada montada en fábrica, las interconexiones entre equipos y cableados no son realizados en obra. El montaje en las Estaciones y SSEE consisten en la interconexión entre celdas.

Según el tipo de construcción se pueden clasificar en:

- **METAENCLOSURE** Los equipos se encuentran ubicados dentro de un mismo compartimento metálico.

Las Celdas Metaenclosure o también llamadas Tableros de Media Tensión (TMT), son celdas con envolvente metálica de tipo interior, atmósfera en aire o SF6, medio de corte en aire, vacío o SF6.

Son utilizados normalmente en construcciones de mampostería o en Puestos Compactos de Transformación y puestos de conexión.

- **METALCLAD** La celda está constituida por 4 compartimentos, donde están ubicados los diferentes equipos. Se pueden dividir 1 de barra, 1 de interruptor, 1 de salida y medida y uno de BT. Pueden ser de uso interior o exterior.

Normalmente están compuestas por 4 compartimentos:

- Compartimento de Barras.
- Compartimento de Maniobra.
- Compartimento de Baja Tensión.
- Compartimento de Cable y TI.

Clasificación según el uso:

- Celda de Transformador
- Celda de E/S Entrada y Salida
- Celda Servicios Auxiliares
- Celda Seccionador de barras
- Celda Salida de barras
- Celda de Medida.

2.6.3 Transformador de potencial (TP) y transformador de corriente (TC)

Son dispositivos electromagnéticos cuya función principal es reducir a escala las magnitudes de tensión y corriente, que se utilizan para la protección, control y medición de los diferentes circuitos de una subestación, o sistema eléctrico en general. A continuación, se mencionan los empleados en la subestación.

Transformador de potencial (TP)

Sus principales funciones son transformar la tensión y aislar los instrumentos de protección y medición conectados a los circuitos de

A.T. Su capacidad es baja, ya que se determina sumando las capacidades de los instrumentos de medición que se van a alimentar y varían de los 15 a los 60 VA.

El primario se conecta en paralelo con el circuito que se desea medir y el secundario se conecta en paralelo con las bobinas de tensión en los diferentes aparatos de medición y protección que se requieren energizar.

Transformador de corriente (TC)

Su función principal es transformar o cambiar un valor de corriente de un circuito a otro que permita la alimentación de instrumentos de medición, protección o ambos.

Su capacidad es baja, ya que se determina sumando las capacidades de los instrumentos de medición que se van a alimentar y puede ser 15, 30, 50, 60 y 70

VA. El primario del transformador se conecta en serie con el circuito por medir y el secundario se conecta en serie con las bobinas de corriente de los aparatos de medición y de protección que requieran ser energizados.

CAPITULO III

DISEÑO DE SUBESTACION ELECTRICA.

3.1 Descripción de la subestación.

3.1.1 Subestación Edelnor (20 kV)

El sistema de Muelle de Minerales, será alimentado a través de un cable de energía de 50 m (N2XSY – 50mm², 18/30 kV) en 20 kV, desde el punto de entrega de Edelnor S.A.A.

A continuación, se describen los equipos de las instalaciones del nuevo proyecto Celda de Salida desde el punto de entrega hacia la Subestación Principal. Esta celda de salida existente en 20 kV, que alimentara a la nueva S.E.

Terminal de Embarque de minerales cuenta con los siguientes equipos: Interruptor de media tensión.

- Tres (03) transformadores de Corriente (uno por fase) de relación: 300/5 A.
- Un (01) transformador de corriente tipo toroide de relación de transformación 100/1 A.
- Un relé de protección que será instalado por Edelnor S.A.A.

3.1.2 Subestación de transformación 20/10kv

Celda de llegada hacia el transformador Principal.

Esta celda de llegada en 20 kV, cuenta con los siguientes equipos:

- Una (01) celda con interruptor de 630 A, 10 kV y 20 kA de capacidad de ruptura.
- Tres (03) transformadores de Corriente (uno por fase) de relación: 300/5 A para medición.

Celdas de salida hacia el transformador TR-SP-001 (5 MVA – 20/10 kV – Dyn1).

En la S.E. de transformación, se cuentan con una celda de salida hacia el transformador TR-SP-001, el cual cuentan con el equipamiento descrito a continuación:

- Una (01) celda con interruptor de 630 A, 24 kV y 25 kA de capacidad de ruptura.
- Tres (03) transformadores de corriente (uno por fase) de relación de transformación: 300/5 A.
- Un (01) transformador de corriente tipo toroide de relación de transformación: 200/5 A (Puesta tierra del lado de 10 kV)
- Un relé de protección diferencial marca G.E. modelo SR-745

3.1.3 Subestación principal 10 kV (S.E. - 01)

Celda de llegada de la Subestación Principal.

Esta celda de llegada en 10 kV, cuenta con los siguientes equipos:

- Una (01) celda con interruptor de 630 A, 10 kV y 20 kA de capacidad de ruptura.
- Tres (03) transformadores de Corriente (uno por fase) de relación: 400/5 A.

- Tres (03) transformadores de Corriente (uno por fase) de relación: 400/5 A, para la protección diferencial.
- Un (01) transformador de corriente tipo toroide de relación de transformación 30/1 A.
- Un relé de protección marca G.E. modelo F650.

Celdas de salida hacia los transformadores TR-SP-002/003/004.

En la S.E. Principal se cuentan con tres celdas de salida hacia los transformadores TR-SP-002, TR-SP-003 y TR-SP-004 las cuales cuentan con el mismo equipamiento descrito a continuación:

- Una (01) celda con interruptor de 630 A, 10 kV y 20 kA de capacidad de ruptura.
- Tres (03) transformadores de corriente (uno por fase) de relación de transformación: 150/5 A.
- Un relé de protección marca G.E. modelo F650.

Celda de salida hacia la S.E. Open Access (S.E. - 02).

Esta celda de salida en 10 kV, cuenta con los siguientes equipos:

- Una (01) celda con interruptor de 630 A, 10 kV y 20 kA de capacidad de ruptura.
- Tres (03) transformadores de corriente (uno por fase) de relación de transformación: 300/5 A.
- Un relé de protección marca G.E. modelo F650.

3.2 Cálculo de máxima demanda.

El proyecto está distribuido en tres áreas de procesos, cada área tiene su subestación eléctrica cuyas cargas se indica en el anexo 2: cuadro de cargas de los tableros de fuerza y de distribución.

Con estas cargas se procede a elaborar el cuadro de cargas del proyecto.

3.2.1 Potencia instalada y máxima demanda.

ITEM	AREA	TABLERO	P.I (KW)	F.D	M.D (KW)
1	OPEN ACCESS	TG-OA-440	216.30	0.72	155.74
		TG-OA-380/220	249.00	0.66	164.34
		MOTOR M-OA-101	650.00	1	650.00
2	EDIFICIO TRANSF.	TG-ET-440	171.43	0.69	118.29
		TG-ET-380/220	83.00	0.66	54.78
		MOTOR M-OA-102	650.00	1	650.00
		MOTOR M-OA-103	650.00	1	650.00
3	MUELLE	TG-MU-440	96.77	0.7	67.74
		TG-MU-380/220	72.30	0.65	47.00
		JB-MU-201	350.00	1	350.00
		FAJA TRIPPER	315.00	1	315.00
4	TOTAL DE POT. INST.		3 503.80		KW
	TOTAL DE MAX. DEMANDA		3 222.88		KW
	FACTOR DE DIVERSIDAD		1.05		
	DEMANDA MAXIMA		3 069.41		KW

Tabla 2. Cuadro de cargas de las instalaciones eléctricas.

3.3 Cálculo de conductores.

3.3.1 Parámetros de la subestación Edelnor.

Edelnor entrega los parámetros para el diseño de la subestación:

Potencia de Corto Circuito : 391 MVA en 20 kV

Tiempo de apertura de protección : 0.4 segundos

3.3.2 Características Técnicas del cable N2XSY 18/30 kV.

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas para la fabricación, pruebas y entrega del cable de cobre tipo XLPE que se utilizará en la alimentación a la Subestación de Distribución

El cable de cobre se instalará en una zona con las siguientes condiciones ambientales:

Altitud sobre el nivel del mar	:	hasta 1000 m
Humedad relativa	:	entre 50 y 95%
Temperatura ambiente	:	10°C y 25°C
Contaminación ambiental	:	media

Conductores de cobre electrolítico recocido, cableado comprimido o compactado.
Cinta semiconductora o compuesto semiconductor extruido sobre el conductor.
Aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE) Cinta semiconductora o compuesto semiconductor extruido y cinta o alambres de cobre electrolítico sobre el conductor aislado. Barrera térmica de poliéster.

El conductor de cobre electrolítico recocido, cableado redondo compactado.

El cable llevará sobre el conductor una capa de material semiconductora del tipo extruido. El aislamiento será de polietileno reticulado (XLPE) y sobre este es adherida una capa de semiconductor del tipo extruido de fácil retiro.

El blindaje metálico estará constituido por cintas de cobre recocido, colocadas sobre la parte semiconductor.

Sobre la pantalla metálica se colocará una cinta de poliéster que actuará como una barrera térmica de protección.

La cubierta externa estará constituida por un compuesto de cloruro de polivinilo (PVC) de color rojo.

Temperatura del conductor de 90 °C para operación normal, 130 °C para sobrecarga de emergencia y 250 °C para condiciones de corto circuito. Buena resistencia a la tracción. Excelentes propiedades contra el envejecimiento por calor. Alta resistencia al impacto y a la abrasión. Excelente resistencia a la luz solar e intemperie. Altísima resistencia a la humedad. Excelente resistencia al ozono, ácidos, álcalis y otras sustancias químicas a temperaturas normales. No propaga la llama.

Tendrá las siguientes características:

Tensión nominal de trabajo	:	20 kV.
Tensión máxima de diseño	:	24 kV.
Tensión nominal del cable	:	18/30 kV
Tipo	:	N2XSJ
Sección	:	1 - 1 x 50mm ²
Temperatura de operación	:	90 °C
Capacidad de corriente nominal	:	250 A.

3.3.3 Selección de cable N2XSY por corriente de carga nominal.

a) Cálculo de la intensidad de corriente a transmitir

La corriente está determinada por la siguiente fórmula:

$$I = \frac{kVA}{\sqrt{3} V_n}$$

Dónde:

MD =Máxima Demanda Contratada: 3 069.41 kW.

kVA =Potencia de diseño a instalar: 5 000 kVA.

Cos (ϕ)=Factor de Potencia de la carga: 0.86

Vn =Tensión nominal de la red: 20 kV

I =Corriente nominal del sistema en A.

$$I = \frac{5000}{\sqrt{3} \times 20} = 144.34A$$

b) Cálculo de la sección mínima del cable N2XSY por corriente de carga nominal:

La determinación de la capacidad de conducción de corriente, en cables de energía, es un problema de transferencia de calor donde ésta es afectada por los siguientes factores de corrección:

Factor de corrección de profundidad de tendido a 1.20 m	0.98
Factor de corrección por resistividad térmica del terreno, de resistencia térmica 120°C-cm/W	0.93
Factor de corrección de temperatura del suelo a 25°C	1.00
Factor de corrección de la capacidad de corriente relativos al tendido en ducto	0.81
Factor de corrección relativo al agrupamiento de cables directamente enterrados	1.00
Factor de corrección total = 0.98 x 0.93 x 1.00 x 0.81 x 1.0 =	0.74

Tabla 3. Factores de corrección.

La capacidad de carga del cable de 50 mm² N2XSY 18/30 kV = 250 A.

Por tanto, la capacidad de carga corregida del cable es igual a:

$$I' \text{ carga corregida} = 250 \times 0.74 = 185 \text{ A.}$$

El resultado de la corriente corregida para la sección de este cable es:

$$I' \text{ carga corregida} > I \text{ nominal}$$

Se verifica que la corriente del cable seleccionado es superior a la corriente nominal. Por lo que el cable seleccionado cumple por capacidad de carga.

3.3.4 Selección de cable N2XSY por corriente de corto circuito.

a) Cálculo de la corriente de cortocircuito.

De la potencia inicial de cortocircuito simétrica (Pcc), se obtiene la intensidad de la corriente alterna de cortocircuito (Icc), mediante la fórmula:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} V_n}$$

Pcc = Potencia de corto circuito : 391 MVA (20 kV)

Reemplazando se obtiene:

$$I_{cc} (20 \text{ kV}) = \frac{391 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20 \text{ kV}}$$

$$I_{cc} (20 \text{ kV}) = 11.287 \text{ kA}$$

Entonces:

$$I_{cc} (20 \text{ kV}) = 11.287 \text{ kA}$$

b) Cálculo de la sección mínima de cable N2XSY por corriente de Corto Circuito

Térmicamente admisible:

Según el Anexo 9, la corriente de cortocircuito térmicamente admisible (I_{km}) para el cable N2XSY, 18/30 kV, en función del tiempo y la sección nominal del conductor, se calcula mediante la fórmula:

$$I_{km} = \frac{0,143 S}{\sqrt{t}}$$

Dónde:

I_{km} : Corriente de cortocircuito térmicamente admisible (corriente media eficaz), kA.

S : Sección transversal del cable : mm^2 .

T : Tiempo de apertura del sistema de protección : 0.4 s.

T2 : Temperatura de cortocircuito : 250 °C.

T1 : Temperatura máxima de operación : 90 °C.

Calcularemos la sección del cable necesaria para soportar la corriente alterna de cortocircuito I_{cc} , por efectos térmicos, haciendo $I_{km} = I_{cc}$, y reemplazando:

$$S = \frac{I_{cc} \sqrt{t}}{0.14356}$$

Entonces:

$$S = \frac{11.287 \times \sqrt{0.4}}{0.14356}$$

$$S = 49.72 \text{ mm}^2$$

Entonces:

$$S = 49.72 \text{ mm}^2 < 50 \text{ mm}^2$$

Luego el conductor seleccionado 3-1x50 mm^2 de tipo N2XSY, 18/30 kV, es el adecuado para trabajar en las condiciones exigidas.

c) Cálculo de la potencia Máxima ($P_{\text{máx}}$) a Transmitir

El conductor de 50 mm^2 de sección de tipo N2XSY, 18/30 kV, puede transmitir en las condiciones para la instalación del presente proyecto lo siguiente:

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} V I_{\text{máx}} \text{Cos}\varphi$$

Donde I_{max} es la determinada según los factores de corrección, en el punto anterior, reemplazando tenemos:

$$P_{\text{máx}} = \sqrt{3} \times 20 \times 185 \times 0.86$$

$$P_{\text{máx}} = 5511.38 \text{ kW}$$

Entonces:

$$P_{\text{máx}} = 5511.38 \text{ kW}$$

Este resultado es mayor con respecto a la potencia solicitada, por lo que el cable seleccionado cumple con lo requerido.

3.3.5 Cálculo del cable por Caída de Tensión

Ahora verificaremos la caída de tensión desde el punto de alimentación existente otorgado por La Concesionaria de Energía Eléctrica y la Celda de llegada existente en la S.E.

La caída de tensión está dada por la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \sqrt{3} I L (R \cos\Phi + X \text{ Sen}\Phi)$$

Dónde:

ΔV =Caída de tensión en voltios

I =Corriente de máxima de diseño (10 kV) = 144.34 A.

L =Longitud del tramo en km. = 0.05 Km

R =Resistencia del conductor del tramo en Ω/km . = 0.4940 Ω/km .

X =Reactancia del conductor del tramo en Ω/km . = 0.1711 Ω/km .

$\cos(\Phi)$ =Factor de potencia de la carga = 0.86

$\text{Sen}(\Phi)$ = = 0.51

Luego Reemplazando tenemos:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 144.34 \times 0.05 \times (0.494 \times 0.86 + 0.1711 \times 0.51)$$

$$\Delta V = 6.39 \text{ V}$$

Entonces:

$$\Delta V(\%) = (6.39/20000) \times 100$$

$$\Delta V(\%) = 0.03\%$$

$$\Delta V = 6.39 \text{ V} < 1\,000 \text{ V (5\% de 20 kV)}$$

Podemos concluir que el cable requerido para el proyecto del sistema de Utilización es de 3-1x50 mm² , de tipo N2XSY de 18/30 kV.

3.4 Cálculo de corto circuito.

3.4.1 Cálculo de corto circuito en la SE- EDELNOR.

Potencia de corto circuito: $S_{cc1} = 391 \text{ MVA}$

Tensión nominal: $V_{n1} = 20 \text{ kV}$

$$I_{cc1} = \frac{S_{cc1}}{\sqrt{3} V_{n1}} \Rightarrow I_{cc1} = \frac{391}{\sqrt{3} \times 20} \Rightarrow I_{cc1} = 11.287 \text{ kA}$$

$$jX_1 = \frac{V_{n1}^2}{S_{cc1}} \Rightarrow jX_1 = \frac{20^2}{391} \Rightarrow jX_1 = j1023.018 \text{ m}\Omega$$

3.4.2 Cálculo de corto circuito CMT-SP-20KV-001

Sección cable subterráneo: $S_{c1} = 50 \text{ mm}^2$ N2XSY - 18/30 kV

Longitud cable subterráneo 1: $L_{c1} = 0.050 \text{ km}$.

Resistencia del cable: $r_c = 0.494 \text{ }\Omega/\text{km}$.

Inductancia del cable: $x_c = 0.1711 \text{ }\Omega/\text{km}$.

$$\overline{Z}_{c1} = (r_c + jx_c) L_{c1} \Rightarrow \overline{Z}_{c1} = (0.494 + 0.1711j) \times 0.05$$

$$\overline{Z}_{c1} = 24.7 + j8.55 \text{ m}\Omega$$

$$\overline{Z}_{total2} = \overline{Z}_{c1} + jX_1 \Rightarrow \overline{Z}_{total2} = 24.7 + j1031.57 \text{ m}\Omega$$

$$|\overline{Z}_{total2}| = \sqrt{24.7^2 + 1031.57^2} \Rightarrow |\overline{Z}_{total2}| = 1031.86 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc2} = \frac{V_{n1}}{\sqrt{3} |\overline{Z}_{total2}|} \Rightarrow I_{cc2} = \frac{20}{\sqrt{3} \times 1.03186} \Rightarrow I_{cc2} = 11.19 \text{ kA}$$

$$S_{cc2} = \sqrt{3} V_{n1} I_{cc2} = \sqrt{3} \times 20 \times 11.19 \Rightarrow S_{cc2} = 387.646 \text{ MVA}$$

Cálculo de corto circuito reflejado en 10 kV

Potencia corto circuito $S_{cc2} = 387.646$ MVA

Tensión $V_{n2} = 10.0$ kV

$$I_{cc2} = \frac{S_{cc2}}{\sqrt{3} V_{n2}} = \frac{387.646}{\sqrt{3} \times 10} \Rightarrow I_{cc2} = 22.381 \text{ kA}$$

$$\bar{Z}_{total2}^{10kV} = \frac{\bar{Z}_{total2}^{20kV}}{\left(\frac{V_{n2}}{V_{n1}}\right)^2} = \frac{24.7 + j1031.57}{\left(\frac{20}{10}\right)^2} \Rightarrow \bar{Z}_{total2}^{10kV} = 6.175 + j257.893 \text{ m}\Omega$$

$$|\bar{Z}_{total2}^{10kV}| = \sqrt{6.175^2 + 257.893^2} \Rightarrow |\bar{Z}_{total2}| = 257.9697 \text{ m}\Omega$$

3.4.3 Cálculos de corto circuito : TR-SP-001

Potencia transformador: $S_{traf} = 5000$ kVA

Tensión lado primario: $V_p = 20$ kV

Tensión lado secundario: $V_s = 10$ kV

Tensión de corto circuito: $e_{cc} = 5.0\%$

Relación de transformación: $n = 2$

Corriente primario: $I_p = 144.338$ A

Corriente secundario: $I_s = 288.675$ A

$$jX_{traf} = \frac{e_{cc}\% V_s^2}{S_{traf}} = \frac{0.05 \times 10^2}{5000} \Rightarrow jX_{traf} = j1000 \text{ m}\Omega$$

$$\bar{Z}_{total3} = \bar{Z}_{total2}^{10kV} + jX_{traf} = (6.175 + j257.893) + j1000 \text{ m}\Omega$$

$$\bar{Z}_{total3} = 6.175 + j1257.893 \text{ m}\Omega$$

$$|\bar{Z}_{total_3}| = \sqrt{6.175^2 + 1257.893^2} \Rightarrow |\bar{Z}_{total_3}| = 1257.908 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc_3} = \frac{V_s}{\sqrt{3} |\bar{Z}_{total_3}|} \Rightarrow I_{cc_3} = \frac{10}{\sqrt{3} \times 1.2579} \Rightarrow I_{cc_3} = 4.59 \text{ kA}$$

$$S_{cc_3} = \sqrt{3} \times V_s \times I_{cc_3} = \sqrt{3} \times 10 \times 4.59 \Rightarrow S_{cc_3} = 79.497 \text{ MVA}$$

3.4.4 Cálculos de corto circuito: SG-OA-10KV-001.

Sección cable subterráneo: $S_{cc_2} = 120 \text{ mm}^2$ N2XSY - 18/30kV

Longitud cable subterráneo 2: $L_{c_2} = 0.250 \text{ km}$.

Resistencia del cable: $r_c = 0.196 \text{ }\Omega/\text{km}$.

Inductancia del cable: $x_c = 0.147 \text{ }\Omega/\text{km}$.

$$\bar{Z}_{c_2} = (r_c + jx_c) L_{c_2} \Rightarrow \bar{Z}_{c_2} = (0.196 + 0.147j) \times 0.25$$

$$\bar{Z}_{c_2} = 49.0 + j36.75 \text{ m}\Omega$$

$$\bar{Z}_{total_4} = \bar{Z}_{total_3} + \bar{Z}_{c_2} \Rightarrow \bar{Z}_{total_4} = 55.175 + j1294.64 \text{ m}\Omega$$

$$|\bar{Z}_{total_4}| = \sqrt{55.175^2 + 1294.64^2} \Rightarrow |\bar{Z}_{total_4}| = 1295.818 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc_4} = \frac{V_s}{\sqrt{3} |\bar{Z}_{total_4}|} \Rightarrow I_{cc_4} = \frac{10}{\sqrt{3} \times 1.29581} \Rightarrow I_{cc_4} = 4.455 \text{ kA}$$

$$S_{cc_4} = \sqrt{3} V_s I_{cc_4} = \sqrt{3} \times 10 \times 4.455 \Rightarrow S_{cc_4} = 77.171 \text{ MVA}$$

3.4.5 Cálculos de corto circuito: SG-ET-10KV-001.

Sección cable subterráneo: $S_{cc_3} = 120 \text{ mm}^2$ N2XSY - 18/30 kV

Longitud cable 3: $L_{c_3} = 3.250 \text{ km}$.

Resistencia del cable: $r_c = 0.196 \text{ }\Omega/\text{km}$.

Inductancia del cable: $x_c = 0.147 \Omega/\text{km}$.

$$\overline{Z}_{c_3} = (r_c + jx_c) L_{c_3} \Rightarrow \overline{Z}_{c_3} = (0.196 + 0.147j) \times 3.25$$

$$\overline{Z}_{c_3} = 637 + j477.75 \text{ m}\Omega$$

$$\overline{Z}_{total_5} = \overline{Z}_{total_4} + \overline{Z}_{c_3} \Rightarrow \overline{Z}_{total_5} = 692.175 + j1772.39 \text{ m}\Omega$$

$$|\overline{Z}_{total_5}| = \sqrt{692.175^2 + 1772.39^2} \Rightarrow |\overline{Z}_{total_5}| = 1902.757 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc_5} = \frac{V_s}{\sqrt{3} |\overline{Z}_{total_5}|} \Rightarrow I_{cc_5} = \frac{10}{\sqrt{3} \times 1.90275} \Rightarrow I_{cc_5} = 3.034 \text{ kA}$$

$$S_{cc_5} = \sqrt{3} \times V_s \times I_{cc_5} = \sqrt{3} \times 10 \times 3.034 \Rightarrow S_{cc_5} = 52.555 \text{ MVA}$$

3.4.6 Cálculos de corto circuito: SG-MU-10KV-001.

Sección cable subterráneo: $S_{cc_4} = 50 \text{ mm}^2 \text{ N2XSY} - 18/30 \text{ kV}$

Longitud cable : $L_{c_4} = 0.043 \text{ km}$.

Resistencia del cable: $r_c = 0.494 \Omega/\text{km}$.

Inductancia del cable: $x_c = 0.1711 \Omega/\text{km}$.

$$\overline{Z}_{c_4} = (r_c + jx_c) L_{c_4} \Rightarrow \overline{Z}_{c_4} = (0.494 + 0.1711j) 0.43$$

$$\overline{Z}_{c_4} = 212.42 + j73.573 \text{ m}\Omega$$

$$\overline{Z}_{total_6} = \overline{Z}_{total_5} + \overline{Z}_{c_4} \Rightarrow \overline{Z}_{total_6} = 904.595 + j1845.97 \text{ m}\Omega$$

$$|\overline{Z}_{total_6}| = \sqrt{904.595^2 + 1845.97^2} \Rightarrow |\overline{Z}_{total_6}| = 2055.695 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cc_6} = \frac{V_s}{\sqrt{3} |\overline{Z}_{total_6}|} \Rightarrow I_{cc_6} = \frac{10}{\sqrt{3} \times 2.05569} \Rightarrow I_{cc_6} = 2.809 \text{ kA}$$

$$S_{cc_6} = \sqrt{3} V_s I_{cc_6} = \sqrt{3} \times 10 \times 2.809 \Rightarrow S_{cc_6} = 48.645 \text{ MVA}$$

3.5 Dimensionamiento de equipos.

3.5.1 Transformadores de dos devanados.

Requerimientos Generales

- El transformador debe incluir una base tipo patín de acero estructural (viga estructural o perfiles adecuados), para montaje sobre fundación de hormigón armado y facilitar el movimiento en cualquier dirección
- Interconexión eléctrica con sus respectivos equipos de maniobra en el lado primario y secundario.
- El transformador será con autoenfriamiento simple (ONAN), pero con proyección a enfriamiento forzado (ONAF). La capacidad de todos los conductores debe ser diseñadas a la más alta clasificación futura en kVA.
- El transformador debe ser diseñado y construido para soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos producidos por cortocircuitos externos.
- El transformador será trifásico con enrollados de cobre en el lado de alta y baja tensión, inmersos en aceite.
- El borne de conexión de neutro será completamente accesible y el sistema puesto a tierra mediante resistencia.
- Debe incluir cambiador manual de derivaciones sin carga, el cambiador de derivaciones actuara sobre el enrollado primario con cinco posiciones, correspondientes a tensión nominal y a 2.5% y 5%, por sobre y bajo el voltaje nominal.

Sistema de protecciones y medidas.

Las protecciones y dispositivos de medida que deberán ser suministradas en el transformador, son las siguientes:

- Un relé de presión súbita con contacto de disparo.
- Una válvula de alivio de presión con indicación de operación.
- Indicador de temperatura de aceite, con aguja indicadora de arrastre reseteable, y dos contactos ajustables, uno para operar los ventiladores de refrigeración forzada y uno para dar alarma.
- Un indicador de temperatura del punto más caliente con dos contactos de alarma para alta temperatura.
- Un indicador de aceite con escala grabada en la posición min/máx. A una temperatura claramente marcada y con contactos de alarma y disparo.

Características técnicas requeridas para el transformador:

	DESCRIPCION	ESPECIFICADO
GENERAL	TAG N°	TR-SP-001
	Servicio	Continuo
	Ubicación	Subestación principal
CONDICIONES DE SERVICIO	Ciclo de servicio	365 días/año, 24 h/día.
	Altura geográfica	<1000 m.s.n.m
	Tipo ambiental	Marino
	Instalación	Exterior
	Condición sísmica	Zona UBC 4
	Temperatura	max.30°C - min 5°C
	Humedad relativa media %	84%
REQUERIMIENTO GENERALES	Tipo constructivo	Enfriado aceite /Anclado piso
	Potencia nominal	5000 kVA
	Norma fabricación	IEC-60076
	Grado de protección	IP-65
	Grupo de conexión	Dyn1

Sistema enfriamiento		ONAN (con opción ONAF)
Clase material aislante		105
Elevación de temperatura (Devanado/Aceite)		65°C/60°C
Nivel de ruido (IEC 60726)		≤ 85 dB
Impedancia equivalente (%)		5%
Conmutador de tensiones		Lado primario
Aceite tipo		Mineral
lado primario	Tensión nominal	20 kV
	Tipo de conexión	Delta
	Taps de tensión	(-5,-2.5,0,+2.5,+5)
	Material devanado	Cobre
lado secundario	Tensión nominal	10 kV
	Tipo de conexión	Estrella con neutro aterrizado
	Material devanado	Cobre
Radiador separables		Requerido
Válvula drenaje de aceite		Requerido
Base de arrastre		Requerido
Ruedas		Requerido
Transformador de corriente tipo aislador		Requerido
Visor de nivel de aceite		Requerido
Indicador de nivel de aceite		Requerido
Indicador de temperatura de aceite		Requerido
Indicador de temperatura de devanados		Requerido
Relé de bucholz		Requerido
Panel de control	Voltaje de control	120 Vac
	Grado de protección	IP65
	Regleta para ventilación f.	Requerido
RESISTENCIA PUESTA A TIERRA	Clase de tensión	15 kV
	Grado de protección	Nema 3S
	Corriente durante 10seg.	200
	Resistencia de puesta a tierra	29±10%

Tabla 4. Especificaciones Técnicas del Transformador de 5 MVA.

3.5.2 Celdas de media tensión.

Cada Switchgear(o Celda de Media Tensión) deberá estar diseñado para operar a los niveles de tensión que a continuación se indican

TENSION (kV)	CELDAS DE MEDIA TENSION
20	Celda de Entrada con Seccionador Bajo Carga, al Transformador Principal.
10	Celdas de Distribución lado secundario Transformador Principal, con Seccionador Bajo Carga, Interruptor Automático, y dispositivos de Protección y Medida.
10	Switchgear Generadores de Emergencia, en Subestación Principal

Tabla 5. Valores de Tensión del Servicio de las Celdas.

Las celdas para 10 kV serán modulares, de aislamiento en gas SF₆ y de instalación interior. Se seleccionarán celdas de aislamiento y corte en gas SF₆, fabricadas bajo norma IEC, de montaje interior en salas eléctricas.

Cada celda estará conformada por compartimientos totalmente independientes, garantizando la seguridad contra contactos accidentales y fallas en el equipo, en forma tal que, una falla en una de las secciones no comprometa la operación de las secciones y celdas adyacentes.

Los compartimientos serán: compartimiento del interruptor y/o seccionador, compartimiento de las barras, compartimiento de llegada de cables y compartimiento de baja tensión y/o para equipo de medida, entre otros. Las celdas estarán diseñadas para alojar la totalidad de los equipos y elementos especificados en el los planos de Ingeniería de detalles, de acuerdo con las recomendaciones y exigencias de las normas.

Las celdas deberán ser del tipo autosoportado, de estructura rígida e indeformable, construida en lámina ColdRolled calibre 14 (1.9 mm) como mínimo para sus puertas, tapas y perfiles de refuerzo, éstos últimos irán apernados entre sí, para formar un sistema estructural desarmable, con las tapas posteriores desmontables desde el exterior.

Cada Switchgear debe cumplir con las siguientes características de diseño y fabricación.

Los elementos para la operación de circuitos primarios de potencia deben:

- Ser del tipo provistos de un mecanismo adecuado para dejarlos en las posiciones: conectado, intermedia y desconectado.
- Disponer de dispositivos adecuados para la auto-alineación y auto-acoplo.
- Tener conectores enchufables para los cables de control que lo conectan con dispositivos externos a él.

La mayor parte de los elementos de operación primaria, deben ir en compartimientos completamente cerrados mediante barreras metálicas que pueden tener agujeros para pasada de cables o barras.

Todas las partes con tensión deben quedar encerradas mediante barreras metálicas conectadas a tierra.

Debe disponer de cierres automáticos que cubran los elementos primarios cuando los elementos extraíbles son puestos en las posiciones desconectados, prueba, y fuera.

Debe disponer de enclavamientos eléctricos y mecánicos para las secuencias de operación.

Los dispositivos auxiliares de alimentación, control y medida deben ir montados y cableados en compartimientos separados de los elementos primarios mediante barreras metálicas conectadas a tierra, con la excepción de los tramos cortos de cables que conectan los transformadores de corriente y de tensión.

La puerta a través de la cual se insertan los elementos primarios, pueden servir como paneles de instrumentos y/o relés, y pueden proveer acceso a un compartimiento que contenga dispositivos secundarios.

El contenido de las celdas de entrada será como mínimo.

- Un Interruptor del tipo en SF-6.
- Un seccionador bajo carga con seccionador de puesta a Tierra.
- Transformadores de Corriente, de tres núcleos.
 - Núcleo 1: Para protección de sobre corriente.
 - Núcleo 2: Para medición.
 - Núcleo 3: Para protección diferencial.
- Transformadores de Tensión.
- Relé de Protección.
- Medidor.
- Elementos auxiliares de control.

Para indicar la presencia de tensión en la llegada de la alimentación, en la parte superior de cada celda de entrada se debe instalar tres luces piloto de color rojo, del tipo neón.

El contenido de las celdas alimentadoras consistirá de:

- Un Interruptor del tipo en SF-6.
- Un seccionador bajo carga con seccionador de puesta a Tierra.

- Transformadores de Corriente.
- Un Transformador de Corriente residual.
- Relé de Protección.
- Medidor.
- Elementos auxiliares de control.

Seccionadores bajo carga

Serán del tipo comando rotativo, con giro a 90°, con manija extraíbles en posición de desconectado.

Cumplirán con la IEC-60129, Alternating Currents Disconnectors (Isolators) And Grounding Switches.

La especificación de los seccionadores se hará según lo requerido por IEC 60265-1.

Los seccionadores serán del tipo de 3 polos (cuchillos), operación con mecanismo de resorte almacenador de energía, apertura y cierre rápido.

Interruptores

Los interruptores deberán cumplir con las siguientes características:

- Tripolar del tipo al vacío o SF-6.
- La especificación de los interruptores de media tensión se realizará según lo requerido por IEC 62271-100
- Con posiciones: Conectado, en Prueba, Desconectado.
- Con facilidades para bloqueo mediante candados.

- Operado mediante un mecanismo que almacena energía en un resorte cargado manualmente y mediante un motor-reductor alimentado en 125 Vdc.
- Provisto de mínimo ocho (8) contactos auxiliares del tipo secos, libres de potencial y eléctricamente independientes, 4 NA y 4 NC.
- Cuando se indique en la Hoja de Datos se deberá incluir una bobina shunt-trip, adicional a la bobina shunt-trip de operación normal.

Enclavamientos

En general, el enclavamiento descrito a continuación es aplicable al Switchgear de conexión de los Grupos Generadores de respaldo del sistema, en la Subestación Principal.

Enclavamiento N° 1

El fabricante debe incluir el diseño y la instalación de un enclavamiento que asegure que el interruptor principal del Switchgear no se pueda cerrar si alguno de los 3 interruptores de las celdas de entrada de los Generadores este cerrado.

3.5.3 Equipos de medición y protección.

La precisión del equipo deberá ser según lo indicado en la Hoja de Datos.

El equipo de medida deberá tener la capacidad de medición de al menos las siguientes variables:

- Corrientes de fase y residual.
- Corrientes máximas.
- Tensiones fase-fase y fase-neutro.

- Tensiones máximas.
- Potencias activas, reactivas y aparentes.
- Potencias máximas.
- Demanda máxima.
- Factor de Potencia.
- Energía.
- Frecuencia.
- Armónicos.

Debe tener capacidad de comunicación. La interface de conexión y el protocolo de comunicación, se indicarán en la Hoja de Datos respectiva.

Relé de protección

Para las protecciones asociadas a cada Switchgear cada celda con interruptor deberá tener un Relé de Protección extraíble con las siguientes funciones mínimas:

- Sobrecorriente instantánea (50).
- Sobrecorriente temporizada (51).
- Sobrecorriente instantánea residual (50N).
- Sobrecorriente temporizada residual (51N).
- Baja tensión (27)
- Sobre tensión (59)
- Desbalance de corriente (46)
- Desbalance de tensión (47)
- Baja frecuencia (81U)

- Sobre frecuencia (81O)
- Función 32P Retorno de potencia activa. (Sólo para las celdas de ingreso de 20 kV en la Subestación Principal y de distribución de 10 kV en la salida del transformador principal)

El Relé de Protección debe tener capacidad de comunicación con el interruptor para su actuación. La interfase de conexión y el protocolo de comunicación. Además el Relé incluye las protecciones para el Transformador.

3.5.4 Servicios auxiliares.

Para la alimentación de los circuitos de control y alimentación de los motores de los interruptores del Switchgear o Celda, se dispondrá de:

- Cargador de Baterías de 125 Vdc.
- Banco de Baterías de 125 Vdc.
- Panel de distribución de 125 Vdc.

No es aceptable el uso de fusibles para la distribución de 125 Vdc.

Para la distribución de 125 Vdc dentro del Switchgear, el Fabricante debe considerar:

La alimentación en 125 Vdc para el Switchgear llegará por medio de dos alimentadores, uno por cada sección de barra del Switchgear, si es el caso.

El arreglo de distribución de 125 Vdc que se debe disponer, para cada sección de barra, en un cubículo de la celda de entrada, consistirá en:

- Interruptor general.
- Interruptores de dos polos, montados en riel DIN.

- Regletas con tríos de terminales dispuestos en riel DIN (+/- tierra) para la alimentación de 125 Vdc de cada una de la celda de la sección de barra.

El arreglo de distribución de 125 Vdc que se debe disponer, en cada celda, consistirá en:

- Interruptor de dos polos para el motor.
- Interruptor de dos polos para los circuitos de control, relé de protección y medidor de la celda.

Especificaciones técnicas de la celda de 20 kV.

	DESCRIPCION	ESPECIFICADO
GENERAL	TAG N°	CMT-SP-20KV-001
	Servicio	Continuo
	Ubicación	Subestación principal
CONDICIONES DE SERVICIO	Ciclo de servicio	365 días/año, 24 h/día
	Altura geográfica	<1000 m.s.n.m
	Tipo ambiental	Marino
	Instalación	Exterior
	Condición sísmica	Zona UBC 4
	Temperatura	max.30°C - min 5°C
	Humedad relativa media %	84%
REQUERIMIENTO GENERALES	Tipo	Compacta, modular, SF6
	Norma fabricación	IEC 62271
	Grado de protección	IP-3X
	Voltaje de operación	20 kV
	Frecuencia de operación	60 Hz
	Tensión de control	120 VAC
	Corriente de corto circuito 3Ø barras	15 kA sim.
	Entrada de cables de fuerza	Inferior
	Salida de cables de fuerza	Inferior
	Luces piloto de presencia de tensión	Requerido
	Entrada de cables de control	Superior
INTERRUPTOR	Voltaje nominal	10 kV
	Corriente nominal	630 A

MEDICION	Transformador de corriente	Razón	300/5 A
		Cantidad	3
		Clase de aislación	24 kV
		Clase de precisión	5P10
	Transformador Potencial	Razón	20/0.12 kV
		Cantidad	1
		Clase de aislación	24 kV
		Clase de precisión	0.5

Tabla 6. Especificaciones técnicas de la celda de media tensión.

3.6 Criterio para la determinación de ajuste

3.6.1 Protección de sobre corriente.

Sobrecorriente de Fases (50/51)

- El valor de arranque de los relés de sobrecorriente no debe ser inferior al 120% de la corriente máxima de carga o corriente nominal.
- El arranque determinado debe permitir el transporte total de la carga y no deben actuar cuando se conecten cargas.
- Los ajustes de los relés deben proteger a los equipos (transformadores, reactores, y líneas) de sus límites de sobrecarga térmica y dinámica. La curva de daños térmicos y dinámicos de los transformadores de potencia se determinan según norma ANSI/IEEE C57, 91-1981.
- Se toma en cuenta la curva de daño térmico y dinámico de los transformadores de potencia. Las características de operación de los relés deben estar por debajo de esta curva en la gráfica de selectividad.
- El punto Inrush se determina de la siguiente forma:

Para transformadores de potencia menores a 2 MVA; la constante Inrush = 8 veces la corriente nominal del transformador.

Para transformadores mayores a 2 MVA; Inrush = 10 -12 veces la corriente nominal del transformador.

- El intervalo de tiempo de coordinamiento entre relés es aproximadamente de 200 a 250 ms.
- Los tiempos de ajustes y curvas dependen de las corrientes de cortocircuito, la topología de la red y la selectividad de los equipos de protección.

Sobre corriente a Tierra (50N/51N)

- El valor de arranque de los relés oscila entre 10% al 40% de
- Corriente nominal.
- Los tiempos de ajustes y curvas dependen de las corrientes de cortocircuito, la forma de la red y la selectividad de los equipos de protección.
- El intervalo de tiempo de coordinamiento entre relés es aproximadamente de 200 a 250ms.

Características de las Curvas de Operación de los Relés.

Los ajustes propuestos de los nuevos relés de Sobrecorriente del proyecto, se basan en la característica particular de cada relé, los cuales son:

Curva IEC 60255-3

$$T = M \left[\frac{K}{\left(\frac{I}{I_{PU}} \right)^E - 1} \right]$$

Dónde:

- T : Tiempo de disparo (en segundos)
- TDM : Ajuste del multiplicador
- I : Corriente de Entrada
- I_{pu} : Ajuste de corriente pick-up
- K,E : Constantes.

CURVA IEC	K	E
Normal Inverse	0.14	0.02
Very Inverse	13.5	1
Extremely Inverse	80	2
Long-time inverse	120	1

Tabla 7. Constante de las Curvas IEC.

3.6.2 Protección diferencial de transformador 87T.

Esta protección compara corrientes del lado primario y secundario del transformador de potencia (Comparación por fase), las cuales dejan de ser iguales cuando existen fallas internas que derivan corrientes por caminos no previstos. El campo de actuación del diferencial está limitado por los transformadores de corriente que alimentan al relé. Para calcular los ajustes se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Potencia máxima del transformador con ventilación forzada.
- Grupo de conexión, para determinar la compensación por fase. En relés antiguos esto se realizaba a través de transformadores auxiliares. En los relés de última generación es parte de la configuración para lo cual es suficiente ingresar el grupo de conexión.

- Relación de transformación del transformador de potencia y de los transformadores de corrientes, para determinar la compensación de amplitud. En relés antiguos se hacía con transformadores auxiliares, en relés de última generación es parte del ajuste.
- Los relés de última generación disponen de filtros de segunda armónica para evitar actuaciones del relé ante energizaciones del transformador de potencia. También disponen de filtros de quinta armónica los cuales se producen como consecuencia de la sobre excitación.
- Uno de los parámetros más importantes a ser ajustados es, la corriente diferencial (I_{diff}) el cual se determinará a partir de la diferencia entre valores de corriente presente en los secundarios de los transformadores de corrientes en ambos lados del transformador de potencia.
- Otro de los parámetros a ser ajustados es la pendiente de estabilización la cual compensa los errores insertados al relé por los transformadores de corriente y el cambiador automático de tomas (TAPs).
- Esta función será habilitada en el relé SR745, el cual protegerá al transformador de potencia de 20/10 kV (5 MVA)

3.7 Cálculo de ajustes para los equipos de protección por sobrecorriente.

3.7.1 Ajustes tomados como referencia

Se ha tomado como referencia los ajustes entregados por Edelnor S.A.A., los cuales se detallan a continuación:

3.7.2 Protección de Sobre corriente de Fases (50/51)

Se han considerado los siguientes ajustes para los sistemas de protección: Los relés de protección asociados al transformador de potencia (5 MVA) serán ajustados de acuerdo a sus características nominales.

Relé de protección principal del transformador en 20 kV.

$I_{>} = 171 \text{ A}$, $t_{>} = 0.2 \text{ s}$.

$I_{>>} = 4500 \text{ A}$, $t_{>>} = 0.0 \text{ s}$.

Relé de protección principal del transformador en 10 kV (S.E. 01–CUB1/ CUB5)

$I_{>} = 340 \text{ A}$, $t_{>} = 0.2 \text{ s}$.

$I_{>>} = 6000 \text{ A}$, $t_{>>} = 0.0 \text{ s}$.

Relés de alimentación principal en 10 kV de las subestaciones S.E.01, S.E.02, S.E. 03 y S.E. 04 serán ajustados con los mismos ajustes de dial de tiempo (200 ms) para su primer umbral, debido al reducido margen de coordinamiento con el relé de la S.E EDELNOR S.A.

Relés de alimentación principal en 10 kV de las subestaciones S.E.01

$I_{>} = 340 \text{ A}$, $t_{>} = 0.2 \text{ s}$.

$I_{>>} = 6000 \text{ A}$, $t_{>>} = 0.0 \text{ s}$.

Relés de alimentación principal en 10 kV de las subestaciones S.E.03

$I_{>} = 165 \text{ A}$, $t_{>} = 0.2 \text{ s}$.

$I_{>>} = 6000 \text{ A}$, $t_{>>} = 0.0 \text{ s}$.

Relés de alimentación principal en 10 kV de las subestaciones S.E.04.

$I_{>} = 57 \text{ A}$, $t_{>} = 0.2 \text{ s}$.

$I_{>>} = 6000 \text{ A}$, $t_{>>} = 0.0 \text{ s}$.

Protección de las celdas de salida de los transformadores de distribución:

Los relés que protegen a las salidas de los transformadores en 10 kV, serán ajustados con una sobrecarga del 20% sobre la corriente nominal del transformador en el lado de 10 kV.

Del mismo modo (en donde sea posible) los interruptores principales de baja tensión serán ajustados con una sobrecarga del 20% sobre la corriente nominal del transformador en el lado de baja tensión.

3.7.3 Protección de Sobrecorriente de Tierra (51N)

Se han considerado los siguientes ajustes para los sistemas de protección:

Debido a que en esta etapa del proyecto, la configuración del sistema de 20 Kv es en delta aislado, la única fuente de aporte de corriente homopolar está constituida por la capacitancia de los cables de energía, por lo que el ajuste del relé principal de la planta en 20 kV, será ajustado en forma escalonada con los ajustes referenciales remitidos por Edelnor S.A.A.

En el sistema de 10 kV se han ajustado las funciones de sobrecorriente a tierra con los mínimos valores permisibles por los equipos, considerando como criterios el máximo desbalance permisible de los circuitos y las mínimas corrientes de ajuste admitidas por los relés de protección.

3.8 Cálculo de ajustes para el relé de protección diferencial 87T.

3.8.1 S.E. Muelle Nuevo puerto de Terminal de Embarque.

El transformador de potencia de esta subestación está protegido por un relé diferencial marca G.E., modelo SR-745, EL cual requiere dos señales de corriente (Lado AT y Lado BT) para realizar la comparación de las corrientes en estado

estable y detectar el desbalance de las mismas ante alguna condición de falla interna.

Para la implementación del esquema de la protección diferencial del nuevo transformador de 5 MVA, se ha conectado la señal de los transformadores de corriente de la celda de llegada de 10 kV (S.E. 01) con la finalidad de cubrir con la protección diferencial la totalidad del transformador de potencia y el tramo de cable que desde el transformador hasta la S.E. 01 (S.E. principal) el cual se muestra en el siguiente esquema.

Esquema recomendado para la implementación de la protección diferencial

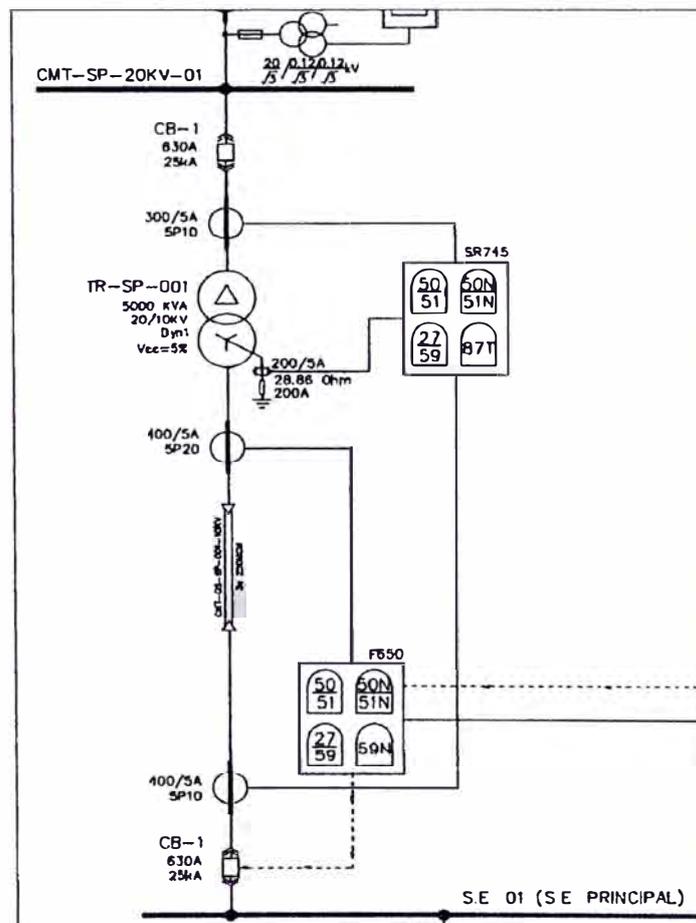


Figura 2. Esquema de protección diferencial.

Datos del Transformador de Potencia

Potencia	: 5 MVA (ONAN)
Niveles de tensión	: $20 \pm 2 \times 2.5\%$ 10 kV
Grupo de conexión	: Dyn1.
T.C. (20kV)	: 300/5 A.
T.C. (10kV)	: 400/5 A.

Se calculan los ajustes de acuerdo a las características nominales del transformador, los transformadores de corriente y las características de operación de relé de protección.

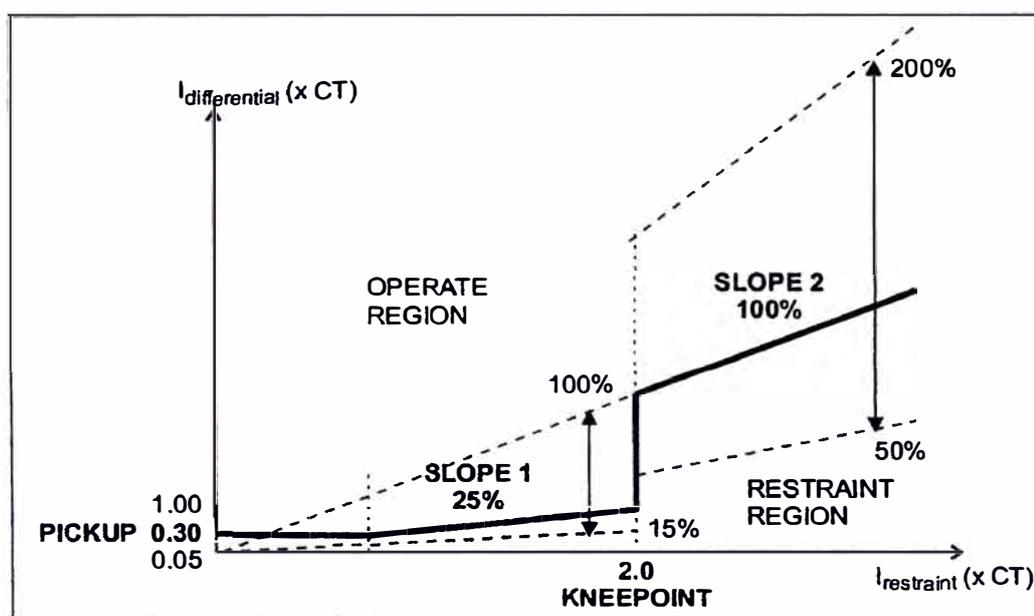


Figura 3. Característica de operación de la protección diferencial.

3.8.2 Percent differential PICKUP:

Define la mínima corriente diferencial requerida para la operación de la protección. Este ajuste está basado en la cantidad de corriente diferencial que podría ser detectado bajo las condiciones normales de operación. Dos factores pueden crear

corriente diferencial durante la operación normal del transformador indiferente a una falla interna como son: los errores de Inexactitud de los CT y la variación de la TAPS de regulación del transformador.

Differential Pickup: $0.1 \times CT$

3.8.3 Percent differential slope 1:

Este ajuste define la restricción diferencial durante las condiciones

Normales de funcionamiento para asegurar la sensibilidad para fallas internas.

Este ajuste debe ser lo suficientemente alto, sin embargo, para contrarrestar los errores por probable saturación de los transformadores de corriente durante las fallas, debe ser menor que las corrientes con componente continúan.

Los criterios para este ajuste son:

- % Error en el cambiador de tomas:
- % Error de los CTs.
- % Error del relé
- % Margen de seguridad

Differential Slope 1: 25%

3.8.4 Percent differential kneepoint

Define el punto de transición entre la primera y segunda pendiente en términos de corriente de restricción, este valor debe ser ajustado por encima de la máxima corriente de operación en los niveles forzados y/o de sobrecarga del transformador

Differential Break Point: $1.5 \times CT$

3.8.5 Percent differential slope 2

Este ajuste asegura la estabilidad del relé durante las condiciones de fallas pasantes, donde por efecto de la saturación del transformador de corriente, se pueden producir corrientes diferenciales altas. Este ajuste debe ser lo suficientemente alto la estabilidad diferencial ante condiciones severas de fallas externas.

Differential Slope 2: 80%

3.8.6 Harmonic inhibit

Este ajuste provee una opción de bloqueo de la protección diferencial ante la presencia de corrientes armónicas.

Harmonic Inhibit Function: Enabled

Harmonic Inhibit : 2nd + 5th

Harmonic Inhibit Level : 20%

3.8.7 Energization inhibit

Este ajuste provee una opción de bloqueo de la protección diferencial ante las corrientes segunda armónica durante las condiciones de inserción del transformador de potencia y/o inrush por corrientes de simpatía.

Energization Inhibit function: Enabled

Energization Inhibit Parameters: 2nd

Energization Averaging: Enabled

Energization Inhibit Level: 20%

Energization Inhibit tiem: 0.1 s.

3.8.8 Energization sensing

Este ajuste se aplica para censar la condición de energización del transformador.

Energization sensing by current: Enabled

Minimum Energization current: 0.1xCT

Breakers are open signal: Disabled

Parallel Transformer Breaker signal: Disabled

3.8.9 Fifth harmonic inhibit

Este ajuste provee una opción de bloqueo de la protección diferencial ante la presencia de corrientes armónicas de orden 5.

5th Harmonic Function: Enabled

5th Harmonic Inhibit Level: 15%

3.8.10 Instantaneous differential

Esta función de corriente diferencial instantánea (no restringida), provee protección de acción rápida ante fallas internas de elevadas magnitudes.

Inst Differential:

8xCT ($I_{\text{inrush}} < 8xCT < I_{\text{falla}}$; $I_{\text{inrush}} = 1.72 \text{ kA}$; $I_{\text{falla}} = 11 \text{ kA}$).

3.8.11 Restricted ground fault (falla a tierra restringida)

Esta protección se aplica en transformadores con una impedancia de puesta a tierra en el lado estrella. Esta función provee una detección sensitiva de fallas a tierra con bajas magnitudes de corriente (fallas de alta impedancia), las cuales pueden no ser detectadas por la protección diferencial porcentual.

El esquema de protección para la función de fallas tierra restringida se muestra en el siguiente gráfico:

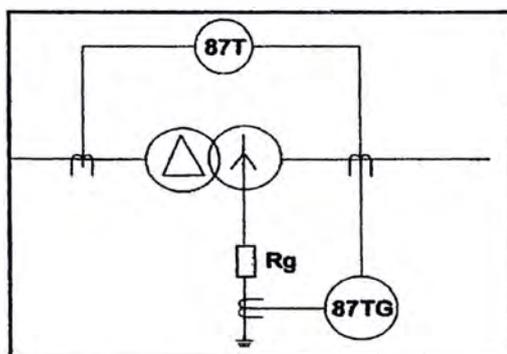


Figura 4. esquema de protección para fallas a tierra.

Para la aplicación se requiere de un toroide en la resistencia de puesta a tierra del transformador, el cual ha sido contemplado para el proyecto y se proponen los siguientes ajustes.

Restricted Ground Fault Pickup: $0.1 \times CT$

Restricted Ground Fault Slope: 10%

Restricted Ground Fault Delay: 0.1 s.

3.9 Ajustes de máxima y mínima tensión.

Ajustes propuestos para el F650 de llegada general en 10 kV (S.E 01 – CB-1), ubicado en la llegada general de 10 kV y para los relés de salida hacia los generadores en 10 kV (S.E 01 – CB-2, CB-3 y CB-4).

Mínima Tensión

$U <$: $85\%V_n$.

$t <$: 5 s.

$U_{<<}$: 70%Vn.

$t_{<<}$: 1 s.

Para prevenir que los circuitos se queden cerrados ante la pérdida de la tensión de la RED, la función de mínima tensión puede ser empleada adicionalmente como una apertura por ausencia de tensión, para ello la restricción de mínima tensión de operación debe ser cero voltios (0 Volt) y su operación debe ser condicionada con la operación abierto de interruptor, es decir la función solo estará activada cuando el interruptor se encuentre en posición cerrado, teniendo que habilitar la supervisión por posición del interruptor.

Min Voltage : 0 V.

Supervised by 52b : Enabled.

Maxima Tension

$U_{>}$: 115%Vn.

Curva : Definite Time.

$t_{>}$: 5 s.

3.10 Cálculo de puesta a tierra.

Dimensionamiento de la malla a tierra de la subestación eléctrica SE-01.

3.10.1 Condiciones de diseño.

La geometría es de retículos y la malla abarca todo el sitio.

El cable de la malla bajo gradiente será de cobre desnudo de 120 mm^2 , así como también los cables sobre gradientes de los neutros.

La puesta a tierra sobre gradiente se realiza por medio de cable desnudo de 70 mm^2 y su conexión se realiza por medio de soldaduras por termofusión del tipo Copperweld o thermoweld.

3.10.2 Medición de resistividad del terreno.

Método de medición utilizado es el de Schlumberger.

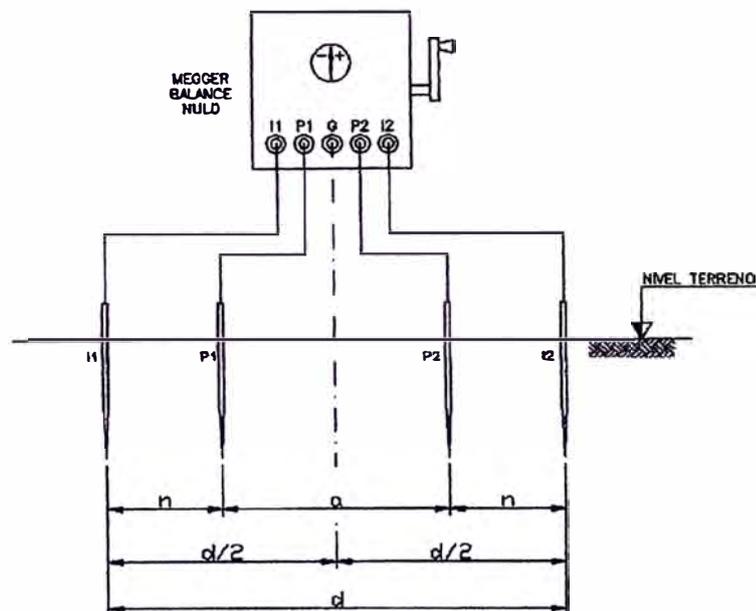


Figura 5. Diagrama de medición schlumberger.

Instrumento utilizado: Telurómetro digital GEOHM-NS M590J

Informe de Medición:

Subestación	p1 Ω -m	E1 m	p2 Ω -m	E2 m	p3 Ω -m	E3 m
SE-01	159	0.5	3386	0.31	1.61	INF

Tabla 8. Valores de resistividad del terreno.

3.10.3 Cálculo de la resistencia de puesta a tierra.

Para los cálculos de resistencia de puesta a tierra se realizará bajo la norma IEEE Std 80-2000 Guide for safety in AC substation grounding.

Se utilizará la ecuación de Schwarz para determinar la resistencia de puesta a tierra de una malla horizontal con electrodos verticales (R_g)

$$R_g = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m}$$

R_1 : Resistencia de tierra de los conductores de la malla en Ω .

R_2 : Resistencia de tierra de todas las varillas de tierra en Ω .

R_m : Resistencia mutua entre el grupo de conductores de la malla R_1 y el grupo de varillas de tierra R_2 , en Ω .

La resistencia de la malla a tierra está dada por:

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L_c} \left(\ln \left(\frac{2L_c}{\sqrt{d_c h}} \right) + \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right)$$

$$K_1 = -0.05 \frac{L_x}{L_y} + 1.2$$

$$K_2 = 0.1 \frac{L_x}{L_y} + 4.68$$

Donde:

ρ : Resistividad del terreno Ω -m.

L_c : Longitud total de todos los conductores de la malla en m.

h : Profundidad de los conductores de la malla en m.

d_c : Diámetro del conductor de la malla en m.

A : Área cubierta por los conductores de la malla de tierra m^2 .

L_x , L_y : Largo, ancho de la malla en m.

La resistencia de las varillas de tierra está dada por:

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi n_r L_r} \left(\ln \left(\frac{4L_r}{d_r} \right) - 1 + \frac{2K_1 L_r}{\sqrt{A}} (\sqrt{n_r} - 1)^2 \right)$$

Donde:

n_r : Número de varillas de tierra.

L_r : Longitud de cada varilla en m.

d_r : Diámetro de la varilla en m.

La resistencia de tierra mutua entre la malla y las varillas está dada por:

$$R_m = \frac{\rho}{\pi L_c} \left(\ln \left(\frac{2L_c}{L_r} \right) + \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right)$$

Para el sistema de puesta a tierra se propone la siguiente malla de acuerdo a los espacios disponibles y condiciones generales de terreno.

Lado mayor de malla	$L_x = 23.8$ m.
Lado menor de malla	$L_y = 8.4$ m.
Largo total de conductor	$L_c = 186.2$ m.
Área de protección de la malla	$A = 199.92$ m.
Diámetro del conductor de la malla	$d_C = 0.011683$ m.
Profundidad de enterramiento	$h = 0.85$ m.
Resistividad equivalente de terreno	$\rho_{eq} = 1.61$ Ω .m.
Numero de varillas de tierra	$n_r = 6$ varillas.
Longitud de cada varilla	$L_r = 2.4$ m.
Diámetro de cada varilla	$d_r = 0.019$ m.

Cálculo de la resistencia de la malla a tierra (R_1):

K_1, K_2 son coeficientes constantes de que dependen la geometría de la malla

$$K_1 = -0.05 \frac{23.8}{8.4} + 1.2 = 1.058$$

$$K_2 = 0.1 \frac{23.8}{8.4} + 4.68 = 4.96$$

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L_c} \left(\ln \left(\frac{2L_c}{\sqrt{d_c h}} \right) + \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right)$$

$$R_1 = \frac{1.61}{\pi 186.2} \left(\ln \left(\frac{2 \times 186.2}{\sqrt{0.011683 \times 0.85}} \right) + \frac{1.058 \times 186.2}{\sqrt{199.92}} - 4.96 \right) = 0.0473 \Omega$$

Cálculo de la resistencia de la varilla de puesta a tierra (R_2):

$$R_2 = \frac{1.61}{2\pi \times 6 \times 2.4} \left(\ln \left(\frac{8 \times 2.4}{0.019} \right) - 1 + \frac{2 \times 1.058 \times 2.4}{\sqrt{199.92}} (\sqrt{6} - 1)^2 \right) = 0.118 \Omega$$

Cálculo de la resistencia mutua entre las mallas y varillas de puesta a tierra (R_m):

$$R_m = \frac{1.61}{\pi \times 186.2} \left(\ln \left(\frac{2 \times 186.2}{2.4} \right) + \frac{1.058 \times 186.2}{\sqrt{199.92}} - 4.96 + 1 \right) = 0.041 \Omega$$

Cálculo de la resistencia de puesta a tierra (R_g):

$$R_g = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m}$$

$$R_g = \frac{0.047 \times 0.118 - 0.041^2}{0.0473 + 0.118 - 2 \times 0.041}$$

$$R_g = 0.046 \Omega$$

3.10.4 Cálculo de la impedancia de secuencia.

Potencia de cortocircuito:	$S_{cc1} = 391 \text{ MVA}$
Tensión nominal:	$V_{n1} = 10 \text{ kV}$
Corriente de corto circuito trifásico:	$I_{cc1 \ 3\phi} = 22.574 \text{ kA}$
Corriente de corto circuito monofásico:	$I_{cc1 \ 1\phi} = 12.1 \text{ kA}$
Reactancia de secuencia positiva:	X_1 .
Reactancia de secuencia negativa:	X_2 .
Reactancia de secuencia cero:	X_0 .

$$jX_1 = \frac{V_{n1}^2}{S_{cc1}} \Rightarrow jX_1 = \frac{10^2}{391} \Rightarrow jX_1 = j255.754 \text{ m}\Omega$$

$$jX_2 = jX_1 \Rightarrow jX_2 = j255.754 \text{ m}\Omega$$

$$jX_0 = \frac{3 V_{n1}}{I_{cc1\phi} \sqrt{3}} - (X_1 + X_2) \Rightarrow jX_0 = 919.938j \text{ m}\Omega$$

3.10.5 Cálculo de la sección del conductor.

$$A_{MCM} = I_F K_F \sqrt{t_C}$$

I_f : Corriente asimétrica de falla RMS en kA, se usa la más elevada encontrada.

K_f : Constante para el material dado en la Tabla 3.8, usando una $T_a = 40 \text{ }^\circ\text{C}$.

T_C : Duración de la corriente en seg.

Corriente de corto circuito monofásico: $I_f = I_{cc1 \ 1\phi} = 12.1 \text{ kA}$

Tiempo de duración de corriente: $t_c = 0.3 \text{ s}$.

Contante del material: $K_f = 7.06$.

$$A_{MCM} = 12100 \times 7.06 \times \sqrt{0.3} \Rightarrow A_{MCM} = 46.79 \text{ MCM}$$

$$A_{mm2} = A_{MCM}/1.9736 \Rightarrow A_{mm2} = 23.708 \text{ mm}^2$$

Calibre de conductor seleccionado es: 4/0 AWG de 107.2 mm^2 .

El tamaño del conductor realmente seleccionado es usualmente más grande que el que se basa en la fusión, debido a factores como:

- El conductor debe resistir los esfuerzos mecánicos esperados y la corrosión durante la vida útil de la instalación.
- El conductor debe tener alta conductancia para prevenir caídas de tensión peligrosas durante una falla.
- La necesidad de limitar la temperatura del conductor.
- Debe aplicarse un factor de seguridad a la instalación de puesta a tierra y a los demás componentes eléctricos.

Se acostumbra entonces emplear como calibre mínimo de 70 mm^2 de cobre de 7 hilos, con el fin de mejorar la rigidez mecánica de la malla y soportar la corrosión.

La Tabla 3.9 muestra las dimensiones típicas de los conductores empleados para el sistema de puesta a tierra.

Descripción	Material conductivity (%)	α_r factor at $20^\circ\text{C}(1^\circ\text{C})$	K0 at $0^\circ(0^\circ\text{C})$	Fusing temperature T_m	ρ_r 20°C ($\mu\Omega.\text{cm}$)	TCAP thermal capacity $\text{J}/(\text{cm}^3.\text{C})$	Kf
Copper annealed soft-drawn	100	0.00393	234	1083	1.72	3.42	7
Copper commercial hard-drawn	97	0.00381	242	1084	1.78	3.42	7.06
Copper clad steel-wire	40	0.00378	245	1084	4.4	3.85	10.4

Tabla 9. Constante de los materiales conductores.

CALIBRE DEL CONDUCTOR		AREA NOMINAL mm ²	DIAMETRO m
MCM	AWG		
350		177,35	0,015
300		152,01	0,0139
250		126,68	0,0127
211,6	4/0	107,22	0,0117
167,8	3/0	85,03	0,0104
133,1	2/0	67,44	0,0093

Tabla 10. Dimensiones típicas de los conductores de puesta a tierra.

3.10.6 Cálculo de tensión de paso y toque limite tolerable.

Cálculo del factor de disminución superficial C_s .

Este factor puede ser considerado como un factor de corrección para calcular la resistencia efectiva del pie de una persona en presencia de un material superficial de espesor finito.

Considerando utilizar hormigón se tiene:

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s}\right)}{2 h_s + 0.09}$$

Factor de disminución de la capa superficial: C_s .

Resistividad del terreno (Ω -m): $\rho=1.61 \Omega$ m

Resistividad de la capa de hormigón

superficial (Ω -m): $P_s=10000 \Omega$ m

Espesor de la capa superficial. $h_s=0.1$ m.

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \times \left(1 - \frac{1.61}{10000}\right)}{2 \times 0.1 + 0.09} \Rightarrow C_s = 0.69$$

La seguridad de una persona depende de la prevención de cantidades críticas de energía de choque absorbidas por el cuerpo humano, antes de que la falla sea despejada y el sistema desenergizado. Los voltajes máximos tolerables por un cuerpo humano de 70 kg. de peso corporal, durante un circuito accidental no debe exceder los siguientes límites:

Cálculo de tensión de paso límite tolerable por un cuerpo de 70 kg. de peso corporal:

$$E_{sm} = (1000 + 6 C_s \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

Factor de disminución de la capa superficial

$$C_s = 0.69$$

Resistividad del material de la capa superficial en $\Omega\cdot m$:

$$\rho_s = 10000 \Omega\cdot m$$

Tiempo de duración del choque:

$$t_s = 0.20 \text{ s}$$

$$E_{sm} = (1000 + 6 \times 0.69 \times 10000) \frac{0.157}{\sqrt{0.2}}$$

$$E_{sm} = 14878.84 \text{ V}$$

Cálculo de tensión de toque límite tolerable por un cuerpo de 70 kg. de peso corporal:

$$E_{tm} = (1000 + 1.5 C_s \rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}}$$

$$E_{tm} = (1000 + 1.5 \times 0.69 \times 10000) \frac{0.157}{\sqrt{0.2}}$$

$$E_{tm} = 3983.0 \text{ V}$$

3.10.7 Cálculo de corriente de falla corregida con las impedancias del sistema.

$$I_{r_f} = \frac{3 V_{n1}}{\sqrt{3} \sqrt{(3 R)^2 + (X_0 + X_1 + X_2)^2}}$$

Tensión nominal:	Vn1=10 kV
Reactancia de secuencia positiva:	X1=255.754 mΩ
Reactancia de secuencia negativa:	X2=255.754 mΩ
Reactancia de secuencia cero:	X0=919.938 mΩ
Resistencia de la malla:	R=0.05 Ω

$$I_{r_f} = 12.027 \text{ kA.}$$

Tensión en el instante de la corriente real de falla(Vg).

$$V_g = I_{r_f} R \Rightarrow V_g = 12.027 \times 0.05$$

$$V_g = 695.33 \text{ V}$$

3.10.8 Cálculo de tensión de contacto real de la malla.

Resistividad equivalente de terreno:	ρ=1.610 Ω-m
Profundidad de enterramiento:	Δh=0.85 m
Espacio entre conductores lado mayor:	Da=2.8 m
Espacio entre conductores lado menor:	Db=3.4 m
Diámetro del conductor de la malla:	d=0.011683 m
Número de conductores lado mayor:	Na=5
Número de conductores lado menor:	Nb=8
Largo total de conductor:	L1=186.2 m

n representa el número de conductores paralelos de una malla rectangular equivalente, y está dado por:

$$n = \sqrt{Na Nb} = \sqrt{5 \times 8} \Rightarrow n = 6.325$$

K_i es el factor de irregularidad y se define como:

$$K_i = 0.656 + 0.172n = 0.656 + 0.172 \times 6.325 \Rightarrow K_i = 1.74$$

K_{ii} es un factor de corrección que ajusta los efectos de los conductores sobre la esquina de la malla.

$$K_{ii} = (2n)^{\left(\frac{-2}{\pi}\right)} = (2 \times 6.325)^{\left(\frac{-2}{6.325}\right)} \Rightarrow K_{ii} = 0.45$$

K_u es un factor de corrección que tiene en cuenta los efectos de la profundidad de la malla, dado por:

$$K_u = \sqrt{1 + \Delta h} = \sqrt{1 + 0.85} \Rightarrow K_u = 1.36$$

K_m es un valor geométrico de espaciamiento de la malla, calculado así:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16\Delta h d} + \frac{(D + 2\Delta h)^2}{8Dd} - \frac{\Delta h^2}{4d} \right) \right] + \frac{K_{ii}}{K_u} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n - 1)} \right)$$

$$K_m = 0.66$$

El valor de la tensión real de la malla se obtiene mediante la expresión:

$$E_m = K_m K_i \rho \frac{I r f}{L_1} = 0.66 \times 1.74 \times 1.61 \times \frac{12.027}{186.2}$$

$$E_m = 120.8 \text{ V}$$

3.10.9 Cálculo de tensión de paso real de la malla.

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2\Delta h} + \frac{1}{D + \Delta h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{n-2}) \right]$$

$$K_s = 0.97$$

$$E_p = K_s K_i \rho \frac{I r f}{L_1} = 0.97 \times 1.74 \times 1.61 \times \frac{12.027}{186.2}$$

$$E_p = 175.948 \text{ V}$$

Verificación de las tensiones de contacto y paso.

Tensión de contacto:

$$E_m = 120.8 \text{ V} < E_{tm} = 3983 \text{ V}$$

Tensión de paso:

$$E_p = 175.948 \text{ V} < E_{sm} = 14878.48 \text{ V}$$

Por lo tanto cumple la tensión de contacto y la tensión de paso.

$$E_{tm} > E_m \quad \text{Cumple.}$$

$$E_{sm} > E_p \quad \text{Cumple.}$$

3.11 Cálculo de iluminación.

Para la iluminación de la sala eléctrica y salas de transformadores se tiene las siguientes consideraciones:

Iluminación salas eléctricas.

Las luminarias propuestas son equipos fluorescentes del tipo estanco, de 2x36 W, 220 Vac - 60 Hz, Philips modelo TCW216-D36WmPACIFIC

Las luminarias irán adosadas al cielo de la sala, orientadas en forma perpendicular al largo de esta, a fin de lograr su máximo nivel de iluminación.

En el perímetro exterior de las salas, se usará luminaria Philips modelo SGS203 1XSON T PIA Plus 70 W PC P5, 220 V, 60 Hz.

Iluminación salas de transformadores.

Las salas de transformadores SE-02, SE-03 y SE-04; se usarán equipos fluorescentes del tipo estanco, de 2x36 W, 220 Vac - 60 Hz, Philips modelo TCW216-D36W PACIFIC.

Software usado

Los cálculos fueron realizados mediante el programa Dialux, ampliamente usado en la comunidad europea.

Este programa tiene la ventaja de mostrar los diferentes niveles de iluminación del proyecto tanto en 2D como en 3D.

Los niveles de alumbrado de diseño que se deben considerar, dependiendo de las áreas de trabajo, son los siguientes:

Subestación eléctrica interior	lux
Alumbrado general	200
Alumbrado local	500
Alumbrado emergencia	50

Tabla 11. Tabla de iluminancias para subestaciones eléctricas.

La cantidad y distribución de luminarias a instalar, será calculada mediante software especializado ver anexo 3: cálculo de iluminación

3.12 Cálculo de ventilación forzada.

La subestación principal contempla tres áreas:

Transformador principal de 5 MVA, ubicado a la intemperie y su ventilación es forzada propio del mismo equipo.

Sala de grupos generadores, ubicados a la intemperie en contenedores propios de fabricante, su ventilación es forzada y diseñada por el fabricante que suministra los grupos generadores.

Sala eléctrica es del tipo modular prefabricado de estructuras metálicas, La sala alberga en su interior celdas de media tensión, tableros de distribución, tableros de control, UPS, Cargador de baterías y banco de baterías. Las cuales requieren un ambiente controlado para su óptima operación.

Ventilación de sala eléctrica

Cálculo de cargas térmicas.

TAG	EQUIPO	DISIPACION (kW)
CMT-SP-20KV-001	Celda 20 kV	1.00
SG-SP-10KV-001	Switchgear 10 kV	1.00
TG-SP-380/220	Tablero general de fuerza 380/220 V	0.10
TC-SP-001	Tablero de PLC	0.03
TTA-SP-001	Tablero de transferencia	0.25
CB-SP-001	Cargador de baterías	1.44
BB-SP-001	Banco de baterías	1.30
UPS-SP-001	UPS	0.12
TOTAL DE PERDIDAS		5.24

Tabla 12. Carga térmica de equipos eléctricos.

Adicionalmente, al estar la sala a menor temperatura que el exterior, hay un ingreso de calor por las paredes y techo del recinto.

Cálculo de carga por las paredes

$$q = A U \Delta T$$

Dónde:

q: flujo térmico (BTU/h)

A: área de transferencia de calor = 113.65 m². (Área total de techo y paredes).

U: coeficiente global de transferencia de calor = 2 ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$)

$\Delta T = T_e - T_i = 30 - 22 = 8 \text{ } ^\circ C$

T_e: Temperatura exterior máxima adoptada.

T_i: Temperatura interior máxima de diseño.

$$q = 113.65 \times 2 \times 8$$

$$q = 1.81 \text{ kW}$$

La disipación total de la sala eléctrica SE-01 es:

$$7.058 \text{ kW} = 24084.55 \left[\frac{BTU}{h} \right]$$

Selección de equipo.

Por motivos de que la temperatura exterior de diseño es mayor a la temperatura recomendada para el funcionamiento de los equipamientos, se utiliza un equipo de aire acondicionado que cumpla con la capacidad de disipar la cantidad de calor calculada en el punto anterior. Para esta instancia se seleccionará un enfriador aire-agua de un proveedor típico de equipos de aire acondicionado. Con los siguientes parámetros.

AIRE ACONDICIONADO	
Capacidad frigorífica	35400 BTU/h
Potencia consumida	4.2 kW.
Longitud	846 mm.
Profundidad	435 mm
Peso	146 kg.

Tabla 13. Parámetros del aire acondicionado.

3.13 Dimensionamiento del sistema de detección de incendio.

En cada una de las salas eléctricas se instalará el siguiente equipamiento:

Panel de Detección de Incendios: Este panel será el encargado de direccionar todas las señales de entrada y salida generadas por el Sistema. Informará al Sistema de Control la presencia de una alarma y su status.

Alarma sonora: Estas alarmas se activarán para avisar al personal que pudiese encontrarse dentro de la Sala, que se ha generado una alarma del Sistema de Detección de Incendios

Sensores Detectores de Humo: Estos detectores de tipo fotoeléctrico detectarán la presencia de humo en las Salas Eléctricas, disparando las alarmas sonoras.

Palanca de activación Manual: Estas palancas se ubicarán dentro de las salas, para poder ser accionadas cuando el personal detecte condiciones de incendio dentro de la sala.

Detectores de humo y temperatura: Estos sensores de humo fotoeléctricos, incorporan además un sensor para la medición de temperatura. Generarán una alarma en caso de detectar condiciones anómalas dentro de la respectiva Sala Eléctrica. Estarán ubicados Únicamente en la Sala de Transformadores.

Extintores portátiles.

Para el control de un amago de incendio se debe instalar 01 extintor de CO₂ o de polvo químico portátil ubicado adyacente a la puerta de entrada / salida.

El extintor debe tener una capacidad mínima de 15 kg. Por tratarse de nivel de tensión de 20 a 10 kV.

3.14 Sistema de control SCADA eléctrico.

El sistema de control SCADA proporciona a los clientes los medios para consolidar y racionalizar los datos procedentes de distintas fuentes, ya que permite la colaboración entredistintos programas y sistemas informáticos. Los operarios reciben toda la información necesaria.

Pueden acceder de manera intuitiva a información utilizable y gestionar lo que aparece en pantalla con dinamismo y eficacia. Estas características reducen el tiempo necesario para identificar las medidas que es preciso adoptar.

Arquitectura del sistema En la figura 3.5, se muestra la arquitectura de comunicación del Muelle del Callao, la comunicación se realizó mediante fibra óptica, para zonas alejadas, también por Ethernet, Profibus, y Modbus. Dentro de esta arquitectura contamos con 6 zonas bien definidas que son:

Sala de control principal SC-01

Sala eléctrica principal SE-01

Sala eléctrica open Access SE-02

Zona correa tubular

Sala eléctrica edificio de transferencia SE-03

Sala eléctrica muelle SE-04

Sala Eléctrica Principal SE-01

En esta sala se tiene un Tablero De Control Remoto (TC-SP-001), que cuenta con módulos de entradas y salidas tanto digitales como analógicas, para señales de campo, también cuenta con un Tablero De Comunicación (TCOM-SP-001), un Gateway Modbus Serial - Ethernet (GW1-SP-002), Switch de control (SW1-SP-002), Switch de CCTV (SW2-SP-102), Teléfono IP (TE-SP-103).

SALA ELECTRICA PRINCIPAL SE-01

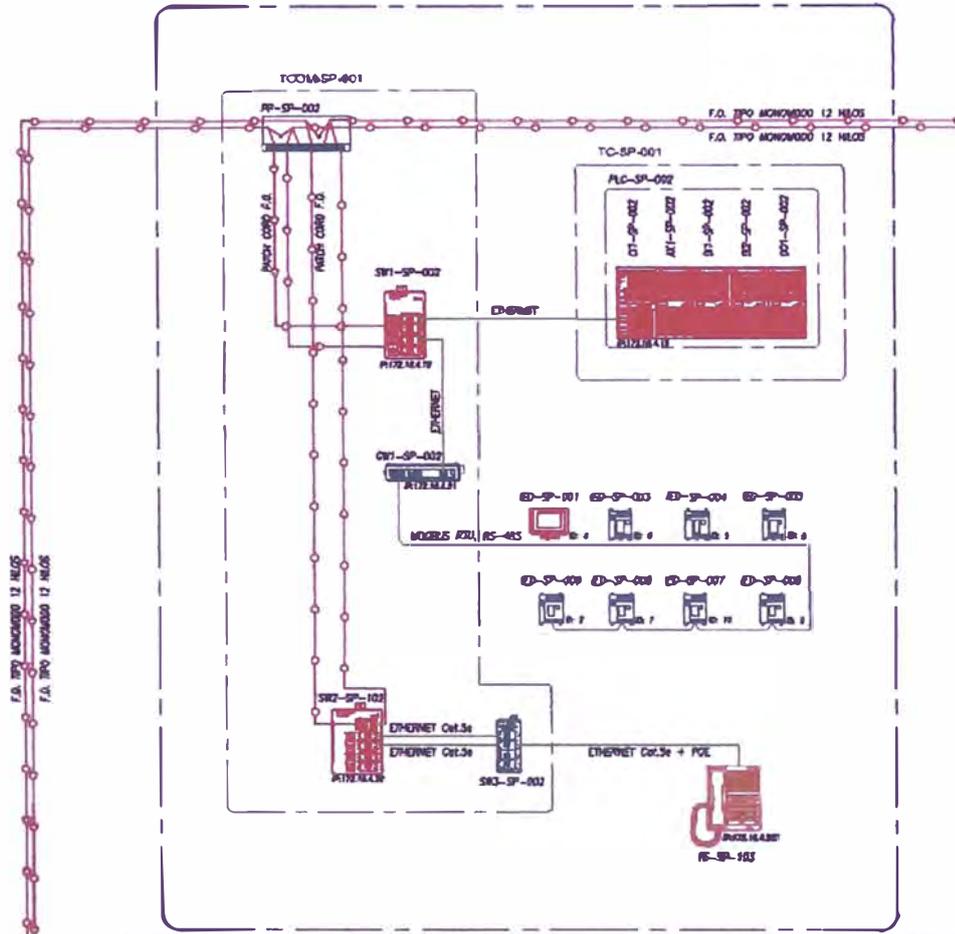


Figura 6. Red de comunicación de la SE-01.

Scada eléctrico.

En la figura 3.6, se observa la representación del sistema SCADA eléctrico, para poder ver parámetros de los instrumentos bastaría con darle clic para que aparezca un faceplate mostrando algunos valores.

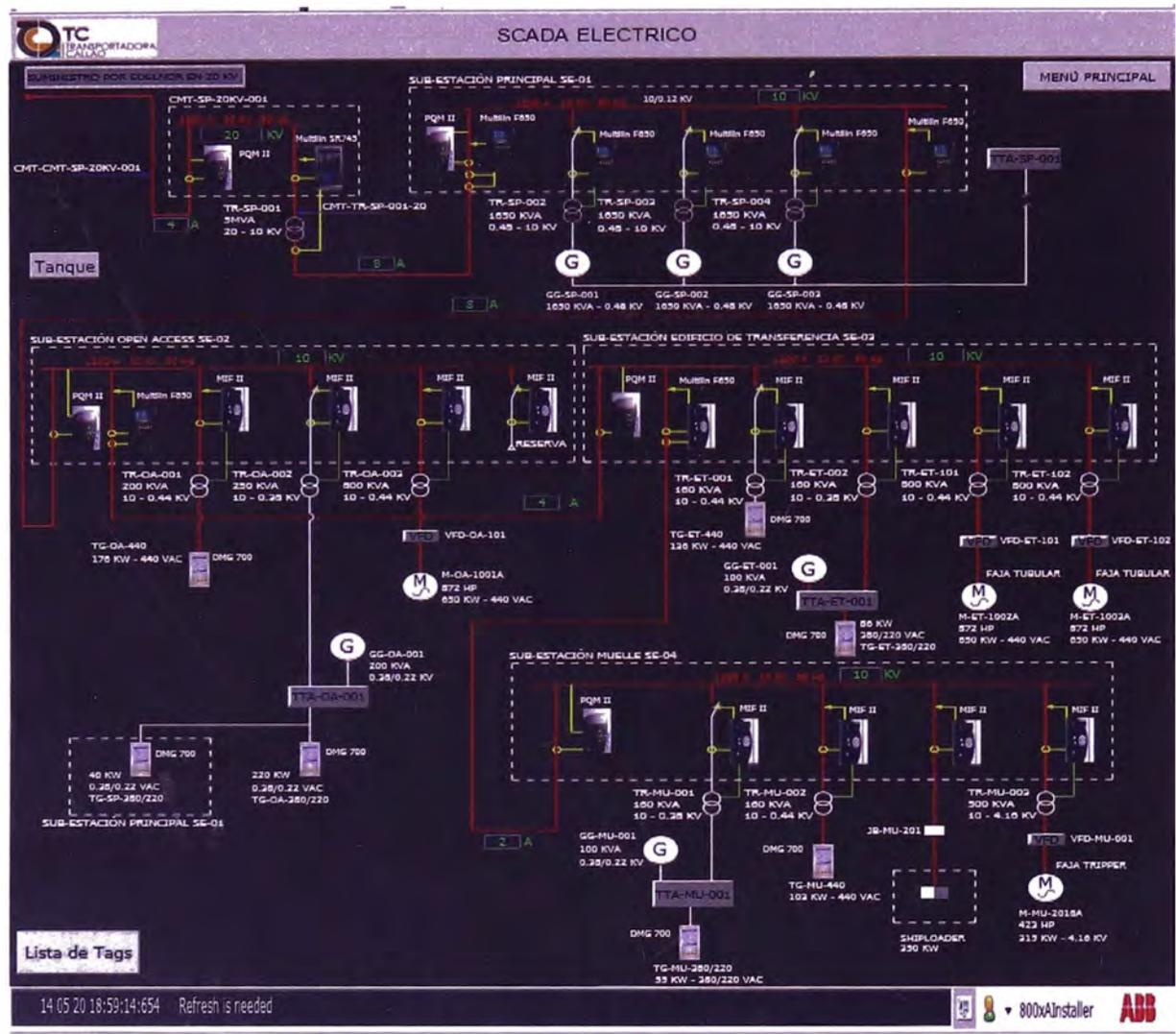


Figura 7. Scada del sistema eléctrico.

Presionando las imágenes, se muestra una pantalla con valores por ejemplo de:

- Tensión.
- Corriente.
- Potencias.
- Factor de potencia.
- Frecuencia.

A continuación, se muestran los faceplate de diferentes equipos:

Faceplate de PQM II. (Ver figura 3.7).



Figura 8. Parámetros eléctricos del PQM II

Multilin SR745

Faceplate de Multilin SR745. (Ver figura 3.8).



Figura 9. Parámetros eléctricos del SR745

Multilin F650

Faceplate de Multilin F650. (Ver figura 3.9).



Figura 10. Parámetros eléctricos del F650

SCADA Eléctrico – Lista de Tags

Se muestra un listado de los Tags del SCADA eléctrico. (Ver figura 3.10).

The screenshot shows the 'SCADA ELÉCTRICO - LISTA DE TAGS' interface. It displays a list of tags organized into columns. The tags include various electrical parameters and control signals, such as:

- VAB, VBC, VCA
- IA, IB, IC
- P, Q, S
- FREQ, FDP
- Alarma Prot, Disparo, Disparo 50/51F, Disparo 50/51T, Disparo 27/59
- Arranque, Arranque 50/51F, Arranque 50/51T, Arranque 27, Arranque 59
- 79 en servicio, 79 en corta, 79 Bloqueado, 79 inhibido, 79 lockout

Figura 11. Lista de tags.

3.15 Dimensionamiento del sistema de emergencia

Se ha previsto también tres (3) grupos electrógenos de emergencia de 1650 kVA - 440 V-60 Hz, para la alimentación de los equipos de la planta considerados esenciales, además de las instalaciones de alumbrado y sistema de control de la planta, a través de tres (3) transformadores elevadores de 1650 kVA - 0.44/10 kV, 60 Hz.

El sistema de Transferencia Automática de los grupos realizará la detección de tensión de red arranque de los grupos y control de apertura/cierre de los interruptores de red y grupos.

El sistema de control de proceso de la planta realizará un arranque escalonado de los equipos de proceso, evitando de esta forma la pérdida de frecuencia y caída de tensión excesiva.

No está prevista la conexión en paralelo de los grupos electrógenos y la red de suministro de Edelnor S.A.A, que se evitará con los enclavamientos eléctricos necesarios.

3.16 Dimensionamiento de la sala.

3.16.1 Características constructivas.

Cada sala eléctrica, será construida con materiales de alta calidad y mano de obra calificada.

Cada sala deberá cumplir con las siguientes características:

- Cada sala y su contenido tendrán una disposición y/o layout que permita un ordenamiento que cumpla con aspectos de seguridad y funcionalidad óptimos.
- Las consideraciones de seguridad de las personas y equipos serán inherentes en todos los sistemas.

- Todos los equipos serán dispuestos de modo que faciliten un adecuado acceso para la operación y mantención.
- Cada sala debe ser adecuada para una operación en el exterior, ambiente marino, y conservar sus características.
- Cada sala será utilizada para contener y permitir la adecuada fijación del equipamiento mostrado en los planos de disposición de equipos del proyecto.

3.16.2 Criterios de diseño para las cargas estructurales.

Las estructuras serán diseñadas para soportar todos los esfuerzos producidos por los traslados, embarques y el posterior montaje de cada sala.

Cada techo será diseñado para soportar como mínimo una carga adicional del peso de un hombre de 125 kg.

Cada base será diseñada para soportar como mínimo una carga distribuida de 1000 kg/m², más la estructura de la sala.

3.16.3 Paredes y techos.

El recubrimiento metálico de las paredes y techo tendrá 1.9mm de espesor como mínimo. Cada sala será herméticamente sellada y suministrada con un sistema de refrigeración según se indica en las hojas de datos respectivas.

El techo tendrá una inclinación descendente de lado a lado (mínimo 64mm por metro) para proporcionar drenaje al agua de la lluvia y prevenir la acumulación de desechos exteriores.

Cada sala será sellada con sello marino

3.16.4 Puerta cortafuego.

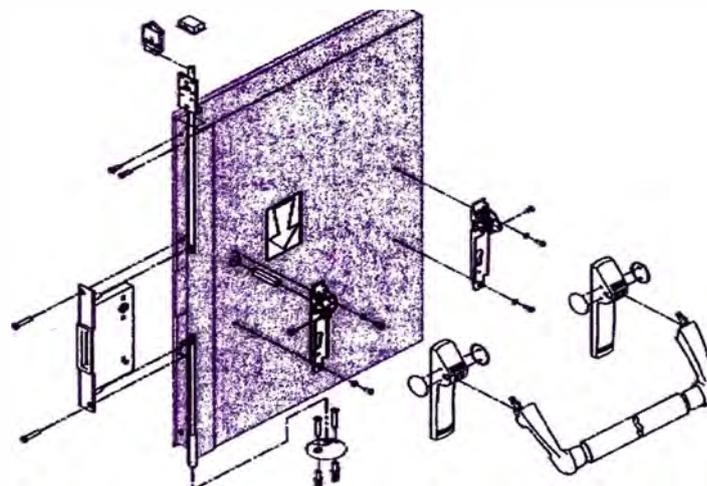
Las puertas de acceso del operador se fabrican en acero de 2 mm de espesor y serán instaladas según se indique en los planos respectivos.

Las puertas usadas como puerta de equipos serán de 2 hojas de 2.0 m (ancho total) x 2.5 m (alto).

Las puertas de acceso a cada sala deberán tener barra antipánico para permitir salidas en situaciones de emergencia.

La barra antipánico en todas las puertas debe anular cualquier cerradura o candado exterior para permitir la salida de la sala. Esta característica es recomendable porque el personal puede entrar en el edificio sin primero realizar el desbloqueo de todas las puertas exteriores.

Cada puerta tendrá un detector magnético de apertura, para indicación de intrusión, el cual activará un contacto seco normalmente abierto.



Componentes que forman parte del sistema Erus para hoja pasiva de puerta de 2 hojas

Figura 12. Detalle de la puerta antipánico.

3.16.5 Entrada y salida de canalizaciones.

La entrada y salida de bandejas porta conductores se realizará por la parte inferior (a través del piso) de la sala y permitirá la entrada y salida de cables externos a los equipos.

3.16.6 Señalización.

Señalización de salida ubicada en la parte superior de la puerta e iluminación

En la entrada de cada sala eléctrica deberán colocarse dos placas de acrílico de 20x40 cm, de fondo amarillo y letras negras, que digan: "Riesgo Eléctrico" y la otra "Prohibido el paso de personal no autorizado"

CONCLUSIONES

1. Realizado los cálculos para el dimensionamiento de la subestación, concluimos que es factible diseñar una subestación con los requerimientos del proyecto y la concesionaría Edelnor.
2. La implementación de subestaciones prefabricadas con celdas modulares administra eficientemente el área destinada para la subestación eléctrica SE-01.
3. Las subestaciones eléctricas prefabricadas mejoran la rapidez de la elaboración de la ingeniería.
4. La máxima demanda de la planta es de 3.07 MW y 3.57 MVA a un factor de potencia de 0.86, la cual es un 71.4% de la potencia de 5 MVA.
5. El cable seleccionado para alimentar la subestación es de 3-1x50 mm² N2XSY de 18/30 kV, el cual cumple con criterios de diseño.
6. El valor de corto circuito en la celda CMT-SP-20KV-001 en 20 kV es de 11.19 kA, la celda tiene una capacidad corriente admisible de corta duración de 20 kA y valor de cresta admisible de corta duración de 50 kA el cual es superior a lo requerido.
7. El valor de corto circuito en la celda SG-SP-10KV-001 en 10 kV es de 4.59 kA, la celda tiene una capacidad corriente admisible de corta duración de 20 kA y valor de cresta admisible de corta duración de 50 kA el cual es superior a lo requerido.
8. El ajuste de protección del relé SR-745 contra sobreintensidad 51 es $I > = 171 \text{ A}$, $t > = 0.2 \text{ s}$ y el ajuste de protección contra corto circuito es $I > = 4500 \text{ A}$, $t > = 0.0 \text{ s}$. Estos ajustes de protección se encuentran por debajo de los ajustes del relé de protección de Edelnor S.A.A.

9. El valor calculado de la resistencia de la malla a tierra es 0.053Ω , el cual es menor al requerido por el manual de interpretación del código nacional de electricidad – suministro 2001, en el cual indica que el valor máximo de resistencia de puesta a tierra es de 10Ω para subestaciones de media tensión tipo interior.
10. El valor de luxes promedio calculados para el interior de la sala es de 473 Lux, el cual es mayor a los 200 Lux que se indica en el Reglamento Nacional de Edificaciones.
11. El equipo de aire acondicionado seleccionado controla la temperatura y humedad relativa de la sala, permitiendo dar mayor fiabilidad a los equipos eléctricos de la sala.
12. El sistema detección de incendio de la sala está conformado por panel de detección de incendio, sensor de humo, pulsador manual, luz estroboscópica y sirena. Este sistema está integrado a la red del proyecto y monitoreado desde el sistema SCADA.
13. La implementación del sistema SCADA eléctrico en el proyecto da mayor confiabilidad en el suministro de energía a los consumidores, permitiendo monitorear, controlar y optimizar el proceso de distribución eléctrica en tiempo real.
14. El sistema SCADA eléctrico permite monitorear en tiempo real el estado de relés de protección, monitorear las fallas, monitorear el consumo de energía y registrar parámetros eléctricos, las cuales sirven para desarrollar estudios de ahorro de energía y mantenimiento predictivo.
15. El sistema de emergencia tiene la capacidad de 4950 kVA con el cual cumple un papel muy importante para el respaldo de potencia requerida para la continua operación del muelle de minerales.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar todas las herramientas disponibles para el diseño de subestaciones como software, normas y requisitos del proyecto.
2. Distribuir y disponer eficientemente los equipos principales de la subestación eléctrica en el área destinada.
3. Seleccionar el transformador con una reserva de potencia para futuras ampliaciones.
4. Seleccionar el cable teniendo en cuenta el criterio de selección de cable para media tensión.
5. Ajustar la protección del relé a los límites o umbrales de su característica de operación para detectar las fallas.
6. Coordinar la protección del relé definiendo los tiempos de operación de la protección para permitir la actuación debidamente priorizada de los relés de protección.
7. Utilizar cálculos ampliamente reconocidos para determinar el valor de la resistencia de la malla a tierra y determinar que las tensiones de paso y toque de límite tolerable por una persona, no superen los valores reales de tensión de paso y toque de la malla a tierra.
8. Utilizar software para los cálculos de iluminación, el Dialux es un software que realiza proyecto de iluminación y está abierto a las luminarias de todos los fabricantes.

BIBLIOGRAFÍA

1. G. ENRIQUEZ HARPER, "Fundamentos De Instalaciones Eléctricas De Mediana Y Alta Tensión", LIMUSA, 1989.
2. RICARDO CRESPO Z., "Introducción Al Diseño Eléctrico", LIBUNI, 1983.
3. MARTÍN, J.R., "Diseño de subestaciones eléctricas". McGraw-Hill, 1992.
4. JOSÉ SAMUEL RAMÍREZ CASTAÑO, "SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF", Universidad Nacional de Colombia, 2010.
5. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, "Reglamento nacional de edificaciones", 2006.
6. MEM-DGE, "Código Nacional de Electricidad - Utilizacion", 2006.
7. MEM-DGE, "Código Nacional de Electricidad - Suministro", 2011.

ANEXOS

ANEXO 1:	CUADRO DE CARGA DE LOS TABLEROS DE FUERZA Y DE DISTRIBUCION SUBESTACION ELECTRICA OPEN ACCESS SE-02.....	87
ANEXO 2:	CALCULO DE ILUMINACIÓN.	92
ANEXO 3:	PLANOS DE CONJUNTO DE CELDAS ORMAZABAL.	103
ANEXO 4:	PLANO DE LA ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES.	108
ANEXO 5:	HOJA DE DATOS DEL PANEL DETECCIÓN DE INCENDIO.....	110
ANEXO 6:	PLANO ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS DEL TRANSFORMADOR DE 5MVA.	114
ANEXO 7:	HOJA DE DATOS DE RELÉ DE PROTECCIÓN F650.....	118
ANEXO 8:	CALCULO SECCION DE CONDUCTOR POR CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO.....	125
ANEXO 9:	PLANOS.....	133

ANEXO 1:

**CUADRO DE CARGA DE LOS TABLEROS DE FUERZA Y DE DISTRIBUCION.
SUBESTACION ELECTRICA OPEN ACCESS SE-02**

**CUADRO DE CARGA DE LOS TABLEROS DE FUERZA Y DE DISTRIBUCION.
SUBESTACION ELECTRICA OPEN ACCESS SE-02**

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO DE TG-OA-440

ITEM	DESCRIPCION	TAG	KW	FASES	V	A
2	TG-OA-440		216.30	3	440	307.14
2.01	Tablero control faja alimentadora	TVFD-OA-001	34.50	3	440	52.64
2.02	Motor electroimán	M-OA-1006A	4.00	3	440	6.10
2.03	Tablero control colector polvo	TDC-OA-01	20.00	3	440	30.52
2.04	Tablero control faja tubular	TC-OA-101	16.40	3	440	25.02
2.05	Monorriel de mantenimiento recepción	M-OA-1021A	15.00	3	440	22.89
2.06	Monorriel de mantenimiento open Access 1	M-OA-1022A	15.00	3	440	22.89
2.07	Monorriel de mantenimiento open Access 2	M-OA-1023A	15.00	3	440	22.89
2.08	Tablero control aspiración de polvo	TBF-OA-01	31.00	3	440	47.30
2.09	Tablero de control separador de metales	TMS-OA-01	11.40	3	440	17.39
2.1	Tomacorriente exterior N°1	TOM-OA-440-001	10.00	3	440	15.26
2.11	Tomacorriente exterior N°2	TOM-OA-440-002	10.00	3	440	15.26
2.12	Tomacorriente exterior N°3	TOM-OA-440-003	10.00	3	440	15.26
2.13	Compresor de aire	M-OA-1013A	5.00	3	440	7.63
2.14	Sist. Ventilación forzada de sala transfor.	EX-OA-001	2.00	3	440	3.05
2.15	Sist. Ventilación forzada de sala transfor.	EX-OA-001	2.00	3	440	3.05
2.16	Reserva		15.00			

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO DE TG-OA-380/220

ITEM	DESCRIPCION	TAG	KW	FASES	V	A
3	TG-OA-380/220		249.00	3	380	439.90
3.01	Alumbrado edificio open Access y faja	TDA-OA-001	46.00	3	380	81.27
3.02	Alumbrado int. sala eléctrica SE-02	LUM-OA-001	0.56	2	220	2.96
3.03	Alumbrado int. sala transformadores	LUM-OA-002	0.48	2	220	2.54
3.04	Tomacorriente int. Sala eléctrica SE-02	TOM-OA-220-001	2.00	2	220	10.57

3.05	UPS	UPS-OA-001	8.60	3	380	15.19
3.06	Sistema de aire acondicionado SE-02	AA-OA-001	4.00	2	220	21.14
3.07	Sistema de aire acondicionado SE-02	AA-OA-002	4.00	2	220	21.14
3.08	Sistema presurización	PR-OA-001	1.00	2	220	5.29
3.09	Cargador de Baterías	CB-OA-001	5.00	3	380	8.83
3.1	Servicios auxiliares oficinas	SSAA-OA-OF	60.00	3	380	106.00
3.11	Servicios auxiliares almacén y taller	ALMAC-OA-TALLER	50.00	3	380	88.33
3.12	Servicios auxiliares sala principal	TG-SP-380/220	40.00	3	380	70.67
3.13	Alumbrado exterior sala eléctrica SE-02	LUM-OA-004	1.40	2	220	7.40
3.14	Alumbrado emergencia sala eléctrica SE-02	LUM-OA-005	0.18	2	220	0.95
3.15	Alumbrado exterior sala transformadores	LUM-OA-006	2.80	2	220	14.80
3.16	Tomacorriente int. sala de transformadores	TOM-OA-220-002	2.00	2	220	10.57
3.17	Alumbrado de emergencia sala transformadores	LUM-OA-007	0.18	2	220	0.95
3.18	Controlador de temperatura TR-OA-0001	TIC-OA-001	0.20	2	220	1.06
3.19	Controlador de temperatura TR-OA-0002	TIC-OA-002	0.20	2	220	1.06
3.2	Controlador de temperatura TR-OA-101	TIC-OA-003	0.20	2	220	1.06
3.21	Termostato de extractor EX-OA-001	TERM-OA-001	0.10	2	220	0.53
3.22	Termostato de extractor EX-OA-002	TERM-OA-001	0.10	2	220	0.53
3.23	Reserva		20.00			

SUBESTACION ELECTRICA TRANSFERENCIA SE-03

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO DE TG-ET-440

ITEM	DESCRIPCION	TAG	KW	FASES	V	A
4	TG-ET-440		171.43	3	440	261.56
4.01	Tablero control colector polvo	TDC-ET-01	8.00	3	440	12.21
4.02	Tablero control faja tubular	TC-ET-101	52.43	3	440	80.00
4.03	Tablero control faja emergencia	TBC-ET-02	11.00	3	440	16.78
4.04	Compresor de aire	M-ET-1014A	5.00	3	440	7.63
4.05	Tomacorriente exterior N°1	TOM-ET-440-001	10.00	3	440	15.26
4.06	Tomacorriente exterior N°2	TOM-ET-440-002	10.00	3	440	15.26
4.07	Monorriel de mantenimiento 1	M-ET-1024A	15.00	3	440	22.89
4.08	Monorriel de mantenimiento 2	M-ET-1025A	15.00	3	440	22.89
4.09	Tablero control aspiración de polvo	TBF-ET-001	31.00	3	440	47.30

4.1	Sistema de aire acondicionado SE-03	AA-ET-001	10.00	3	440	15.26
4.11	Sist. Ventilación forzada 1 de sala transfor.	EX-ET-001	2.00	3	440	3.05
4.12	Sist. Ventilación forzada 2 de sala transfor.	EX-ET-002	2.00	3	440	3.05

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO DE TG-ET-380/220

ITEM	DESCRIPCION	TAG	KW	FASES	V	A
5	TG-ET-380/220		83.00	3	380	146.63
5.01	Alimentador tablero alumbrado de edificio	TDA-ET-01	41.00	3	380	72.43
5.02	Alumbrado int. sala eléctrica SE-03	LUM-ET-001	0.48	2	220	2.54
5.03	Alumbrado int. sala transformadores	LUM-ET-002	0.48	2	220	2.54
5.04	Tomacorriente interior sala eléctrica SE-03	TOM-ET-001	2.00	2	220	10.57
5.05	Controlador de temperatura TR-ET-102	TIC-ET-102	0.20	2	220	1.06
5.06	Controlador de temperatura TR-ET-101	TIC-ET-101	0.20	2	220	1.06
5.07	Controlador de temperatura TR-ET-001	TIC-ET-001	0.20	2	220	1.06
5.08	Controlador de temperatura TR-ET-002	TIC-ET-002	0.20	2	220	1.06
5.09	UPS	UPS-ET-001	8.60	3	380	15.19
5.1	Sistema presurización	PR-ET-001	1.00	2	220	5.29
5.11	Cargador de Baterías	CB-ET-001	5.00	3	380	8.83
5.12	Alumbrado exterior sala eléctrica SE-03	LUM-ET-003	0.48	2	220	2.54
5.13	Alumbrado emergencia sala eléctrica SE-03	LUM-ET-004	0.48	2	220	2.54
5.14	Tomacorriente sala transformadores SE-03	TOM-ET-002	2.00	2	220	10.57
5.15	Alumbrado emergencia sala transformadores SE-03	LUM-ET-005	0.48	2	220	2.54
5.16	Termostato de extractor EX-ET-001	TERM-ET-001	0.10	2	220	0.31
5.17	Termostato de extractor EX-ET-002	TERM-ET-002	0.10	2	220	0.31
5.18	Reserva		20.00			

SUBESTACION ELECTRICA MUELLE SE-04

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO DE TG-MU-440

ITEM	DESCRIPCION	TAG	KW	FASES	V	A
6	TG-MU-440		104.49	3	440	159.43
6.01	Freno de motor de faja muelle BC-MU-02	M-MU-2018B	0.33	3	440	0.50

6.02	Monorriel de mantenimiento de faja	MH-MU-001	8.00	3	440	12.21
6.03	Sistema de aspiración de polvo	M-MU-2019A	44.16	3	440	67.38
6.04	Tomacorriente exterior N°1	TOM-MU-400-001	10.00	3	440	15.26
6.05	Tomacorriente exterior N°2	TOM-MU-400-002	10.00	3	440	15.26
6.06	Tomacorriente exterior N°3	TOM-MU-400-003	10.00	3	440	15.26
6.07	Ventilación forzada 1 de sala transfor.	EX-MU-001	2.00	3	440	3.05
6.08	Reserva		20.00			

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO DE TG-MU-440

ITEM	DESCRIPCION	TAG	KW	FASES	V	A
7	TG-MU-380/220		72.30	3	380	127.73
7.01	Alimentador de tablero alumbrado muelle	TDA-MU-001	18.00	3	380	31.80
7.02	Alumbrado int. sala eléctrica SE-04	LUM-MU-001	1.00	2	220	5.29
7.03	Alumbrado int. sala transformadores	LUM-MU-002	1.00	2	220	5.29
7.04	Tomacorriente int. Sala SE-04	TOM-MU-220-001	2.00	2	220	10.57
7.05	UPS	UPS-MU-001	8.60	3	380	15.19
7.06	Termostato extractor EX-MU-001	TERM-MU-001	1.00	2	220	5.29
7.07	Sistema de aire acondicionado SE-04	AA-MU-001	4.00	2	220	21.14
7.08	Sistema de aire acondicionado SE-04	AA-MU-002	4.00	2	220	21.14
7.09	Sistema presurización	PR-MU-001	1.00	2	220	5.29
7.1	Cargador de batería	CB-MU-001	5.00	3	380	8.83
7.11	Alumbrado ext. Sala eléctrica SE-04	LUM-MU-003	1.00	2	220	5.29
7.12	Alumbrado de emergencia sala eléctrica SE-04	LUM-MU-004	1.00	2	220	5.29
7.13	Alumbrado ext. sala transformadores	LUM-MU-005	1.00	2	220	5.29
7.14	Tomacorriente int. Sala SE-04	TOM-MU-220-002	2.00	2	220	10.57
7.15	Alumbrado de emergencia sala transformadores	LUM-MU-006	1.00	2	220	5.29
7.16	Controlador de temperatura TR-MU-001	TIC-MU-001	0.20	2	220	1.06
7.17	Controlador de temperatura TR-MU-002	TIC-MU-002	0.20	2	220	1.06
7.18	Controlador de temperatura TR-MU-003	TIC-MU-003	0.20	2	220	1.06
7.19	Termostato extractor EX-MU-002	TERM-ST-MU-002	0.10	2	220	0.59
7.2	Reserva		20.00			

**ANEXO 2:
CALCULO DE ILUMINACIÓN.**

TERMINAL DE EMBARQUE DE CONCENTRADOS DE MINERALES DEL PUERTO DEL CALLAO

Codigo del Proyecto: Sala Electrica SE-01

Fecha: 29.12.2012
Proyecto elaborado por: EATHISA

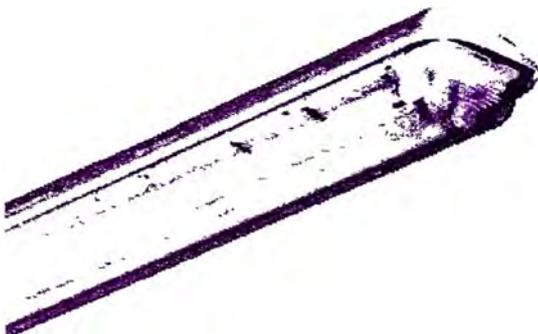
Proyecto elaborado por EATHISA
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Índice

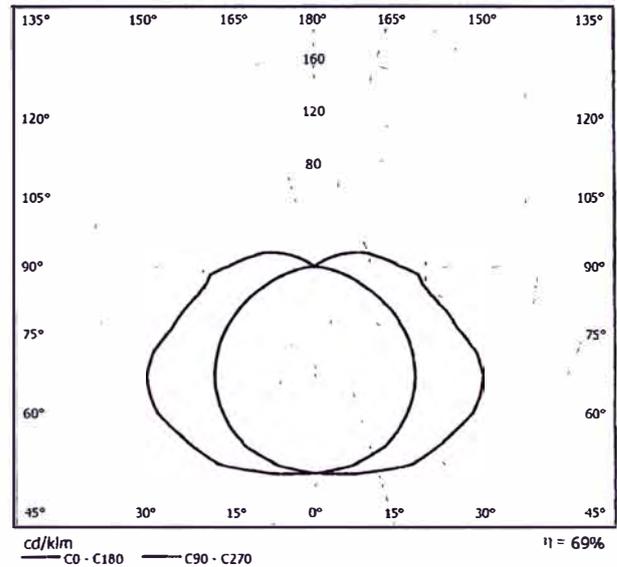
TERMINAL DE EMBARQUE DE CONCENTRADOS DE MINERALES DEL PUERTO DEL CA...	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Philips TCW216 2xTL-D36W HFP	
Hoja de datos de luminarias	3
Diagrama de densidad luminica	4
Sala Eléctrica Principal SE-01	
Resumen	5
Protocolo de entrada	6
Resultados luminotécnicos	7
Rendering (procesado) en 3D	8
Rendering (procesado) de colores falsos	9
Superficies del local	
Plano útil	
Isolíneas (E)	10

Proyecto elaborado por EATHISA
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Philips TCW216 2xTL-D36W HFP / Hoja de datos de luminarias



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 91
 Código CIE Flux: 37 68 88 91 69

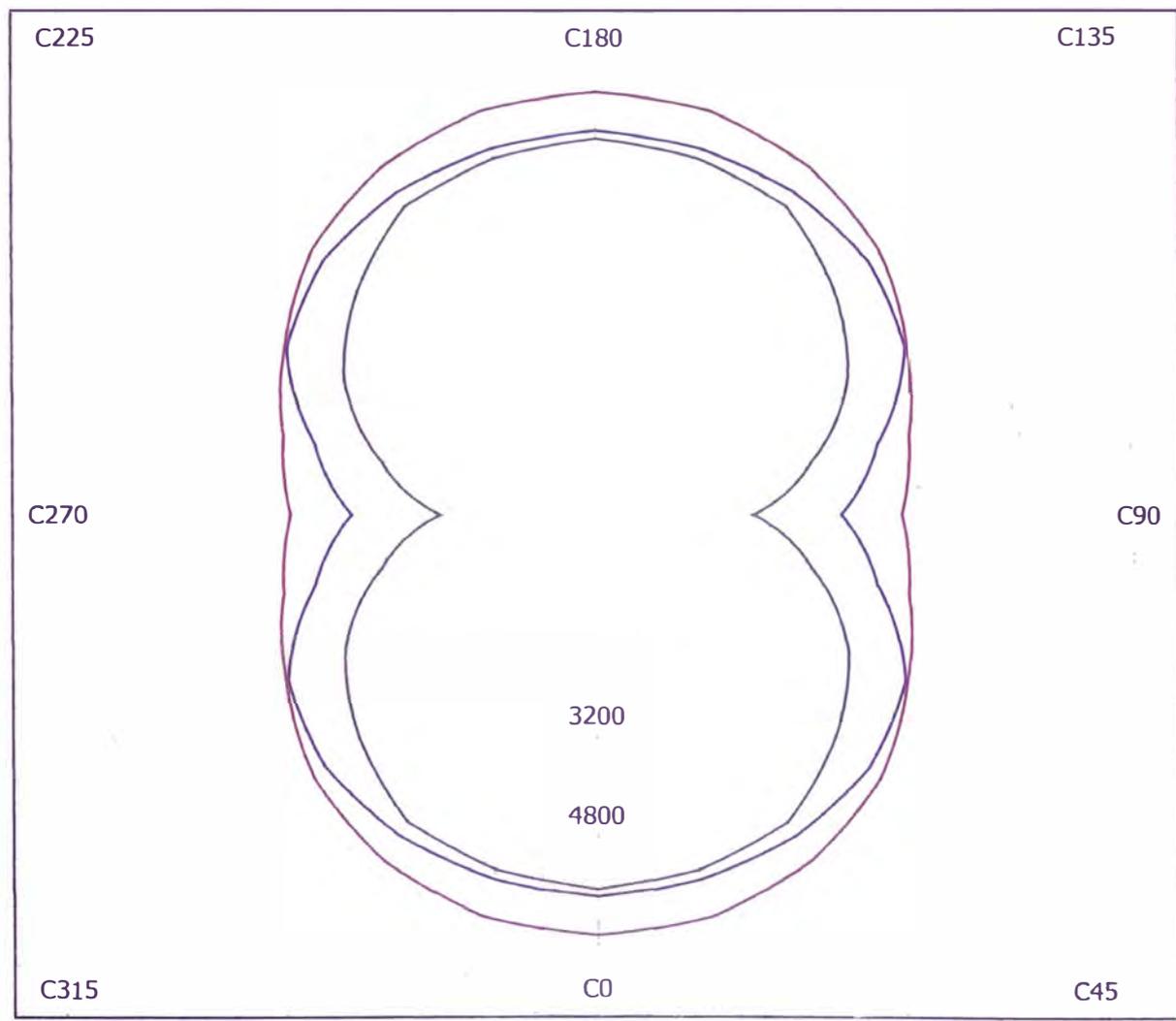
Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR												
		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
Techo												
Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
2H	2H	19.2	20.6	19.6	21.0	21.4	16.9	18.2	17.3	18.6	19.0	
	3H	21.1	22.4	21.6	22.8	23.2	18.1	19.3	18.5	19.7	20.2	
	4H	22.1	23.2	22.6	23.7	24.2	18.5	19.6	18.9	20.1	20.5	
	6H	23.1	24.2	23.6	24.6	25.1	18.6	19.7	19.1	20.2	20.7	
	8H	23.6	24.6	24.1	25.1	25.6	18.7	19.7	19.2	20.2	20.7	
4H	2H	24.1	25.1	24.7	25.6	26.2	18.6	19.7	19.2	20.1	20.7	
	3H	19.8	20.9	20.2	21.4	21.9	18.1	19.3	18.6	19.7	20.2	
	4H	21.9	22.9	22.4	23.4	23.9	19.6	20.6	20.1	21.0	21.6	
	6H	23.1	24.0	23.6	24.5	25.0	20.1	21.0	20.6	21.5	22.1	
	8H	24.2	25.0	24.8	25.6	26.2	20.4	21.2	21.0	21.7	22.3	
8H	2H	24.9	25.6	25.5	26.2	26.8	20.5	21.2	21.0	21.8	22.4	
	3H	25.6	26.2	26.1	26.8	27.4	20.5	21.2	21.1	21.7	22.4	
	4H	23.3	24.1	23.9	24.6	25.2	20.8	21.6	21.4	22.1	22.7	
	6H	24.8	25.4	25.4	26.0	26.6	21.4	22.1	22.0	22.7	23.3	
	8H	25.6	26.1	26.2	26.7	27.4	21.7	22.2	22.3	22.8	23.5	
12H	2H	26.5	27.0	27.1	27.6	28.3	21.8	22.3	22.4	22.9	23.6	
	3H	23.3	24.0	23.9	24.6	25.2	21.0	21.7	21.6	22.3	22.9	
	4H	24.8	25.4	25.5	26.0	26.7	21.8	22.4	22.4	22.9	23.6	
	6H	25.7	26.2	26.4	26.8	27.5	22.1	22.6	22.8	23.2	23.9	
	8H											
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias												
S = 1 OH		+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1					
S = 1.5H		+0.3 / -0.2					+0.3 / -0.4					
S = 2 OH		+0.4 / -0.5					+0.6 / -0.9					
Tabla estándar		BK09					BK14					
Sumando de corrección		8.2					4.3					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 6700lm Flujo luminoso total												

Proyecto elaborado por EATHISA
Teléfono
Fax
e-Mail

Philips TCW216 2xTL-D36W HFP / Diagrama de densidad lumínica

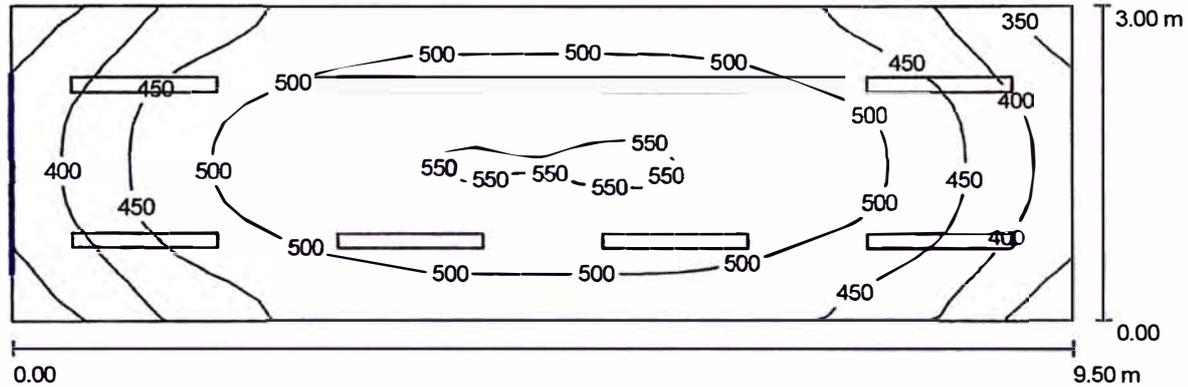
Luminaria: Philips TCW216 2xTL-D36W HFP
Lámparas: 2 x TL-D36W/840



cd/m²
— g = 55.0° — g = 65.0° — g = 75.0°

Proyecto elaborado por EATHISA
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Sala Eléctrica Principal SE-01 / Resumen



Altura del local: 3.146 m, Altura de montaje: 3.146 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:68

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	473	332	552	0.702
Suelo	26	442	325	508	0.736
Techo	54	256	146	429	0.568
Paredes (4)	54	432	221	896	/

Plano útil:

Altura: 0.300 m
 Trama: 32 x 16 Puntos
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	Philips TCW216 2xTL-D36W HFP (1.000)	4623	6700	72.0
			Total: 36984	Total: 53600	576.0

Valor de eficiencia energética: $20.21 \text{ W/m}^2 = 4.27 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 28.50 m^2)

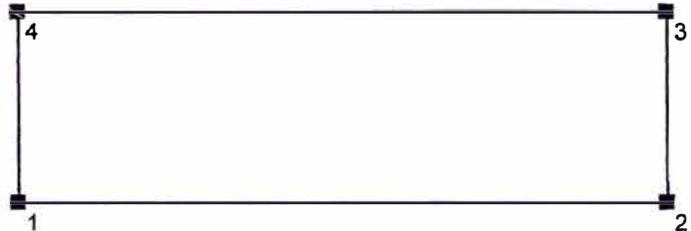
Proyecto elaborado por EATHISA
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Sala Eléctrica Principal SE-01 / Protocolo de entrada

Altura del plano útil: 0.300 m
 Zona marginal: 0.000 m

Factor mantenimiento: 0.80

Altura del local: 3.146 m
 Base: 28.50 m²



Superficie	Rho [%]	desde ([m] [m])	hacia ([m] [m])	Longitud [m]
Suelo	26	/	/	/
Techo	54	/	/	/
Pared 1	54	(0.000 0.000)	(9.500 0.000)	9.500
Pared 2	54	(9.500 0.000)	(9.500 3.000)	3.000
Pared 3	54	(9.500 3.000)	(0.000 3.000)	9.500
Pared 4	54	(0.000 3.000)	(0.000 0.000)	3.000

Proyecto elaborado por EATHISA
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Sala Eléctrica Principal SE-01 / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 36984 lm
 Potencia total: 576.0 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	286	188	473	/	/
Suelo	257	184	442	26	37
Techo	70	186	256	54	44
Pared 1	280	174	454	54	78
Pared 2	177	180	357	54	61
Pared 3	280	174	454	54	78
Pared 4	187	181	368	54	63

Simetrías en el plano útil

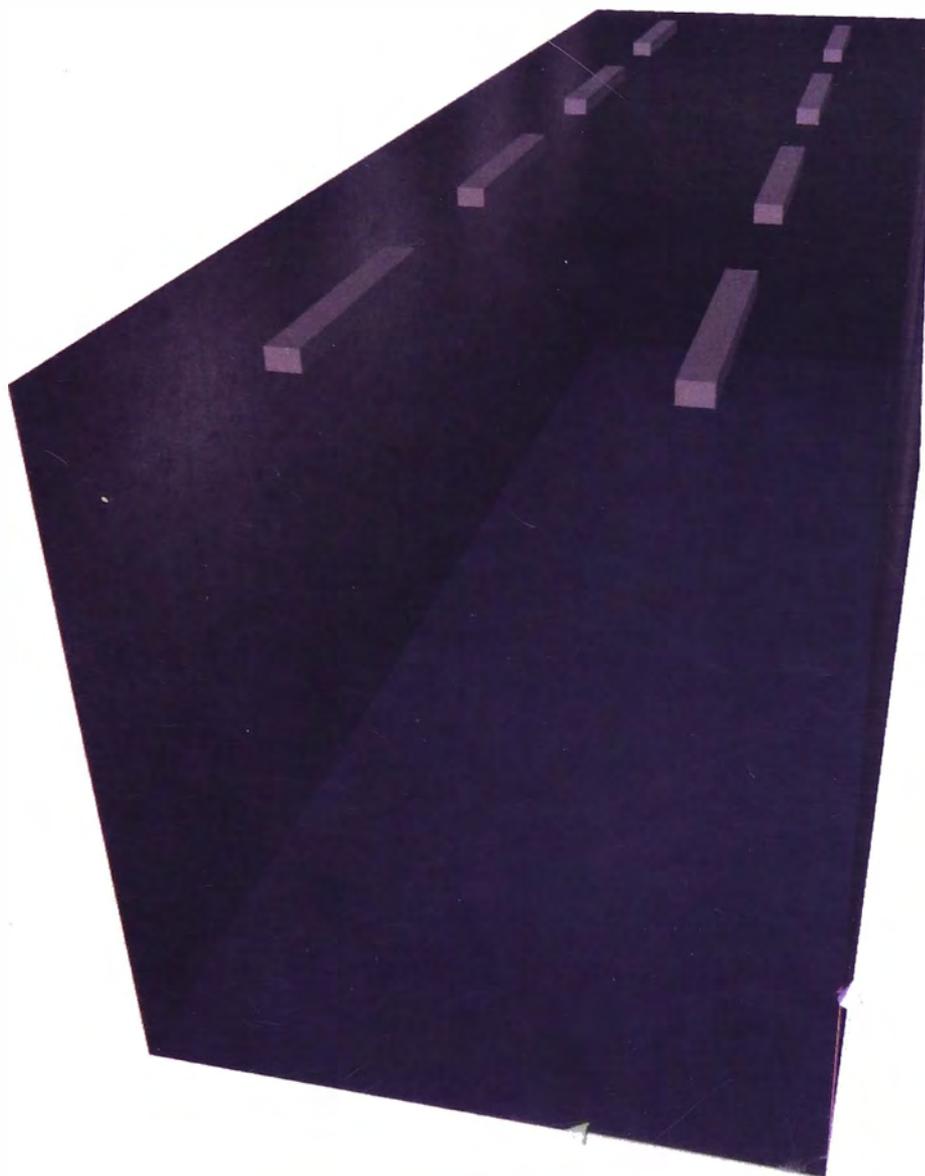
E_{min} / E_m : 0.702 (1:1)

E_{min} / E_{max} : 0.602 (1:2)

Valor de eficiencia energética: $20.21 \text{ W/m}^2 = 4.27 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 28.50 m^2)

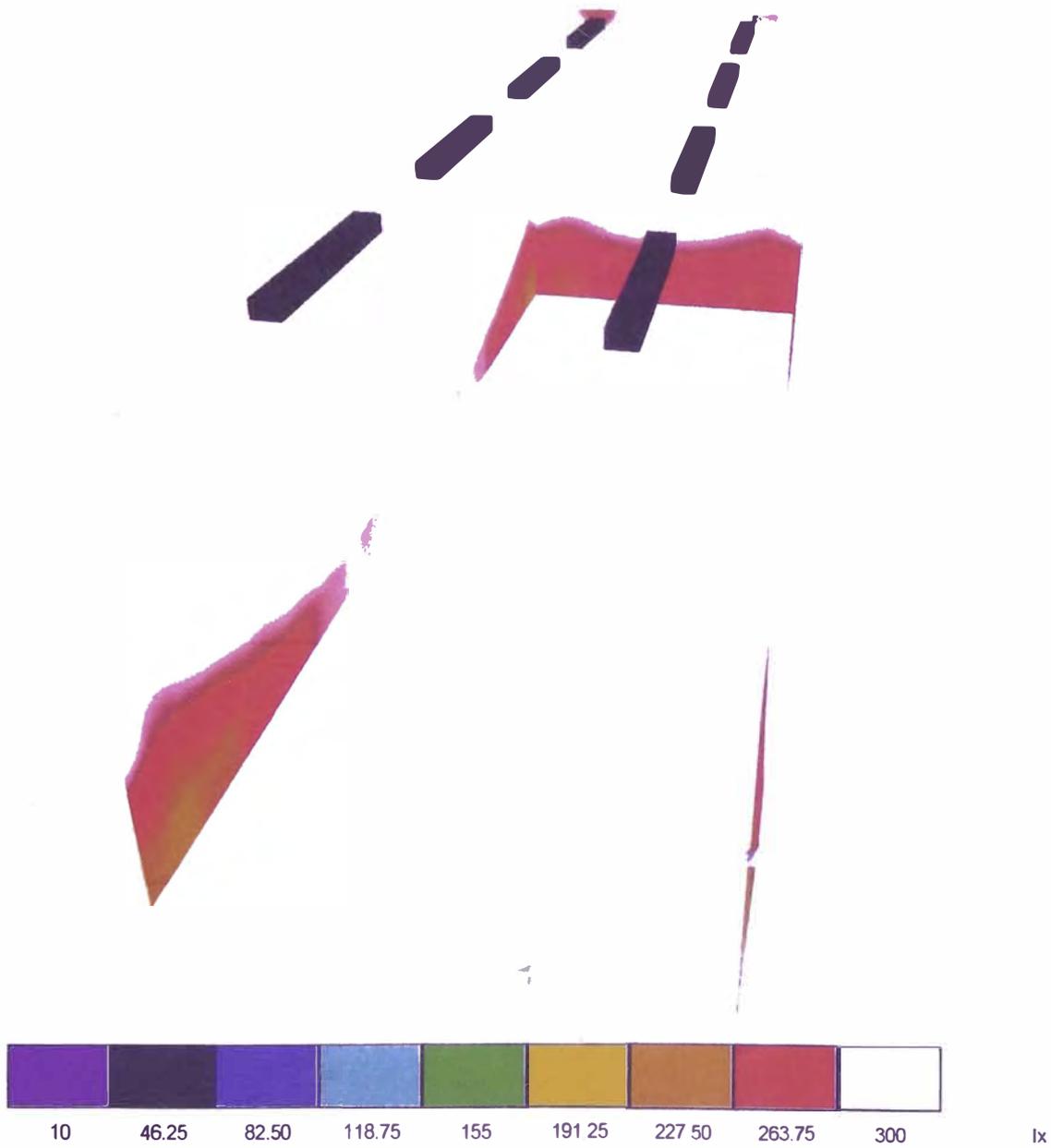
Proyecto elaborado por EATHISA
Teléfono
Fax
e-Mail

Sala Eléctrica Principal SE-01 / Rendering (procesado) en 3D



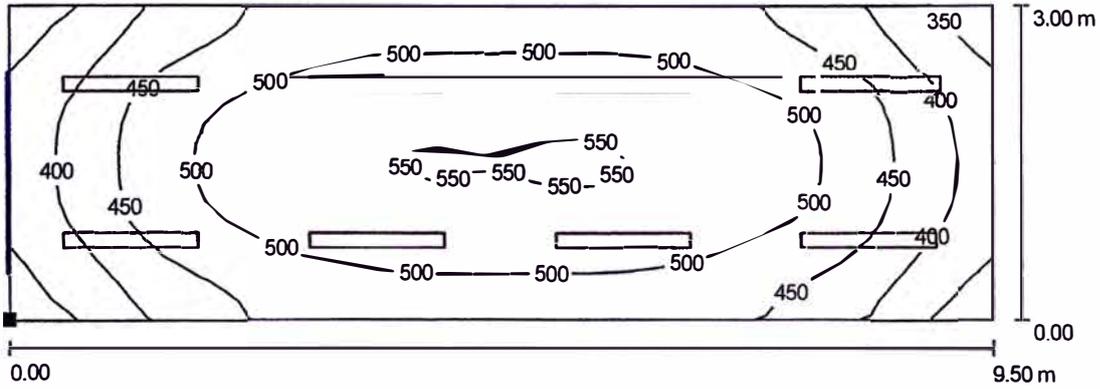
Proyecto elaborado por EATHISA
Teléfono
Fax
e-Mail

Sala Eléctrica Principal SE-01 / Rendering (procesado) de colores falsos



Proyecto elaborado por EATHISA
 Teléfono
 Fax
 e-Mail

Sala Eléctrica Principal SE-01 / Plano útil / Isolíneas (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 68

Situación de la superficie en el local:
 Punto marcado:
 (0.000 m, 0.000 m, 0.300 m)



Trama: 32 x 16 Puntos

E_m [lx]
473

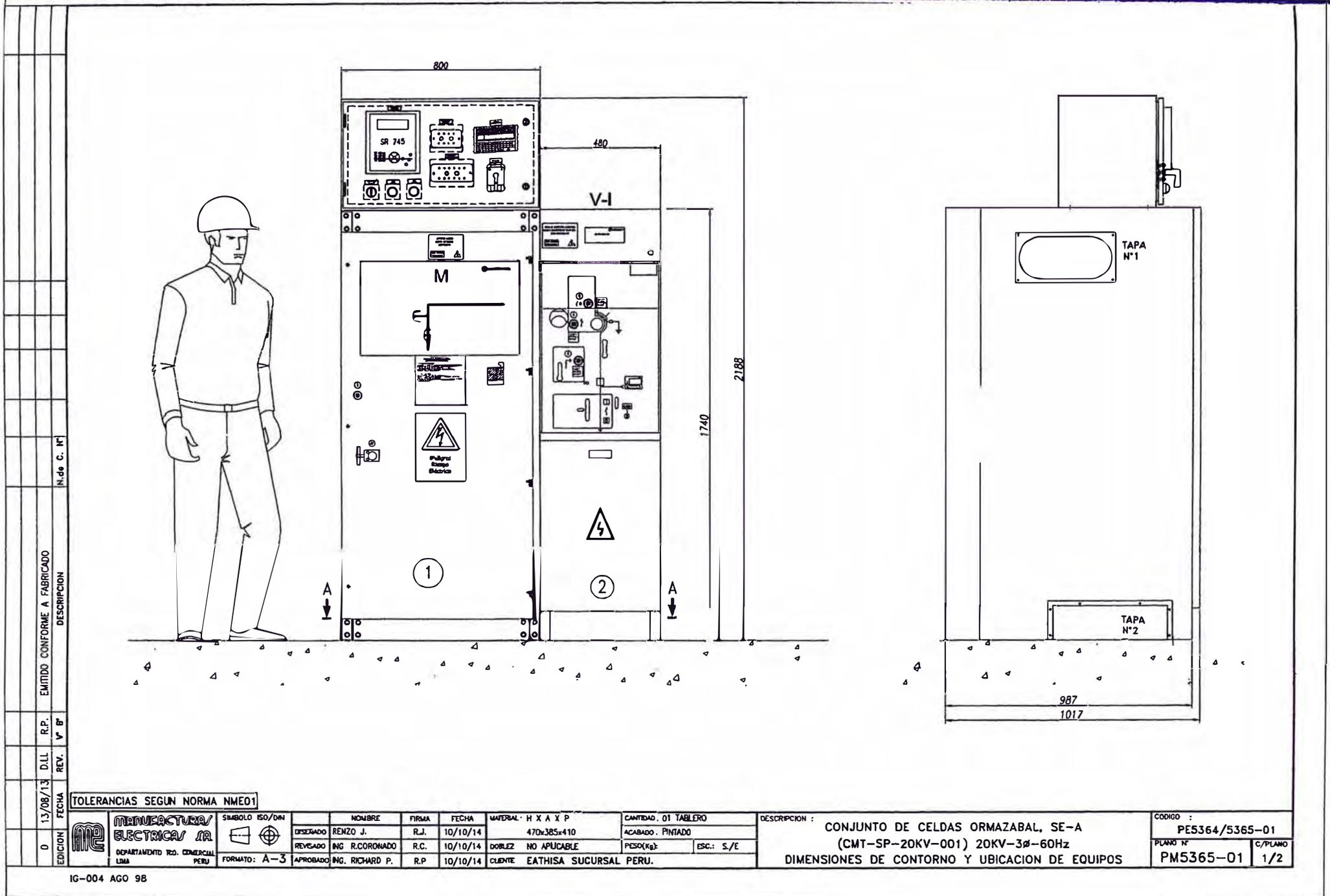
E_{min} [lx]
332

E_{max} [lx]
552

E_{min} / E_m
0.702

E_{min} / E_{max}
0.602

ANEXO 3:
PLANOS DE CONJUNTO DE CELDAS ORMAZABAL.



0	EDICION	13/08/13	D.L.L.	R.P.	EMITIDO CONFORME A FABRICADO
		FECHA	REV.	V° B°	DESCRIPCION
					N. de C. N°

TOLERANCIAS SEGUN NORMA NME01



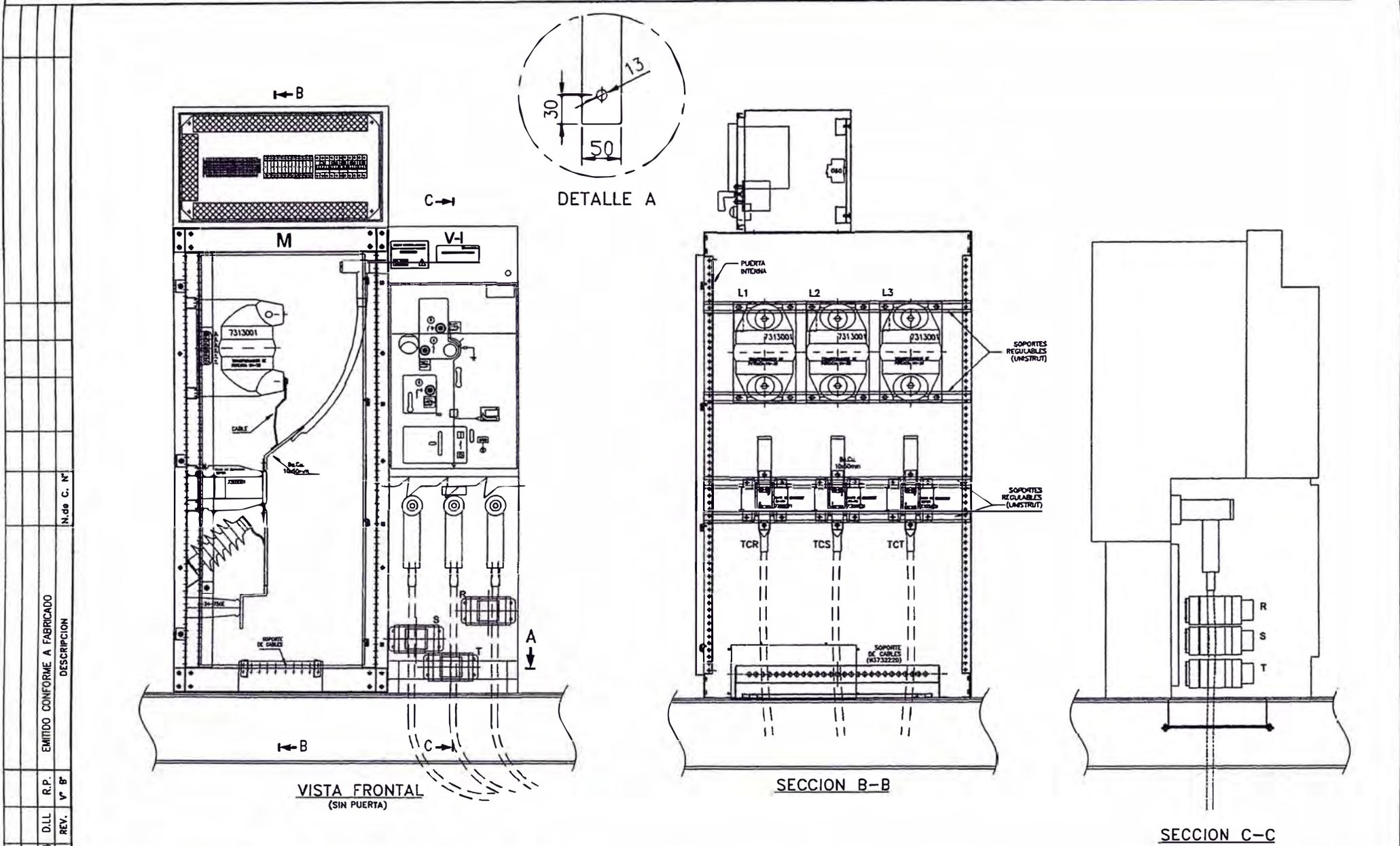
MANUFACTURAS ELECTRICAS SA
DEPARTAMENTO TEC. COMERCIAL
LIMA PERU

FORMATO: A-3

DESIGNADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL: H X A X P	CANTIDAD: 01 TABLERO
REVISADO	ING R. CORONADO	R.C.	10/10/14	470x385x410	ACABADO: PINTADO
APROBADO	ING. RICHARD P.	R.P.	10/10/14	DORLEZ NO APLICABLE	PESO(Kg): ESC.: S./E
				CLIENTE: EATHISA SUCURSAL PERU.	

DESCRIPCION : CONJUNTO DE CELDAS ORMAZABAL, SE-A
(CMT-SP-20KV-001) 20KV-3Ø-60Hz
DIMENSIONES DE CONTORNO Y UBICACION DE EQUIPOS

CODIGO :	PE5364/5365-01
PLANO N°	PM5365-01
C/PLANO	1/2

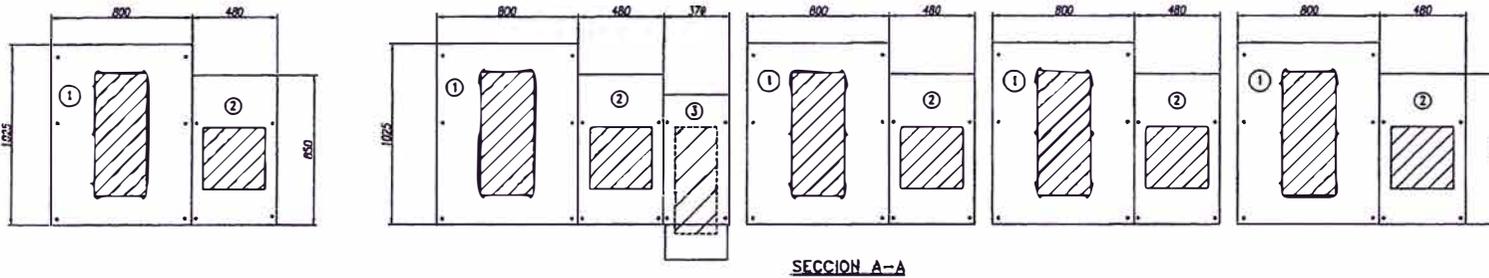
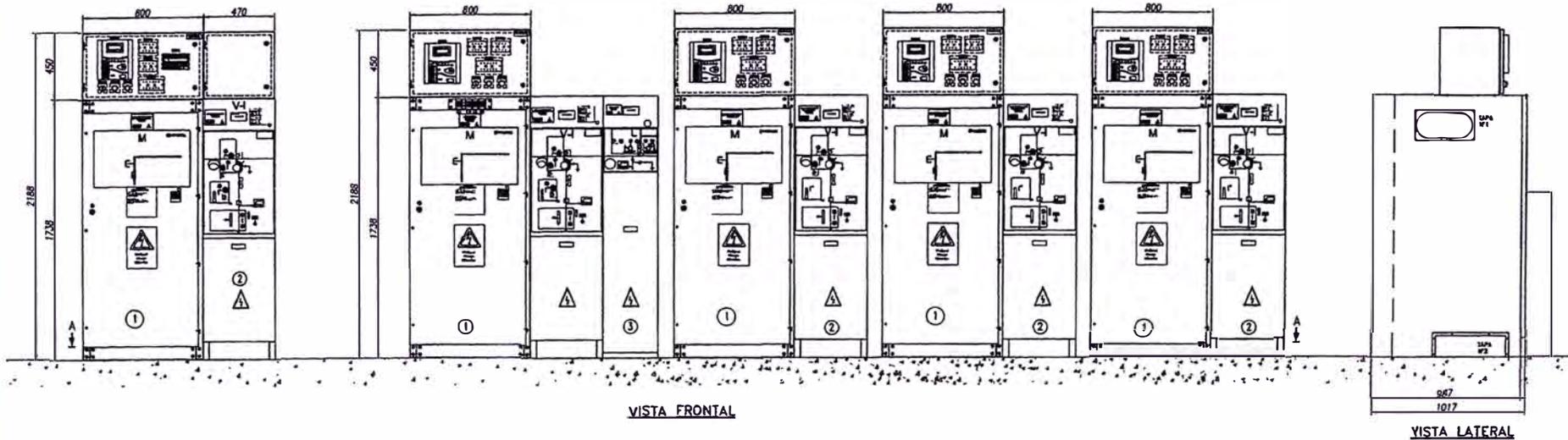


EDICION	0	13/08/13	FECHA	TOLERANCIAS SEGUN NORMA NME01				DESCRIPCION :	CONJUNTO DE CELDAS ORMAZABAL, SE-A		CODIGO :	
									(CMT-SP-20KV-001) 20KV-3Ø-60Hz		PES364/5365-01	
									DIMENSIONES DE CONTORNO Y UBICACION DE EQUIPOS		PLANO N°	C/PLANO
											PM5365-01	2/3


MANUFACTURAS ELECTRICAS SA
 DEPARTAMENTO TCO. COMERCIAL LIMA PERU
 SIMBOLO ISO/DIN
 FORMATO: A-3

NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL: H X A X P	CANTIDAD: 01 TABLERO	DESCRIPCION :
DISEÑADO RENZO J	R. J	10/10/14	470x385x410	ACABADO: PINTADO	CONJUNTO DE CELDAS ORMAZABAL, SE-A (CMT-SP-20KV-001) 20KV-3Ø-60Hz DIMENSIONES DE CONTORNO Y UBICACION DE EQUIPOS
REVISADO ING. R. CORONADO	R.C.	10/10/14	DOBLEZ: NO APLICABLE	PES0Kg: ESC.: S./E.	
APROBADO ING. RICHARD P.	R.P.	10/10/14	CLIENTE: EATHISA SUCURSAL PERU.		

N. de C. N°
 EMITIDO CONFORME A FABRICADO
 DESCRIPCION
 R.P.
 D.L.L.
 REV. V° B°
 FECHA
 CODIGO : PES364/5365-01
 PLANO N° C/PLANO
 PM5365-01 2/3



LEYENDA DE EDUPOS		
POS.	DESCRIPCION	CATALOGO
1	CELDA DE MEDICION Y REMONTE (retraccion nacional)	COMCOSUOS-M
2	CELDA CON INT. AUTOMATICO 24KV, CON PASATAPAS IZO. Y TULIPANES LADO DERECHO.	COMCOSUOS-V-1
3	CELDA DE LINEA 24KV, CON EXTENSION EN AMBOS LADOS	COMCOSUOS-L
4	CELDA DE LINEA 24KV, CON PASATAPAS IZO Y TULIPANES LADO DERECHO.	COMCOSUOS-L-1
5	CAJUELA DE MEDICION CON MEDIDOR POWI	----
6	CAJUELA DE PROTECCION CON RELE	----

EMITIDO CONFORME A FABRICADO
DESCRIPCION

D.L.L. R.P. V° B°
REV. V° B°

13/09/13
FECHA

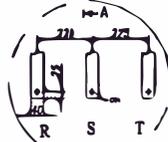
TOLERANCIAS SEGUN NORMA NME01

INDUSTRIA ELECTRICAS SA
DEPARTAMENTO TCO. COMERCIAL PERU

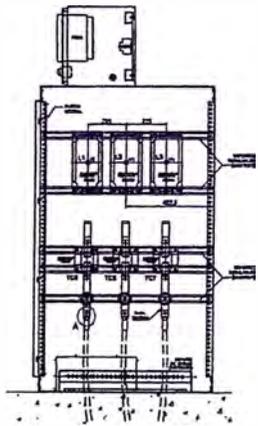
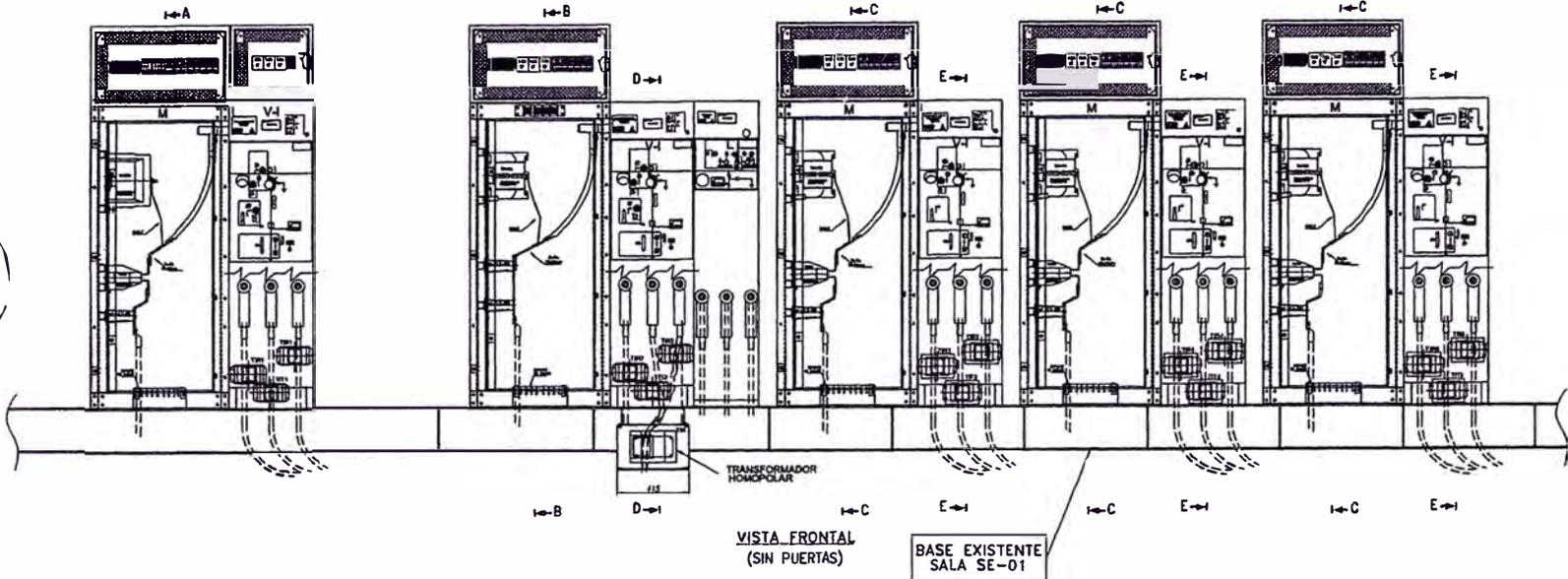
SIMBOL	ISO/DIN	NOMBRE	FIRMA	FECHA	MATERIAL: INDICADO	CANTIDAD: 1 CONJUNTO
DISERADO	E. GARCIA	E.G.	10/10/14	ACABADO: INDICADO		
REVISADO	ING. R. CORONADO	R.C.	10/10/14	DOBLEZ: NO APLICABLE	PESO(Kg):	ESC.: S/E
APROBADO	ING. RICHARD P.	R.P.	10/10/14	CUENTE: EATHISA SUCURSAL PERU.		

DESCRIPCION :
CONJUNTO DE CELDAS ORMAZABAL, Subestación Principal SE-01
(SG-SP-10KV-001) 10KV-3ø-60Hz
VISTA CON PUERTAS

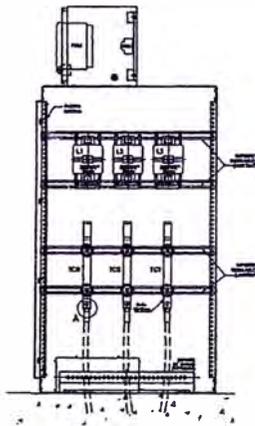
CODIGO :	PE5364/5365-02
PLANO N°	PM5365-02
C/PLANO	1/2



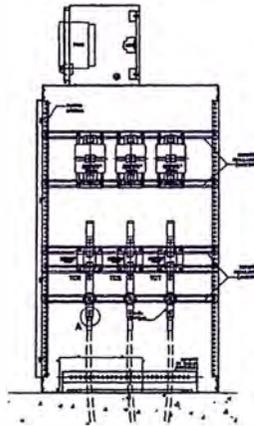
DETALLE "A"



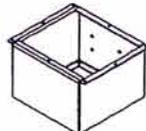
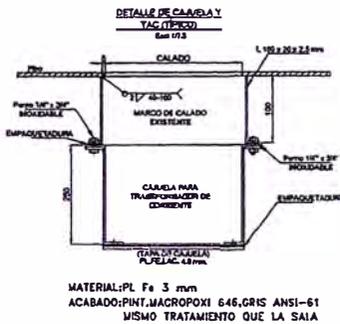
SECCION A-A



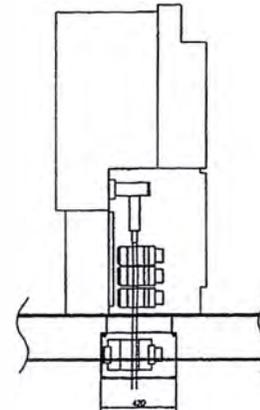
SECCION B-B



SECCION C-C



CAJUELA VISTA ISOMETRICA



SECCION D-D

TOLERANCIAS SEGUN NORMA NME01



MANUFACTURAS
ELECTRICAS SA
DEPARTAMENTO TEO. COMERCIAL
LMA

SIMBOLO ISO/DIN
FORMATO: A-3

DISENADO	NOMBRE	FIRMA	FECHA
DISENADO	E. GARCIA	E.G.	10/10/14
REVISADO	ING. R. CORONADO	R.C.	10/10/14
APROBADO	ING. RICHARD P.	R.P.	10/10/14

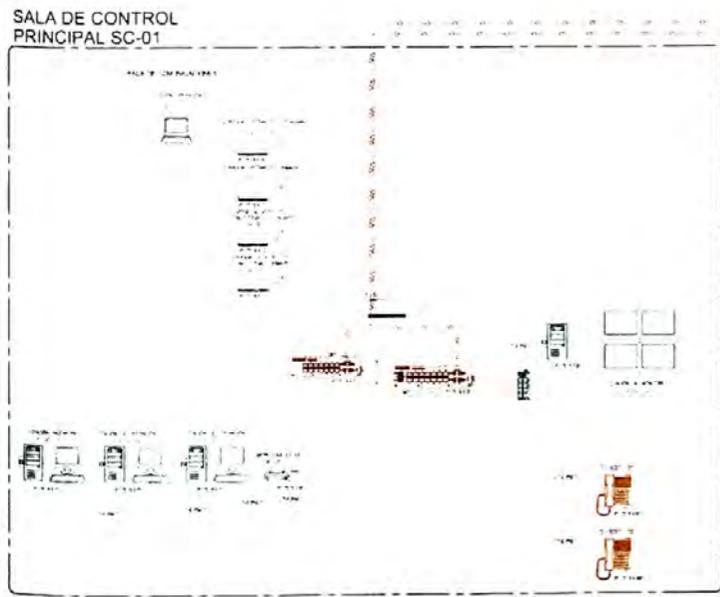
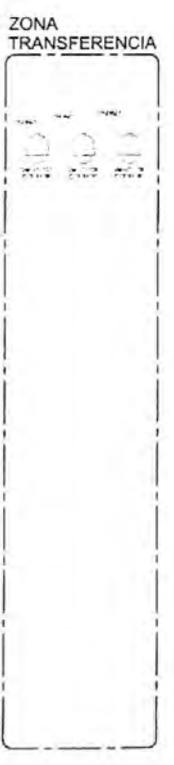
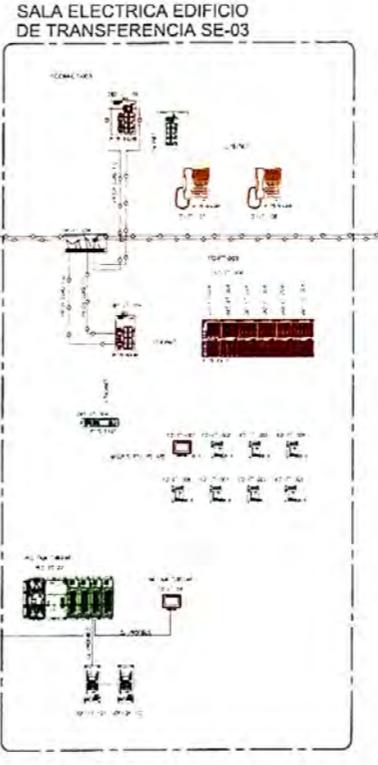
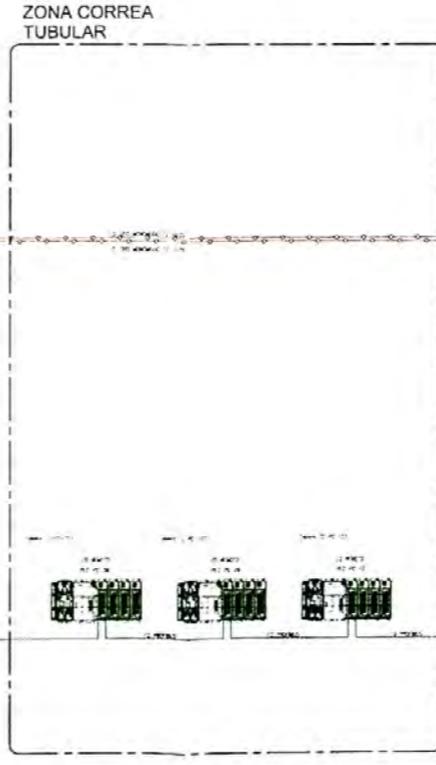
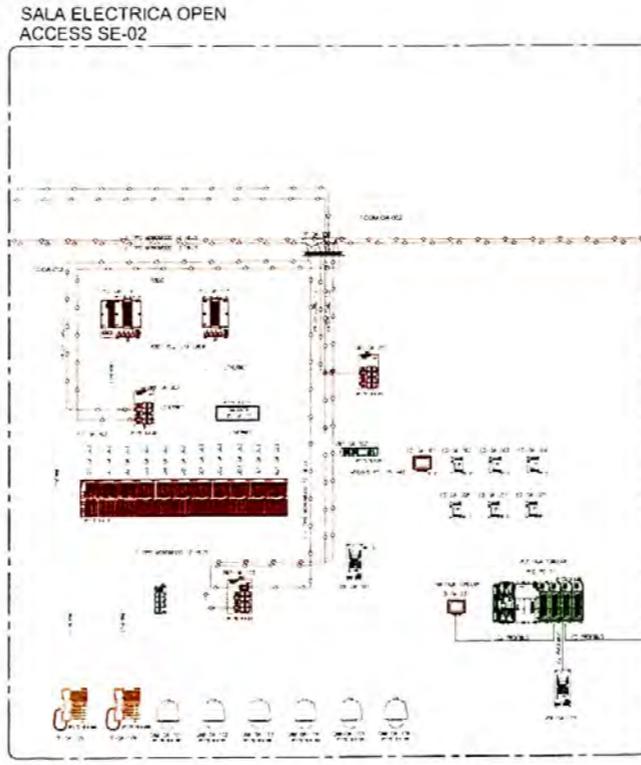
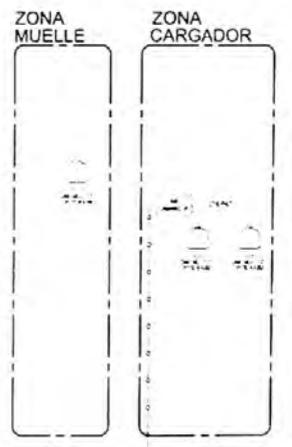
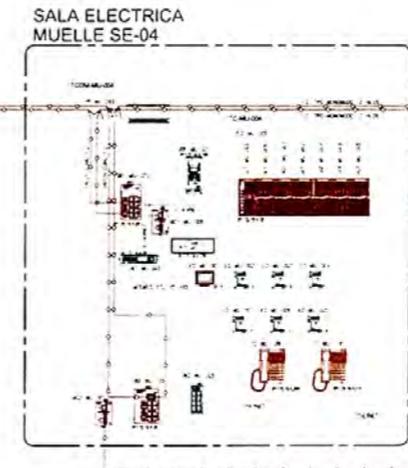
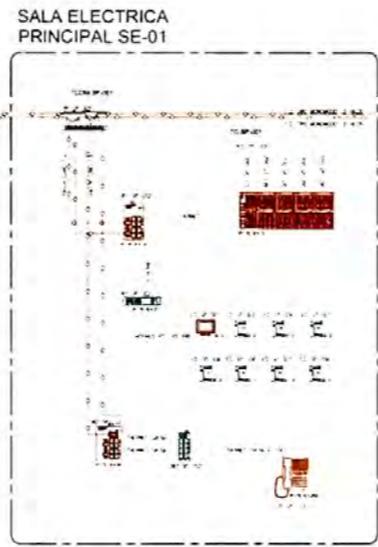
MATERIAL INDICADO	CANTIDAD 1 CONJUNTO
DOBLEZ : NO APLICABLE	ACABADO : INDICADO
CLIENTE : EATHISA SUCURSAL PERU.	PESO(Kg):
	ESC.: 5/E

DESCRIPCION :
CONJUNTO DE CELDAS ORMAZABAL, Subestación Principal SE-01
(SG-SP-10KV-001) 10KV-3Ø-60Hz
VISTA CON PUERTAS

CODIGO :	PE5364/5365-02
PLANO N°	PM5365-02
C/PLANO	2/.

ANEXO 4:
PLANO DE LA ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN
	Control de servidor
	Línea de fibra
	Switch
	Servidor de impresión
	Switch Ethernet Industrial
	Switch Ethernet Industrial
	Modem ADSL
	Módulo de entradas cables analógicos
	Módulo de entradas cables digitales
	Panels de 16x16 de 120vdc DC
	Analizador de red
	Gateway Modem Ethernet a GPRS
	Unidad de procesamiento de datos
	Hardware de comunicación Ethernet
	Power Over Ethernet
	PROFIBUS DP
	RS485 OPT CA
	ETHERCAT
	Módulo RS-485 (RS 485)



REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
1	22/10/14	As-built Campo	E.C.M.	J.B.R.	E.C.M.
2	14/04/14	As-built Campo	E.C.M.	J.B.R.	E.C.M.
3	20/03/14	Plano As-built	E.C.M.	J.B.R.	E.C.M.
4	11/10/13	Emisión para aprobación	J.B.R.	J.B.R.	E.C.M.

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA		
Desarrollado	Castro	22/10/14
Revisado	García	22/10/14
Revisado	Rodríguez	23/10/14

Nombre de Proyecto:		
SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL MUELLE CALLAO		
Descripción:		
ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES		
Grupo de Plano	Formato	Página
PI223-000-10-12-001	A-3	3/3

Toda información S.A.C. es propiedad de sus dibujos, planos y/o informaciones contenidas en él. Se usa sólo reproducción de estos sin autorización expresa no pueden ser copiadas, reproducidas ni usadas ni distribuidas en ningún caso.

(01/14) DE: ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES

ANEXO 5:
HOJA DE DATOS DEL PANEL DETECCIÓN DE INCENDIO



BOSCH

Innovación para tu vida

FPD-7024 Panel de Alarma contra Incendio Direccional / Convencional



- ▶ Cuatro zonas de detección (expansibles a ocho); hasta 20 detectores de 2 hilos por zona.
- ▶ Comunicador digital de 2 líneas incorporado (DACT).
- ▶ Dos circuitos de notificación de dispositivos (NACs) incluidos de 24 VFWR, 4 Amp.
- ▶ Se transforma fácilmente a direccional con la incorporación del Módulo de Expansión D7039.
- ▶ Programable a través de una interfase de panel frontal, teclados con pantalla de cristal líquido FMR-7033 remotos, software de programación remoto (RPS), o DX4010i o vía la placa DX4020 en comunicador IP para reportes a la estación de monitoreo central.

El panel de alarma contra incendio FPD-7024 (FACP) está pensado para ser utilizado en aplicaciones de edificios comerciales y públicos tales como escuelas, universidades, plantas de manufactura e instituciones hospitalarias. Se encuentra listado UL para estación central, local y auxiliar y sistemas de estación remota.

Cada FPD-7024 posee un Comunicador digital de 2 líneas telefónicas (DACT) incluido en el equipo standard y opcional para comunicaciones vía red IP mediante la placa DX4010i.

Como sistema convencional, el panel FPD-7024 posee 4 zonas de detección incorporadas (expansibles hasta ocho) mediante el FPC-7034. Cada zona de detección soporta detectores de 2 hilos y 4 hilos sobre lazos configurables Clase A, Estilo D o Clase B, Estilo B. Cada zona tiene capacidad para hasta 20 detectores de 2 hilos, o cualquier número de detectores de 4 hilos dependiendo solamente de la capacidad de la fuente de alimentación disponible.

Cuando las características de un sistema convencional no son suficientes, mediante el agregado de la placa de expansión D7039 la FPD-7024 se convierte en un sistema direccional de hasta 255 puntos. La D7039 agrega hasta 247 puntos direccionables al sistema base y 400 eventos adicionales en la memoria para generar un total de 499 eventos. El D7039 también incrementa el número de salidas de relé programables desde 19 hasta 59 y expande los usuarios del sistema a 100.

Funciones

Circuitos de notificación de dispositivos (NACs)

Dos circuitos de notificación de dispositivos de Clase A, Estilo Z o Clase B, Estilo Y que proveen 4 Amp. de tensión de 24 VFWR para operar sirenas, estorbos, timbres y otros dispositivos de notificación. Cada NAC puede ser programado para proveer salidas tipo código 3, California March, pulsadas, continuas y salidas sincronizadas tanto para los circuitos de notificación Wheelock como para los System Sensor.

Interfase de Usuario

Se dispone una ventana en el frente del panel a través de la cual pueden observarse los LED's de estado del sistema y la pantalla de LCD mientras se mantiene cerrada la central. Abriendo la puerta del gabinete de la central es posible acceder al teclado para silenciar alarmas, reconocer condiciones de falla, anular zonas, restablecer y verificar detectores y otras funciones de control y programación. Estas funciones también están disponibles en todos los teclados LCD FMR-7033 conectados al sistema.

Pantalla de Eventos Organizados

Clasifica los eventos de alarma, los problemas y la supervisión dentro de categorías y permite desplazarse a través de eventos específicos.

Memoria

El sistema almacena los eventos en una memoria con una capacidad máxima de 99 eventos.

Nota El número de eventos que pueden ser almacenados en la memoria se incrementa a 499 con la inserción del Módulo de Expansión D7039.

Reporte a la Estación Central

El FACP FPD-7024 reporta a 2 números telefónicos (o direcciones IP que cuenten con el Módulo de Interfase de Red DX4020) con reportes simple, doble y resguardo en formatos Modem3, BFSK, SIA, Contact ID y 4/2 y 3/1 Tone Bursa.

Monitoreo de Detectores de Humo en malas condiciones

Todas las zonas adicionales incorporadas y las zonas incluidas en el FPC-7024 son monitoreadas en forma continua para evitar detectores en malas condiciones utilizando la función de "Chequeo de Cámara" que se encuentra en los detectores de humo Bosch y el protocolo CleanMe. Si una cámara de un detector no se encuentra buenas condiciones, el detector envía una señal CleanMe en el lazo de 2 hilos o una señal en el lazo direccionable. El panel de control anuncia que existe un detector en malas condiciones en el lazo o en la dirección. La función de "Chequeo de Cámara" señala un detector en malas condiciones utilizando el LED ubicado en la cabeza del detector.

Accesorios

El gabinete de la D7024 provee suficiente espacio para agregar módulos accesorios y contener 2 baterías D1218 (18 Ah), ó 2 baterías D126 (7 Ah).

Certificaciones y aprobaciones

Región	Certificación	
USA	UL	UL864, novena edición
	FM	
	CSFM	7165-1615:227
	FCC	ESVALO4B7024

Notas de Configuración/ Instalación

Productos Compatibles

Los siguientes productos son compatibles con el FACP FPD-7024:

Categoría	ID del Producto	Descripción de Producto
Baterías y alimentación de energía	D126	Batería de 7 Ah, 12 V.
	D1218	Batería de 18 Ah, 12 V.
	D7038	Alimentación Remota NAC

Categoría	ID del Producto	Descripción de Producto
Detectores		Para compatibilidad de detectores de 2 hilos, puede dirigirse al Tecnograma Lista de Compatibilidad de Detectores de Incendio del FPD-7024 (P/N: F01U010790)
Teclados y Anunciadores	D7030X	Anunciador LED de ocho puntos (ocho rojos)
	D7030X-S2	Anunciador LED de ocho puntos (dos amarillos, seis rojos)
	D7030X-S8	Anunciador LED de ocho puntos (ocho amarillos)
	D7032	Expansor anunciador de punto de 8-LED (ocho rojos)
Módulos	FMR-7033	Teclado LCD del sistema de incendio
	FMR-7036	Anunciador LCD
	D132B	Módulo Multi-uso de Relé Inverso
	D184A	Kit local de energía
	D185	Módulo de polaridad inversa
	D275	Relé de Fin de Línea (EOL)
	D7031	Cerradura Remota
	FPC-7034	Expansor de 4 puntos
	D7035	Módulo de Relé Octal
	D7035B	Módulo de Relé Octal con gabinete
D7039	Módulo de expansión Múltiplex	
Dispositivos NAC	DX4010I	Módulo de interfaz serial
	DX4020	Módulo de interfaz en red
Dispositivos NAC		Diríjase al Tecnograma de Lista de Compatibilidad de Dispositivos FPD-7024 (P/N: F01UO10791)

Los siguientes productos adicionales son compatibles con el FACP direccionable D7024:

Categoría	ID del Producto	Descripción de Producto
Cabezas y Bases de Detectores	D7050	Detector de Humo Direccionable
	D7050TH	Detector de Humo Fotoeléctrico/ Termovelocimétrico Direccionable
	D7050-B6	Base para Detectores Direccionables
Módulos	D7042	Módulo remoto de 8 entradas
	D7042B	Módulo de 8 Entradas con gabinete
	D7044	Módulo de 8 Entradas
	D7044M	Mini Módulo de Entrada Simple

	D7048	Módulo Direccionador Octal
	D7048B	Módulo Direccionador Octal con gabinete
	D7052	Módulo de 2 Entradas
	D7053	Módulo de Entrada / Salida
Estaciones	FMM-7045	Avisador manual de incendio direccionable de acción simple
	FMM-7045-D	Avisador manual de incendio direccionable de acción doble

Circuitos de Notificación de Dispositivos

Corriente: 44 mA máximo por lazo

Resistencia de lazo: 150 kΩ

Voltaje: 24 VDC nominal

Salidas

NAC: 24 VDC nominal, 4 Amp. máximo

Relés en la placa: Tres contactos C para 5 Amp. (28 VDC)

Relés externos: Hasta dos Módulos de Octal Relé D7035 cada uno que proveen ocho salidas de relé contacto C para 5 Amp. de corriente. En un sistema direccionable, hasta 20 Módulos de Entrada-Salida Multiplex D7023 por lazo y un total de 40.

Partes incluidas

Cantidad	Componentes
1	Bolsa Plástica anti-estática para el panel FPD-7024
1	Gabinete (P/N:30897)
1	Cerradura con dos llaves #1358 (D102) (P/N: F01U009775)
1	Transformador (P/N: F01U008702)
6	2.21 kΩ resistencia de fin de línea (RFL) (P/N: 25899 o 4998113202)
1	Paquete de hardware
1	Paquete de folletos

Nota Para que el FPD-7024 sea direccionable, se debe instalar un Módulo de Expansión Multiplex D7039. Éste debe adquirirse por separado.

Marcas

Los nombres de marcas son utilizados a lo largo de todo este documento. En la mayoría de los casos, estas designaciones corresponden a marcas o marcas registradas en uno o más países por sus respectivos dueños. En lugar de colocar el símbolo de una marca cada vez que corresponda, Bosch Sistemas de Seguridad, utiliza los nombres para beneficiar así la marca sin intención de infringir el registro de la misma.

CleanMe es una marca registrada por GE Interlogix en Estados Unidos y/o otros países.

Wheelock es una marca propiedad de Cooper Wheelock.

System Sensor es una marca registrada de System Sensor, la cual pertenece a Honeywell Internacional en Estados Unidos y/o otros países.

Especificaciones Técnicas

Eléctricas

Corriente (alarma): 380 mA

Corriente (en reposo): 200 mA

Alimentación (primaria): 120 VAC, 1.2 Amp. máximo, 60 Hz o 240 VAC, 0.75 Amp. máximo, 50 Hz

Ambientales

Ambiente: Interior, seco

Humedad relativa: Hasta 95%, no condensado

Temperatura (operativa): Desde 0° C a 49° C (32° F hasta 120° F)

Propiedades Mecánicas

Color: Rojo

Dimensiones (HxWxD): 52,8 cm. x 38,1 cm. x 10,9 cm. (20,8" x 15" x 4,3")

Material: Acero trabajado en frío
Base: 1,2 mm.
Cubierta: 1,1 mm.

Información para Pedidos

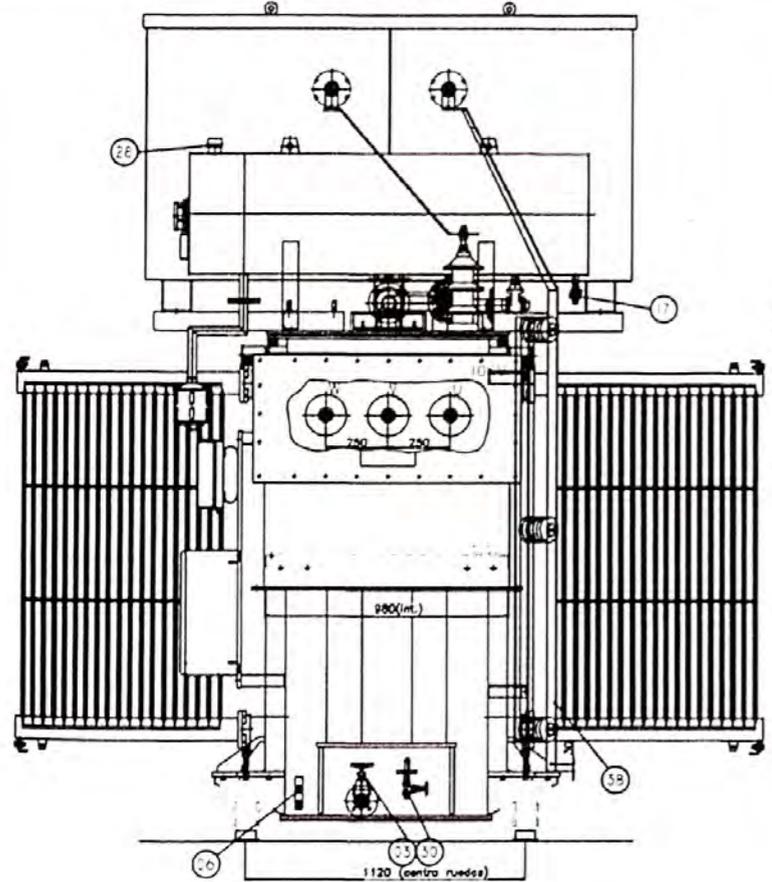
FPD-7024 FACP FPD-7024
Cuatro zonas de detección (expansible a ocho); hasta 20 detectores de humo de 2 hilos por zona.

FDP-7024-LC FACP sin gabinete ni transformador FPD-7024-LC
Cuatro zonas de detección (expansible a ocho); hasta 20 detectores de humo por zona.

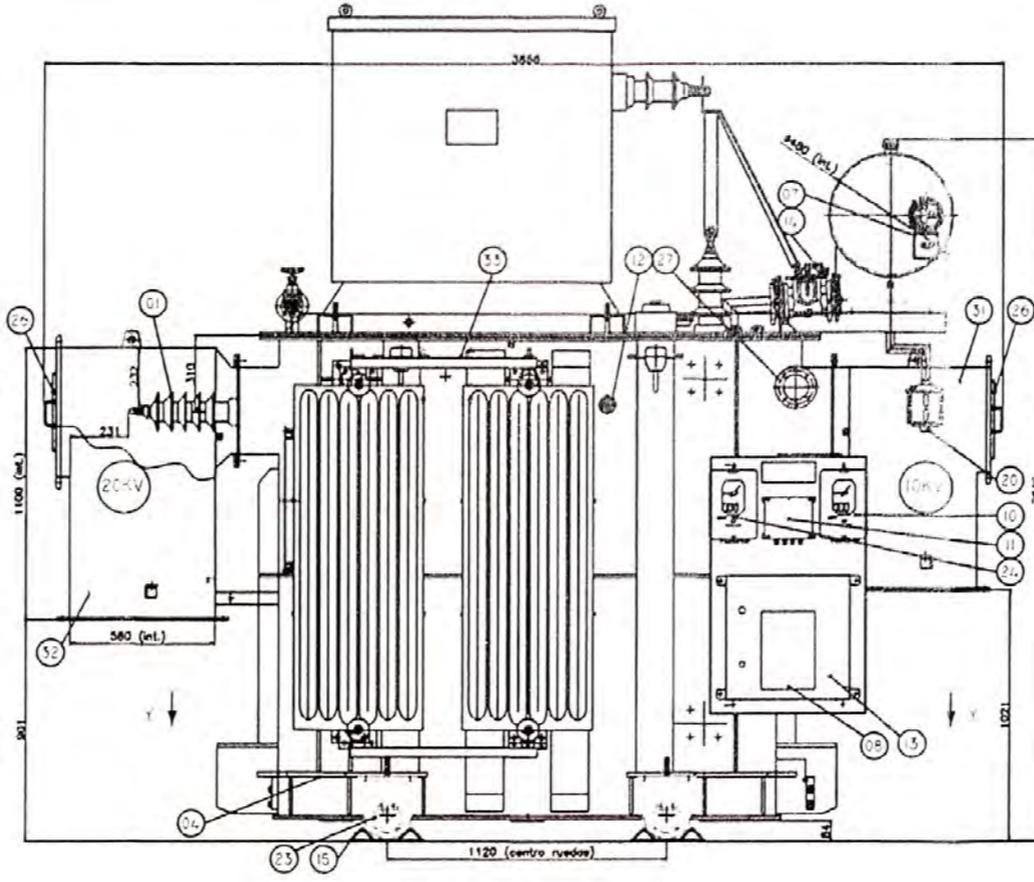
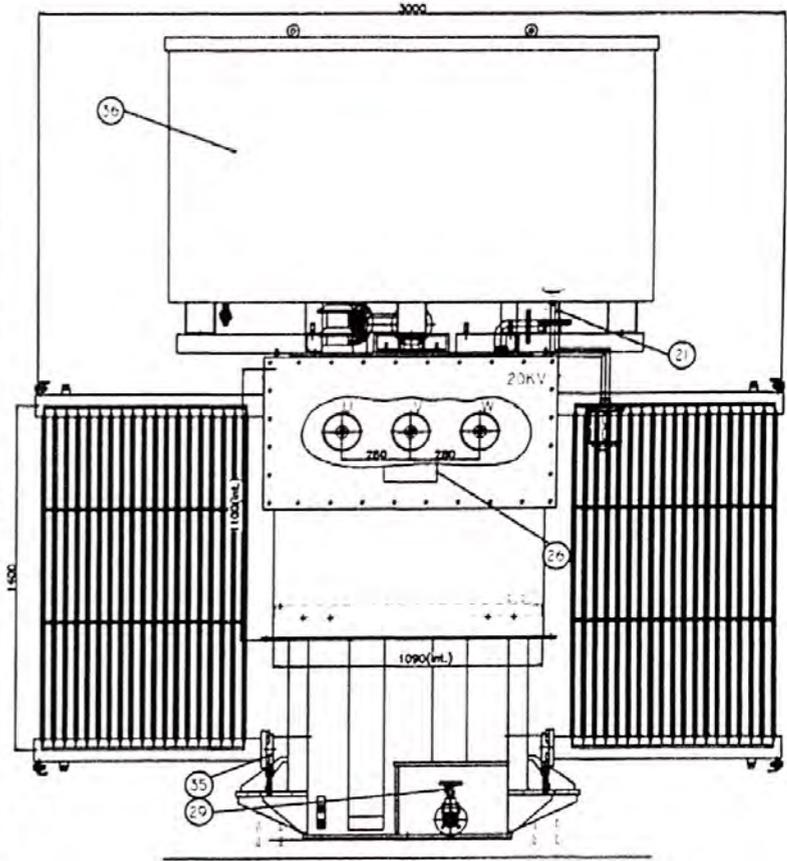
FPD-7024-LT FACP sin Transformador FPD-7024-LT
Cuatro zonas de detección (expansible a ocho); hasta 20 detectores de humo por zona.

**ANEXO 6:
PLANO ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS DEL TRANSFORMADOR DE 5MVA.**

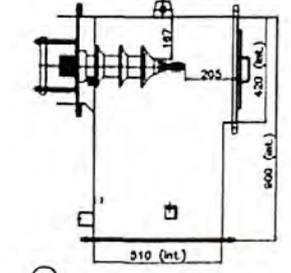
DISPOSICION DE AISLADORES 10KV MT



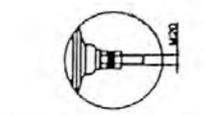
DISPOSICION DE AISLADORES 20KV AT



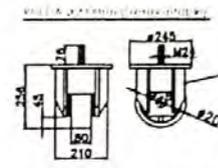
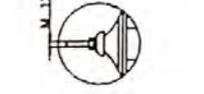
DETALLES DE BORNES 10KV MT



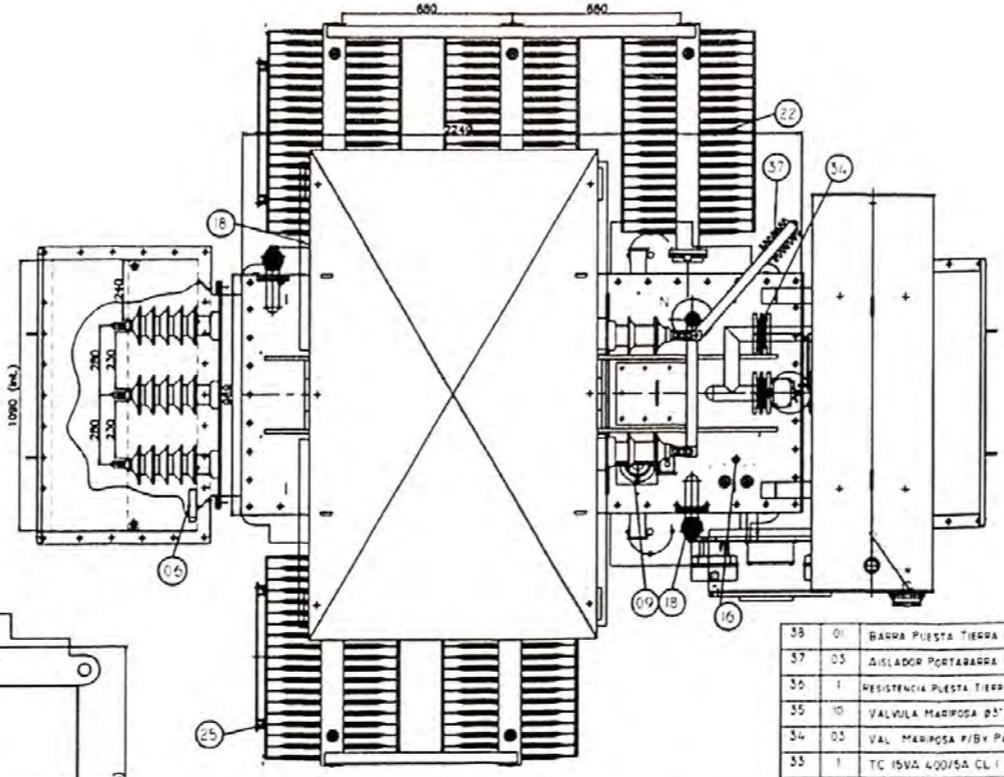
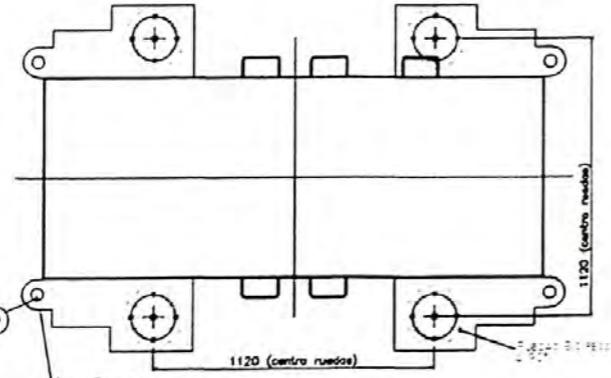
DETALLE TERMINAL 10KV MT AISLADOR 30KV 300AMP



DETALLE TERMINAL 20KV AT AISLADOR 30KV 250AMP



SECCION V-V DETALLE DEL BORNES DE P.T.



EPLI S.A.C.
Ing. EUGENIO PAZOS
Jefe de Diseño

ITEM	CANT	DENOMINACION/MATERIAL	OBSERVACIONES	ITEM	CANT	DENOMINACION/MATERIAL	OBSERVACIONES
32	1	CAJUELA DE PROTECCION DE BORNES 20KV	AT	6	4	BORNE DE TOMA A TIERRA DE 1/2" (ACERO INOX)	
31	1	CAJUELA DE PROTECCION DE BORNES 10KV	MT	5	3	TC 20VA 400/5A CL EP20 MT (U-V-W)	MT
30	1	VALVULA DE COMPUERTA DE 1/2" MARCA MILWAUKEE	MUJERA ACEITE TANGUE	4	4	REPISA PARA GATA HIDRAULICA	
29	1	VALVULA DE COMPUERTA DE 1/2" MARCA MILWAUKEE	RECIRCULACION	3	1	VALVULA DE COMPUERTA DE 1/2" MARCA MILWAUKEE	V. RESERVA
28	1	TAPON DE LLENADO DE 1-1/2"	TANGUE EXPANSOR	2	4	AISLADOR 20KV-250AMP/MARCA CEDASPE	
27	1	SALIDA BORNES TC'S PROTECCION Y MEDIDA DE P.T		1	5	AISLADOR 30KV-250AMP PI/MARCA CEDASPE	
26	2	PLACA DE ADVERTENCIA					
25	2	SOPORTE MOTOTENLADOR					
24	1	RELE INMAGEN TERMICA WT-3500/MARCA QUALITROL	TEMPERATURA DESVIADO W.T				
23	4	RUEDAS DE 220X80 TIPO PLANO BIDIRECCIONALES					
22	5	RADIADORES 520X160X19 ELEMENTOS					
21	1	VALVULA DE COMPUERTA 1-1/2"	V. REFRIGERADO				
20	1	DESUMIDIFICADOR VEIO 11/MARCA CEDASPE					
19	4	OREJA REMOQUE					
18	4	ELEMENTO DE TIRAJE LATERAL / P/LEVANTAR TRATO COMPLETO					
17	1	VALVULA DE COMPUERTA DE 3/4" MARCA MILWAUKEE	V. VACIADO TANGUE EXPANSION				
16	1	POZO TERMOMETRICO (RESERVA)	P.T				
15	4	RETENCION DE RUEDA (TOPES)					
14	1	RELE BUCHHOLZ BRUSO/MARCA CEDASPE	C/CONTACTOS				
13	1	CAJA BORNERA DE CONTROL					
12	1	COMPUTADOR 20KV 150A LISOF MARCA COPT	05 Posiciones				
11	1	MATCHING UNIT P/R T. WT-35 ARM/MARCA QUALITROL					
10	1	TERMOMETRO C/CONTACTO DT-3L ARM/MARCA QUALITROL	TEMPERATURA ACEITE				
9	1	VALVULA DE SEGURIDAD VPSO C/CONTACTO/MARCA CEDASPE	V.S				
8	1	PLACA DE CARACTERISTICAS/ACERO INOX					
7	1	INDICADOR DE NIVEL DE ACEITE / L/AG/MARCA COMEN	C/CONTACTOS				
01	1	BARRA PUESTA TIERRA NEUTRO 10KV PLAT 50X4MM CU	A/TERRADO 10KV-M				
03	1	AISLADOR PORTABARRA 15KV /MARCA COOPER					
02	1	RESISTENCIA PUESTA TIERRA 200A 10SEG 200M 5.7K/MARCA MILRAD	CTC 15VA 200/5A SPD				
10	1	VALVULA MARIPOSA 0.5" P/RADIADOR					
03	1	VAL. MARIPOSA P/BY PASS RELE BUCHHOLZ BR50/MARCA CEDASPE					
1	1	TC 15VA 400/5A CL I (P/R P.T)					

PESOS	
PARTE ACTIVA	5932 KG.
ACEITE	2438 KG.
TOTAL	12453 KG.

EPLI S.A.C.
 Todos los diseños aquí referenciados son propiedad de EPLI S.A.C. y no deben ser alterados ni copiados sin la autorización escrita de la compañía según la dispuesto por Ley.

Cliente: **EATHISA PERU S.A.**
 Título Plano: **DIMENSIONES GENERALES TRANSFORMADOR**

Diseñado: M.A.S. / Dibuja: C.J.A.N. / Revisado: E.A.P.D. / Aprobado: E.A.P.D.
 Descripción Transformador: TP30 5MVA ONAN-6.25MVA ONAF (Futuro) 20±2.5%/10KV Dyn1 1000manm 60Hz

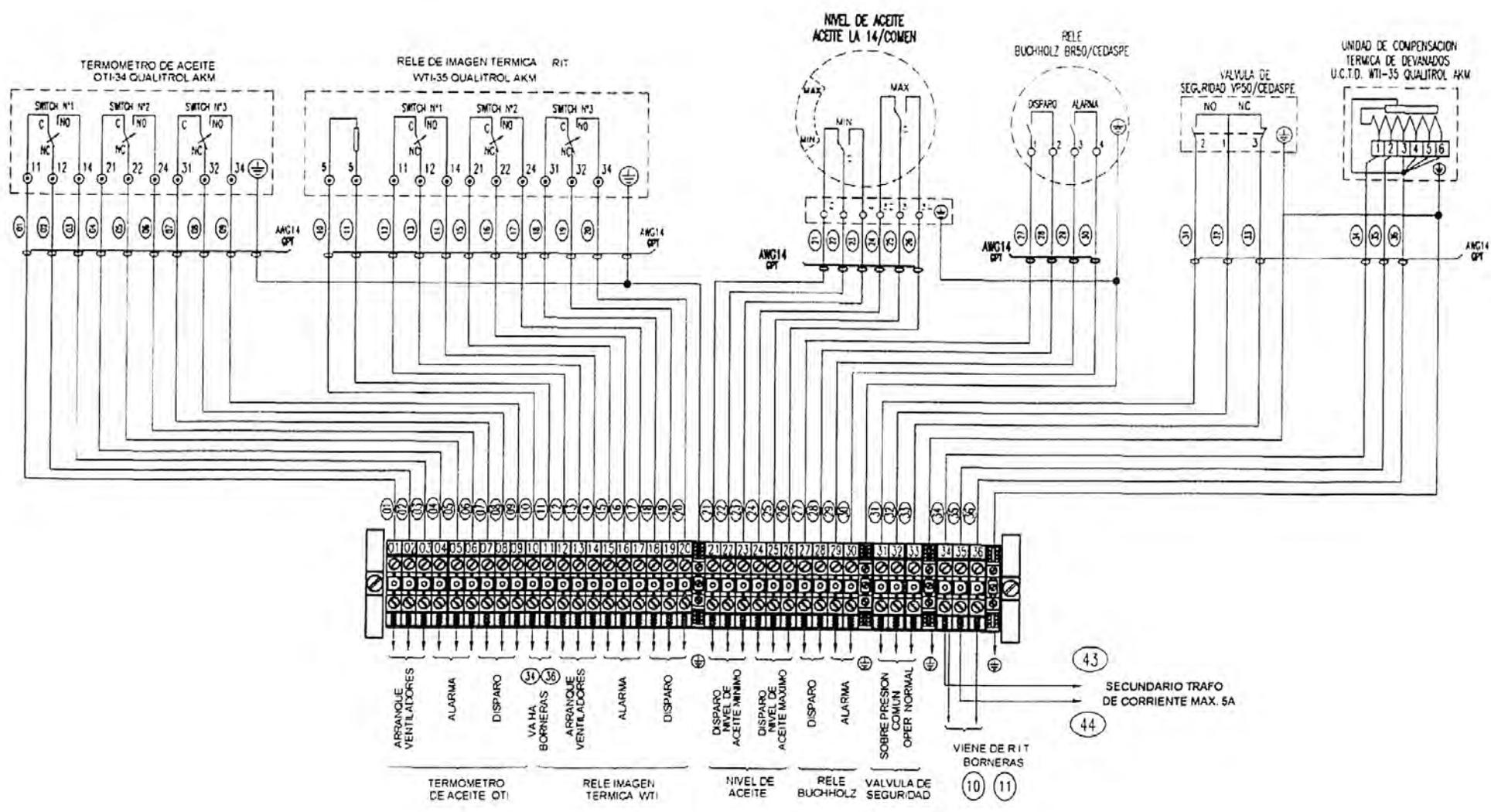
Fecha: 10-04-13 / 10-04-13 / 10-04-13 / 10-04-13
 N° Orden Producción: OP 2204-11525 / N° Serie: TR 2012-10018

Código: 11525-DD-06 / Hoja: 1 / N° Planos: 2 / Rev: 02 / Área: DD SGE-F-DD-003 V03 / Archivo: D:\transf\backup\2011

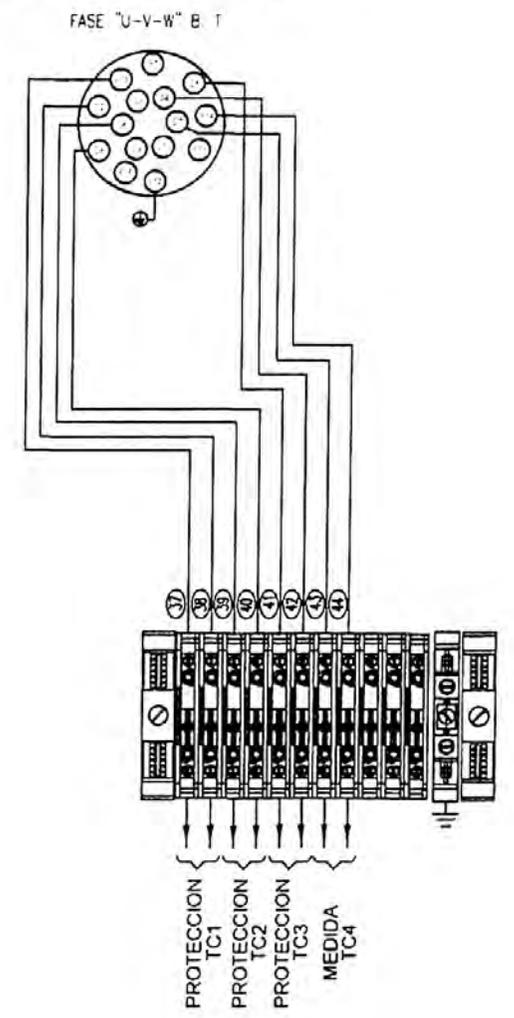
Proyección: Escala: A3 S/E

N° Rev	Descripción de Revisión

CONEXIONADO DE ACCESORIOS DE PROTECCION



DISPOSICION EXTERNA DE LOS T. C. MEDIDA Y PROTECCION



EPLI S.A.C.
EUGENIO PAZOS

				Ciente:	EATHISA PERU S.A.	Titulo Plano:		DIAGRAMA DE CONTROL	
<small>Todos los diseños aquí referenciados son propiedad de EPLI S.A.C. y no deben ser alterados ni copiados sin la autorización escrita de la compañía según lo dispuesto por Ley.</small>				Descripción Transformador: TP30 5 - 6.25 MVA ONAN-ONAF 20000+2x2.5%/10000V, Dyn1, 60Hz, 1000mm		Código: 11525-DD-05		Proyección:	
Nombre	C.A.P.	C.A.P.	E. A. P. D.	E. A. P. D.	Orden Producción:	N° Serie:	Hoja: 1	Nº Planos: 1	Rev: 00
Fecha	17-05-13	17-05-13	17-05-13	17-05-13	OP 2204-11525	TR 2012-10018-01	Area: DD	SGE-F-DD-003 V03	Archivo: D:/transf11/budcup/2012
Firma							A3	Escala:	S/E



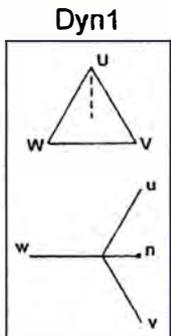
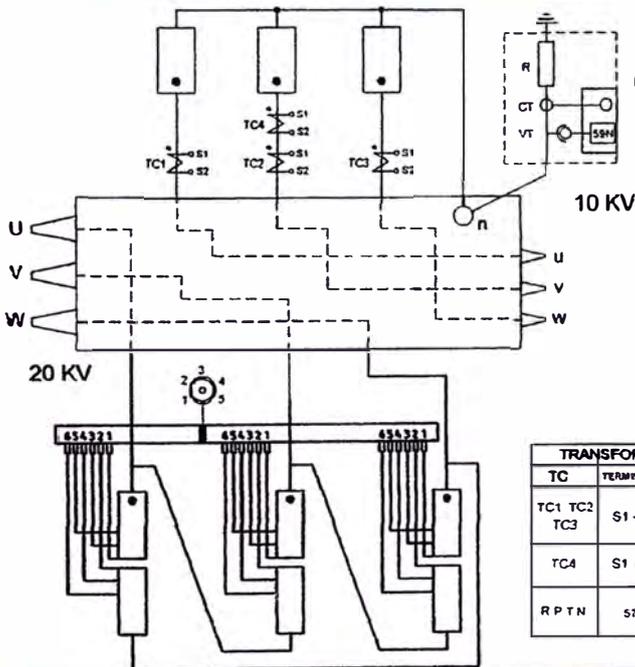
EPLI S.A.C.

TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA

TAG	TR - SP - 001	NORMA	CEI - 60076	REGULACION AT	
SERIE	TR2012-10018-01	FRECUENCIA	60 Hz	POS	VOLTIOS
TIPO	TP30	T.C.C. 75°C	5 10 %	1	21000
FASES	3	ENFRIAMIENTO	ONAN 80%	2	20500
KVA(ONAN)	5000	AISLAMIENTO	ONAF 100%	3	20000
KVA(ONAF)	6250	NIVEL DE AISLAMIENTO	Ao	4	19500
VOLT. AT	20000 V	DEVANADOS	BIL INTERNO	5	19000
VOLT. BT	10000 V	AT	24 / 50 / 125 KV	PESO P. ACTIVA 5932 Kg	
AMP. AT	114.34 / 180.42 A	BT	12 / 28 / 75 KV	PESO ACEITE 2438 Kg	
AMP. BT	288.68 / 360.84 A	Δ T. SUP. ACEITE	60 °C	PESO TOTAL 12453 Kg	
ALTITUD	1000 msnm	Δ T. MEDIA Cu.	65 °C	FABRICACION 18/03/2013	
G.CONEX.	Dyn1	T. MAX. AMBIENTE	40 °C	ACEITE NYNAS	

MANUAL DE USUARIO : SGE - M - TR - 001

JR. TARAPOTO 1167-BREÑA-LIMA-PERU (ALT. CDRA. 11 AV. TINGO MARIA)
 TELFS. - 3301595 - 3302362 - 4339614 FAX:(61-1)4248629
 JR. LUIS CARRANZA 2295-CERCADO-LIMA (ALT. CDRA 23 AV. COLONIAL)
 TELFS. - 336-6695 FAX:(61-1)336-7358 www.epli.com.pe



TC	TERMINALES	RELACION	VA	CLASE	APLICACION
TC1 TC2 TC3	S1 - S2	400/5 A	20	SP20	PROTECCION (10 KV)
TC4	S1 S2	400/5 A	5	1	MEDIDA R.T. (10 KV)
R P T N	5774V LN 200Amp 290 10s				RESISTENCIA PUESTA TIERRA NEUTRO

295

EPLI S.A.C.

Todas las diseños son propiedad de EPLI S.A.C. y no deben ser utilizados ni copiados sin la autorización escrita de la compañía según lo dispuesto por Ley.

Diseñado/Dibujado/Revisado/Aprobado

Nombre: M. A. S. C. A. P. E. A. P. D. I. E. A. P. D.

Fecha: 18-03/13 18-03-13

Firma: [Signature]

Cliente: EATHISA PERU S.A.

Título Plano: PLACA DE CARACTERISTICAS

Código: 11525-00-09

Hoja: 1

Nº Planos: 2

Rev: 0

Area: DD SGE-F-DD-003 V03

Escala: A4 S/E

Archivo: 08/transmtr/08eap/2012

Proyección: [Symbol]

Descripción Transformador: TP30 S/6.25MVA ONAN-ONAF 20-2x2.5%/10KV, Dyn1, 60Hz, 1000msnm

Nº Orden Producción: TR 2012-10018-01

Nº Serie: OP 2204-11525

EPLI S.A.C.
 EUGENIO PAZOS

ANEXO 7:
HOJA DE DATOS DE RELÉ DE PROTECCIÓN F650.



F650

CONTROLADOR DIGITAL DE POSICIÓN

Sistema de Protección, Control, Monitorización y Medida para Alimentadores y Líneas de Transmisión

VENTAJAS CLAVE

- Características de control únicos incorporados - Protección completo de alimentador más lógico programable
- Control completo y económico para sistemas complejos - Utilice la lógica programable compatible con IEC para personalizar la funcionalidad de su sistema de protección y control para cada aplicación específica
- El mejor interfaz humano-máquina. Display LCD retroiluminado estándar de 4x20 caracteres, o display gráfico de 16 x 40 (240 x 128 pixels), teclas programables, y botón navegador para seleccionar menús y submenús de ajustes
- Minimice el tiempo de reemplazo. Construcción modular con tarjetas extraíbles.
- Reduzca el tiempo de solución de problemas y los costes de mantenimiento. Sincronización IRIG-B, reportes de eventos, captura osciligráfico, dato logger
- Acceso sencillo a toda la información en varios protocolos, o través de puertos RS232, RS485 y Ethernet
- Flexibilidad de integración óptima gracias a protocolos estándares abiertos - Modbus RTU y sobre TCP/IP, DNP 3.0, IEC 60870-5-104
- Compatible con navegadores de internet estándares o través de protocolos Http, ftp y tftp.
- Mínimo tiempo de desconexión - puertos Ethernet redundantes de gran fiabilidad con 10/100BaseTX, 100BaseFX con conectores ST, y un doble 100BaseFX con conectores ST.
- Monitorización completa medida completa incluyendo demanda y energía
- Sigue la evolución de la tecnología - Memoria flash para actualizaciones en campo

APLICACIONES

- Gestión y protección primaria de alimentadores de distribución y seccionadores de barras
- Protección de respaldo para barras, transformadores y líneas
- Sistema de protección de interconexión de generador distribuido de gran fiabilidad

CARACTERÍSTICAS

Protección y Control

- Sobreintensidad instantánea, temporizada y direccional de fase neutra, tierra, y tierra sensible
- Sobreintensidad temporizada de secuencia negativa
- Detección de conductor roto
- Frenado por tensión para la sobreintensidad temporizada de fase
- Máximo y mínimo tensión de línea, barras y auxiliares
- Máximo tensión de secuencia homopolar
- Máximo y mínimo frecuencia
- Folio de interruptor
- Imagen térmica
- Secuencia inverso
- Unidades adicionales de tensión (27X, 59X)
- Tensión de secuencia inverso
- Potencia directa, inverso y mínimo potencia
- Reenganchador de cuatro intentos
- Tres grupos de ajustes
- Comprobación de sincronismo
- Folio de Fusible
- Hasta 32 entradas digitales programables
- Hasta 16 salidas digitales

- Supervisión del circuito de disparo
- Fuente de alimentación redundante opcional
- Lógico programable

Monitorización y Medida

- Localizador de faltas, registro de los últimos 10
- Operación del interruptor y fallo de disparo
- Corriente de arco total del interruptor
- Registro de 479 eventos
- Oscilografía y dato logger de alta resolución, con relación de muestreo programable
- Medido V I Hz W VAR VA FP
- Demanda Ia, Ib, Ic, Ig, I2, MW, MVAR, MVA
- Interfaz gráfico totalmente configurable
- Panel de alarmas

Interfaz de Usuario

- Panel frontal con botón navegador, y display local retroiluminado con caracteres alfanuméricos (4x20) o gráficos (16x40)
- Puertos RS232 y RS485 hasta 115200 bps
- Puertos Ethernet 10/100BaseTx, 100BaseFx con conectores ST, y 100BaseFX doble opcional con conectores ST para redundancia físico del medio
- Multitud de protocolos - ModBus RTU y sobre TCP/IP, DNP 3.0, IEC 60870-5-104, Http, ftp, tftp
- Software EnerVista - un paquete de herramientas de software que simplifiquen el uso de dispositivos GE Multilin

Protección

El F650 ofrece protección y control de alta velocidad para aplicaciones de posición, incluyendo:

Sobreintensidad

El equipo dispone de unidades de sobreintensidad instantánea y temporizada para fases, neutro, tierra y tierra sensible, así como sobre intensidad temporizada para secuencia inversa. Las curvas de tiempo incluyen IEC, GE IAC, I²t, tiempo fijo, curva del rectificador y curva de usuario FlexCurve. La sobreintensidad temporizada de fase dispone de una característica programable de frenado por tensión, que permite una sencilla coordinación con otros equipos.

Funciones Direccionales

El F650 incorpora funciones direccionales para las intensidades de fase, neutro, tierra y tierra sensible. Los elementos direccionales de neutro pueden programarse para operar bajo polarización por tensión homopolar, por intensidad de tierra sensible, o polarización dual.

Asimismo, es posible programar esquemas de protección bidireccionales.

Protección de Tensión

El equipo incorpora los siguientes funciones de tensión:

- Mínima tensión de fases
- Máxima tensión de fases
- Máxima tensión de secuencia inversa
- Máxima tensión homopolar
- Unidad adicional que puede utilizarse para protección de tensión de barras

Funciones de Frecuencia

El equipo dispone de unidades independientes para máximo y mínimo frecuencia.

Fallo de Interruptor

El F650 incorpora una unidad de fallo de interruptor, que proporciona detección de fallo de interruptor poro esquemas tripolares.

Pueden utilizarse los contactos auxiliares del interruptor, o la supervisión de corriente, o Secuencia de programación del PLC en IEC 61131-3 ambos, para determinar una condición de fallo de interruptor. La función puede iniciarse y bloquearse internamente y/o externamente o través de entradas o comunicaciones. Se ha incluido una unidad de corriente de arco del interruptor.

Reenganchador Automático

El reenganchador automático está pensado para su uso en esquemas de disparo tripolar en aplicaciones de un solo interruptor.

Dispone de cuatro intentos de reenganche. Cada intento tiene una temporización ajustable de forma independiente. El esquema de reenganche dispone de salidas que pueden ser utilizadas para modificar los ajustes de protección entre intentos.

Comprobación de Sincronismo

El F650 incluye una función de comprobación de sincronismo. Esta función monitoriza la diferencia máxima de tensión (ΔV), el desfase ($\Delta \phi$) y el deslizamiento de fuente sin tensión.

El algoritmo permite compensar el tiempo de cierre del interruptor para optimizar las condiciones de cierre.

Múltiples Grupos de Ajustes

La memoria no volátil del F650 almacena hasta 3 grupos de ajustes independientes. Como se muestra en el diagrama de bloques, el F650 incorpora tres unidades poro cada función de protección. Todas ellas pueden estar activas simultáneamente en

un único grupo. o agruparse en tres tablas independientes.

El cambio de tabla activa puede realizarse internamente y/o externamente a través de entradas, comunicaciones, o combinaciones de ambas.

Fallo de Fusible

El F650 incorpora un esquema que detecta una condición de fallo de fusible monitorizando la intensidad y tensión de secuencia positiva y negativo.

Control

El cerebro del F650 incluye un PLC virtual de altas prestaciones. Este PLC puede programarse siguiendo el lenguaje IEC1131-3 por diagramas de bloques funcionales.

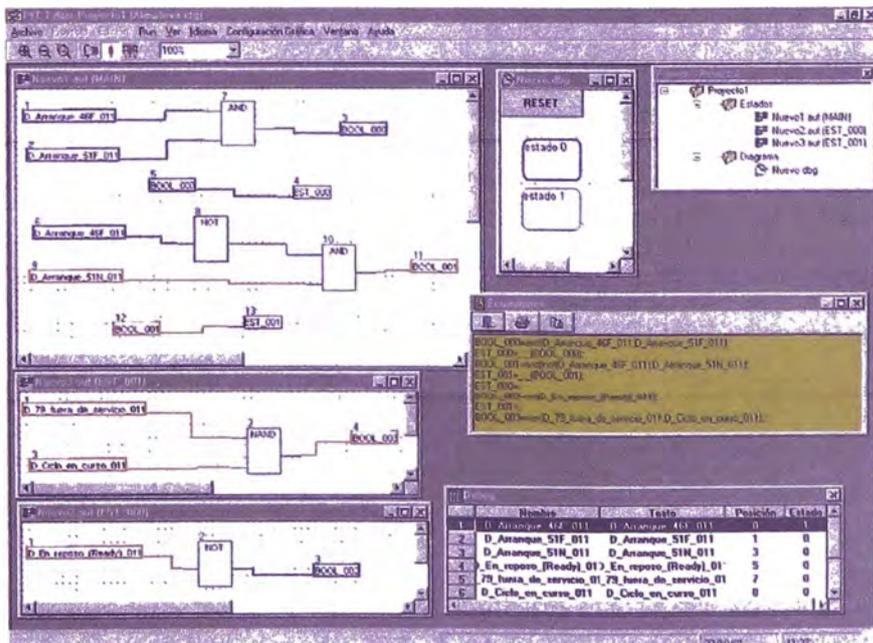
El F650 puede incorporar entre 8 y 32 entradas digitales, y entre 8 y 16 salidas, dependiendo del modelo seleccionado. Todas las entradas digitales pueden filtrarse con un tiempo de antirrebote individual para cumplir con los requisitos de cada usuario.

Los umbrales programables permiten utilizar distintos niveles de tensión (0 a 255 Vcc) en el mismo modelo. Esto se consigue programando los umbrales deseados mediante el uso de entradas casi analógicos.

El software gratuito EnerVista F650 Setup permite programar todos los interbloqueos y secuencias de interrupción. Estas operaciones se realizan fácilmente o través del interfaz gráfico, sin necesidad de conocimiento previo de aplicaciones de software.

El mismo programa se utilizo como interfaz gráfico poro el usuario. Los pantallas de monitorización, medidos y el panel de alarmas pueden visualizarse simplemente arrastrando los símbolos. El F650 incorporo uno completo librería de símbolos

Secuencia de programación de PLC en IEC 61131-3



Monitorización y Medida

Funciones Básicas de Medida

El F650 proporciona los siguientes valores de medida.

- Intensidad: I_a, I_b, I_c, I_n, I_g, I_{sg}
- Tensión simple y compuesto poro borro y línea: V_{an}, V_{bn}, V_{cn}, V_{ob}, V_{bc}, V_{co}, V_x.
- Potencia activo (por fase y total): W_a, W_b, W_c, W.
- Potencia reactivo (por fase y total): VAR_a, VAR_b, VAR_c, VAR.
- Factor de potencia (por fase y total)
- Frecuencia

Estas señales están disponibles en el display local, y en modo remoto o través de comunicaciones.

Funciones Básicas de Registro

Las funciones de registro del F650 incluyen:

- Registro de eventos capaz de almacenar 479 eventos etiquetados en tiempo con precisión de 1 milisegundo real.
- Hasta 20 registros de oscilografía. Lo capacidad de codo registro dependerá del tipo de oscilo seleccionado (1 Mbyte / N° máximo de oscilos).

Estos registros se almacenan en memoria no volátil. De este modo, se evita la necesidad de monitorización y mantenimiento de la batería.

Monitorización del Circuito de Disparo

El F650 dispone opcionalmente de dos circuitos completos de supervisión para las bobinas y circuitos de disparo y cierre del interruptor. Estos entradas de supervisión monitorizan el nivel de tensión de la batería y la continuidad de los circuitos de disparo y/o cierre, aplicando intensidad a través de estos circuitos y verificando que fluye correctamente. Para aplicar esto característico es necesario seleccionar la opción 2 poro lo primero tarjeta de entradas y salidos.

Comunicaciones

El F650 incorpora hasta tres puertos que operan de formo independiente. Los puertos redundantes están disponibles para aplicaciones de alto fiabilidad:

TARJETA1	COM1	COM2
F	RS232 frontal	--
A	RS232 frontal + RS485 trasera	RS485 trasera
P	RS232 frae tol + FO plástico trasera	FO plástico trasera
G	RS232 frontal + FO vidrio trasera	FO vidrio trasera
TARJETA 2	COM3	
B	10/100 Base TX	
C	10/100 Base TX + 100 Base FX	
D	10/100 Base TX + 100 Base FX redundante	

Los protocolos disponibles para los puertos traseros 1 y 2 son ModBus RTU y DNP 3.0 serie.

El tercer puerto está situado en una tarjeta de comunicaciones extraíble. Estas tarjetas desenchufables son fácilmente sustituibles en el futuro con la llegada de nuevas normas al mercado, ofreciendo de esta forma una vía de migración para el usuario.

Los protocolos disponibles para el tercer puerto son DNP 3.0 sobre TCP/IP, UDP/IP, ModBus sobre TCP/IP e IEC 60870-5-104.

Seguridad

El F650 utiliza tecnología flash, que facilita las futuras actualizaciones sin necesidad de modificar el equipo o actualizar las EPROMs. Los parámetros principales, tales como ajustes, configuración de entradas y salidas, etc. se almacenan en memoria flash no volátil utilizando mecanismos de respaldo para una mayor seguridad.

El equipo incorpora una memoria de arranque de respaldo para evitar fallos durante el proceso de actualización, creando un nuevo nivel de seguridad y máximo disponibilidad del equipo.

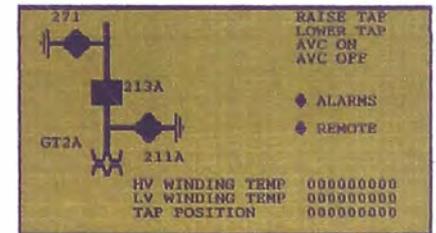
Programa de Instalación



El programa de software gratuito EnerVista F650 Setup ofrece un acceso completo a la información del relé, así como a la configuración lógica de tipo PLC.

Teclado y Display

El F650 está disponible en dos versiones, una con pantalla alfanumérica (4x20 caracteres) y otra con pantalla gráfica (16x40 caracteres). Este último dispone de retroiluminación fluorescente para una óptima visibilidad en cualquier condición.



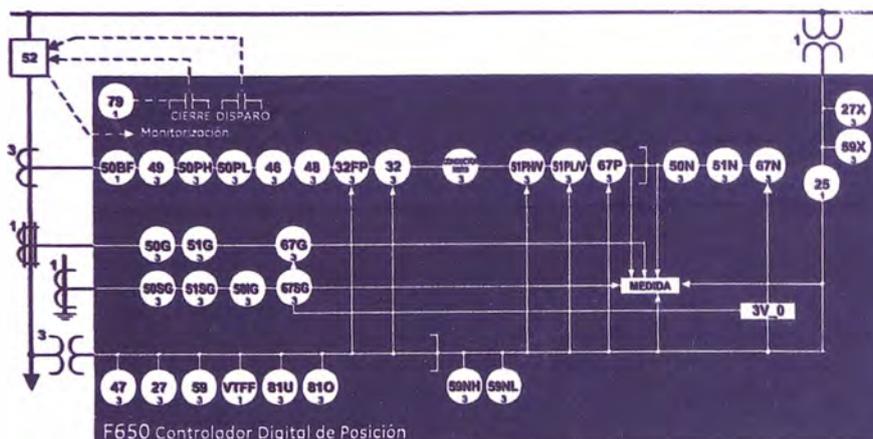
Indicadores LED

El equipo incorpora 15 LEDs programables de color verde, naranja y rojo, con etiquetas fácilmente adoptables por el usuario, para permitir una comprensión rápida y fiable de las indicaciones. Cinco pulsadores adicionales, todos ellos configurables, permiten automatizar las funciones de control más comunes (abrir/cerrar interruptor, bloquear el reenganchador, etc.).

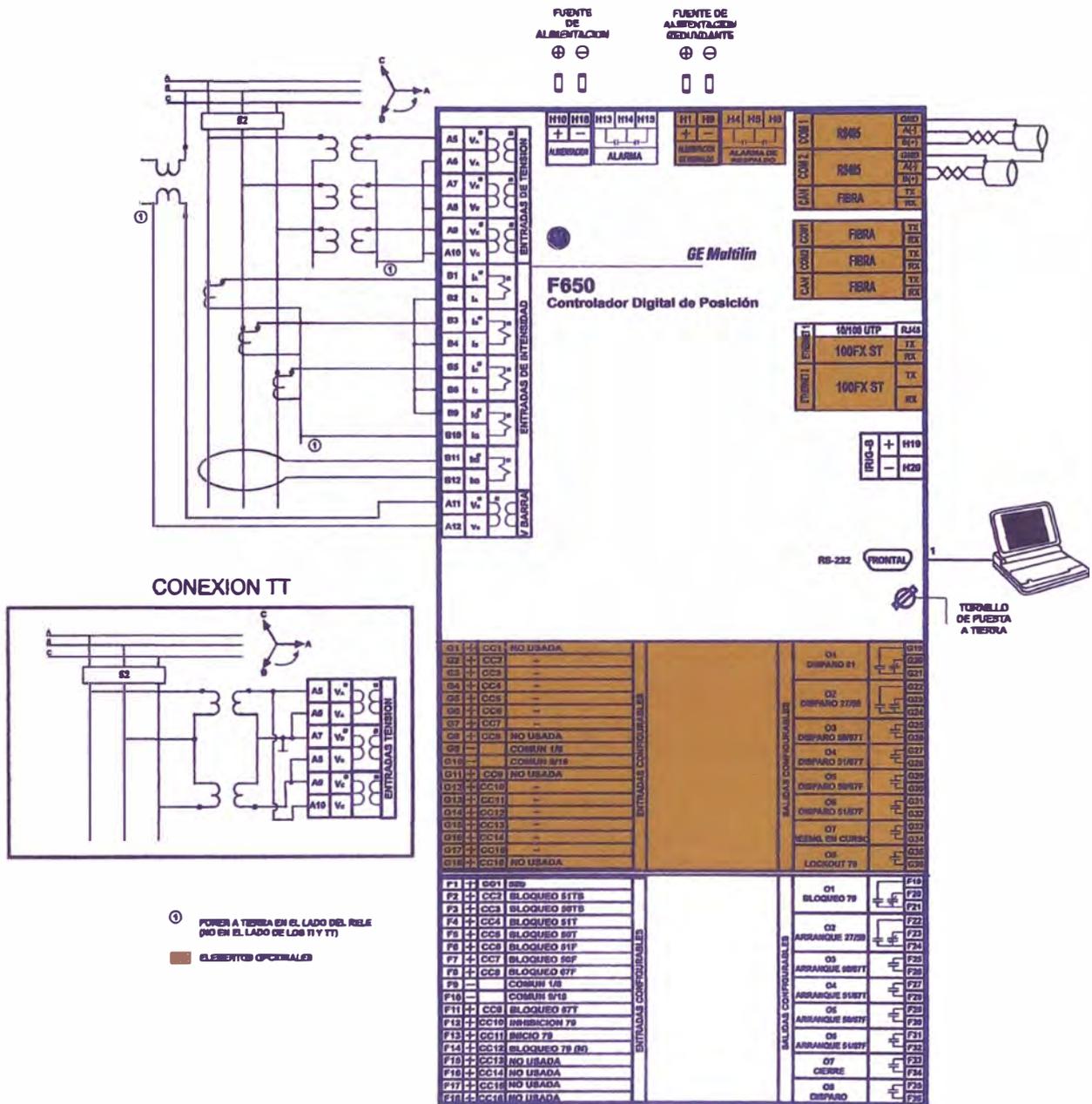
Botón Navegador

El regulador del frente del equipo, junto a una tecla de escape, hacen que el F650 sea muy sencillo de utilizar, de formo similar a lo navegación con ratón en un PC o al control de un video doméstico.

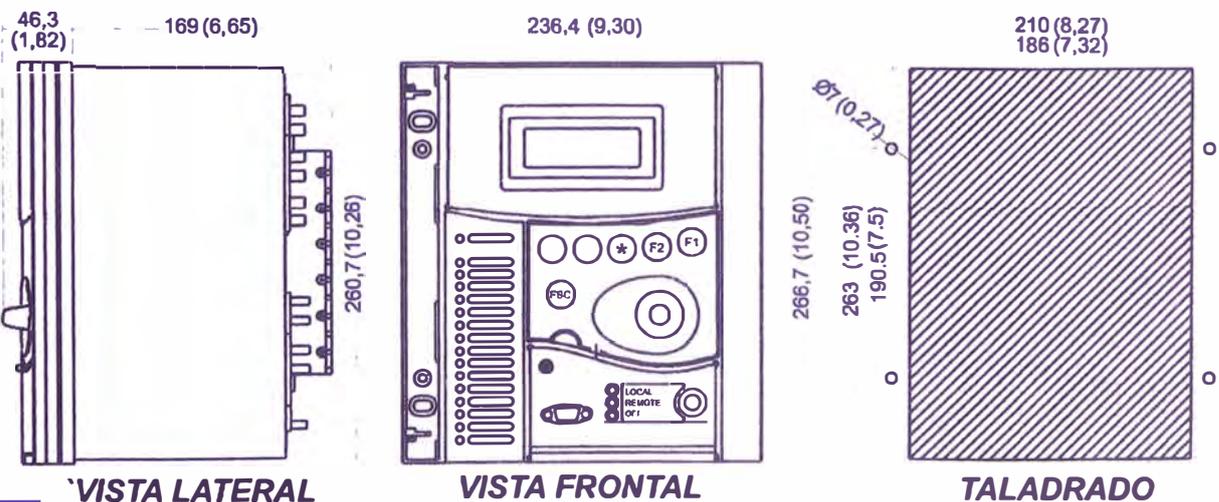
Diagrama Funcional de Bloques



Conexiones Externas



Dimensiones



Especificaciones Técnicas

PROTECCION	
SOBREINTENSIDAD TEMPORIZADA (51PH, 51PL, 51N, 51G)	
Nivel de arranque:	0.05 - 160 A en pasos de 0.01 A
Curvas:	IEC, IEEE, ANSI, IAC, I't, Flexcurve™, tiempo definido
Dial de tiempos:	0-900 en pasos de 0.01
Tiempo definido:	Hasta 900 seg (pasos de 10 ms)
Precisión:	
Nivel:	±0.5% de la lectura ±10 mA hasta 10 A ±1.5% de la lectura para valores >10 A
Tiempo:	Desde 1.05 veces el arranque, ±3.5% ó ±30 ms
SOBREINTENSIDAD INSTANTÁNEA (50PH, 50PL, 50N, 50G)	
Nivel de arranque:	0.05 - 160 A en pasos de 0.01 A
Tiempo definido:	Hasta 900 seg (pasos de 10 ms)
Precisión:	
Nivel:	±0.5% de la lectura ±10 mA hasta 10 A ±1.5% de la lectura para valores >10 A
Tiempo:	Desde 1.05 veces el arranque, ±3.5% ó ±30 ms
SOBREINTENSIDAD TEMPORIZADA DE TIERRA SENSIBLE (51SG)	
Nivel de Arranque:	0.005 - 16 A en pasos de 0.001 A
Curvas:	IEC, IEEE, ANSI, IAC, I't, Flexcurve™, tiempo definido
Precisión:	
Nivel:	±0.5% de la lectura ±10 mA hasta 10 A ±1.5% de la lectura para valores >10 A
Tiempo:	Desde 1.05 veces el arranque, ±3.5% ó ±30 ms
SOBREINTENSIDAD INSTANTÁNEA DE TIERRA SENSIBLE (50SG)	
Nivel de arranque:	0.005 - 16 A en pasos de 0.001 A
Precisión:	
Nivel:	±0.5% de la lectura ±10 mA hasta 10 A ±1.5% de la lectura para valores >10 A
Tiempo:	Desde 1.05 veces el arranque, ±3% ó ±30 ms
UNIDADES DIRECCIONALES DE FASE (67P)	
Polarización:	Tensión cruzada
Tensión de polarización:	0 a 300 Vca
Angulo característica:	-90° a +90° en pasos de 1°
UNIDADES DIRECCIONALES DE NEUTRO Y TIERRA (67N/67G)	
Polarización:	Tensión homopolar, corriente, dual
Tensión de polarización:	0 a 300 Vca
Angulo característica:	-90° a +90° en pasos de 1°
UNIDADES DE SECUENCIA NEGATIVA (46)	
Nivel de arranque:	0.05 - 160.00 A en pasos de 0.01 A
Curvas:	IEC, IEEE, ANSI, IAC, I't, Flexcurve™, tiempo definido
Precisión:	
Nivel:	±1% de la lectura ±20 mA hasta 10 A ±3% de la lectura para valores > 10 A
Tiempo:	Desde 1.05 veces el arranque, ±3.5% ó ±30 ms
MÁXIMA TENSIÓN (59P/59NH/59NL/59X)	
Tensión:	Fosor fundamental a tensión compuesta
Nivel de arranque:	3 a 300 V en pasos de 1 V
Nivel de reposición:	97% del arranque
Tipo de reposición:	instantáneo a temporizado
Precisión de nivel:	±3% de la lectura
Precisión de tiempo:	Desde 1.05 veces el arranque, ±3.5% ó ±30 ms
MÍNIMA TENSIÓN (27P/27X)	
Tensión:	Fosor fundamental o tensión simple
Nivel de arranque:	3 a 300 V en pasos de 1 V
Nivel de reposición:	97% del arranque
Tipo de reposición:	Instantáneo
Precisión de nivel:	±3% de la lectura
Precisión de tiempo:	Desde 1.05 veces el arranque, ±3.5% ó ±30 ms
TENSIÓN DE SECUENCIA NEGATIVA (47)	
Nivel de Arranque:	3 a 300 V en pasos de 1 V
Temporización:	0.0 a 900 en pasos de 0.01 s
UNIDADES DE MÁXIMA FRECUENCIA (810)	
Nivel de arranque:	20.00 a 65.00 en pasos de 0.01 Hz
Nivel de reposición:	Arranque - 0.03 Hz
Tipo de reposición:	Instantáneo
Precisión de nivel:	±0.02 Hz
Precisión de Tiempo:	Desde 1.05 veces el arranque, ±3.5% ó ±100 ms
UNIDADES DE MÍNIMA FRECUENCIA (81U)	
Nivel de arranque:	20.00 a 65.00 en pasos de 0.01 Hz
Nivel de reposición:	Arranque - 0.03 Hz
Tipo de reposición:	Instantáneo a temporizado
Precisión de nivel:	±0.02 Hz
Precisión de Tiempo:	Desde 1.05 veces el arranque, ±3.5% ó ±100 ms

PROTECCION				
IMAGEN TERMICA (49)				
Intensidad de toma:	0.05 - 160 A en pasos de 0.01 A			
Constante de calentamiento:	3-600 min			
Constante de enfriamiento:	1-6 veces T1			
Nivel de alarma:	1-100%			
FALLO DE INTERRUPTOR (SOBF)				
Nivel de arranque:	0.05 a 160 A en pasos de 0.01			
Temporización:	0.00 a 900.00 s en pasos de 10 ms			
COMPROBACIÓN DE SINCRONISMO (25)				
Diferencia de módulo:	≥ 300 V en pasos de 10 mV			
Desfase:	≥ 80° en pasos de 1°			
Deslizamiento de frecuencia:	10 a 500 mHz en pasos de 10 mHz			
Tiempo de sincronismo:	0.01 a 600 s			
CONTROL				
Display gráfico:	128x240 pixels 16 x 40 caracteres			
Display de texto:	4 líneas x 20 caracteres			
Lógica de PLC virtual según IEC 61131-3	Diagramas de bloques			
MONITORIZACIÓN				
FALLO DE TT				
Programable para inhabilitación de funciones				
MONITORIZACIÓN DE BOBINA DE CIERRE/DISPARO				
Detección de circuitos abiertos de disparo y cierre				
CAPTURA OSCILOGRÁFICA				
Canales de datos:	5 intensidades 4 tensiones, 16 estados digitales			
Ritmo de muestreo:	4, 8, 16, 32 ó 64 muestras por ciclo			
Fuente de arranque:	Arranque/Disparo/caída, evento de control/alarma, entrada lógica o comando manual			
Posición de arranque:	5% a 95%			
Capacidad de almacenaje:	Hasta 20 registros. Los registros pueden ser concatenados mediante ajuste. Muestras programables a 4, 8, 16, 32 ó 64 muestras por ciclo			
SALIDAS				
CONTACTOS DE SALIDA				
Capacidad de cierre para 0.2 s:	30 A según ANSI C37.90			
Cierre continuamente:	16 A			
Corte a L/R 40 ms:	0.25 A a 250 Vcc			
Tiempo de operación:	< 8 ms			
Material de contacto:	Aleación de plata adecuado para cargos inductivos			
Tensión máx. de operación:	400 Vca			
RELÉS DE SALIDA				
Configuración:				
Tarjeta 1:	2 contactos conmutados y 6 contactos normalmente abiertos			
Tarjeta 2:	8 contactos normalmente abiertos			
Ratios máximos para 100.000 operaciones:				
TENSION	CAP. CIERRE CONTINUAM.	CAP. CIERRE 0.2 s	CORTE	CARGA MÁX
CC Resistiva/4 Vcc	16 A	48 A	16 A	186W
48 Vcc	16 A	48 A	7.5 A	125W
125 Vcc	16 A	48 A	0.6 A	75 W
250 Vcc	16 A	48 A	0.5 A	125 W
CC Inductiva/4 Vcc	16 A	48 A	8 A	197 W
48 Vcc	16 A	48 A	1.3 A	67 W
125 Vcc	16 A	48 A	0.3 A	111 W
L/R=40ms/250 Vcc	16 A	48 A	0.25 A	62.5 W
CA Resist. 120 Vca	16 A	48 A	16 A	720 VA
250 Vca	16 A	48 A	16 A	4000 VA
CA Induct. 120 Vca	16 A	48 A	16 A	720 VA
FP = 0.4 250 Vca	16 A	48 A	16 A	1250 VA
COMUNICACIONES				
RS232:	Puerto frontal (Hasta 115 kbps)			
RS485:	1 ó 2 puertos traseros (hasta 115 kbps)			
Fibra óptica plástica/vidrio:	1 ó 2 puertos traseros, con conector tipo ST			
Puerto Ethernet:	100 BaseTX a 100 BaseFX redundante 10/100 BaseTX			
MEDIOAMBIENTALES				
Temperatura:				
Almacenaje:	-40°C a +80°C			
Funcionamiento:	-10°C a +60°C (*)			
Humedad:				
Hasta 95% sin condensación				
(*) Display visible hasta +70°C y fuente operativa hasta +85°C				

ENTRADAS	
ENTRADAS DE INTENSIDAD DE FASE	
Entrada del relé:	Universal 1 ó 5 A
Consumo:	Menor de 0.2 VA a 1 ó 5 A
Umbral de sobrecarga:	1 segundo a 500 A continuo a 20 A
Errores calculados de intensidad de neutro: 3 x entradas de fase	
ENTRADA DE INTENSIDAD DE TIERRA	
Relación TI fuente:	1 a 6000 en pasos de 1
Entrada del relé:	Universal 1 ó 5 A
Consumo:	Menor de 0.2 VA a 1 ó 5 A
Rango de conversión:	0.01 a 20 x TI (sólo frecuencia fundamental)
Precisión:	A < 2 x TI ±0.5% de 2 x TI A >= 2 x TI ±1% de 20 x TI
Umbral de sobrecarga:	1 segundo a 500 A continuo a 20 A
ENTRADAS DE TENSIÓN DE BARRA Y LÍNEA	
Relación de TT Fuente:	1 a 6000 en pasos de 1
Entrada del relé:	2-200 Vca fase-neutro
Consumo:	Menor de 0.025 VA a 120 V
Máximo continuamente:	260 Vca 420 Vca 1 minuto
Precisión (0-40°C):	+0.25% de la escala total (10 a 130 V) ±0.8% de la escala total (130 a 273 V) (para triángulo abierto, la fase calculada tiene errores 2 veces superiores a los indicados)
ENTRADAS LÓGICAS	
Entradas:	Hasta 32 (dependiendo del modelo)
Contactos con Tensión:	2 a 255 Vcc (umbral programable)
ENTRADAS DE MONITORIZACIÓN DE BOBINAS DE DISPARO Y CIERRE	
Rango de tensión aceptable:	20 a 250 VCC
Trickle Current:	2 mA a 5 mA
ENTRADA IRIG-B	
Demodulado, codificado por anchura de pulso	
Cambio CC:	TTL
Formatos:	8000, 8002 y 8003
FUENTE DE ALIMENTACIÓN	
Opciones:	
Rango LO:	CC 24 a 48 V
Rango HI:	CC 110 a 250 V CA 110 a 240 V
Potencia:	75 VA nominal, máxima 35 VA
Tiempo de pérdida de tensión:	200 ms típico
NORMAS	
Rigidez dieléctrica:	2kV, 50/60 Hz, 1 min
Prueba de impulso:	5 kv pico, 0.5 J
Interferencias 1 MHz:	Clase III de acuerdo con CEI 60255-22-1
Descarga electrostática:	Clase IV de acuerdo con CEI 60255-22-2
Radiointerferencias:	Clase III de acuerdo con CEI 60255-22-3
Transitorios rápidos:	Clase IV de acuerdo con CEI-60255-22-4
Vibración Sinusoidal:	Clase I de acuerdo con CEI 60255-21-1
Choque:	Clase I de acuerdo con CEI 60255-21-2
Emisión de Radiofrecuencia:	De acuerdo con CEI 418 (Sec B1) y ENS5022 clase B
Oscilaciones/transitorios rápidos:	ANSI/IEEE C 37.90.1
Límite capacidad interferencias electromagnéticas:	ANSI/IEEE C 37.90.2
CERTIFICADOS	
CE:	Cumple con EN/IEC 60255, 61010
ISO:	Fabricado según un programa registrado ISO9001
UL/CSA:	En proceso
EMBALAJE	
Peso aproximado:	
Neto:	5 kgs (11 lbs)
Embalado:	6 kgs (13.2 lbs)
Dimensiones de embalaje: 30x40x50 cm	
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	
<ul style="list-style-type: none"> Caja metálica de 1/2 rack de 19" y 6 unidades de altura Nivel de protección IP52 (según IEC 529) 	
* Especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso	

Especificaciones Técnicas

El sistema de protección y control deberá estar basado en microprocesador y ofrecer una funcionalidad completa de protección, control, monitorización, medida y registro para la posición de subestación. El equipo ofrecerá opcionalmente una fuente de alimentación redundante.

Las comunicaciones se realizarán a través de un puerto frontal, así como de tarjetas de comunicación desenchufables (plug and play).

Se dispondrá de varios protocolos de comunicación, incluyendo Modbus® RTU y TCP/IP, DNP 3.0 serie y sobre Ethernet (TCP/IP y UDP/IP), e IEC 60870-5-104.

Protección:

- S/I instantánea de fase, neutro, tierra, tierra sensible y neutro aislado (50PH, 50PL, 50N, 50G, 50SG, 50IG)
- S/I temporizada de fase, neutro, tierra y tierra sensible (51P, 51N, 51G, 51SG)
- Control direccional para cada unidad (67P, 67N, 67G, 67SG).
- Imagen térmica (49)
- Secuencia negativa (46)
- Máxima y mínima tensión de fases (27, 59)

- Máxima tensión de secuencia homopolar (59NH, 59NL)
- Funciones adicionales de tensión (27X, 59X)
- Tensión de secuencia inversa (47)
- Máxima y mínima frecuencia (81U, 81O)
- Fallo de interruptor (SOBF)
- Reenganchador de cuatro intentos (79)
- Comprobación de sincronismo (25)
- Potencia directa (32FP)
- Conductor roto (I2/I1)

Medida:

- Medida en tiempo real de $I_a, I_b, I_c, I_n, I_g, I_{ca}, I_d, V_{ab}, V_{bc}, V_{ca}, V_n, P, Q, f, \cos \varphi$

Monitorización:

- Monitorización en tiempo real de elementos de aporamiento (interruptores, switches...)
- Generación y tratamiento de alarmas
- Supervisión de la bobina del interruptor
- Fallo de fusible

Registro y Análisis:

- Registro de eventos
- Registro de oscilografía
- Data logger
- Demanda

Funciones de Control:

- Maniobras programables para varios elementos (condiciones programables de operación, fallo y éxito, así como temporizadores de operación)
- Interbloques programables
- Entradas y salidas configurables
- Diagrama unifilar programable para la posición de subestación

HMI y Comunicaciones:

- Display alfanumérico local para la protección
- Display gráfico local para la información de la posición. Deberá incluir al menos pantallas programables para:
 - Representación del diagrama unifilar
 - Maniobras de aporamiento
 - Acceso a la información de medidas
 - Representación del panel de alarmas
 - Representación del estado de E/S
- Puerto de comunicación frontal (RS232) y trasero (seleccionable de fibra óptica ó RS485) con una velocidad de comunicación máxima de 115kb. Tarjeta de Ethernet con 100BaseFX y 10/100 BaseTX.

Lista de Modelos

Para realizar su pedido seleccione el modelo básico y las características deseadas de la siguiente guía:

F650	*	*	*	F	*	G	*	*	*
F650	B								
	M								
		F							
		A							
		P							
		G							
		X							
		Y							
		Z							
			B						
			C						
			D						
				1					
				2					
					0				
					1				
						LO			
						HI			
						LOR			
						HIR			
									Display básico (4 x 20 caracteres)
									Display gráfico (240 x 128 pixels)
									Tarjeta de comunicaciones serie 1
									Ninguno
									RS485 redundante
									F.O. de plástico redundante
									F.O. de vidrio redundante
									RS485 redundante + CAN entradas/salidas distribuidas
									F.O. de plástico redundante + CAN entradas/salidas distribuidas
									F.O. de vidrio redundante + CAN entradas/salidas distribuidas
									Tarjeta de comunicaciones Ethernet 2
									10/100 Base TX
									10/100 Base TX + 100 Base FX
									10/100 Base TX + 100 Base FX redundante
									Tarjeta de Entradas y Salidas 1
									16 entradas digitales + 8 salidas
									8 entradas digitales + 8 salidas, 2 para supervisión de la bobina de disparo
									Tarjeta de Entradas y Salidas 2
									Ninguna
									16 entradas digitales + 8 salidas
									Tensión Auxiliar
									Fuente: 24-48 VCC (rango: 19.2~57.6)
									Fuente: 110-250 VCC (rango: 88~300)
									Fuente: 120-230 VCA (rango: 88~264)
									LO redundante
									HI redundante
									Opciones de Idioma
								F	Idioma Francés/Inglés
								P	Idioma Ruso/Inglés
								S	Idioma Español/Inglés

ANEXO 8:
CALCULO SECCION DE CONDUCTOR POR CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO.

Considerando un cortocircuito adiabático en el que todo el calor se emplea a aumentar la temperatura del conductor podemos igualar el calor generado por efecto Joule con el calor empleado en el aumento de temperatura del conductor:

Calor generado por efecto joule

$$dQ_j = R \cdot I^2 \cdot dt$$

Donde:

Q: Calor generado por efecto joule [J]

R: Resistencia del conductor [Ω]

I: intensidad del corriente de cortocircuito [A]

t: tiempo [s]

Calor empleado en elevar la temperatura del conductor.

$$dQ_T = c \cdot \gamma \cdot S \cdot L \cdot dT$$

c: calor específico del conductor [J/(kg·°C)]

γ : densidad del conductor [kg/mm³]

S: sección del conductor [mm²]

L: longitud del conductor [m]

T: temperatura [°C]

$$dQ_j = dQ_T$$

$$R \cdot I^2 \cdot dt = c \cdot \gamma \cdot S \cdot L \cdot dT$$

Ponemos la resistencia en función de la resistividad (ρ_T), la longitud y la sección del conductor:

$$\frac{\rho_T \cdot L}{S} \cdot I^2 \cdot dt = c \cdot \gamma \cdot S \cdot L \cdot dT$$

$$\frac{\rho_T}{S} \cdot I^2 \cdot dt = c \cdot \gamma \cdot S \cdot dT$$

Sustituimos la resistividad a la temperatura T por su expresión a 0 °C según la fórmula del punto 5.32 de la UNE 20003 (IEC 28):

$$\rho_T = \rho_0.(1 + \alpha_0.(T - 0))$$

$$\frac{\rho_0.(1 + \alpha_0.(T - 0))}{S} . I^2 . dt = c . \gamma . S . dT$$

$$I^2 . dt = c . \gamma . S^2 . \frac{dT}{\rho_0.(1 + \alpha_0.(T - 0))}$$

A continuación, suponemos temperatura T_i en $t = 0$ y temperatura T_f en $t = t_f$ e integramos:

$$\int_0^{t_f} I^2 . dt = \int_{T_i}^{T_f} \frac{c . \gamma . S^2}{\rho_0} . \frac{dT}{(1 + \alpha_0 . T)}$$

Teniendo en cuenta que I^2 y $\frac{c . \gamma . S^2}{\rho_0}$ son constante.

$$I^2 . t_f = \frac{c . \gamma . S^2}{\rho_0} . (\ln(1 + \alpha_0 . T_f) - \ln(1 + \alpha_0 . T_i)) = \frac{c . \gamma . S^2}{\rho_0 . \alpha_0} . \ln\left(\frac{1 + \alpha_0 . T_f}{1 + \alpha_0 . T_i}\right)$$

Dividiendo por α_0 en el numerador y denominador de la fracción del logaritmo neperiano tenemos:

$$I^2 . t_f = \frac{c . \gamma . S^2}{\rho_0 . \alpha_0} . \ln\left(\frac{\frac{1}{\alpha_0} + T_f}{\frac{1}{\alpha_0} + T_i}\right)$$

α_0 es el coeficiente de variación de la resistencia del cobre con la temperatura, a 0 °C. Si llamamos β a su inversa ($\beta=1/\alpha_0$)

$$I^2 \cdot t_f = \frac{c \cdot \gamma \cdot S^2 \cdot \beta}{\rho_0} \cdot \ln \left(\frac{\beta + T_f}{\beta + T_i} \right)$$

$$\frac{I^2}{S^2} = \frac{c \cdot \gamma \cdot \beta}{\rho_0 \cdot t_f} \cdot \ln \left(\frac{\beta + T_f}{\beta + T_i} \right)$$

$$\frac{I}{S} = \frac{1}{\sqrt{t_f}} \cdot \sqrt{\frac{c \cdot \gamma \cdot \beta}{\rho_0}} \cdot \sqrt{\ln \left(\frac{\beta + T_f}{\beta + T_i} \right)}$$

Si llamamos K al valor de la densidad de corriente de cortocircuito que se produce en un segundo ($t_f = 1$ s) cuando el conductor incrementa su temperatura desde la máxima en régimen permanente (T_{mrp}) hasta la máxima en cortocircuito ($T_f = T_{cc}$) tenemos:

$$K = \frac{I}{S} = \sqrt{\frac{c \cdot \gamma \cdot \beta}{\rho_0}} \cdot \sqrt{\ln \left(\frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}} \right)}$$

Por lo tanto:

$$\sqrt{\frac{c \cdot \gamma \cdot \beta}{\rho_0}} = \frac{K}{\sqrt{\ln \left(\frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}} \right)}}$$

A continuación, sustituimos en la expresión general:

$$\frac{I}{S} = \frac{1}{\sqrt{t_f}} \cdot \sqrt{\frac{c \cdot \gamma \cdot \beta}{\rho_0}} \cdot \sqrt{\ln \left(\frac{\beta + T_f}{\beta + T_i} \right)}$$

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_f}} \cdot \frac{\sqrt{\ln\left(\frac{\beta + T_f}{\beta + T_i}\right)}}{\sqrt{\ln\left(\frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}}\right)}}$$

Lo habitual es querer saber la máxima corriente de cortocircuito, que se produce cuando T_f es igual a T_{cc} . Es por ello que sustituyendo tendremos la fórmula de cálculo general de cortocircuito máximo que podemos encontrar en el apartado 6.2. de la ITC-LAT 06 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión (RLAT).

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_f}} \cdot \frac{\sqrt{\ln\left(\frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_i}\right)}}{\sqrt{\ln\left(\frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}}\right)}}$$

No olvidar que el calentamiento adiabático no supera los 5 segundos y que el cortocircuito se considera estabilizado en 0,1 s, por ello el dominio de la función anterior es para tiempo (t) entre 0,1 y 5 segundos.

Fácilmente vemos que se obtiene la fórmula simplificada cuando suponemos que el cortocircuito se inicia a la máxima temperatura en régimen permanente del conductor ($T_i = T_{mrp}$):

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_f}}$$

Fácilmente podemos comprobar que como es lógico el valor de la intensidad de cortocircuito I será mayor si cuando se produce el cortocircuito el conductor no está funcionando a su máxima temperatura de régimen permanente. De ahí que los valores obtenidos por la fórmula anterior siempre son los más pesimistas.

Nos queda obtener los valores de K para poder aplicar la fórmula del cortocircuito ya sea simplificada o en su expresión completa.

A continuación recuperamos la expresión anterior:

$$K = \frac{I}{S} = \sqrt{\frac{c \cdot \gamma \cdot \beta}{\rho_0}} \cdot \sqrt{\ln\left(\frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}}\right)}$$

Necesitamos los valores de c , γ , β y ρ_0 que podemos extraer o calcular a partir de la tabla expuesta a continuación cuyo contenido pertenece al anexo A de la norma UNE-HD 60364-5-54 (Puesta a tierra y conductores de protección). Esta norma es la actualizada de la UNE 20460-5-54 que figura en el punto 3.4. de la ITC-BT 18 del REBT. El anexo para obtención de K viene referenciado en la nota 4 de la tabla 43A de la norma UNE-HD 60364-4-43 (Protección contra las sobrecorrientes). Esta norma es igualmente la actualizada de la UNE 20460-4-43 que figura en los puntos 1.1 y 1.2 de la ITC-BT 22 del REBT.

Material	β (°C)	Q_c (J/(°C·mm ³))	ρ_{20} (Ω·mm)
Cobre	234,5	$3,45 \times 10^{-3}$	$17,241 \times 10^{-6}$
Aluminio	228	$2,5 \times 10^{-3}$	$28,264 \times 10^{-6}$
Plomo	230	$1,45 \times 10^{-3}$	214×10^{-6}
Acero	202	$3,8 \times 10^{-3}$	138×10^{-6}

Donde:

β : inversa del coeficiente de temperatura de la resistividad a 0 °C del conductor

Q_c : es la capacidad volumétrica del calor del material conductor a 20 °C

ρ_{20} : es la resistividad eléctrica del material conductor a 20 °C, coincidente con el valor que figura en UNE 20003 (IEC 28).

Fácilmente podemos ver que Q_c equivale a $c \cdot Y$ de nuestra fórmula de cálculo. Por lo tanto podemos obtener ρ_0 a partir de ρ_{20} y de β .

$$Q_c = c \cdot Y = 3,45 \times 10^{-3} \text{ J}/(\text{°C} \cdot \text{mm}^3)$$

Como sabemos de la norma UNE 20003 (IEC 28) (Cobre-tipo recocido e industrial, para aplicaciones eléctricas) en su punto 5.32:

$$\rho_T = \rho_0 \cdot (1 + \alpha_0 \cdot (T - 0))$$

$$\rho_0 = \frac{\rho_T}{\left(1 + \frac{1}{\beta} \cdot (T - 0)\right)}$$

y como sabemos que $\alpha_0 = 1/\beta$, para $T = 20 \text{ °C}$:

$$\rho_0 = \frac{\rho_{20}}{\left(1 + \frac{1}{\beta} \cdot (20 - 0)\right)} = \frac{17,24 \times 10^{-6}}{\left(1 + \frac{1}{234,5} \cdot (20 - 0)\right)} = 1,5886 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{mm}$$

Y así si por ejemplo queremos conocer K para un cable tipo Afumex Class 1000 V (AS) con conductor de cobre y aislamiento termoestable de XLPE (90 °C de temperatura máxima en régimen permanente y 250 °C temperatura máxima de cortocircuito) sólo tenemos que aplicar los valores correspondientes:

$$K = \sqrt{\frac{c \cdot Y \cdot \beta}{\rho_0}} \cdot \sqrt{\ln\left(\frac{\beta + T_{cc}}{\beta + T_{mrp}}\right)}$$

$$K_{Cu+XLPE} = \sqrt{\frac{3,45 \times 10^{-3} \cdot 234,5}{1,5886 \times 10^{-5}}} \cdot \sqrt{\ln\left(\frac{234,5 + 250}{234,5 + 90}\right)}$$

$$K_{Cu+XLPE} = 142,87 \approx 143 \frac{\text{A} \cdot \text{s}^{1/2}}{\text{mm}^2}$$

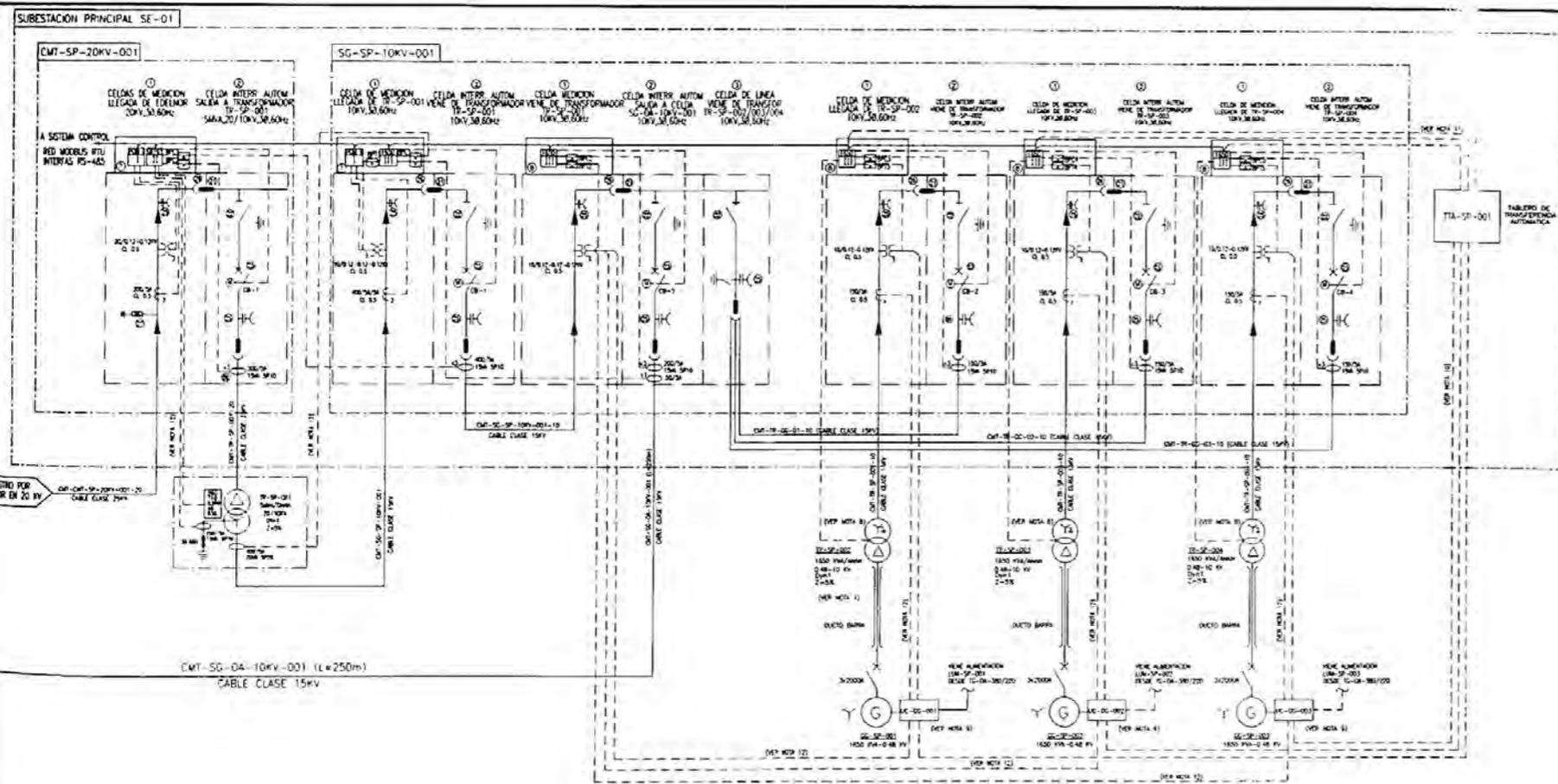
$$K_{Cu+XLPE} \approx 0,143 \frac{kA \cdot s^{1/2}}{mm^2}$$

Reemplazando en la formula simplificada :

$$I_{km} = \frac{KxS}{\sqrt{t_f}} = \frac{0,143xS}{\sqrt{t_f}}$$

ANEXO 9: PLANOS

- IE-01: Diagrama Unilineal General.
- IE-02: Diagrama Unilineal y Cuadro De Cargas 380/220 V Sala Eléctrica N° 1
- IE-03: Proyecto Eléctrico Planta Disposición General
- IE-04: Disposición De Equipos Eléctricos - Sala Eléctrica Subestación N° 1
- IE-05: Elevaciones y Secciones Sala Eléctrica Subestación Principal Se.01
- IE-06: Planta, Elevaciones y Sección-Sala De Grupos Generadores-Subestación N° 1
- IE-07: Emplazamiento - Sala Eléctrica Subestación N° 1
- IE-08: Disposición Canalizaciones Fuerza y Control Subestación N° 1
- IE-09: Disposición y Detalles Fuerza y Alumbrado Subestación N° 1
- IE-10: Disposición y Detalles Fuerza y Alumbrado Grupo Generadores.
- IE-11: Diagrama Elemental De Control Alumbrado Subestación N°1.
- IE-12: Diagrama Elemental De Control Alumbrado Subestación Grupo Generadores.
- IE-13: Disposición y Detalles Malla De Puesta A Tierra - Subestación N° 1.
- IE-14: Arquitectura De Control - Disposición General.
- IE-15: Arquitectura Sistema CCTV - Disposición General.
- IE-16: Arquitectura Sistema Detección De Incendio Disposición General.
- IE-17: Layout De Planta Red De Fibra Óptica.
- IE-18: Diagrama De Alambrado Tablero TC-SP-001 SE-01.
- IE-19: Disposición De Equipos Sistema Detección De Incendio SE-01.

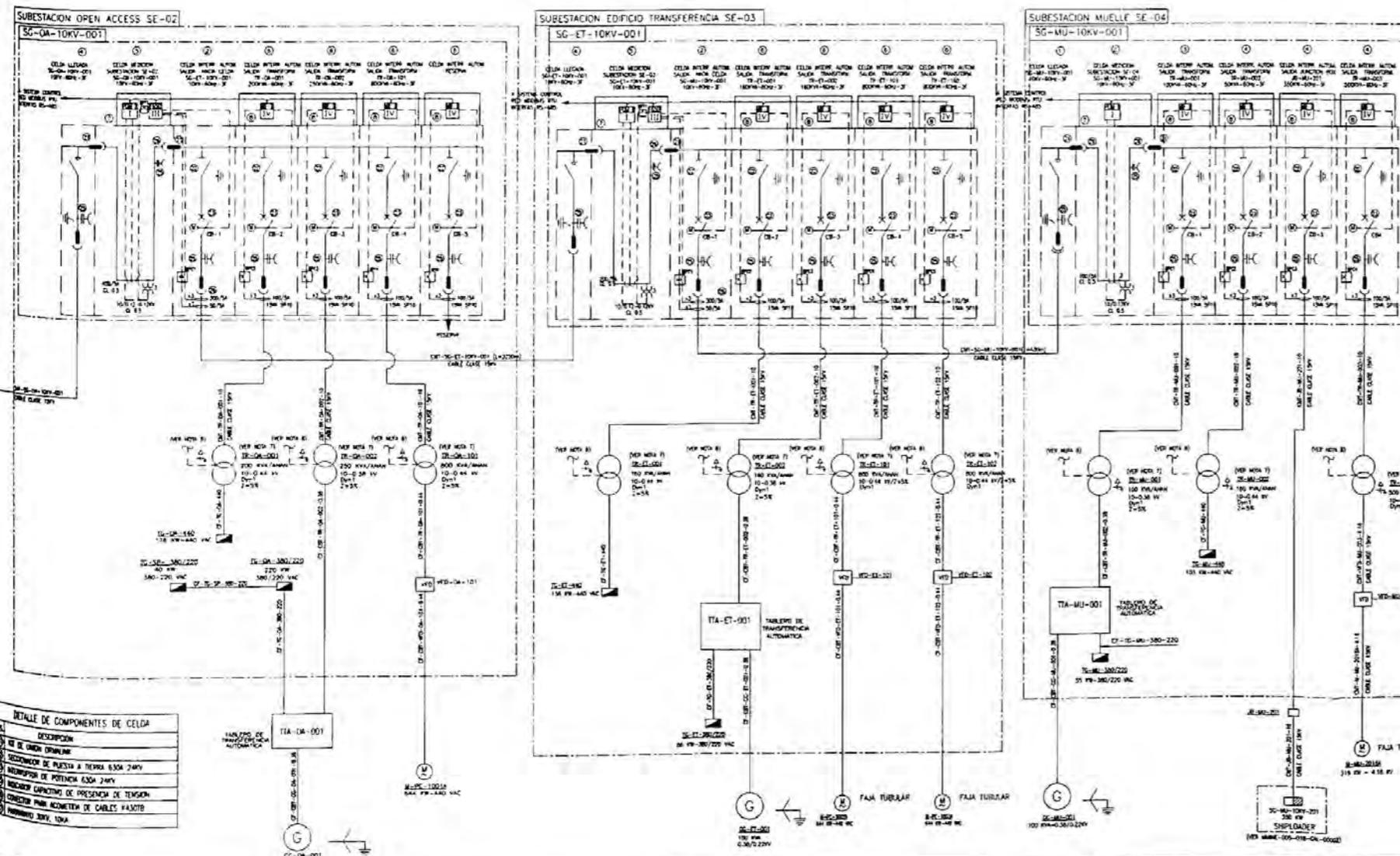


RELE	MARCA/MOD	DESCRIPCION	FUNCION	RELE	MARCA/MOD	DESCRIPCION	FUNCION
260	I	F DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR	ALARMA Y TRIP	50P-1	G.E./MULTIPLIN	PELE PROTECCION ALIMENTADORES TRANSFORMADORES Y MOTORES	
45	I	F DE SOBRECARGAS	ALARMA Y TRIP	50P-2	G.E./MULTIPLIN	SOBRECORRIENTE FASE	
63H	I	PRESION SUBITA	ALARMA Y TRIP	51P	G.E./MULTIPLIN	SOBRECORRIENTE FASE	TRIP
63PR	I	RELE AZULAR PRESION SUBITA	ALARMA Y TRIP	49	G.E./MULTIPLIN	SOBRECORRIENTE FASE	ALARMA Y TRIP
710	I	SWITCH DE NIVEL DE ACEITE	ALARMA Y TRIP	50C-1	G.E./MULTIPLIN	SOBRECORRIENTE TIERRA TEMPORALIZADO	TRIP
5074S	II	RELE PROTECCION DE TRANSFORMADORES, MULTIFUNCION C/ MONITOREO DE DATOS, COMUNICACIONES Y MEDIDAS	ALARMA Y TRIP	50C-2	G.E./MULTIPLIN	SOBRECORRIENTE TIERRA TEMPORALIZADO	TRIP
50/51	II	SOBRECORRIENTE FASE INSTANTANEO Y TEMPORALIZADO	TRIP	51C	G.E./MULTIPLIN	SOBRECORRIENTE TIERRA TEMPORALIZADO	TRIP
51N	II	SOBRECORRIENTE NEUTRO TEMPORALIZADO	TRIP	50	G.E./MULTIPLIN	SOBRECORRIENTE FASE TEMPORALIZADO	TRIP
51G	II	SOBRECORRIENTE TIERRA TEMPORALIZADO	TRIP	51N	G.E./MULTIPLIN	SOBRECORRIENTE NEUTRO TEMPORALIZADO	TRIP
85	II	FUNCION BLOQUEO PROGRAMADO COMO LATCH	BLOQUEO	51C	G.E./MULTIPLIN	SOBRECORRIENTE TIERRA TEMPORALIZADO	TRIP
87	II	PROTECCION DIFERENCIAL	TRIP	86	G.E./MULTIPLIN	BLOQUEO PROGRAMADO COMO LATCH	BLOQUEO
87G	II	PROTECCION DIFERENCIAL DE TIERRA	TRIP	4	G.E./MULTIPLIN	SOBRECORRIENTE EN AMPERES	MEDIDA
				8	G.E./MULTIPLIN	POTENCIA ACTIVA (P4)	MEDIDA
				9	G.E./MULTIPLIN	DEMANDA DE ENERGIA	MEDIDA
				50G	G.E./MULTIPLIN	TENSION EN VOLTS	MEDIDA
						FALLA A TIERRA	

POS	DESCRIPCION	MODELO
1	CELDA DE MEDICION 24KV, 63DA, 60HZ	COMCOSMOS-M
2	CELDA CON INT. AUTOMATICO 24KV, 63DA, 60HZ CON PASAPARTAS IZO Y FULPARES (LADO DERECHO)	COMCOSMOS-V-1-24KV
3	CELDA DE LINEA DE LLEGADA 24KV, 63DA, 60HZ CON EXTENSION EN AMBOS LADOS	COMCOSMOS-L
4	CELDA DE LINEA DE LLEGADA 24KV, 63DA, 60HZ CON PASAPARTAS DERECHO	COMCOSMOS-L-D
5	CELDA DE MEDICION Y PRESENTE 24KV, 63DA, 60HZ	COMCOSMOS-M
6	CELDA CON INT. AUTOMATICO 24KV, 63DA, 60HZ CON EXTENSION EN AMBOS LADOS	COMCOSMOS-V
7	CAJUELA DE MEDICION CON MEDIDOR POWER	---
8	CAJUELA DE PROTECCION CON RELE	---

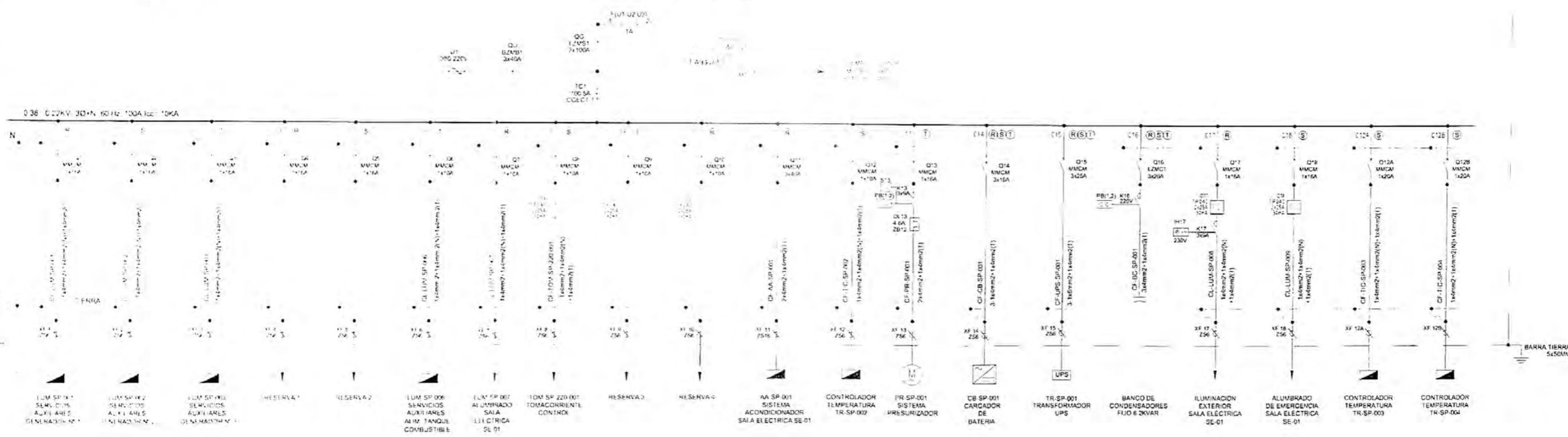
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE USO INTERIOR PARA PROTECCION MARCA ARTICHE MODELO PH
	TRANSFORMADOR DE TENSION USO INTERIOR PARA PROTECCION MARCA ARTICHE MODELO PH
	TRANSFORMADOR DE TENSION USO INTERIOR MARCA BALTAU MODELO VT1
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE USO INTERIOR PARA MEDICION MARCA BALTAU MODELO SC
	BORNERA DE PRUEBA CORRIENTE, MOD. PIZ
	BORNERA DE PRUEBA TENSION, MOD. PIZ
	TRANSFORMADOR ELECTRICO DE POTENCIA
	GENERADOR ELECTRICO
	TABLERO ELECTRICO
	SUBESTACION ELECTRICA DEL SUPLENIDOR
	VARIADOR DE FRECUENCIA
	MED. DE ESCALA ELECTRICO MODELOS PTU INTERFAS PS-485
	RED DE SEÑALES DE CONTROL
	DETECTOR DE PRESENCIA TENSION CAPACITIVO MODELO ESOR 1495
	PARABRAYO 30KV-10KA
	INTERRUPTOR AUTOMATICO GAS SFS, 63DA 16KA, 12KV
	INTERRUPTOR-SECCIONADOR, GAS SFS, 63DA 16KA, 12KV

ITEM	TAG ALIMENTADOR	DESCRIPCION	CALIBRE	TIPO	TENS. (KV)	LONG. (M)	TOTAL
1	1	ALIMENTADOR SUMINISTRADO EDELNOR 24KV					
1.1	CMT-SP-20KV-001	ALIMENTADOR EDELNOR CELDA 20KV	1.00 A.M.S.	KAT	25KV	51m	
1.2	CMT-TR-SP-001-10	ALIMENTADOR 20 KV TRANS. PRIMARIO	1.00 A.M.S.	KAT	25KV	54m	
2	2	ALIMENTADORES PRIMARIOS TRIP					
2.1	CMT-TR-SP-10KV-001	ALIMENTADOR DESDE TRAZO PRINCIPAL	250 A.M.S.	KAT	15KV	27m	
2.2	CMT-TR-DA-10KV-001	ALIMENTADOR SWITCHGEAR OPEN ACCESS	250 A.M.S.	KAT	15KV	27m	
2.3	CMT-SE-ET-10KV-001	ALIMENTADOR SWITCHGEAR TRANSFERENCIA	6.00 A.M.S.	KAT	15KV	27m	
2.4	CMT-SE-MA-10KV-001	ALIMENTADOR SWITCHGEAR MUELLE	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	4.30m	
3	3	ALIMENTADORES SISTEMA DE RESERVA USUARIOS					
3.1	CMT-TR-SP-002-10	ALIMENTADOR HACIA EL TRAZO TR-SP-002	1.00 A.M.S.	KAT	15KV	25m	
3.2	CMT-TR-DA-002-10	ALIMENTADOR HACIA EL TRAZO TR-SP-002	1.00 A.M.S.	KAT	15KV	25m	
3.3	CMT-TR-SP-004-10	ALIMENTADOR HACIA EL TRAZO TR-SP-004	1.00 A.M.S.	KAT	15KV	28m	
4	4	ALIMENTADORES SECUNDARIOS 10 KV					
4.1	CMT-TR-DA-001-10	ALIMENTADOR TR-DA-001	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	20m	
4.2	CMT-TR-DA-002-10	ALIMENTADOR TR-DA-002	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	20m	
4.3	CMT-TR-DA-101-10	ALIMENTADOR TR-DA-101	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	20m	
5	5	SUBESTACION SE-03 TRANSFERENCIA					
5.1	CMT-TR-ET-001-10	ALIMENTADOR TR-ET-001	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	20m	
5.2	CMT-TR-MA-002-10	ALIMENTADOR TR-MA-002	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	20m	
5.3	CMT-TR-ET-101-10	ALIMENTADOR TR-ET-101	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	20m	
5.4	CMT-TR-ET-102-10	ALIMENTADOR TR-ET-102	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	20m	
6	6	SUBESTACION SE-04 MUELLE					
6.1	CMT-TR-MA-001-10	ALIMENTADOR TR-MA-001	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	20m	
6.2	CMT-TR-MA-002-10	ALIMENTADOR TR-MA-002	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	20m	
6.3	CMT-TR-MA-003-10	ALIMENTADOR TR-MA-003	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	20m	
6.4	CMT-TR-MA-001-10	ALIMENTADOR TR-MA-001	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	100m	
7	7	ALIMENTADORES SECUNDARIOS					
7.1	CMT-TR-MA-001-10	ALIMENTADOR A VARIADOR DE FRECUENCIA	2.00 A.M.S.	KAT	15KV	20m	
7.2	CMT-TR-MA-001-10	ALIMENTADOR MOTOR TALA TRIPPER	35mms	NOVET	15KV	20m	



TAG	EQUIPO
SUBESTACION PRINCIPAL SE-01	
CMT-SP-20KV-001	SALA ELECTRICA
SE-DA-10KV-001	SWITCHGEAR 10 KV, 63DA, 3I, 60HZ, 20KA
SE-DA-10KV-002	TABLERO GENERAL DE FUERZA 440 V, 3I, 60HZ
TR-SP-380/220	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-001	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-002	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-003	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-004	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-005	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-006	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-007	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-008	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-009	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-010	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-011	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-012	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-013	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-014	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-015	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-016	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-017	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-018	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-019	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-020	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-021	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-022	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-023	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-024	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-025	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-026	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-027	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-028	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-029	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-030	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-031	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-032	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-033	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-034	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-035	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-036	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-037	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-038	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-039	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-040	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-041	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-042	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-043	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-044	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-045	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-046	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-047	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-048	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-049	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-050	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-051	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-052	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-053	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-054	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-055	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-056	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-057	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-058	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-059	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-060	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-061	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-062	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-063	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-064	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-065	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-066	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-067	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-068	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-069	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-070	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-071	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-072	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-073	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-074	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-075	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-076	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-077	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-078	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-079	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-080	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-081	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-082	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-083	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-084	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-085	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-086	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-087	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-088	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-089	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-090	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-091	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-092	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-093	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-094	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-095	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-096	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-097	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-098	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-099	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-100	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-101	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-102	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-103	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-104	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-105	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-106	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-107	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K
TR-SP-108	TRANSFORMADOR SECC 380/220V, 10/0.44KV, DYN11, 5K

TABLERO GENERAL DE FUERZA Y ALUMBRADO S.S.A.A. SE-01 380/220
TG-SP-380/220



0.36 0.22KV 30*4 60Hz 100A 10KA

- LUM SP 001 SERVICIOS AUXILIARES GENERADOR N°1
- LUM SP 002 SERVICIOS AUXILIARES GENERADOR N°2
- LUM SP 003 SERVICIOS AUXILIARES GENERADOR N°3
- LUM SP 004 SERVICIOS AUXILIARES ALM. TANQUE COMBUSTIBLE
- RESERVA 1
- RESERVA 2
- LUM SP 006 ALUMBRADO SALA ELECTRICA SE 01
- LUM SP 007 ALUMBRADO SALA ELECTRICA SE 01
- TOM SP 220-001 TOMACORRIENTE CONTROL
- RESERVA 3
- RESERVA 4
- AA SP 001 SISTEMA ACCIONADOR SALA ELECTRICA SE 01
- CONTROLADOR TEMPERATURA TR-SP-002
- PR SP 001 SISTEMA PRESURIZADOR
- CB SP 001 CARGADOR DE BATERIA
- TR SP 001 TRANSFORMADOR UPS
- BANCO DE CONDENSADORES FLUJO 6.2KVAR
- ILUMINACION EXTERIOR SALA ELECTRICA SE 01
- ALUMBRADO DE EMERGENCIA SALA ELECTRICA SE 01
- CONTROLADOR TEMPERATURA TR-SP-003
- CONTROLADOR TEMPERATURA TR-SP-004

TAG DE EQUIPO	DESCRIPCION	Potencia Nominal [kW]	Tension Nominal [V]	Factor de potencia	Corriente Nominal [A]	Corriente de Diseño [A]	LONG [m]	caida de tension [V]	caida de tension [%]	Interruptor Seleccionado [A]
LUM SP 001	SERVICIOS AUXILIARES GENERADOR N°1	2	220	0.86	10.57	12.2	45	4.46	2.03%	1x16A
LUM SP 002	SERVICIOS AUXILIARES GENERADOR N°2	2	220	0.86	10.57	12.2	45	4.46	2.03%	1x16A
LUM SP 003	SERVICIOS AUXILIARES GENERADOR N°3	2	220	0.86	10.57	12.2	45	4.46	2.03%	1x16A
LUM SP 004	SERVICIOS AUXILIARES ALM. TANQUE COMBUSTIBLE	1	220	0.86	5.29	6.1	60	2.97	1.35%	1x10A
LUM SP 007	ALUMBRADO SALA ELECTRICA SE 01	0.4	220	0.86	2.11	2.4	60	1.19	0.54%	1x10A
TOM SP 220-001	TOMACORRIENTE CONTROL	1	220	0.86	5.29	6.1	30	1.49	0.68%	1x10A
AA SP 001	SISTEMA ACCIONADOR DE AIRE SALA	5	220	0.86	26.43	30.4	15.6	1.93	0.88%	3x40A
TR SP 002	CONTROLADOR DE TEMPERATURA TR-SP-002	0.2	220	0.86	1.06	1.2	15.6	0.15	0.07%	1x20A
PR SP 001	SISTEMA PRESURIZADOR	1	220	0.86	5.29	6.1	39.6	0.98	0.45%	1x16A
CB SP 001	CARGADOR DE BATERIAS	8.6	380	0.86	15.19	17.5	12	1.48	0.39%	3x25A
UPS SP 001	TRANSFORMADOR UPS	8.6	380	0.86	15.19	17.5	12	1.48	0.39%	3x25A
LUM SP 006	ALUMINACION EXTERIOR SALA ELECTRICA SE 01	1	220	0.86	5.29	6.1	45	2.23	1.01%	1x16A
LUM SP 009	ALUMINACION EMERGENCIA SALA ELECTRICA SE 01	0.5	220	0.86	2.64	3.0	45	1.11	0.51%	1x16A
TC SP 001	CONTROLADOR DE TEMPERATURA TR-SP-003	0.2	220	0.86	1.06	1.2	15.6	0.15	0.07%	1x20A
TC SP 004	CONTROLADOR DE TEMPERATURA TR-SP-004	0.2	220	0.86	1.06	1.2	15.6	0.15	0.07%	1x20A

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	LAMPARA FILO MONOBLUCO LED 220VAC COLOR FRODO MODELO DLP27 LAM3 MARCA LOWATO
	ANALICADOR DE REDES AUXILIAR 100-440VAC MARCA LOWATO MODELO DM700
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO P NUMERO DE POLOS CAPACIDAD DE CORRIENTE
	CONTACTOR TRIPOLAR BOB 220V. 50/60HZ. 11A.
	SUPRESOR DE TRANSITORIOS DE VOLTAGE TVSS 25A-4.220/380V. 3Ph. 4W+G
	CONEXION DE PUESTA A TIERRA
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL MARCA EATON 3x25A. 30mA. 1P+AC
	SELECTOR 3 POSICIONES 1-D-2-FUJ M22-WR3 MARCA EATON
	PULSADOR PASANTE COLOR ROJO Y VERDE M22-D-R MARCA EATON
	RELE TERMICO 4-6A. 690V. 60HZ MODELO 2612. MARCA EATON
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE 100/5A.3VA.C-1 MODELO CCECT-1. MARCA CROMPTON
	CONDENSADOR 6KVAR. 480V. 60HZ MODELO 275-546-703805. MARCA ELECTRONICOM
	CARGADOR DE BATERIA 5KW. INPUT 380VAC. 3F. 60HZ. OUTPUT 28VDC MODELO CR185 HPT N35 123C. MARCA EMERSON
	FUENTE DE ALIMENTACION ININTERRUMPIDA 10KVA INPUT 380VAC. 3F. 60HZ. OUTPUT 220VAC. 1F.
	TABLERO DE FUERZA Y/O CONTROL
	MOTOR ELECTRICO
	FUSIBLE TIPO AM. 10A 35MM. 2A

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD : INGENIERIA MECANICA

ESPECIALIDAD : INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

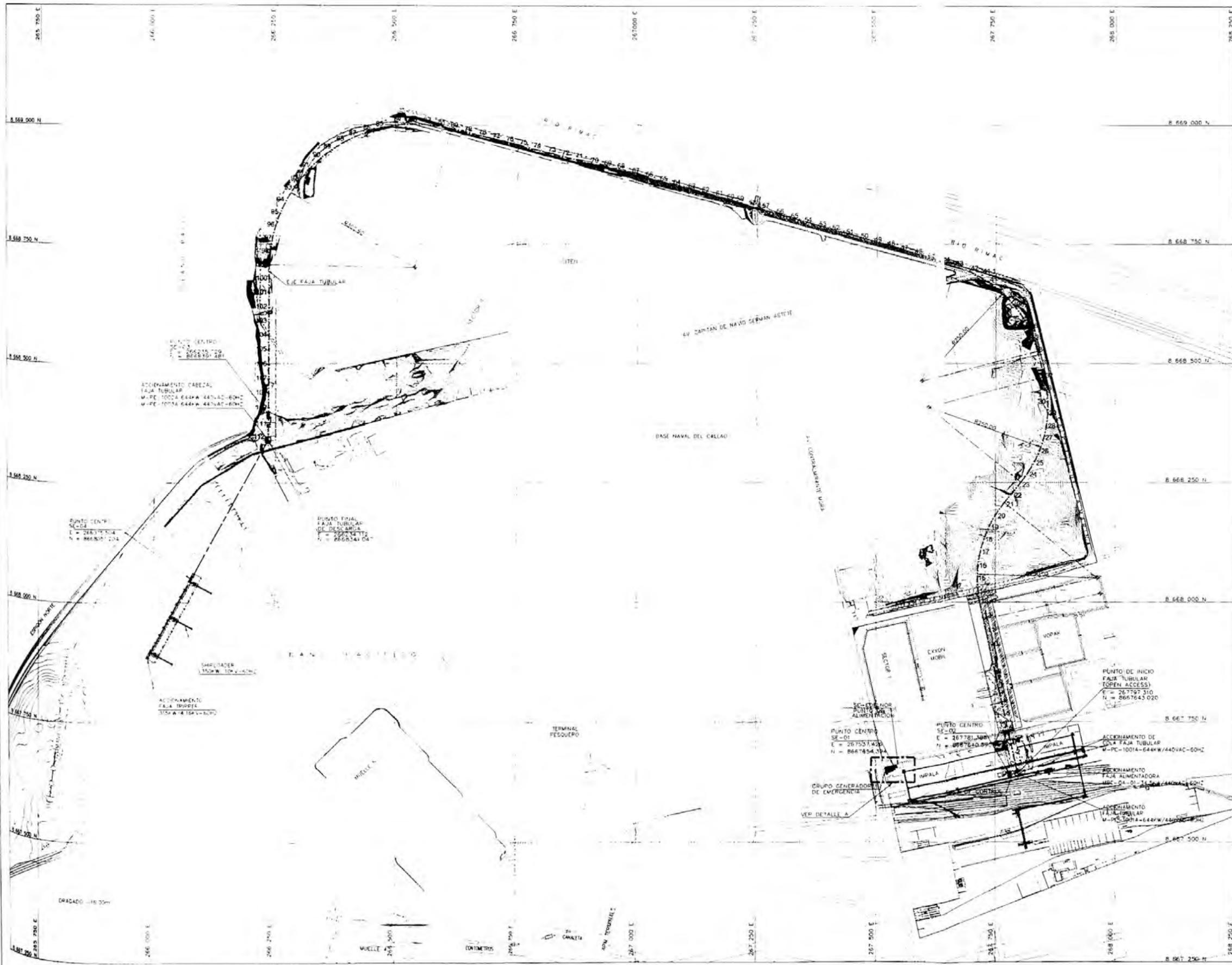
ASESOR : ING. ELMAR JAVIER FRANCO

ELABORADO : LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

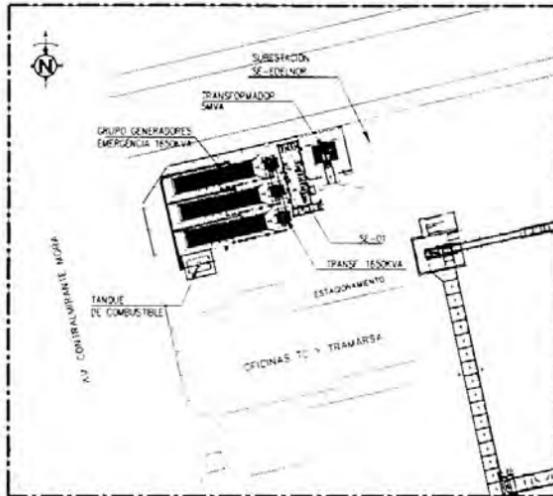
N° PLANO : IE-02

Nombre de Proyecto : SUBESTACION ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE MINERALES

Título de Documento : DIAGRAMA UNILINEAL Y CUADRO DE CARGAS 380/220 V SALA ELECTRICA N° 1



PLANTA DISPOSICION GENERAL
ESC. 1:400



DETALLE A
ESC. 1:500

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERIA

FACULTAD:
**INGENIERIA
MECANICA**

ESPECIALIDAD
**INGENIERIA MECANICA
ELECTRICA**



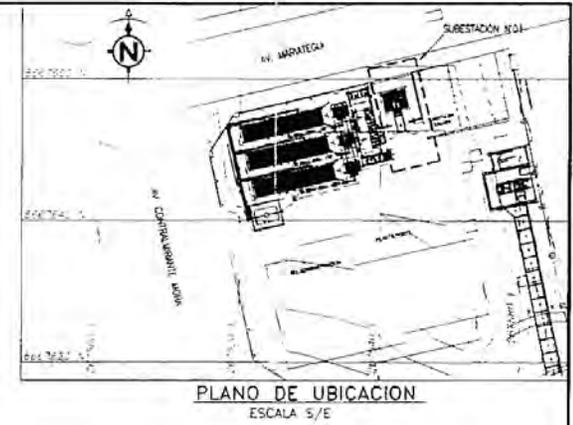
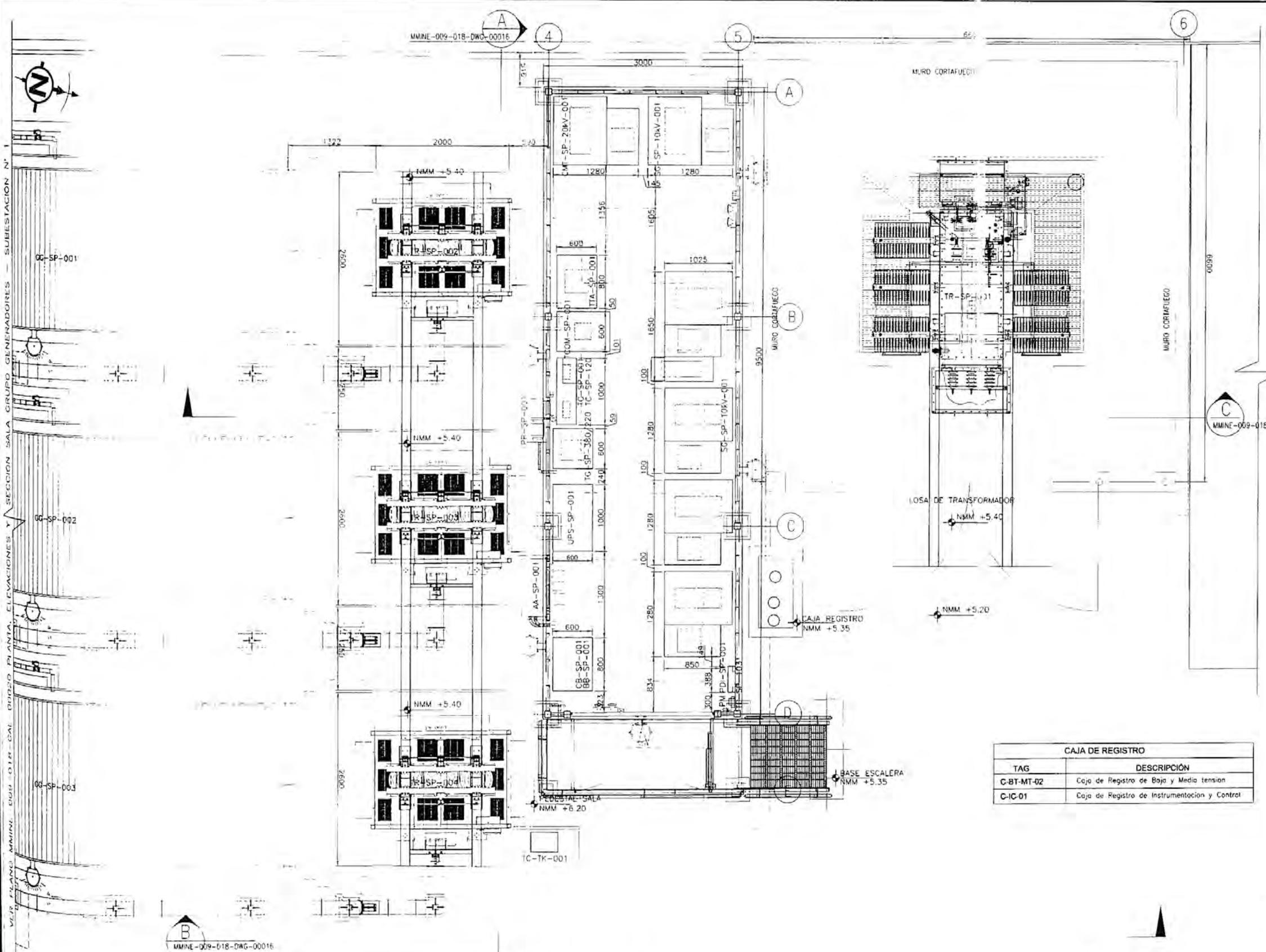
ASESOR
ING. ELMAR JAVIER FRANCO

ELABORADO
LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

Nº PLANO
IE-03

Nombre de Proyecto
**SUBSTACIÓN ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV
PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE
MINERALES**

Título de Documento
PROYECTO ELECTRICO
PLANTA DISPOSICION GENERAL



LISTA DE EQUIPOS SUBSTACION Nº01

TAG	DESCRIPCIÓN
CMT-SP-20KV-001	Celda 20 kV
SG-SP-10KV-001	Switchgear 10 kV
TG-SP-380/220	Tablero General de Fuerza 380/220 V
TC-SP-001	Tablero de PLC Eathisa
TC-SP-120	Tablero de Distribución
TCOM-SP-120	Tablero de Comunicación
TTA-SP-001	Unidad de sincronismo grupos generadores
CB-SP-001	Cargador de baterías 125 Vcc
BB-SP-001	Banco de baterías
UPS-SP-001	UPS 120 VAC
PDI-SP-001	Panel de Alarma Incendios
PR-SP-001	Equipo de presurización
AA-SP-001	Equipo de aire acondicionado
TC-TK-001	Tablero de Control del Sistema Combustible

- 1.- LAS DIMENSIONES EN [mm] S.I. Y ELEVACIONES EN [m] S.I.
- 2.- LOS NIVELES CON RESPECTO AL NIVEL MEDIO DEL MAR (NMM).
- 3.- LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS DE A.A. Y PRESURIZACION SE ENCUENTRAN EN EL DOCUMENTO MMINE-009-018-CAL-0000B.
- 4.- TR-SP-005, FORMA PARTE DE LA UPS MOSTRADA EN EL PLANO.

CAJA DE REGISTRO

TAG	DESCRIPCIÓN
C-BT-MT-02	Caja de Registro de Baja y Media tension
C-IC-01	Caja de Registro de Instrumentacion y Control

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LA SALA

- 1.- PARA EL ALAMBREO Y TOMACORRIENTES INTERIORES SE CONSIDERO LO SIGUIENTE
-CANALIZACION DE BAJA TENSION SE INSTALO TUBERIA CONDUIT RIGID METAL DE 3/4" ø. PIEL UNISTRUT CALAMANDADO EN GALVANIZADO 41411mm. CAJAS CONDUIT TIPO UL 100 Y LP DE 3/4" ø. CONDUIT TIPO C DE 3/4" ø. INSTALADOS A LA VISTA.
- 2.- EL ALAMBREO EXTERIOR ESTA COMPUESTO POR CEMCO (OS) LAMPARAS POLYHANE - PETROLIUM II LOW PROFILE - 100W 220V UBICADAS SOBRE CADA ACCESO. ESTAS LAMPARAS SON ENCENDIDAS MEDIANTE PULSO REMOTO. LAMPARA DE EMERGENCIA ULTRONA LIGHTING - SERIES ELMS - AUTONOMA 90 UBICADA EN EL TABLERO GENERAL TC-SP-380/220 DE LA SALA ELECTRICA.
- 3.- EL EQUIPO DE DETECCION Y ALARMA DE INCENDIOS ESTA COMPUESTO POR:
 - PANELES SISTEMA DETECCION DE INCENDIO
 - DETECTOR DE HUMO
 - ALARMA SONORA VISUAL
 - PULSADOR MANUAL DE ALARMA
 - LEO ESTEREOSCOPICA
 - BATERIAS DE RESPALDO 32AH
 - EXTINTOR DE INCENDIO
- 4.- DENTRO DE LA SALA ELECTRICA SE INSTALO UNA BARRA DE COBRE DE 40mm x DOS BARRAS DE COBRE DE 30x30mm EN EL EXTERIOR DE LA SALA.
- 5.- TRATAMIENTO SUPERFICIAL:
 - PISO Y VIGAS APRENDADO COMERCIAL SSP-SP-E
 - PAREDES LIMPieza QUIMICA
 - APLICACION EN EL EXTERIOR DE ANTICORROSION EPOXICO 100 MICRAS
 - APLICACION EN EL INTERIOR DE ANTICORROSION EPOXICO 100 MICRAS

PLANTA
ESC.: 1/30

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD: **INGENIERIA MECANICA**

ESPECIALIDAD: **INGENIERIA MECANICA ELECTRICA**



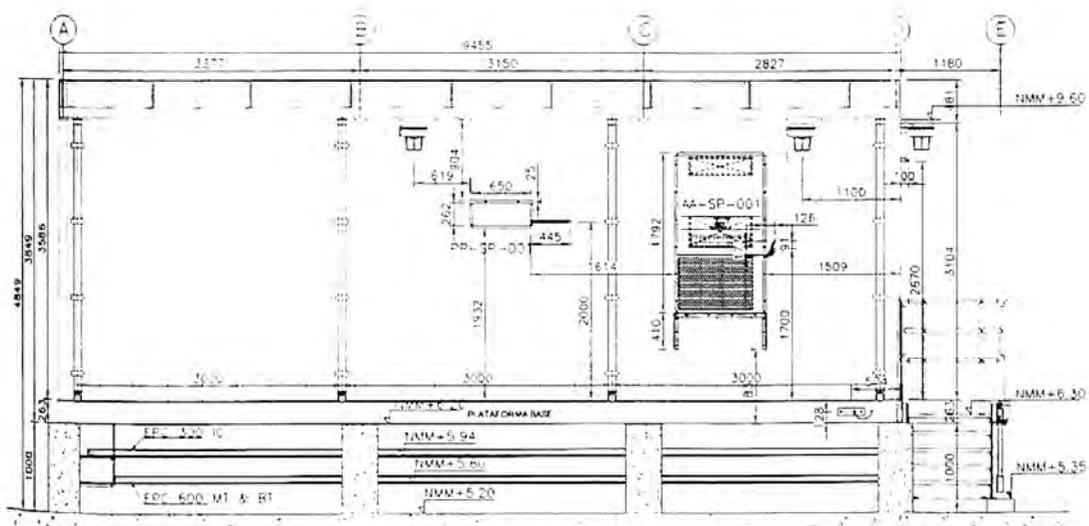
ASESOR: **ING. ELMAR JAVIER FRANCO**

ELABORADO: **LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU**

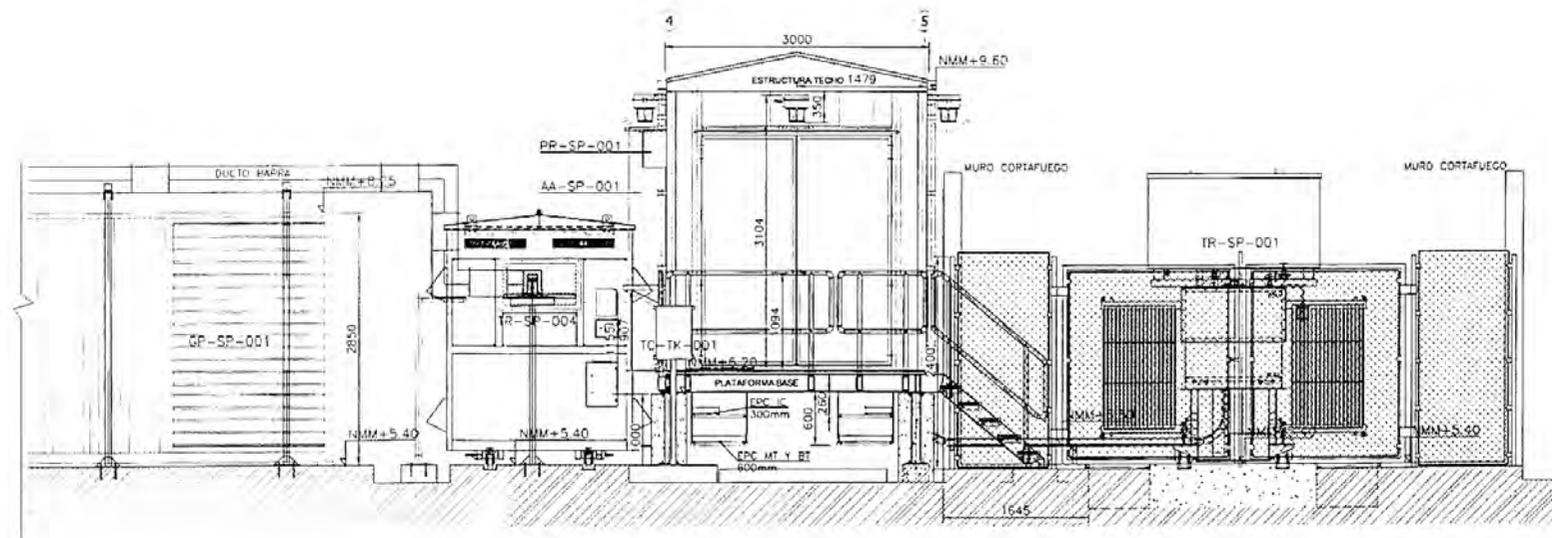
Nº PLANO: **IE-04**

Nombre del Proyecto: **SUBSTACION ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE MINERALES**

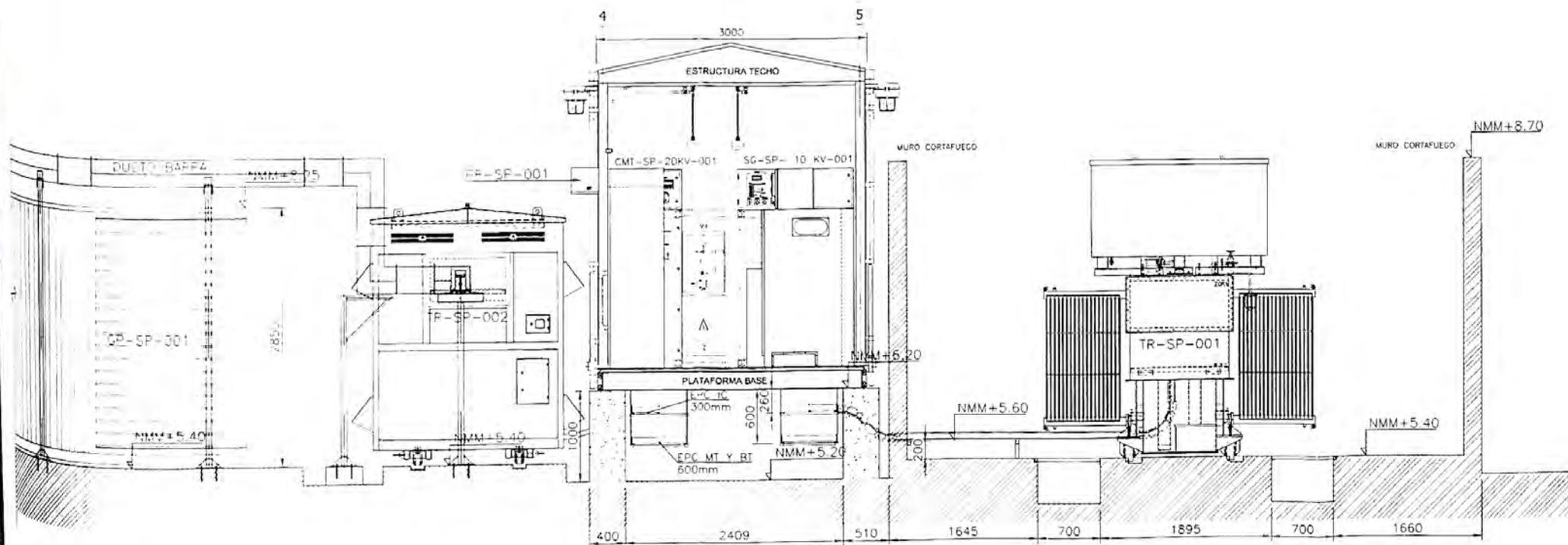
Título de Documento: **DISPOSICION DE EQUIPOS ELECTRICOS SALA ELECTRICA SUBSTACION Nº 1**



VISTA **A**
 MMINE-009-018-DWG-00012
 ESCALA 1/40



VISTA **B**
 MMINE-009-018-DWG-00012
 ESCALA 1/40



SECCION **C**
 MMINE-009-018-DWG-00012
 ESCALA 1/30

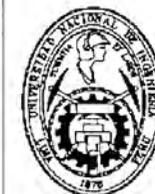
UNIVERSIDAD NACIONAL
 DE INGENIERIA

FACULTAD :

INGENIERIA
 MECANICA

ESPECIALIDAD

INGENIERIA MECANICA
 ELECTRICA



ASESOR :

ING. ELMAR JAVIER FRANCO

ELABORADO :

LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

N° PLANO

IE-05

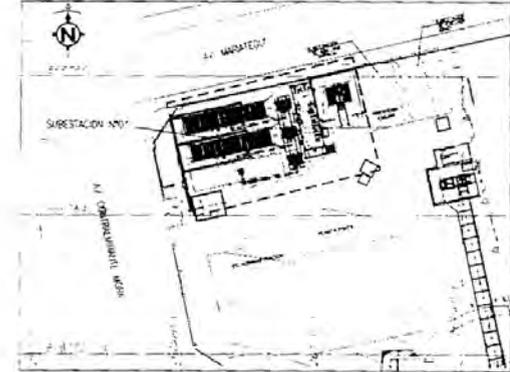
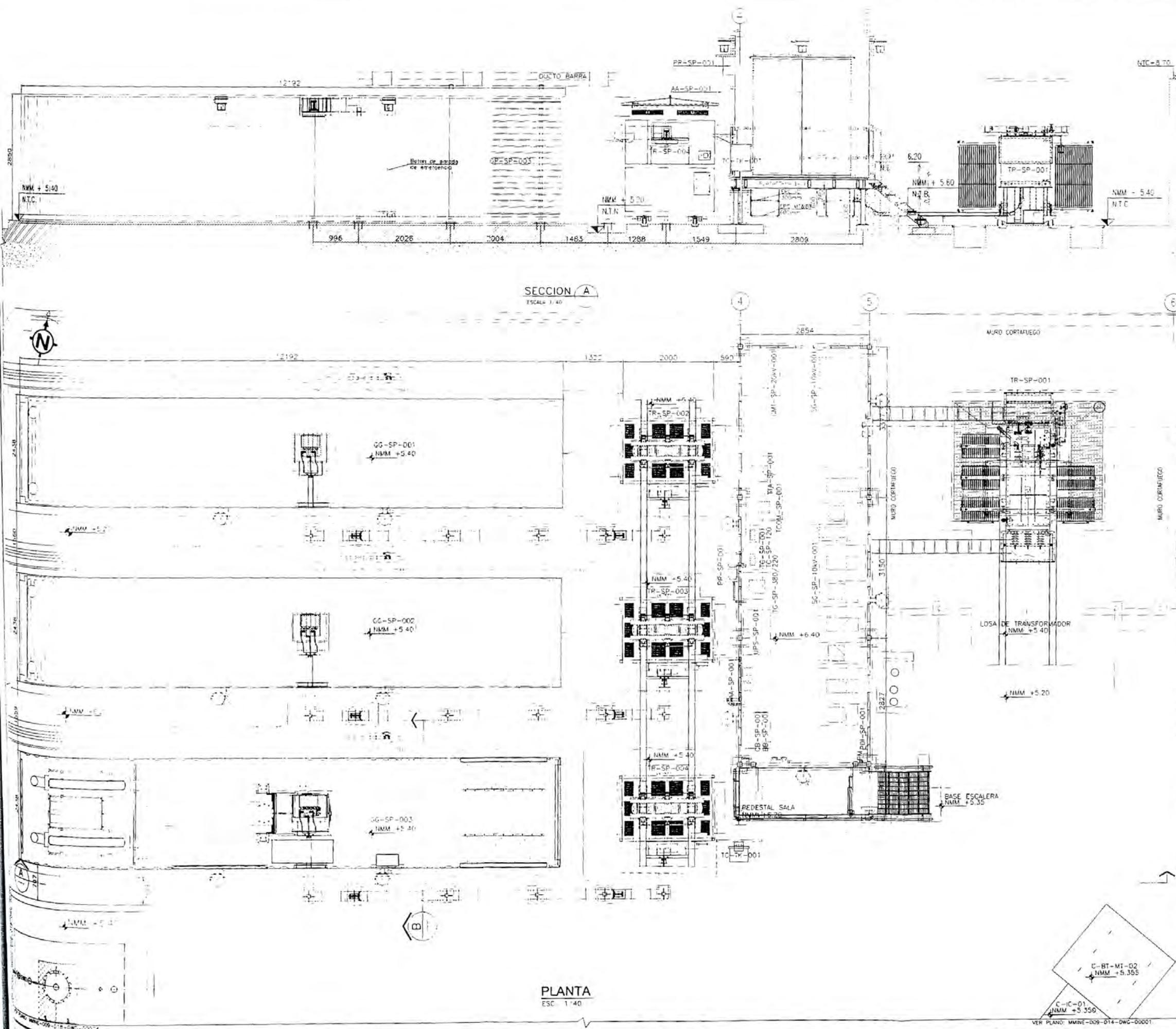
Nombre de Proyecto :

SUBSTACION ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV
 PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE
 MINERALES

Título de Documento :

ELEVACIONES Y SECCIONES
 SALA ELECTRICA SUBSTACION PRINCIPAL SE-01

Esc



PLANO DE UBICACION
ESCALA 1/5



SECCION B
ESCALA 1/40

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERIA

FACULTAD:
**INGENIERIA
MECANICA**

ESPECIALIDAD
**INGENIERIA MECANICA
ELECTRICA**



ASESOR
ING. ELMAR JAVIER FRANCO

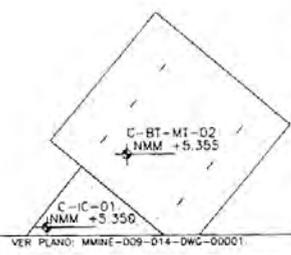
ELABORADO
LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

Nº PLANO
IE-06

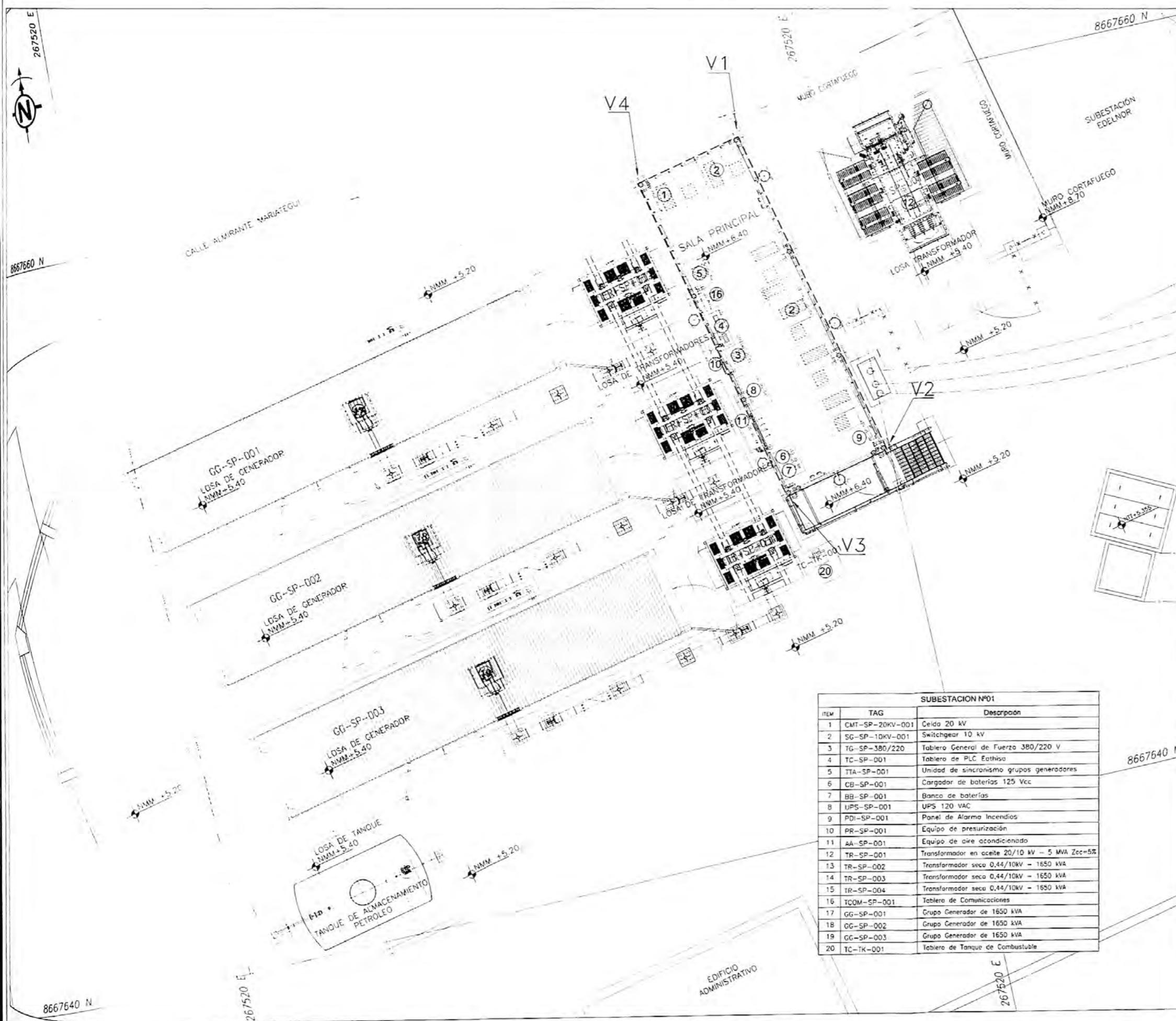
Nombre de Proyecto
**SUBSTACION ELECTRICA DE 5MVA EN 20KV
PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE
MINERALES**

Título de Documento
**PLANTA, ELEVACION Y SECCION
SALA GRUPO GENERADORES - SUBSTACION Nº 1**

PLANTA
ESC 1/40



VER PLANO: MMINE-009-D14-DWC-00001



PLANO DE UBICACION
ESCALA 5/E

CUADRO DE VERTICES

SUBESTACION Nº 1		
PUNTOS	ESTE	NORTE
V1	267537.003	8667649.438
V2	267539.919	8667650.096
V3	267537.851	8667659.368
V4	267534.925	8667658.708

LEYENDA	
---	LIMITE DE CONCESIÓN DE SALA ELECTRICA PRINCIPAL
---	CERCO PERIMÉTRICO DE TRANSFORMADOR 5MVA

SUBESTACION Nº01		
ITEM	TAG	Descripción
1	CMT-SP-20KV-001	Celda 20 kV
2	SG-SP-10KV-001	Switchgear 10 kV
3	TG-SP-380/220	Tablero General de Fuerza 380/220 V
4	TC-SP-001	Tablero de PLC Eothisa
5	TTA-SP-001	Unidad de sincronismo grupos generadores
6	CB-SP-001	Cargador de baterías 125 Vcc
7	BB-SP-001	Banco de baterías
8	UPS-SP-001	UPS 120 VAC
9	PDI-SP-001	Panel de Alarma Incendios
10	PR-SP-001	Equipo de presurización
11	AA-SP-001	Equipo de aire acondicionado
12	TR-SP-001	Transformador en aceite 20/10 kV - 5 MVA Zcc=5%
13	TR-SP-002	Transformador seco 0,44/10KV - 1650 kVA
14	TR-SP-003	Transformador seco 0,44/10KV - 1650 kVA
15	TR-SP-004	Transformador seco 0,44/10KV - 1650 kVA
16	TCOM-SP-001	Tablero de Comunicaciones
17	GG-SP-001	Grupo Generador de 1650 kVA
18	GG-SP-002	Grupo Generador de 1650 kVA
19	GG-SP-003	Grupo Generador de 1650 kVA
20	TC-TK-001	Tablero de Tanque de Combustible

PLANTA
ESC.: 1/50

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD:
INGENIERIA MECANICA

ESPECIALIDAD:
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



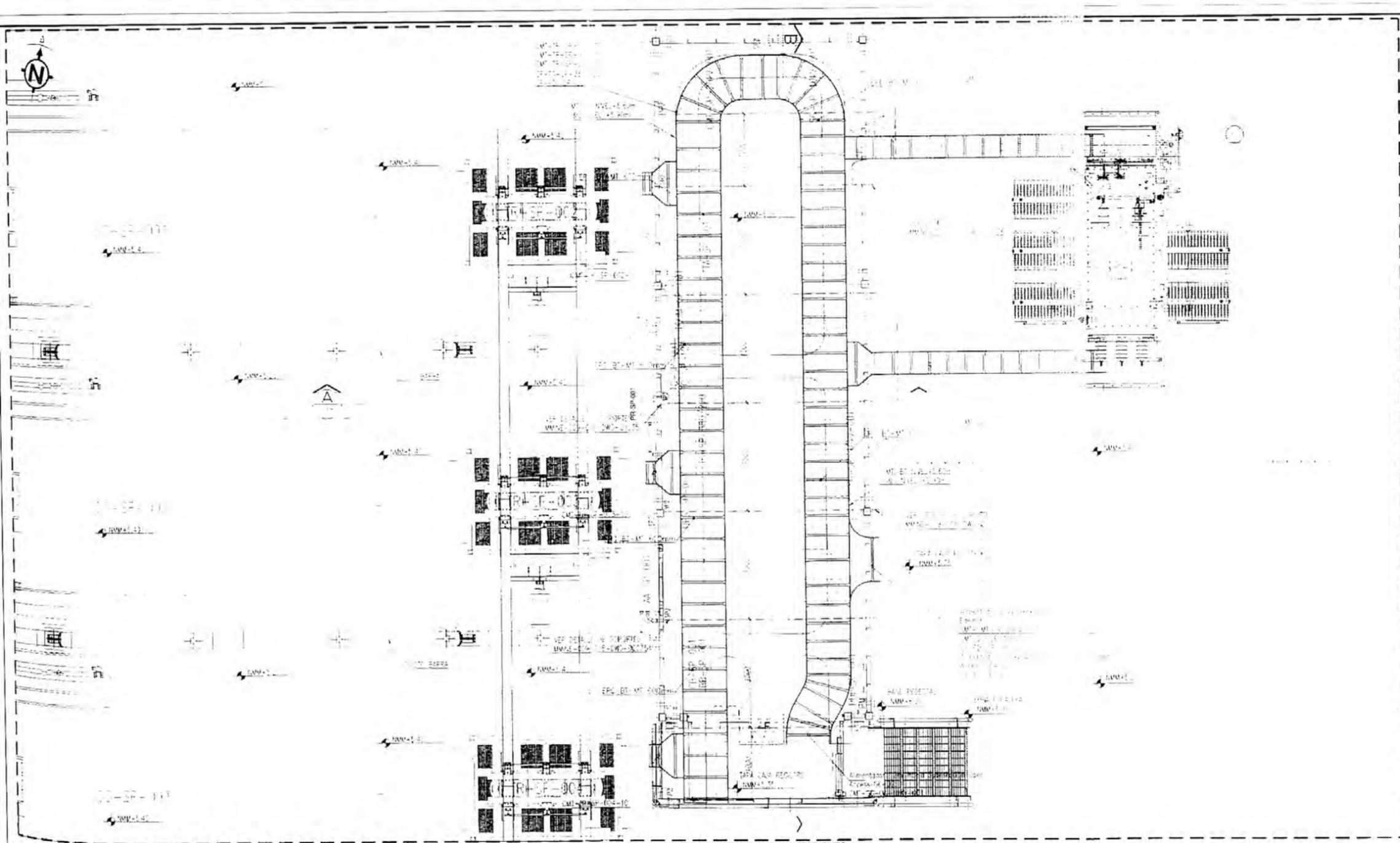
ASESOR: **ING. ELMAR JAVIER FRANCO**

ELABORADO: **LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU**

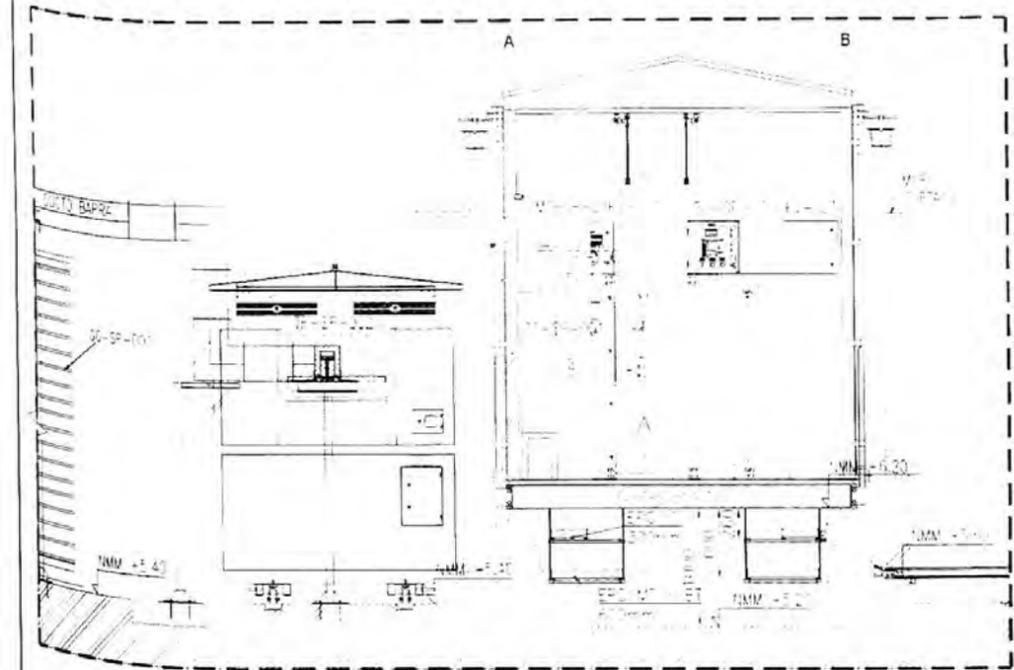
Nº PLANO:
IE-07

Nombre de Proyecto:
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE MINERALES

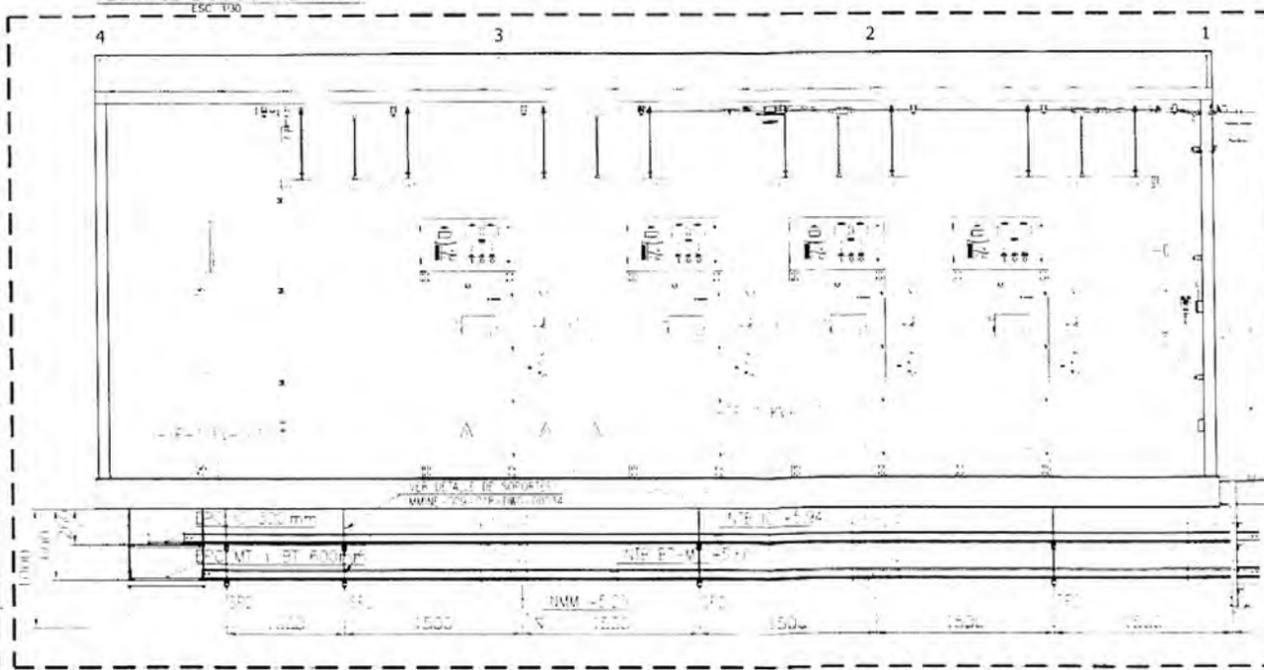
Título de Documento: **EMPLAZAMIENTO SALA ELECTRICA SUBESTACION Nº 11**



PLANTA GENERAL CANALIZACIONES
ESCA 1:100



CORTE A
ESCA 1:100



CORTE B
ESCA 1:100



PLANO DE UBICACION
ESCA 1:50

SUBSTACION N°01

TEV	TAG CAB. E A. INVENTADOR	DESCR PC. ON
1	CMT-CMT-SP-20KV-001	Celda 20 kv
2	CMT-SG-SP-10KV-001	Switchgear 10 kv Principal
3	CF-TG-SP-380/220	Tablero General de Fuerza 380/220 V
4	CF-TC-SP-001	Tablero de P. C. Eatsa
5	CF-TC-SP-120	Tablero de Distribucion
6	CF-TCOM-SP-120	Tablero de Comunicacion
7	CF-TTA-SP-001	Unidad de sincronismo grupos generadores
8	CF-CB-SP-001	Cargador de baterias 125 Vdc
9	CF-BB-SP-001	Banco de baterias
10	CF-UPS-SP-001	UPS 120 VAC
11	CF-PDI-SP-001	Panel de Alarma Incendios
12	CF-PR-SP-001	Equipo de presurizacion
13	CF-AA-SP-001	Equipo de aire acondicionado
14	CMT-TR-SP-001-20	Transformador en aceite 20 10 kv - 5 MVA
15	CMT-TR-SP-002-10	Transformador seco 0.44/10kv - 1650 kVA
16	CMT-TR-SP-003-10	Transformador seco 0.44/10kv - 1650 kVA
17	CMT-TR-SP-004-10	Transformador seco 0.44/10kv - 1650 kVA
18	CMT-GG-SP-001	Grupo Generador de 1650 kVA
19	CMT-GG-SP-002	Grupo Generador de 1650 kVA
20	CMT-GG-SP-003	Grupo Generador de 1650 kVA

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERIA

FACULTAD

INGENIERIA
MECANICA

ESPECIALIDAD

INGENIERIA MECANICA
ELECTRICA



ASESOR

ING. ELMAR JAVIER FRANCO

ELABORADO

LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

N° PLANO

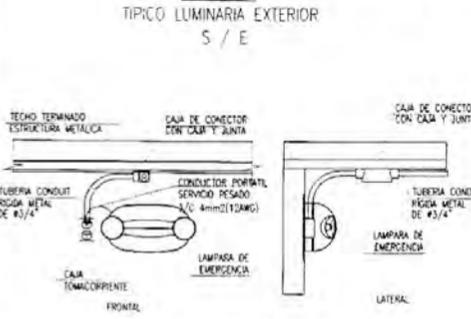
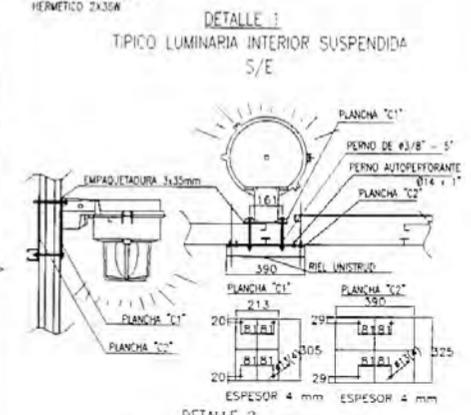
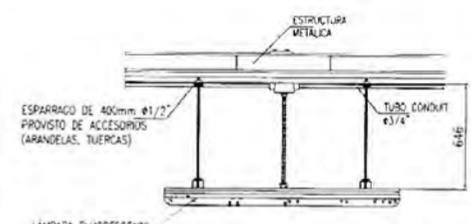
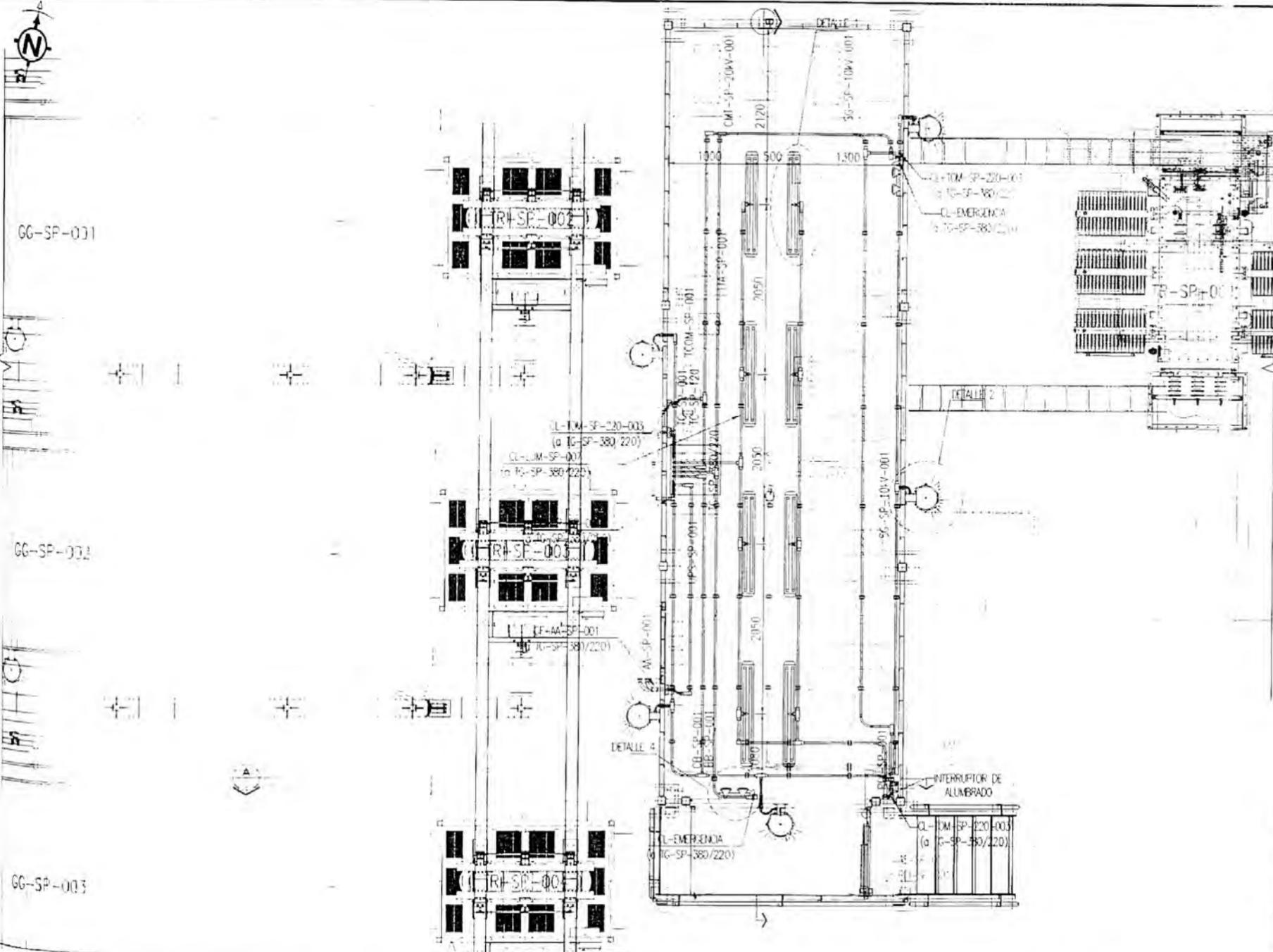
IE-08

Nombre de Proyecto:

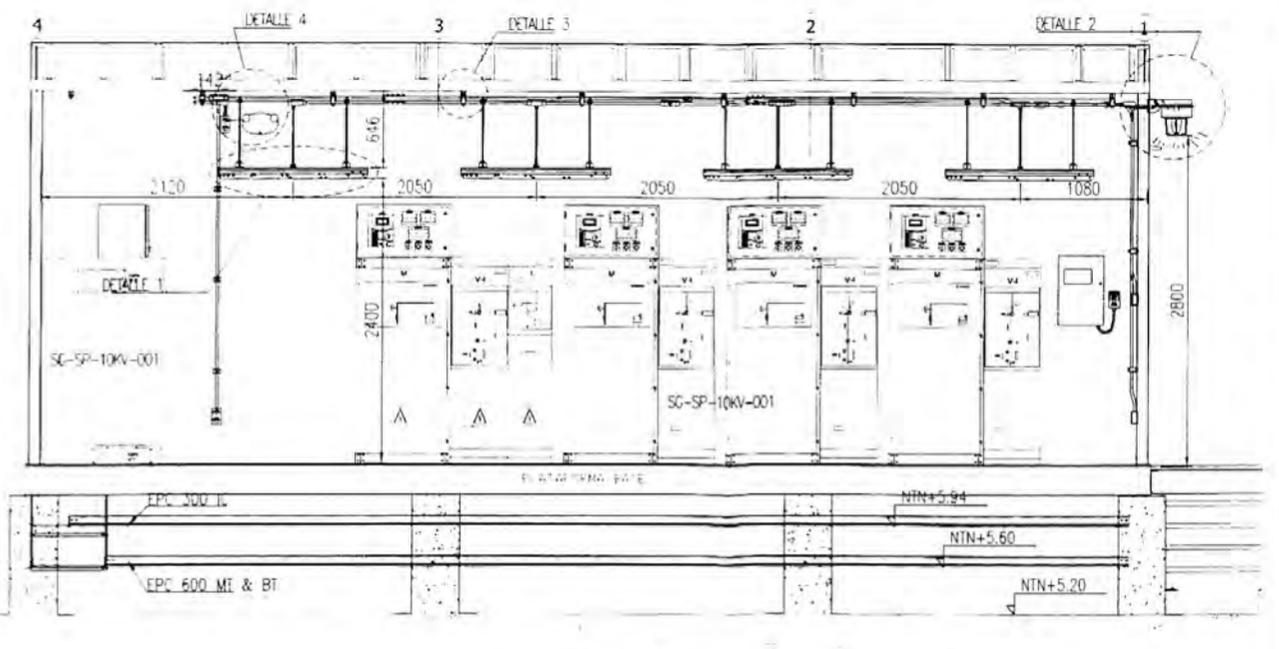
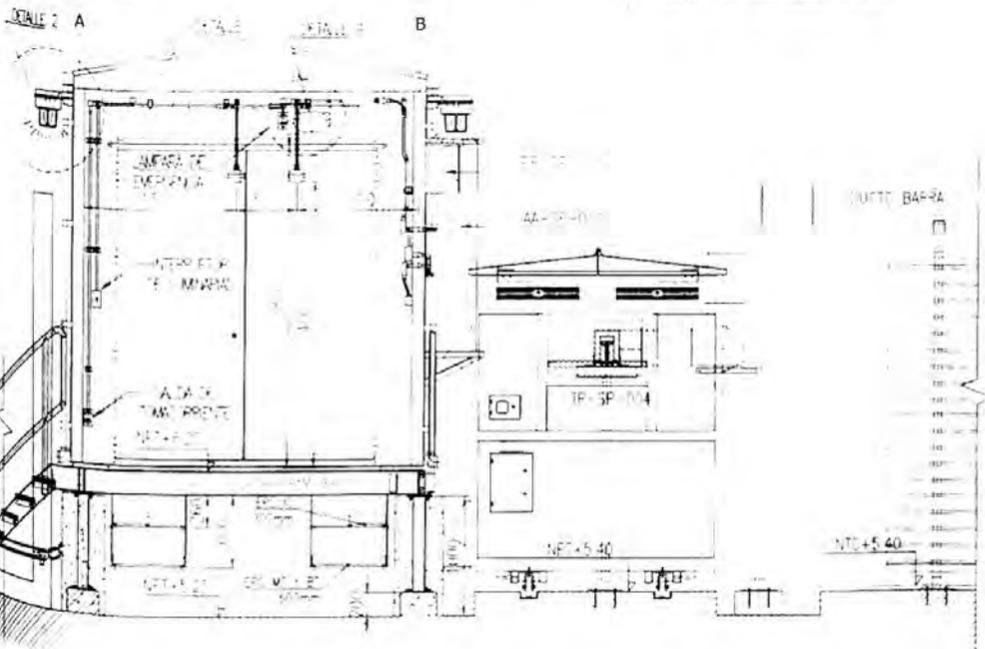
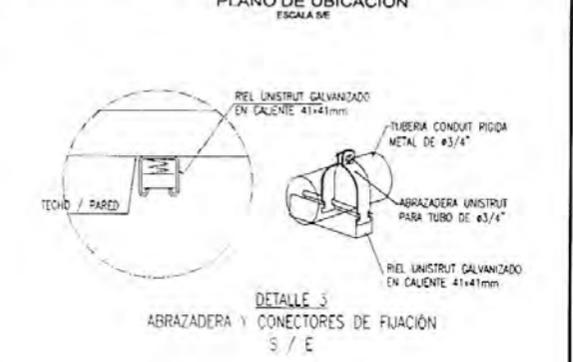
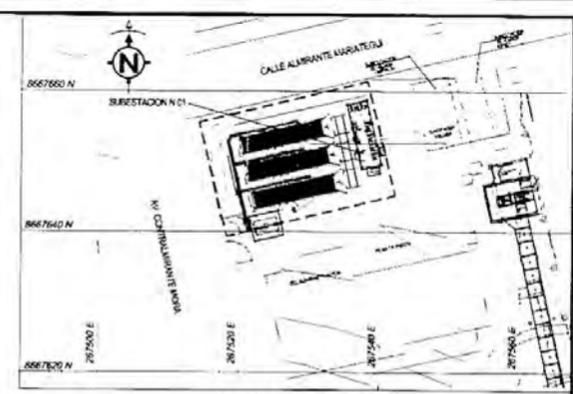
SUBSTACION ELECTRICA DE 5MVA EN 20KV
PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE
MINERALES

Titulo de Documento:

DISPOSICION CANALIZACIONES FUERZA Y CONTROL
SUBSTACION N° 1



Item	Simbolo	Descripción
1		Luminaria exterior 1x70 W Pinlato políster, IP3X, resistente a la corrosión
2		Lámpara fluorescente de 2x36 W con cuerpo y difusor de policarbonato, IP3X, montaje adosado
3		Lámpara de Emergencia de 2x10W



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD:

INGENIERIA MECANICA

ESPECIALIDAD

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

ASESOR

ING. ELMAR JAVIER FRANCO

ELABORADO

LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

N° PLANO

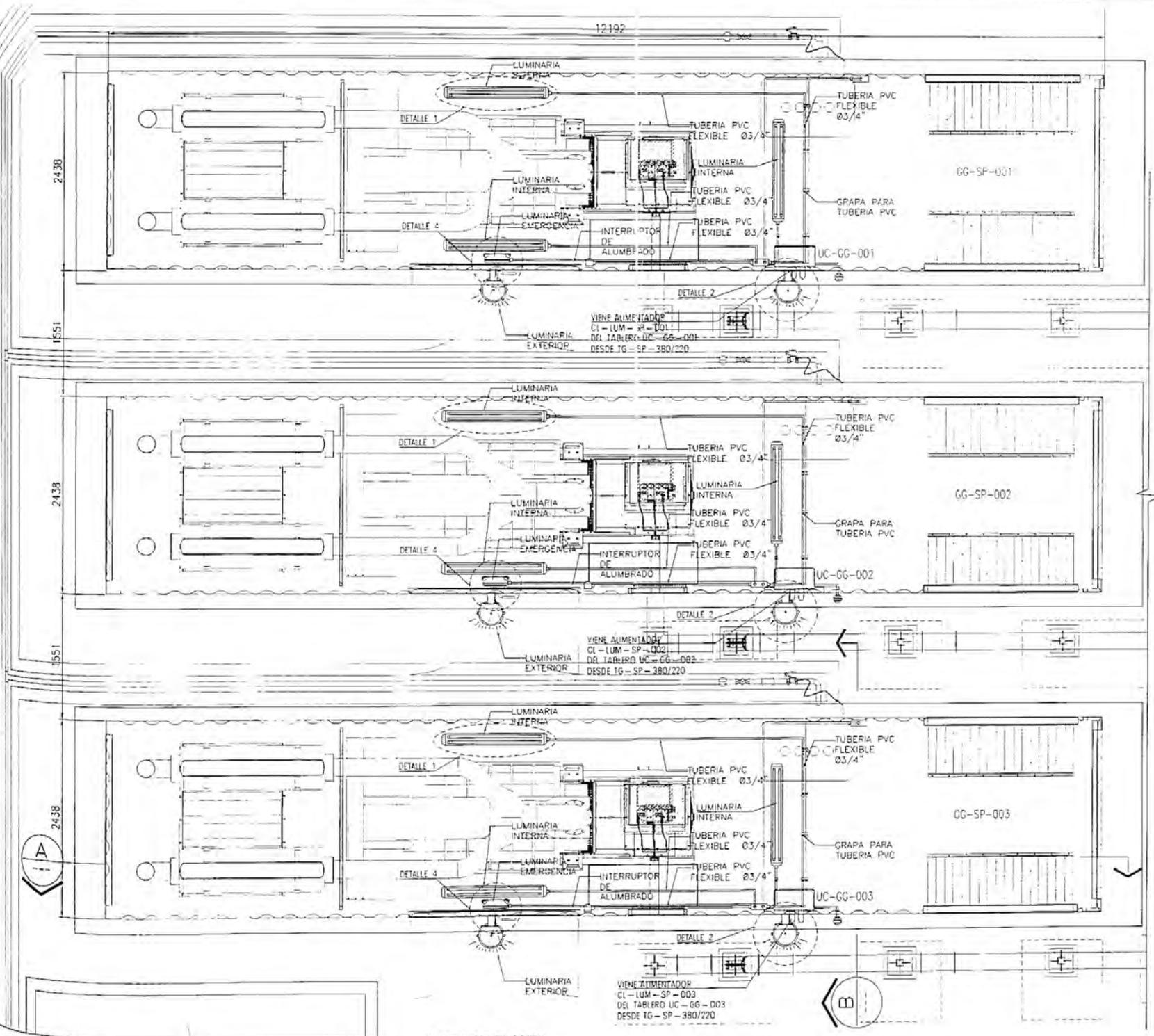
IE-09

Nombre de Proyecto

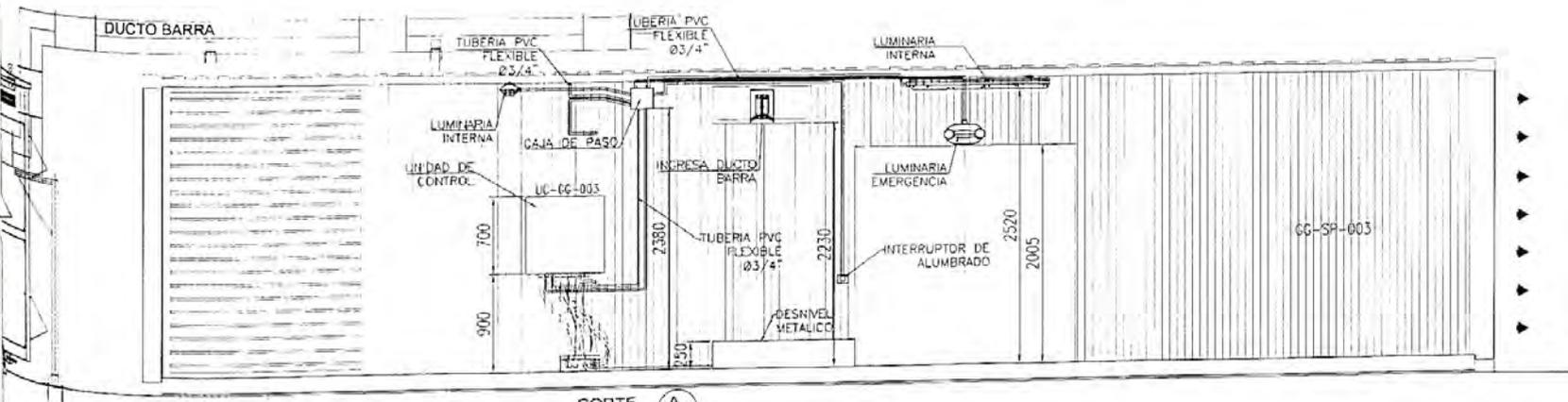
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE MINERALES

Título de Documento

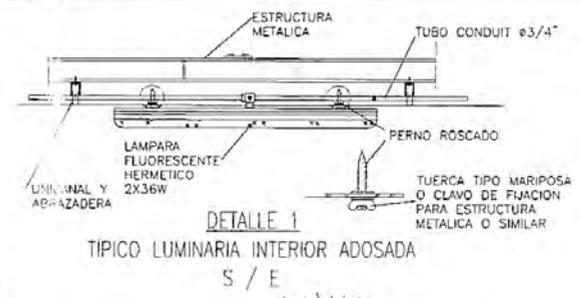
DISPOSICIÓN Y DETALLES FUERZA Y ALUMBRADO SUBESTACIÓN N°1



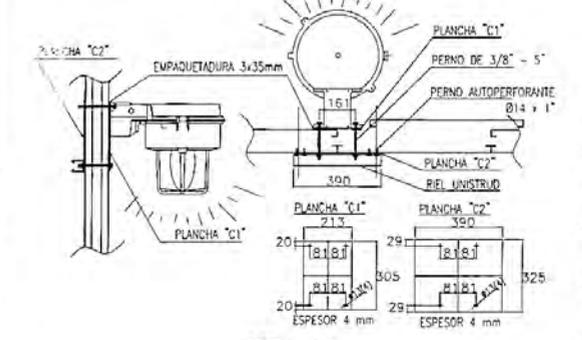
VISTA DE PLANTA
ESC. 1/50



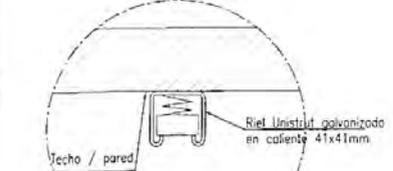
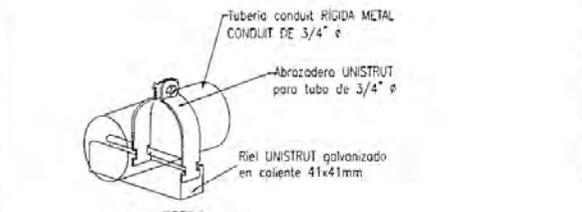
CORTE A
ESCALA 1/50



DETALLE 1
TÍPICO LUMINARIA INTERIOR ADOSADA
S / E

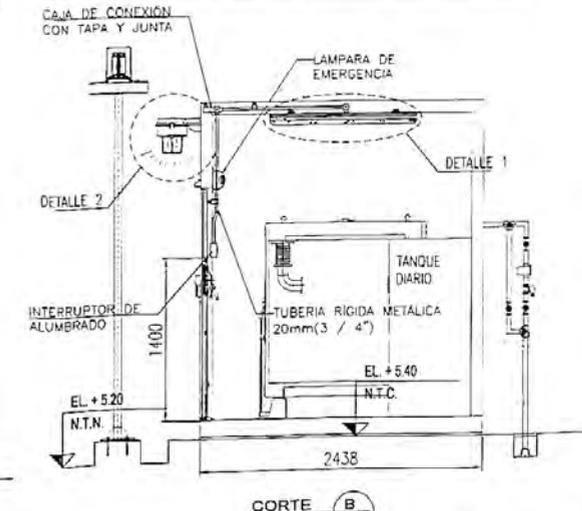


DETALLE 2
TÍPICO LUMINARIA EXTERIOR
S / E

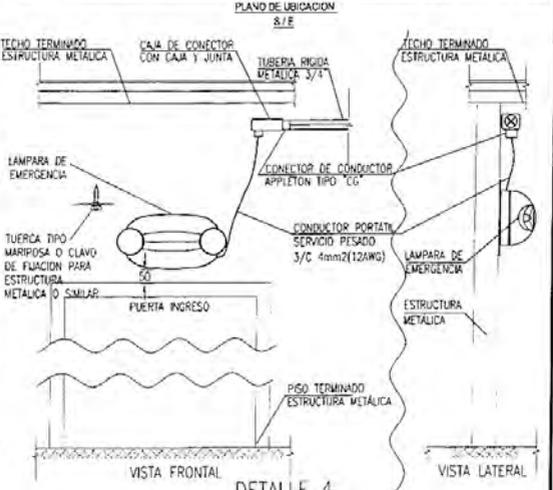
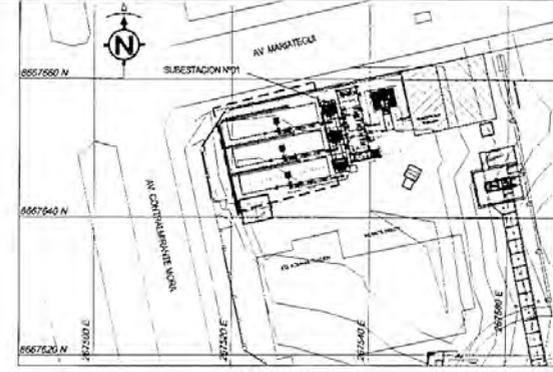


DETALLE 3
ABRAZADERA Y CONECTORES DE FIJACIÓN
S / E

Item	Simbolo	Descripción
1		Luminaria exterior 1X70 W Pintura poliéster, resistente a la corrosión
2		Lámpara fluorescente de 2x36 W con cuerpo y difusor de policarbonato, IP3X, montaje adosado.
3		Lámpara de Emergencia de 2x10W.



CORTE B
ESCALA 1/50



DETALLE 4
TÍPICO LUMINARIA DE EMERGENCIA
S / E

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD:

INGENIERIA MECANICA

ESPECIALIDAD

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

ASESOR:

ING. ELMAR JAVIER FRANCO

ELABORADO:

LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

Nº PLANO

IE-10

Nombre de Proyecto:

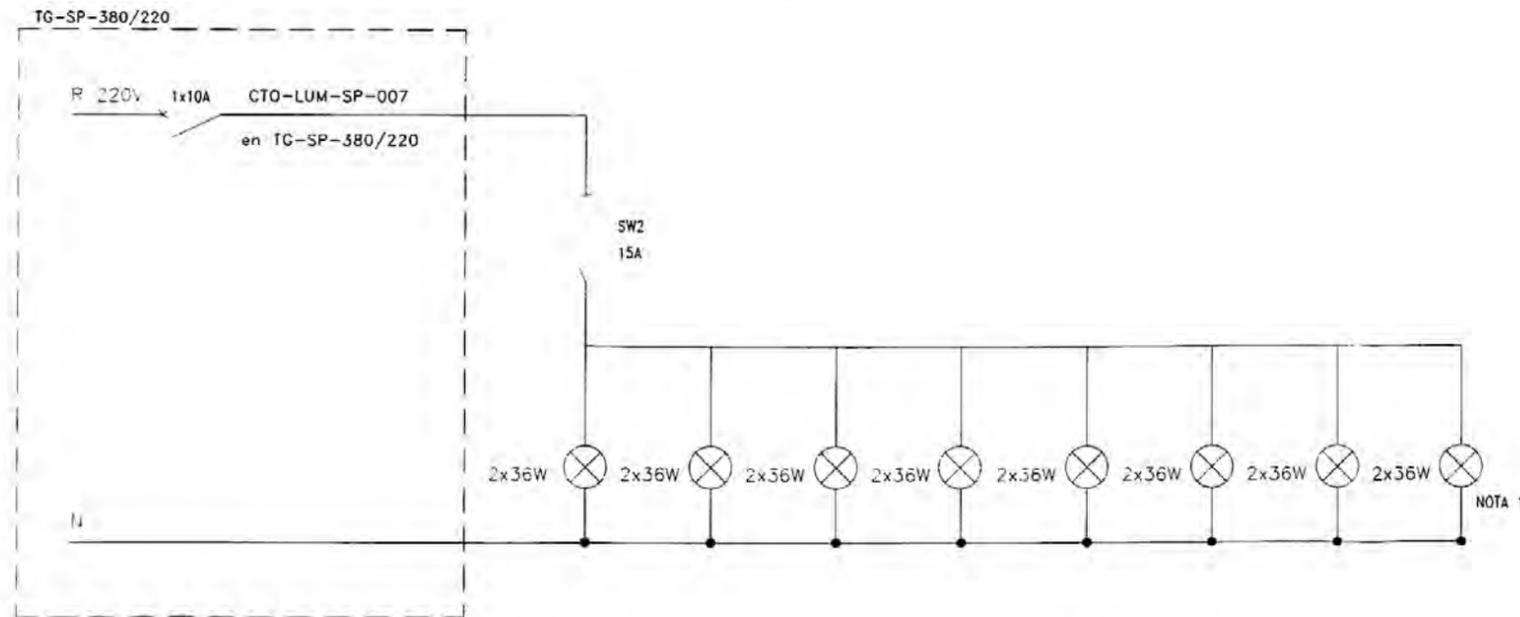
SUBSTACION ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE MINERALES

Título de Documento:

DISPOSICIÓN Y DETALLES FUERZA Y ALUMBRADO GRUPOS GENERADORES

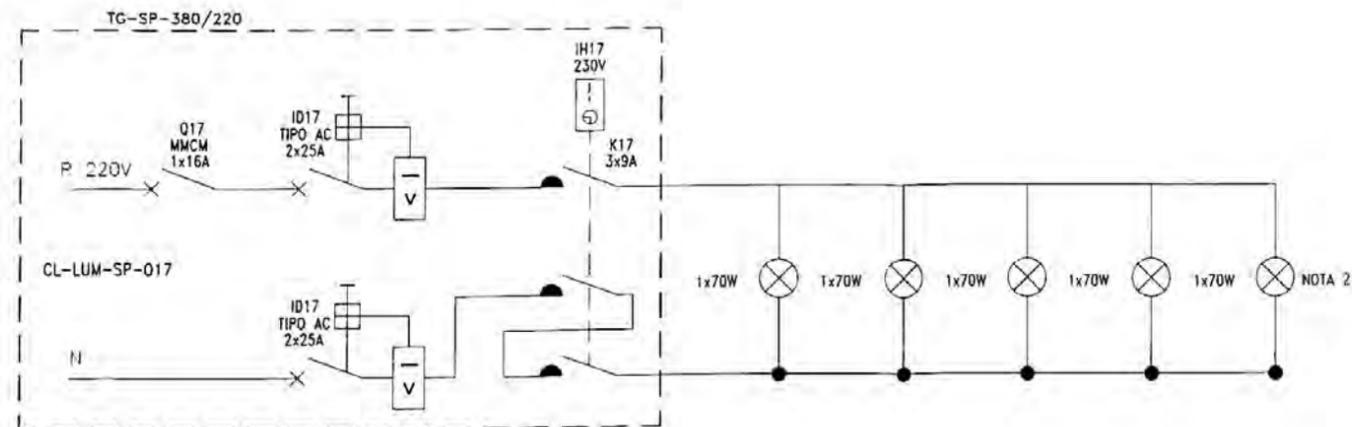
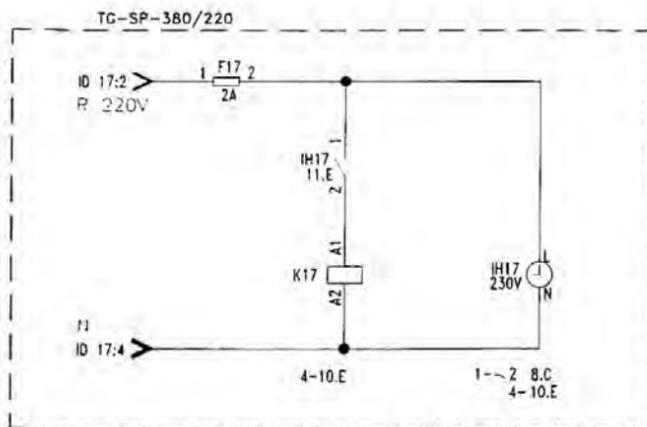
Esc.

**DIAGRAMA SALA ELECTRICA PRINCIPAL
ALUMBRADO INTERIOR**



LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO MCM 1x16A, 10KA, C
	INTERRUPTOR DE LUZ DE 15A
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL 2x25A 30MA, TIPO AC
	LUMINARIA PERIMETRAL PETROLUX II LOW PROFILE 1x70W.
	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2X36W CON CUERPO Y DIFUSOR DE POLICARBONATO MONTAJE COLGANTE
	CONTACTOR DILM 3X9A, 220V 50/60HZ, 1NA
	INTERRUPTOR HORARIO INCA C/R 0-100H 230V, 60HZ
	FUSIBLE TIPO AM, 10X38MM, 2A

**CONTROL DE ALUMBRADO EXTERIOR
INTERRUPTOR HORARIO**



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERIA**

FACULTAD:

**INGENIERIA
MECANICA**

ESPECIALIDAD:

**INGENIERIA MECANICA
ELECTRICA**



ASESOR:

ING. ELMAR JAVIER FRANCO

ELABORADO:

LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

Nº PLANO:

IE-11

Nombre de Proyecto:

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV
PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE
MINERALES**

Título de Documento:

**DIAGRAMA ELEMENTAL DE CONTROL
ALUMBRADO SUBSTACION Nº 1**

Esc:

DIAGRAMA ALUMBRADO GRUPO GENERADOR (GG-SP-001)

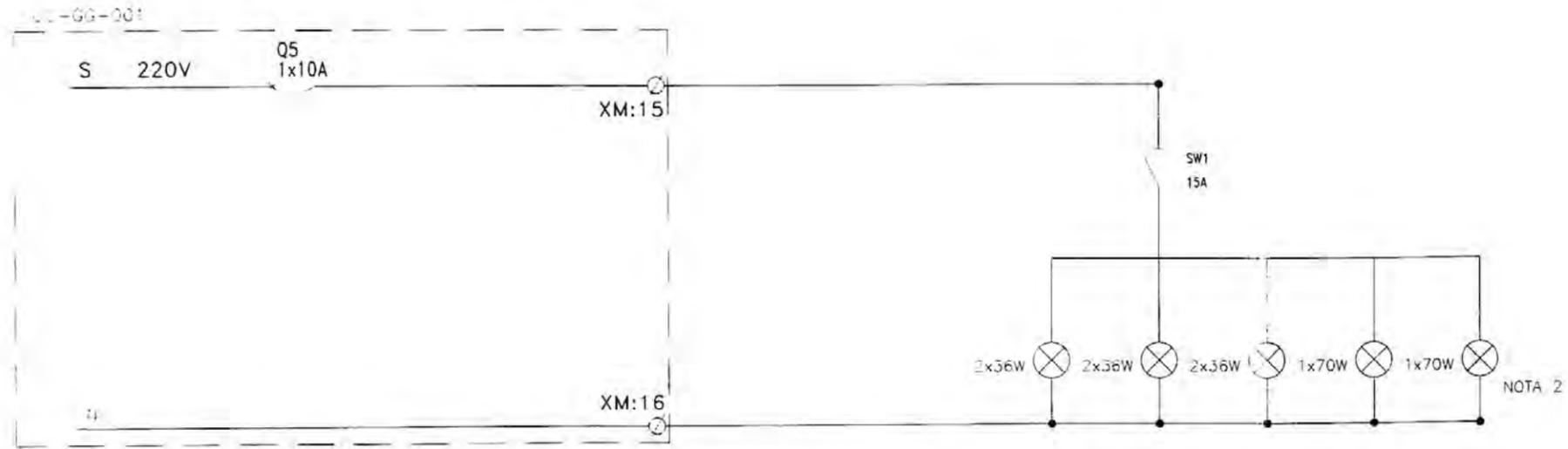


DIAGRAMA ALUMBRADO GRUPO GENERADOR (GG-SP-002)

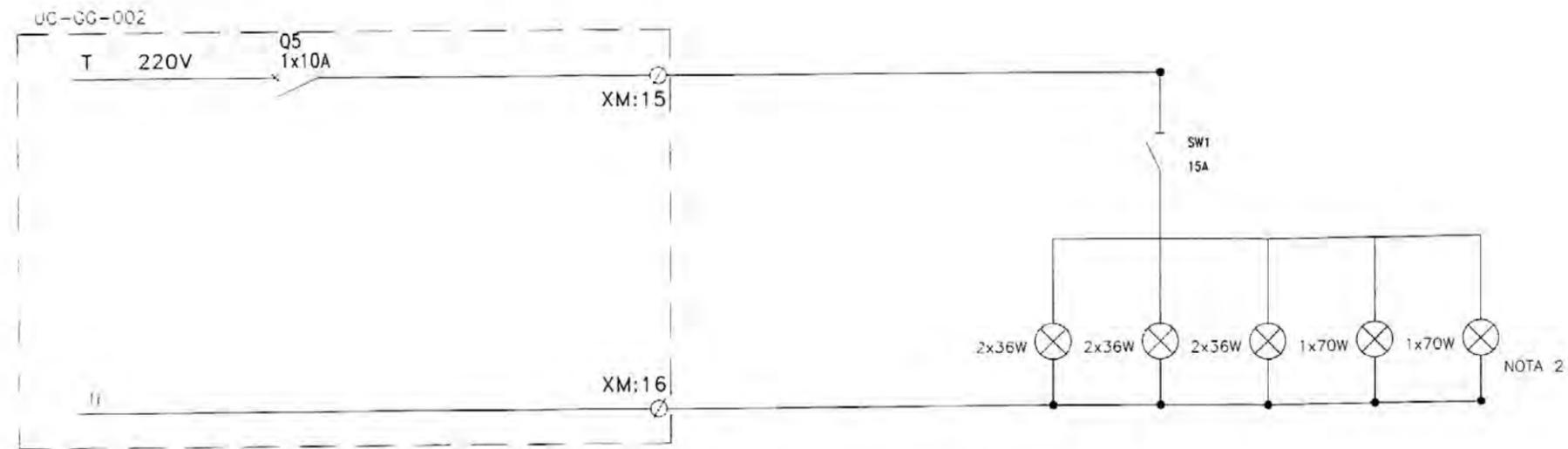
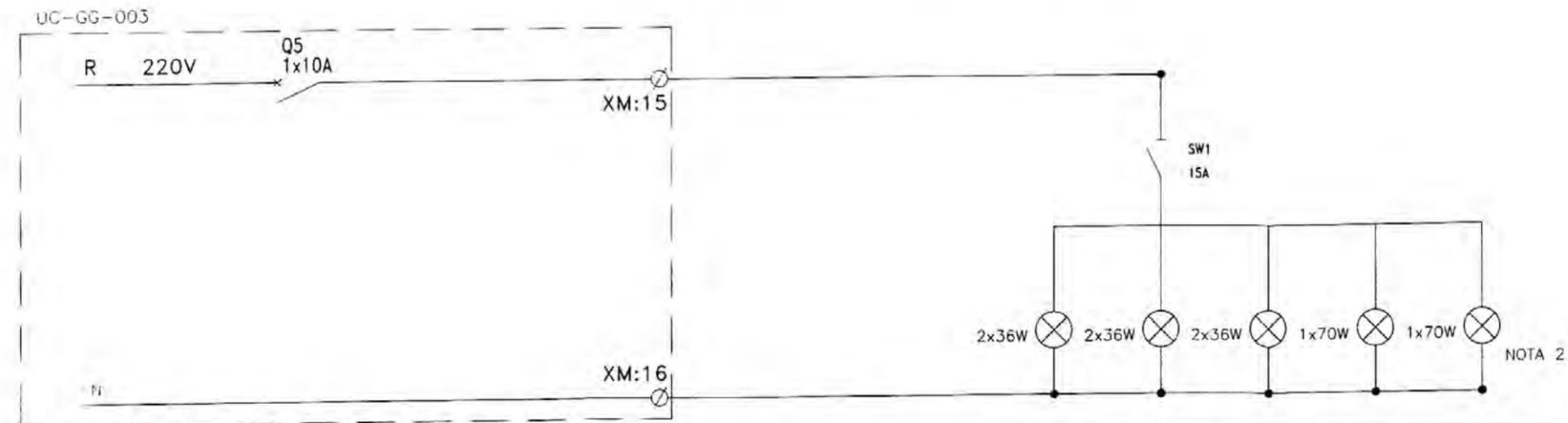


DIAGRAMA ALUMBRADO GRUPO GENERADOR (GG-SP-003)



LEYENDA

SIMBOLO	DESCRIPCION
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO MMCM 1x16A, 10KA, C
	INTERRUPTOR DE LUZ DE 15A
	LUMINARIA PERIMETRAL PETROLUX II LOW PROFILE 1x70W.
	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2x36W CON CUERPO Y DIFUSOR DE POLICARBONATO MONTAJE COLGANTE

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD:

INGENIERIA MECANICA

ESPECIALIDAD

INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



ASESOR:

ING. ELMAR JAVIER FRANCO

ELABORADO:

LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

N° PLANO:

IE-12

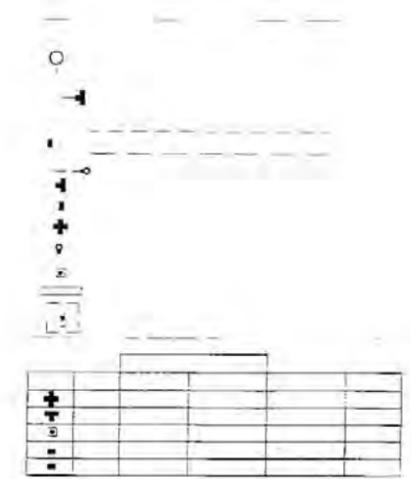
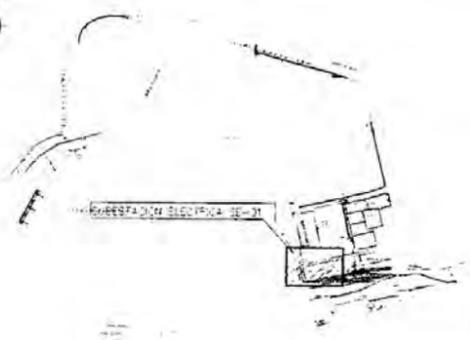
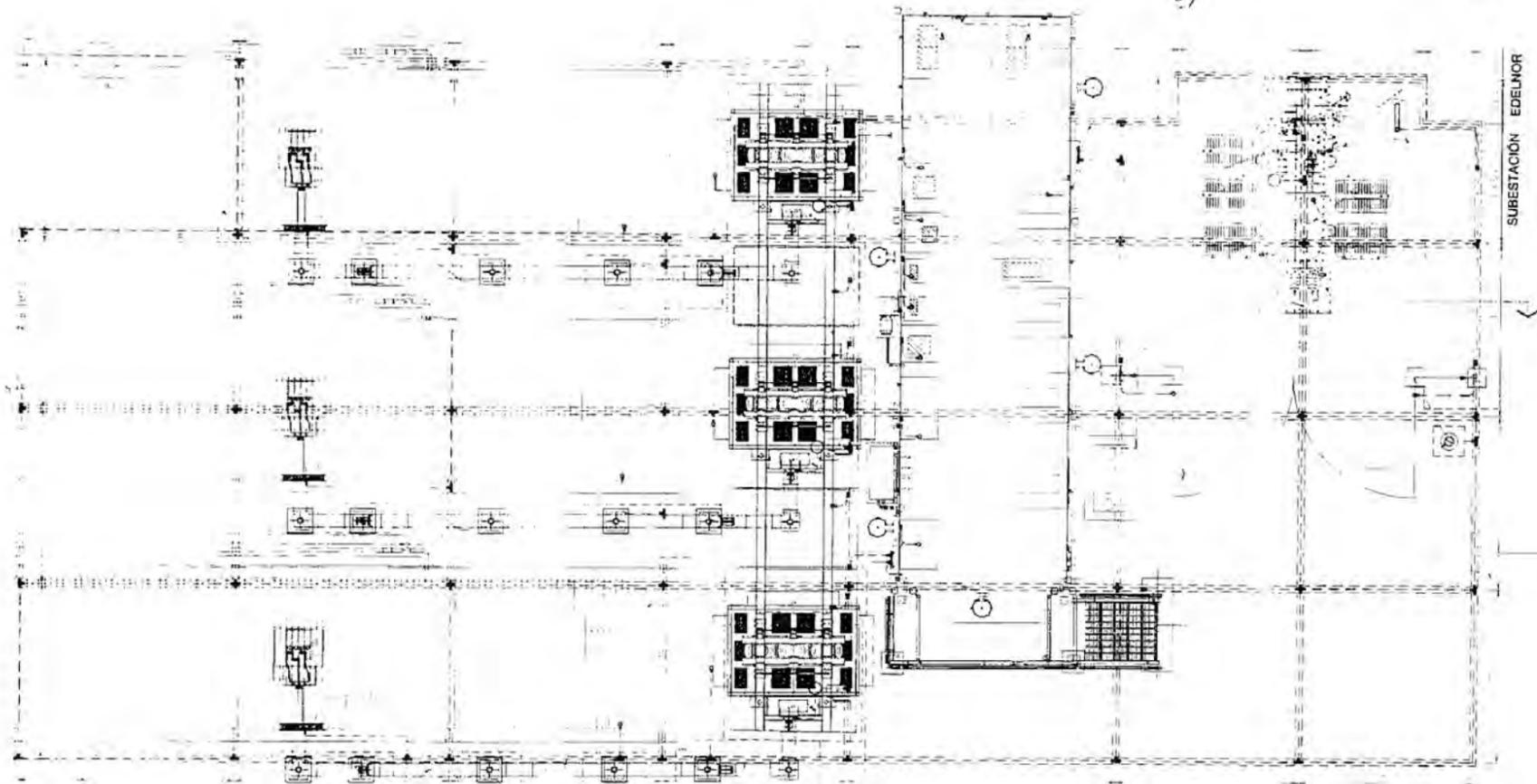
Nombre de Proyecto:

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE MINERALES

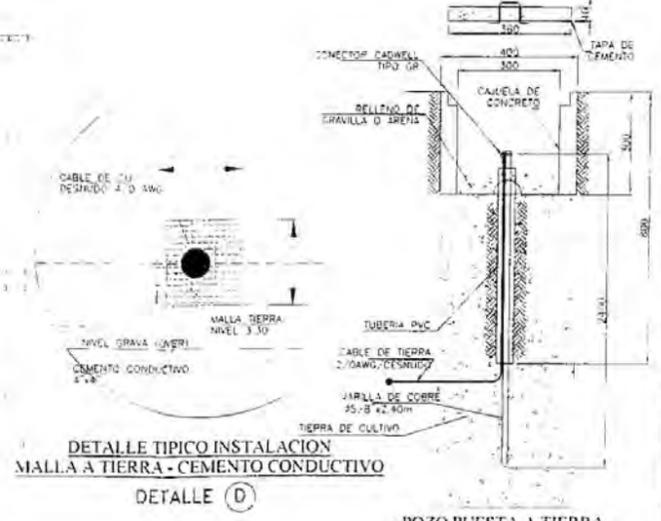
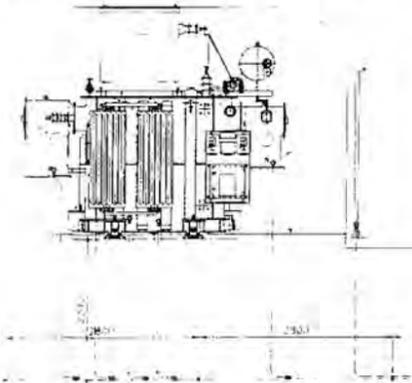
Título de Documento:

DIAGRAMA ELEMENTAL DE CONTROL ALUMBRADO SUBSTACION GRUPO GENERADORES

ENC



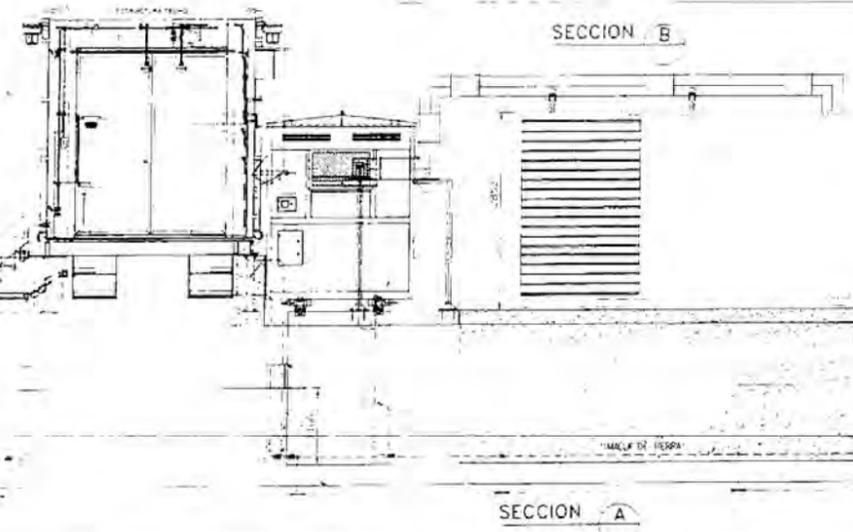
PLANTA SUBESTACION N° 1
DISPOSICION MALLA DE TIERRA



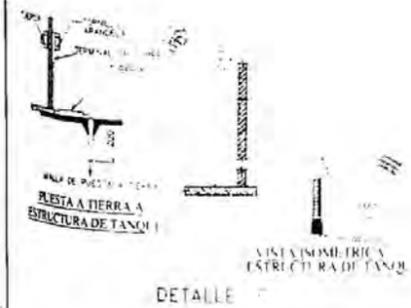
POZO PUESTA A TIERRA
CON REGISTRO
DETALLE E

DETALLE TIPICO INSTALACION
MALLA TIERRA - ELECTRODO VERTICAL
DETALLE F

DETALLE A
BARRA PARA PUESTA A TIERRA EXTERIOR
SAL Y PRINCIPAL



SECCION A



LISTA DE EQUIPO

TAG	DESCRIPCION
CMT-SP-20KV-001	
SG-SP-10KV-001	
TC-SP-001	
TTA-SP-001	
CB-SP-001	
BB-SP-001	
LPS-SP-001	
PO-SP-001	
PR-SP-001	
AA-SP-001	
TR-SP-001	
TR-SP-002	
TR-SP-003	
TR-SP-004	
TR-SP-005	
GG-SP-401	
GG-SP-002	
GG-SP-003	

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERIA

FACULTAD:
**INGENIERIA
MECANICA**
ESPECIALIDAD:
**INGENIERIA MECANICA
ELECTRICA**

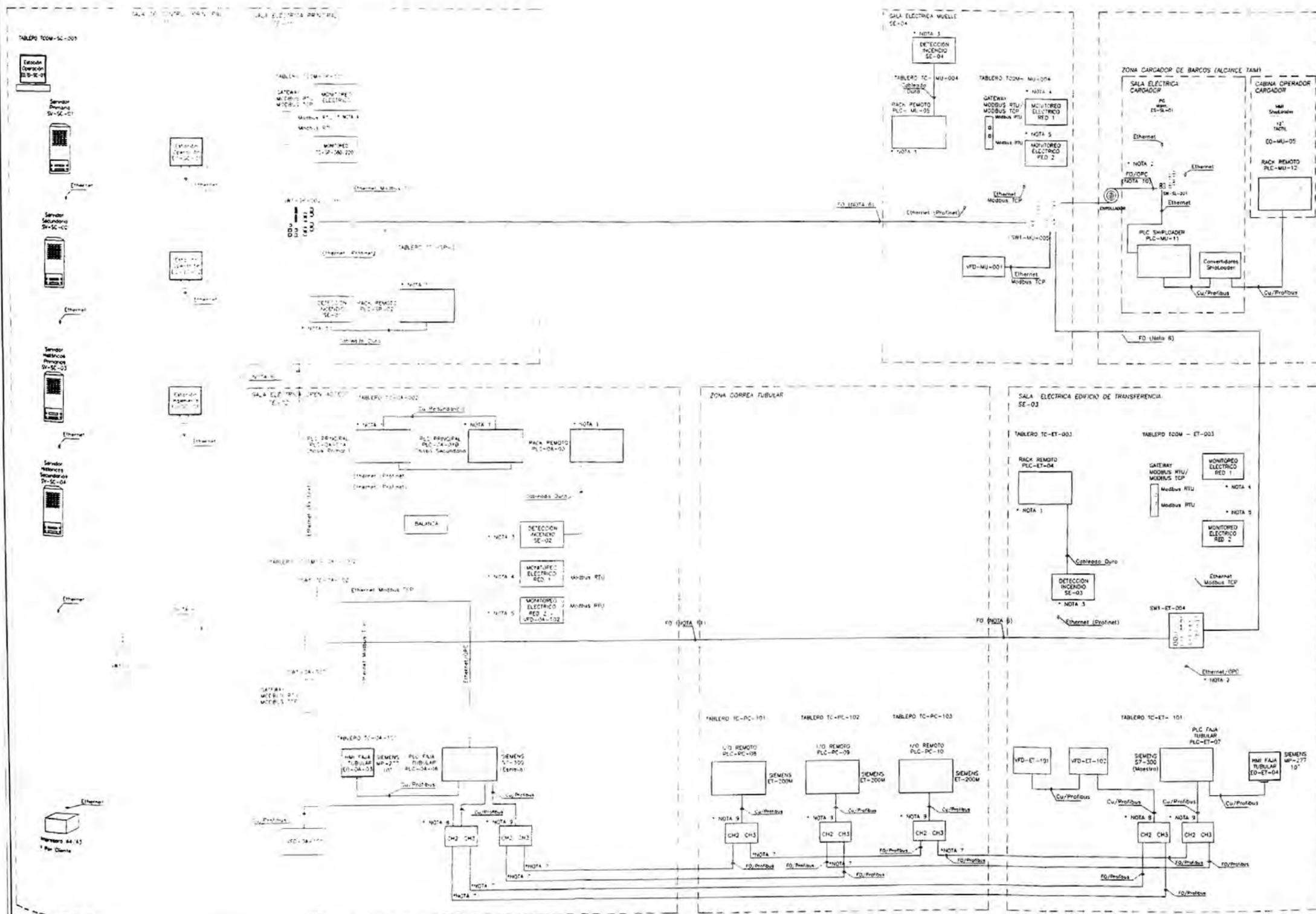


ASESOR: **ING. ELMAR JAVIER FRANCO**
ELABORADO: **LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU**

N° PLANO:
IE-13

Nombre de Proyecto:
**SUBESTACION ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV
PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE
MINERALES**

Título de Documento:
**DISPOSICIÓN Y DETALLES MALLA DE PUESTA A
TIERRA SUBESTACION N° 1**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD: **INGENIERIA MECANICA**

ESPECIALIDAD: **INGENIERIA MECANICA ELECTRICA**



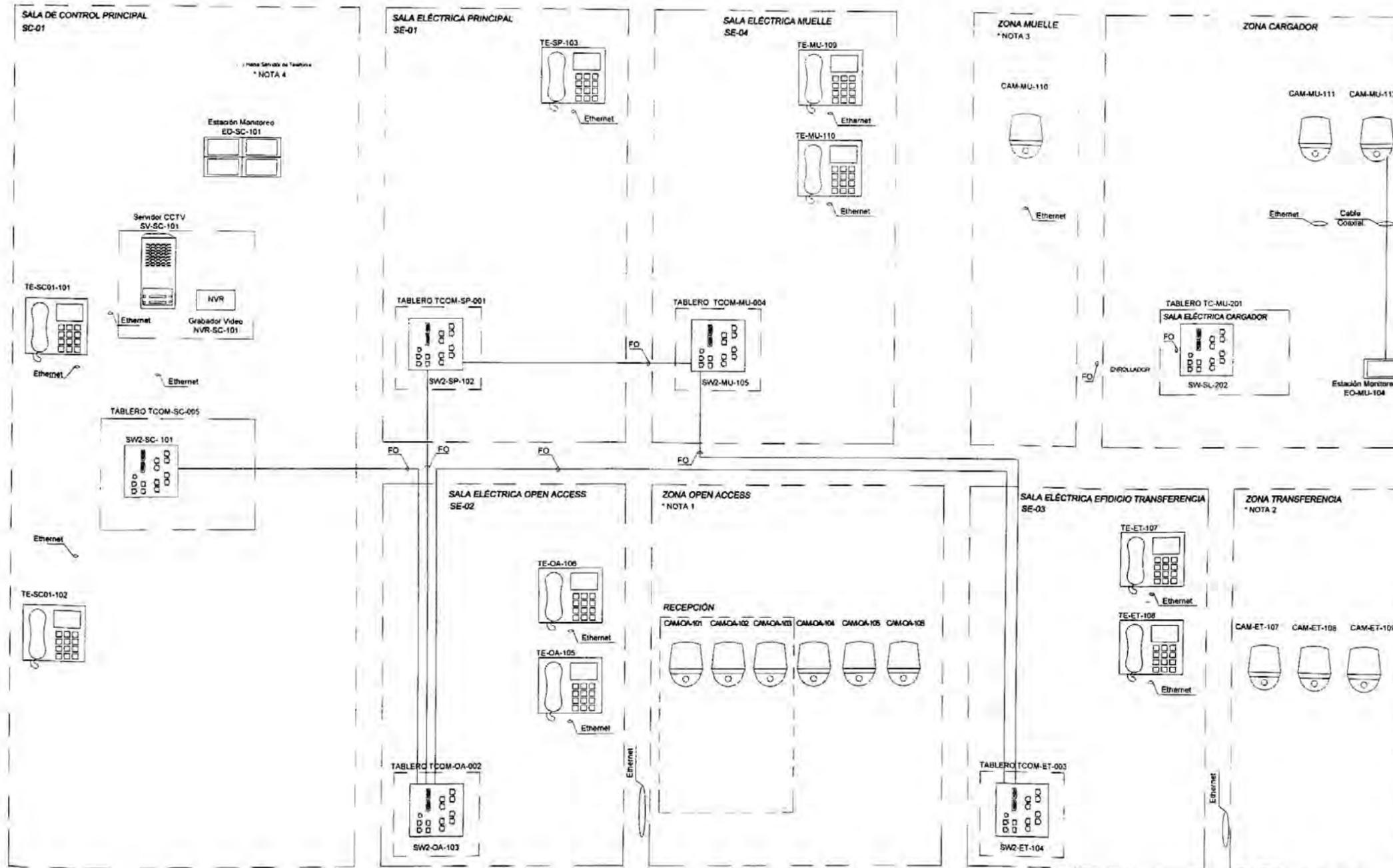
ASESOR: **ING. ELMAR JAVIER FRANCO**

ELABORADO: **LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU**

N° PLANO: **IE-14**

Nombre de Proyecto: **SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE MINERALES**

Título de Documento: **ARQUITECTURA DE CONTROL DISPOSICIÓN GENERAL**



DETALLE DE EQUIPOS

- CAM-XX-1XX CÁMARA IP SISTEMA CCTV
- TE-XX-1XX APARATO TELEFÓNICO IP
- EO-XX-1XX ESTACIÓN DE MONITOREO

- * NOTA 1 SUGERIDAS PARA MONITOREO VISUAL DE PROCESO EN FAJA ALIMENTADORA BC-OA-01, CHUTES DE TRASPASO Y FAJA TUBULAR PC-01.
- * NOTA 2 SUGERIDAS PARA MONITOREO VISUAL DE PROCESO EN FAJA TUBULAR PC-01, CHUTE DE TRASPASO Y FAJA TRIPPER BC-MU-02.
- * NOTA 3 SUGERIDAS PARA MONITOREO VISUAL DE PROCESO EN FAJA TRIPPER BC-MU-02, CHUTE DE TRASPASO Y ZONA DE CARGA SHIPLOADER.
- * NOTA 4 SERVIDOR DE TELEFONÍA DERÁ DEFINIDO Y PROVISTO POR TRANSPORTADORA CALLAO.
- * NOTA 5 EL TELEFONO TE-SP-104 QUEDA COMO RESERVA, DESTINADO A LA SALA ELÉCTRICA PRINCIPAL SE-01.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD:
INGENIERIA MECANICA

ESPECIALIDAD:
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



ASESOR:
ING. ELMAR JAVIER FRANCO

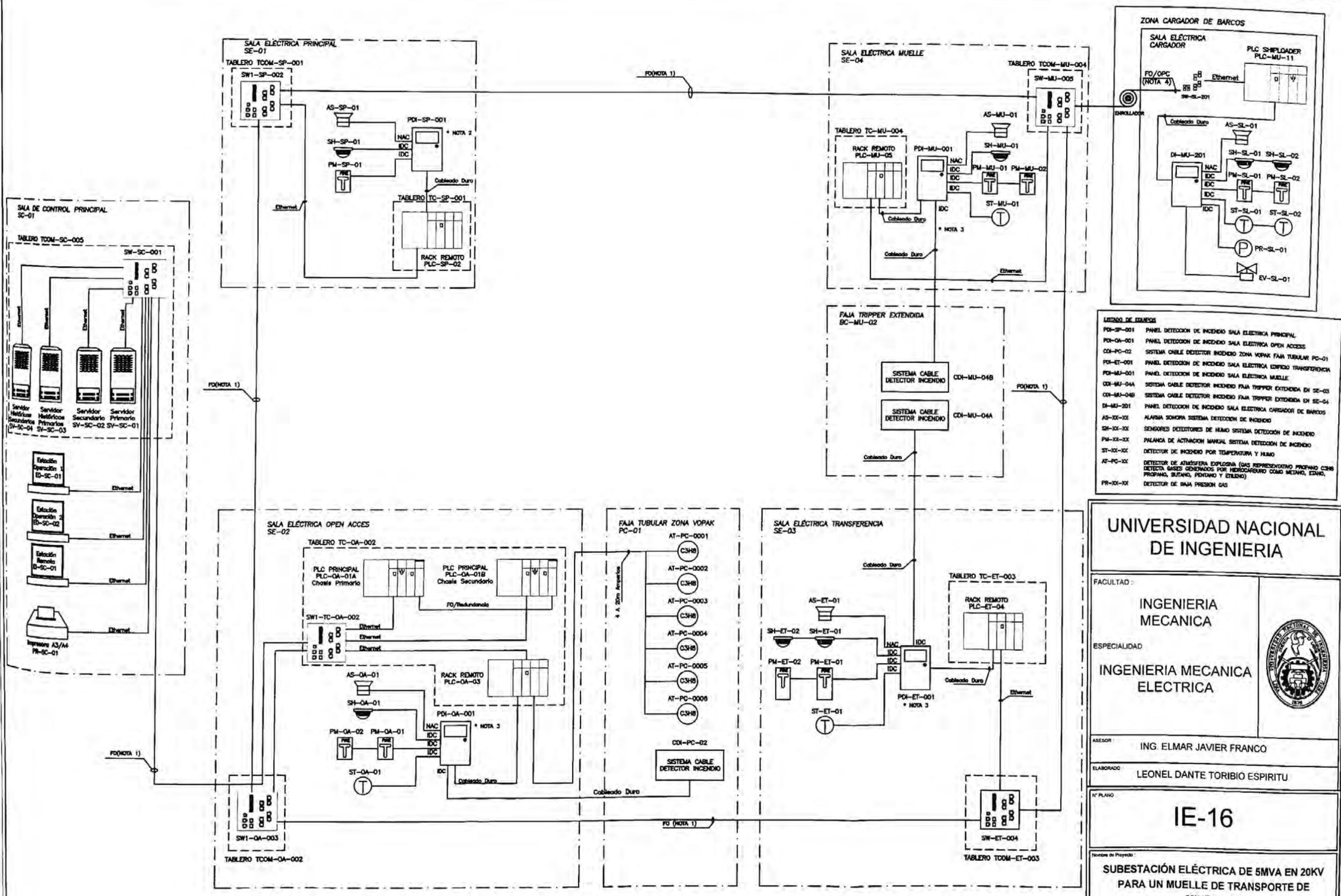
ELABORADO:
LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

Nº PLANO:
IE-15

Nombre de Proyecto:
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE MINERALES

Título de Documento:
ARQUITECTURA SISTEMA CCTV DISPOSICIÓN GENERAL

Esc



LEGENDA DE SIMBOLOS

POI-SP-001	PANEL DETECCIÓN DE INCENDIO SALA ELECTRICA PRINCIPAL
POI-OA-001	PANEL DETECCIÓN DE INCENDIO SALA ELECTRICA OPEN ACCESS
COI-PC-002	SISTEMA CABLE DETECTOR INCENDIO ZONA VOPAK FAJA TUBULAR PC-01
POI-ET-001	PANEL DETECCIÓN DE INCENDIO SALA ELECTRICA EDIFICIO TRANSFERENCIA
POI-MU-001	PANEL DETECCIÓN DE INCENDIO SALA ELECTRICA MUELLE
COI-MU-004	SISTEMA CABLE DETECTOR INCENDIO FAJA TRIPPER EXTENDIDA EN SE-03
DI-MU-201	PANEL DETECCIÓN DE INCENDIO SALA ELECTRICA CARGADOR DE BARCOS
AS-XI-XX	ALARMA SONORA SISTEMA DETECCIÓN DE INCENDIO
SH-XI-XX	SEÑALES DETECTOR DE HUMO SISTEMA DETECCIÓN DE INCENDIO
PM-XI-XX	PALANCA DE ACTIVACION MANUAL SISTEMA DETECCIÓN DE INCENDIO
ST-XI-XX	DETECTOR DE INCENDIO POR TEMPERATURA Y HUMO
AT-PC-XX	DETECTOR DE ATMOSFERA EXPLOSIVA (GAS REPRESENTATIVO PROPANO COMO DETECTOR GASES GENERADOS POR HIBRIDACION COMO METANO, ETANO, PROPANO, BUTANO, PENTANO Y ETILENO)
PR-XI-XX	DETECTOR DE BAJA PRESION GAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD :
INGENIERIA MECANICA
 ESPECIALIDAD
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

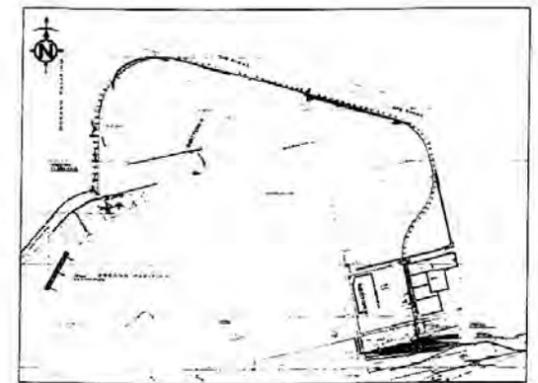
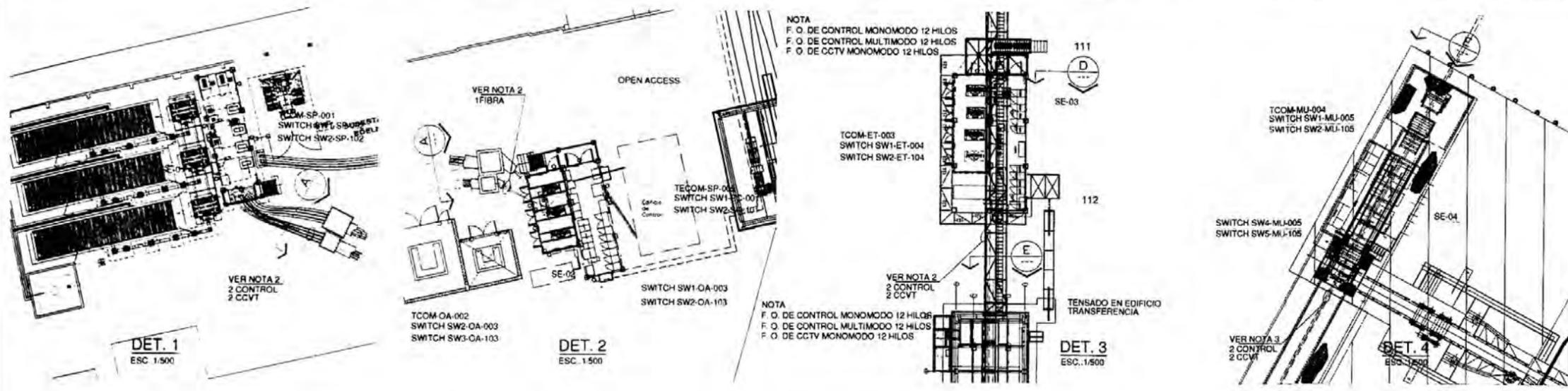


ASESOR :
ING. ELMAR JAVIER FRANCO
 ELABORADO :
LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

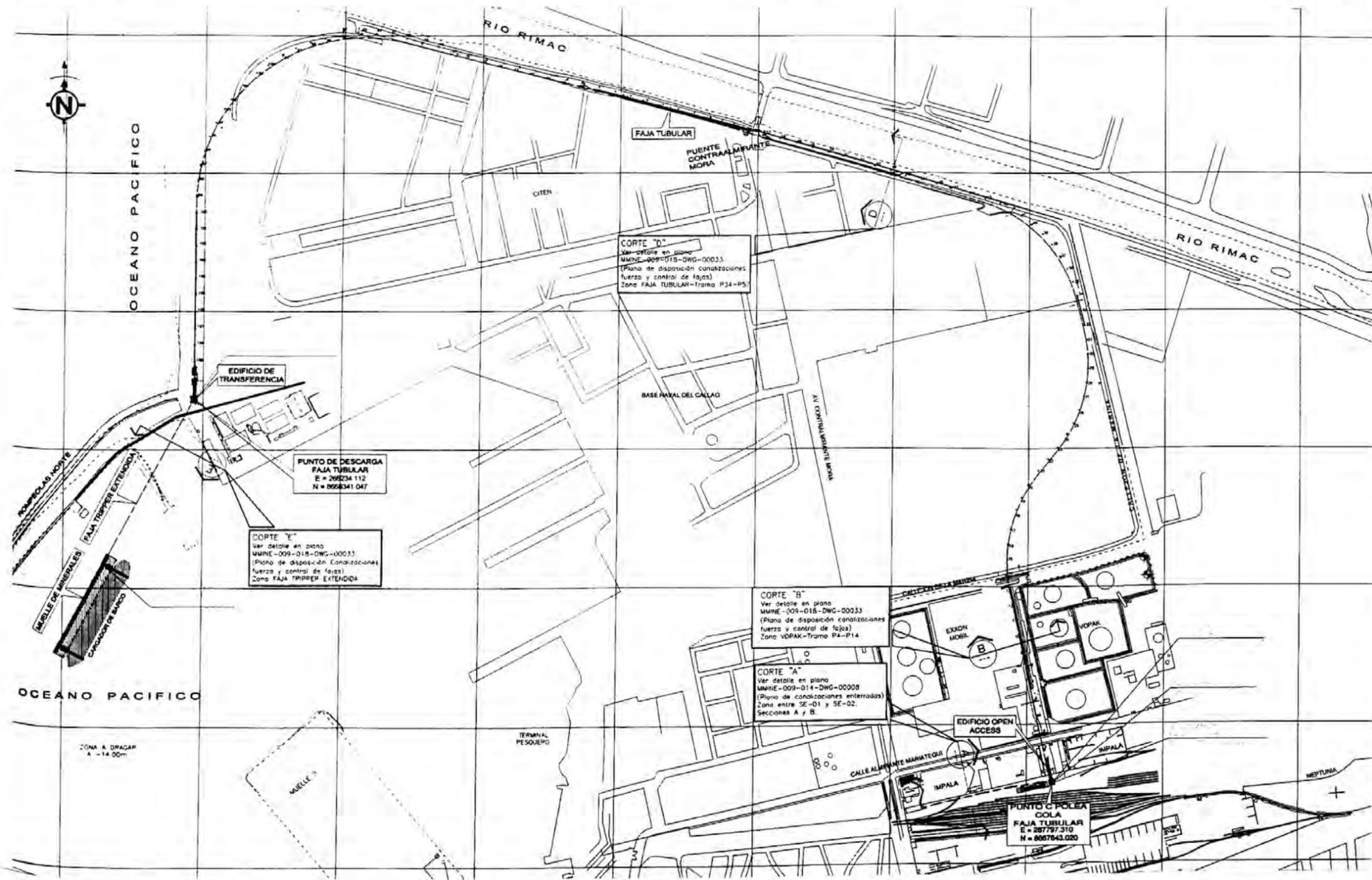
Nº PLANO
IE-16

Nombre de Proyecto:
SUBSTACION ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE MINERALES

Título de Documento:
ARQUITECTURA SISTEMA DETECCIÓN DE INCENDIO DISPOSICIÓN GENERAL



UBICACION
ESC.: S/E



PLANTA
ESC. 1/4000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD:
INGENIERIA MECANICA

ESPECIALIDAD:
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



ASESOR:
ING. ELMAR JAVIER FRANCO

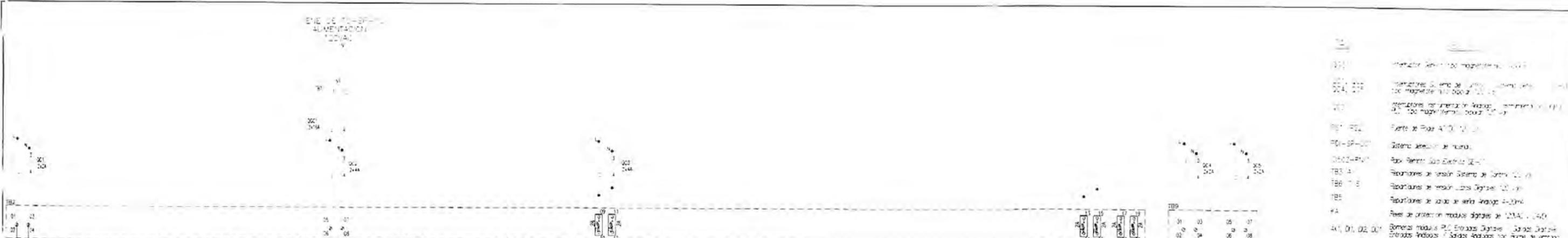
ELABORADO:
LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

Nº PLANO:
IE-17

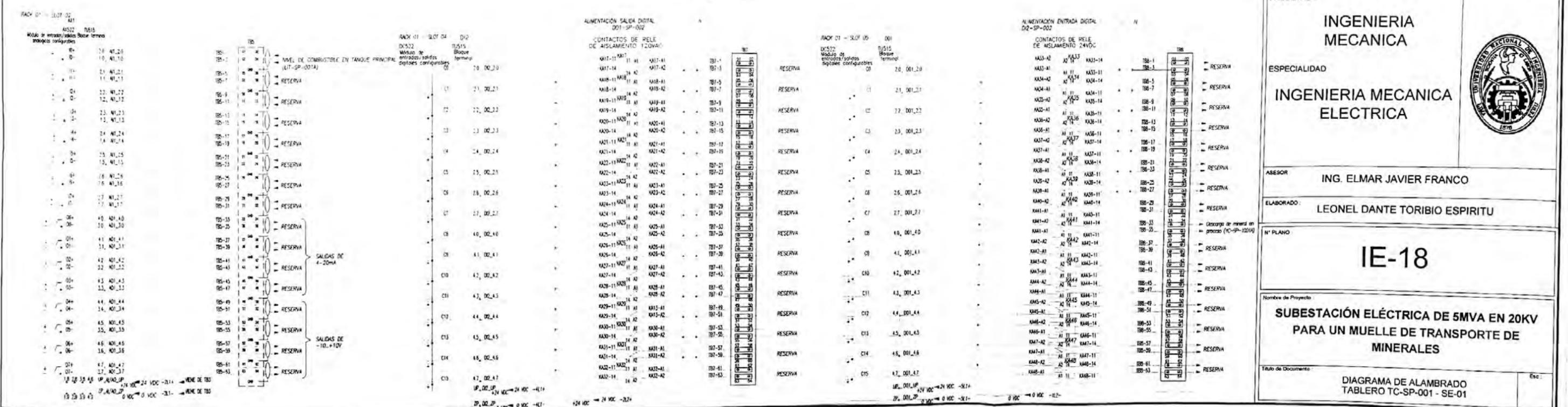
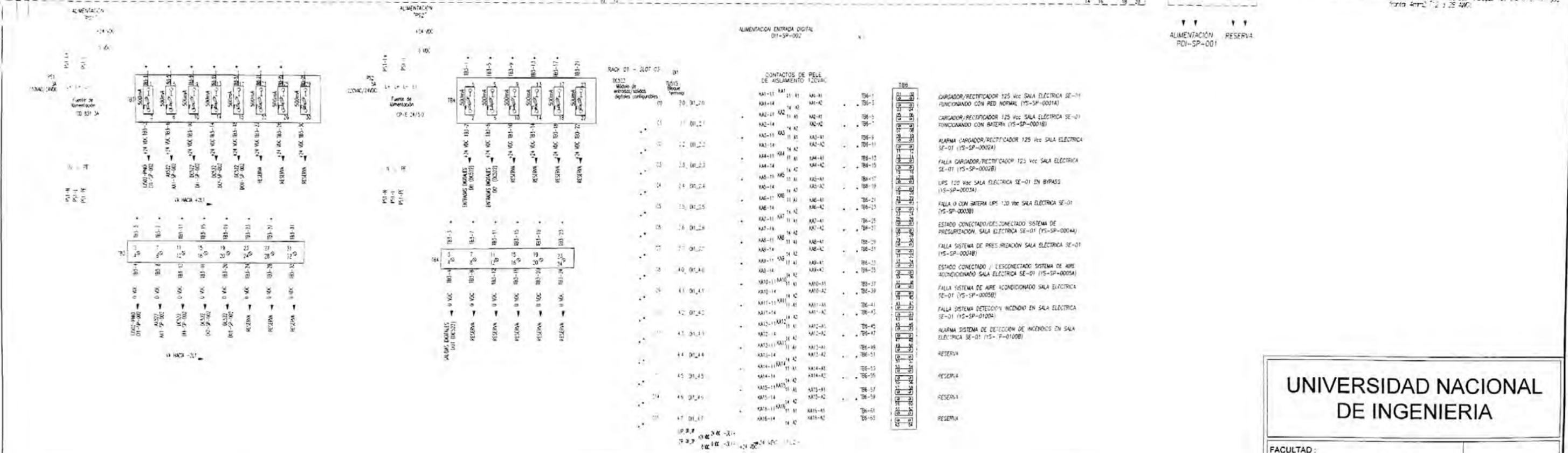
Nombre de Proyecto:
SUBSTACION ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE MINERALES

Título de Documento:
LAYOUT DE PLANTA RED DE FIBRA OPTICA

ALIMENTACION
GENERAL



- 001: Alimentación General de 24VDC
- 002: Alimentación de 12VDC para equipos de control
- 003: Alimentación de 5VDC para equipos de control
- 004: Alimentación de 1.5VDC para equipos de control
- 005: Alimentación de 0.5VDC para equipos de control
- 006: Alimentación de 0.1VDC para equipos de control
- 007: Alimentación de 0.05VDC para equipos de control
- 008: Alimentación de 0.01VDC para equipos de control
- 009: Alimentación de 0.005VDC para equipos de control
- 010: Alimentación de 0.001VDC para equipos de control
- 011: Alimentación de 0.0005VDC para equipos de control
- 012: Alimentación de 0.0001VDC para equipos de control
- 013: Alimentación de 0.00005VDC para equipos de control
- 014: Alimentación de 0.00001VDC para equipos de control
- 015: Alimentación de 0.000005VDC para equipos de control
- 016: Alimentación de 0.000001VDC para equipos de control
- 017: Alimentación de 0.0000005VDC para equipos de control
- 018: Alimentación de 0.0000001VDC para equipos de control
- 019: Alimentación de 0.00000005VDC para equipos de control
- 020: Alimentación de 0.00000001VDC para equipos de control



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD: **INGENIERIA MECANICA**

ESPECIALIDAD: **INGENIERIA MECANICA ELECTRICA**



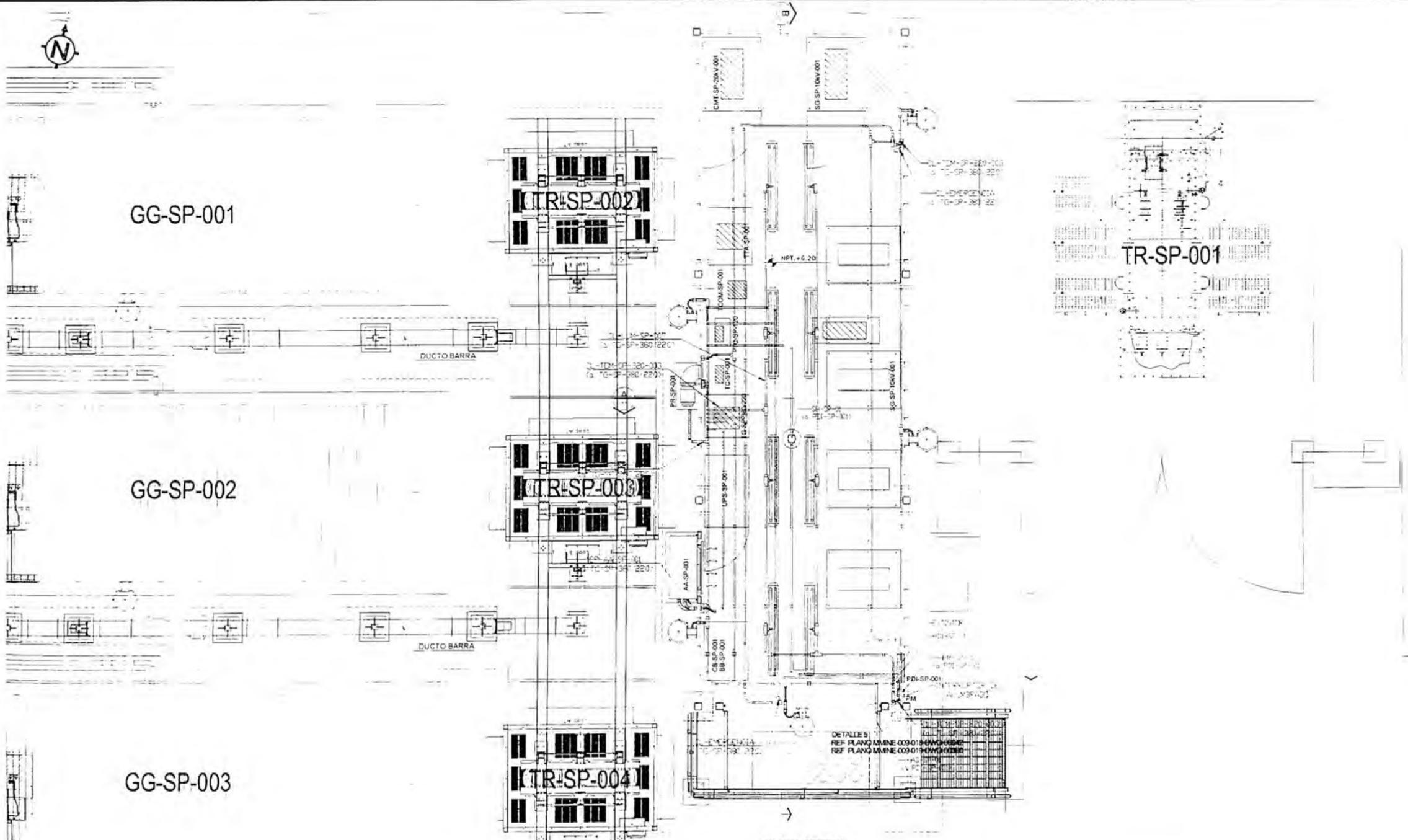
ASESOR: **ING. ELMAR JAVIER FRANCO**

ELABORADO: **LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU**

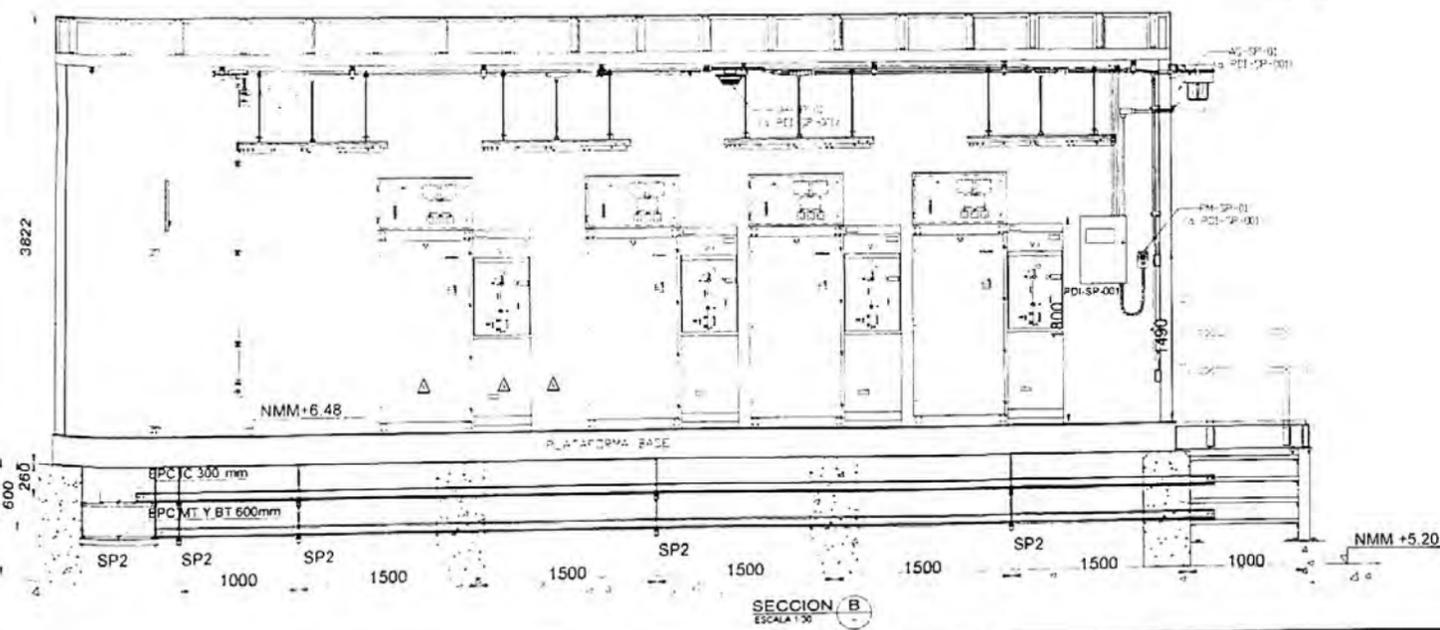
Nº PLANO: **IE-18**

Número de Proyecto: **SUBSTACION ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE MINERALES**

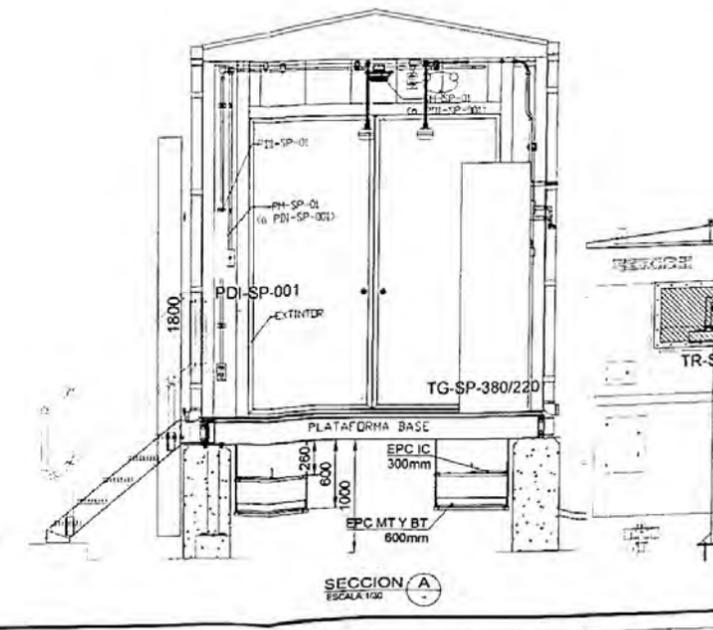
Título de Documento: **DIAGRAMA DE ALAMBRADO TABLERO TC-SP-001 - SE-01**



PLANTA GENERAL
ESC. 1/30



SECCION B
ESCALA 1/30



SECCION A
ESCALA 1/30



PLANO DE UBICACION
ESCALA SITE

LEYENDA

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
[Square symbol]	EXTINTOR DE INCENDIOS CLASES B Y C
[Circle with dot symbol]	PM PULSADOR MANUAL
[Triangle symbol]	ALARMA SONORA VISUAL
[Circle with cross symbol]	DETECTOR DE HUMO
[T-shape symbol]	DETECTOR DE INCENDIO POR TEMPERATURA

SUBSTACION N°01

ITEM	TAG	DESCRIPCION
1	PDI-SP-001	PANEL SISTEMA DETECCION DE INCENDIO
2	SH-SP-01	DETECTOR DE HUMO SALA ELECTRICA
3	PM-SP-01	PULSADOR MANUAL SALIDA SALA ELECTRICA
4	AS-SP-01	ALARMA SONORA VISUAL SALA ELECTRICA

- 1. LOS NIVELES CON RESPECTO AL NIVEL MEDIO DEL MAR (NMM).
- 2. TIPO DE CONDUCTOR SE INDICA EN HOJA DE DATOS SISTEMA DETECCION DE INCENDIO NMM-009-019-SPC-30004.
- 3. LA CANALIZACION PARA EL SISTEMA DETECCION DE INCENDIO ES A TRAVES DE TUBERIA CONDUIT ACEPO GALVANIZADO DE 1", INSTALADOS A LA VISTA.
- 4. EL AGENTE EXTINTOR PARA POLVOS QUIMICOS METALADOS CO2, CORRESPONDIENTE A LA CLASE B y C.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD
**INGENIERIA
MECANICA**

ESPECIALIDAD
**INGENIERIA MECANICA
ELECTRICA**



ASESOR
ING. ELMAR JAVIER FRANCO

ELABORADO
LEONEL DANTE TORIBIO ESPIRITU

N° PLANO
IE-19

Nombre de Proyecto
**SUBSTACION ELÉCTRICA DE 5MVA EN 20KV
PARA UN MUELLE DE TRANSPORTE DE
MINERALES**

Título de Documento
**DISPOSICION DE EQUIPOS
SISTEMA DETECCION DE INCENDIO SE-01**