

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica
Eléctrica y Mecatrónica



**“DISEÑO DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN
MEDIA TENSIÓN A NIVEL DE 22.9KV Y
SUBESTACIÓN TIPO CASETA DE 1000KVA PARA
LA EMPRESA CONGELADOS GUTIÉRREZ”**

Tesis Presentada por el Bachiller
Bravo Revilla, Víctor Andree

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico Electricista

Asesor:
Ing. Chirinos Apaza, Luis

Arequipa – Perú
2018



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA
ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

INFORME DICTAMINATORIO

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

**“PROYECTO DE SISTEMA DE UTILIZACION EN
MEDIA TENSION A NIVEL DE 22.9 KV Y
SUBESTACION TIPO CASETA DE 1000KVA PARA
LA EMPRESA CONGELADOS GUTIERREZ”**

Presentado por el Bachiller:

BRAVO REVILLA VICTOR ANDREE

Nuestro DICTAMEN es:

APROBADO

OBSERVACIONES: SE MODIFICA EL TÍTULO DE LA TESIS
PROYECTO POR DISEÑO, OPERACION "DISEÑO DE
SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN MEDIA TENSION A NIVEL DE
22.9 KV Y SUBESTACIÓN TIPO CASETA DE 1000 KVA PARA
LA EMPRESA CONGELADOS GUTIERREZ"

Arequipa, 02 DE MAYO 2018


ING. LUIS CHIRINOS APAZA


ING. VICTOR RIVERA ACOSTA
2398

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios por guiar mis pasos, darme las fuerzas para seguir adelante y no rendirme ante las adversidades.

A mis padres por dármele todo en la vida y hacer de mí una mejor persona, pero más que nada por el amor que me dieron.

Gracias a mis hermanos por el apoyo incondicional, por sus consejos, sus valores y por la motivación constante para realizar esta tesis.



ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|------------|
| RESUMEN | I |
| ABSTRACT | III |
| INTRODUCCIÓN | V |
| | |
| CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS..... | 1 |
| 1.3. OBJETIVOS | 2 |
| 1.3.1. Objetivo general. | 2 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES | 3 |
| 1.4.1. Alcances..... | 3 |
| 1.4.2. Limitaciones..... | 4 |
| 1.5. DESCRIPCIÓN DEL AREA DEL PROYECTO..... | 4 |
| 1.5.1. Ubicación Geográfica | 4 |
| 1.5.2. Condiciones Climatológicas | 4 |
| 1.6. PUNTO DE DISEÑO Y FACTIBILIDAD..... | 5 |
| 1.7. SISTEMA DE MEDICIÓN | 5 |
| | |
| CAPITULO II: MARCO TEÓRICO | |
| 2.1. SISTEMA DE UTILIZACIÓN Y ACOMETIDA ELÉCTRICA..... | 7 |
| 2.1.1. Sistema de Utilización..... | 7 |
| 2.1.2. Acometida Eléctrica | 7 |
| 2.2. SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN ELÉCTRICA..... | 8 |
| 2.2.1. Definición | 8 |
| 2.2.2. Clasificación de las Subestaciones Eléctricas | 8 |
| 2.2.2.1. De acuerdo a la función que desempeñan | 8 |
| 2.2.2.2. De acuerdo al tipo de instalación..... | 9 |
| 2.2.3. Distancias Mínimas de Seguridad en Subestaciones..... | 9 |
| 2.3. TRANSFORMADOR DE POTENCIA | 10 |
| 2.3.1. Definición | 10 |

| | | |
|--|---|----|
| 2.3.2. | Principio de Funcionamiento | 12 |
| 2.3.3. | Aislamiento en Transformadores de Potencia Convencionales | 13 |
| 2.3.3.1. | Transformadores con aislamiento seco | 13 |
| 2.3.3.2. | Transformadores con aislamiento en aceite | 13 |
| 2.3.4. | Sistema de Conservación del Aceite | 13 |
| 2.4. | EL GAS SF ₆ EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS | 15 |
| 2.5. | DISPOSITIVOS APERTURA Y CIERRE SUBESTACIONES POTENCIA | 19 |
| 2.5.1. | Interruptor de Potencia | 19 |
| 2.5.2. | Seccionador de Potencia | 20 |
| 2.6. | SISTEMA DE PUESTA A TIERRA | 21 |
| 2.6.1. | Definición | 21 |
| 2.6.2. | Finalidad de las unidades a tierra | 21 |
| 2.1.1. | Tipos de conductor para puesta a tierra | 22 |
| 2.7. | ESTRUCTURA SOPORTE AÉREO | 22 |
| 2.7.1. | “Cargas en estructuras soportes | 22 |
| 2.7.2. | Tipos de estructuras soporte..... | 23 |
| | | |
| CAPITULO III: CALCULOS DE INGENIERÍA Y SELECCIÓN DE EQUIPOS | | |
| 3.1. | GENERALIDADES | 25 |
| 3.2. | CARACTERÍSTICAS BÁSICAS | 26 |
| 3.2.1. | Características Básicas de la Red Primaria | 26 |
| 3.2.2. | Características Básicas de la Subestación tipo Caseta | 26 |
| 3.3. | BASES DE CALCULO ELECTROMECAÁNICO | 27 |
| 3.3.1. | Cálculos Eléctricos | 27 |
| 3.3.2. | Cálculos Mecánicos..... | 27 |
| 3.4. | POTENCIA INSTALADA Y MÁXIMA DEMANDA | 28 |
| 3.5. | DETERMINACIÓN DEL NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO..... | 30 |
| 3.5.1. | Por Contaminación Ambiental..... | 30 |
| 3.5.1.1. | Nivel de contaminación | 31 |
| 3.5.1.2. | Máxima tensión de servicio entre fases | 31 |
| 3.5.1.3. | Factor de corrección por altitud..... | 31 |
| 3.5.2. | Por Sobretensiones Atmosféricas (Vi) | 32 |
| 3.5.3. | Sobretensiones a Frecuencia Industrial en Seco (Vfi)..... | 33 |
| 3.6. | CÁLCULO ELÉCTRICO | 33 |

| | |
|--|-----|
| 3.6.1. Cálculo de la Corriente Nominal del Sistema en Media Tensión | 33 |
| 3.6.2. Cálculo de la Corriente Nominal del sistema en Baja Tensión..... | 34 |
| 3.6.3. Cálculo de la Corriente de Corto Circuito del Sistema | 34 |
| 3.6.4. Dimensionamiento del Cable Subterráneo de Media Tensión..... | 35 |
| 3.6.5. Dimensionamiento del Cable Aéreo de Media Tensión..... | 45 |
| 3.6.6. Caída de Tensión Total del Sistema en Media Tensión | 52 |
| 3.6.7. Dimensionamiento del Cable en Baja Tensión | 53 |
| 3.6.8. Cálculo del Sistema de Puesta a Tierra | 56 |
| 3.7. CÁLCULOS MECÁNICOS | 62 |
| 3.7.1. Cálculo Mecánico de Estructuras Soporte..... | 62 |
| 3.7.2. Cálculo Mecánico de Retenidas | 65 |
| 3.7.3. Resultados del cálculo mecánico de estructuras y retenidas..... | 66 |
| 3.7.4. Cálculo Tiro del conductor aéreo en el extremo sin desnivel..... | 70 |
| 3.7.5. Cálculo flecha del conductor aéreo | 71 |
| 3.7.6. Cálculo Altura del poste C.A.C..... | 73 |
| 3.8. SELECCIÓN DE AISLADORES Y SECCIONADOR CUT OUT | 75 |
| 3.9. SELECCIÓN DE FUSIBLES TIPO K PARA SECCIONADOR CUT OUT..... | 75 |
| 3.10. SELECCIÓN DE LA CELDA DE SECCIONAMIENTO EN MEDIA TENSIÓN..... | 76 |
| 3.11. CÁLCULO DE VENTILACIÓN NATURAL PARA SUBESTACIÓN | 80 |
| 3.12. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES Y EQUIPOS | 82 |
| 3.12.1. Especificación Técnica Poste de Concreto Armado Centrifugado | 82 |
| 3.12.2. Especificación Técnica Crucetas Madera Tratada Procedencia Nacional. 83 | |
| 3.12.3. Especificación Técnica de Aislador de Tipo PIN Polimérico de 36KV.... 84 | |
| 3.12.4. Especificación Técnica de Aislador Tipo Suspensión Polimérico 36KV . 87 | |
| 3.12.5. Especificación Técnica Red Subterránea en Media Tensión 22.9KV..... 89 | |
| 3.12.6. Especificación Técnica de Cable Tipo NYY | 93 |
| 3.12.7. Especificación Técnica de Conductor Aleación de Aluminio CAAPI..... 94 | |
| 3.12.8. Especificación Técnica de Seccionador Fusible CUT-OUT | 96 |
| 3.12.9. Especificación Técnica de Subestación Tipo Caseta..... | 97 |
| 3.12.10. Especificación Técnica Celda de Transformación..... | 99 |
| 3.12.11. Especificación Técnica del Interruptor de Potencia SF6..... | 99 |
| 3.12.12. Especificación Técnica del Transformador de Potencia | 103 |

CAPITULO V: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

| | |
|---|------------|
| 4.1. EXCAVACIÓN | 105 |
| 4.2. INSTALACIÓN DE POSTES C.A.C | 105 |
| 4.2.1. Izaje de Postes | 105 |
| 4.2.2. Cimentación | 105 |
| 4.2.3. Relleno | 106 |
| 4.3. INSTALACIÓN DE AISLADORES Y ACCESORIOS | 106 |
| 4.4. TENDIDO DE CABLE SUBTERRÁNEO DE MEDIA TENSIÓN | 107 |
| 4.4.1. Trazo del Recorrido | 107 |
| 4.4.2. Apertura de Zanja | 107 |
| 4.4.3. Tendido de los Cables | 108 |
| 4.4.3.1. Manipulación de los cables | 108 |
| 4.4.3.2. Operación de tendido | 109 |
| 4.4.4. Montaje de Terminales | 109 |
| 4.4.5. Protección y Señalización de los Cables | 109 |
| 4.5. MONTAJE DE LA SUBESTACIÓN DE POTENCIA | 110 |
| 4.5.1. Montaje de Celdas | 111 |
| 4.5.2. Montaje Bases del Transformador | 111 |
| 4.5.3. Montaje de Transformador de 1000 KVA | 111 |
| 4.6. OBRAS CIVILES PARA CONSTRUCCIÓN DE LA CASETA DE LA S.E. | 112 |
| 4.7. SEÑALIZACIONES DE SEGURIDAD..... | 113 |
| 4.8. MONTAJE DE PUESTA A TIERRA..... | 113 |
| | |
| CONCLUSIONES..... | 115 |
| RECOMENDACIONES | 117 |
| BIBLIOGRAFÍA | 118 |
| ANEXOS | 119 |
| PLANOS DE DISEÑO..... | 130 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| CUADRO N° 3.1: CARGAS Y MÁXIMA DEMANDA..... | 29 |
| CUADRO N° 3.2: FACTORES DE CORRECCIÓN RELATIVOS A LA TEMPERATURA DEL SUELO..... | 37 |
| CUADRO N° 3.3: FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS A LA RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL SUELO..... | 38 |
| CUADRO N° 3.4: FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS A LA PROFUNDIDAD DE TENDIDO..... | 39 |
| CUADRO N° 3.5: FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS AL TENDIDO EN DUCTOS | 40 |
| CUADRO N° 3.6: CÁLCULO CAIDA DE TENSIÓN TOTAL DEL SISTEMA..... | 53 |
| CUADRO N°3.7: RELACIÓN DE LA SECCIÓN A LA CORRIENTE DE FALLA DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA LADO PRIMARIO | 57 |
| CUADRO N°3.8: SECCIÓN MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA PARA DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA..... | 58 |
| CUADRO N°3.9: RESISTENCIA MÁXIMA DE LA CONEXIONES A TIERRA..... | 59 |
| CUADRO N°3.10: CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURA ARMADO A-1 | 68 |
| CUADRO N°3.11: CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURA ARMADO FIN DE LINEA PMI | 69 |
| CUADRO N°3.12: ESFUERZOS MÁXIMOS ADMISIBLES EN CONDUCTORES | 71 |
| CUADRO N°3.13: CÁLCULO DE FLECHA DEL CONDUCTOR AÉREO..... | 72 |
| CUADRO N°3.14: CÁLCULO ALTURA DEL POSTE C.A.C | 74 |
| CUADRO N° 3.15: NIVEL DE AISLAMIENTO DEL EQUIPO ELECTRICO..... | 75 |
| CUADRO N° 3.16: VALORES PARA SELECCIÓN DE CELDA DE SECCIONAMIENTO SM6 DM1-A 24KV..... | 79 |
| CUADRO N° 3.17: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS DE POSTES DE CONCRETO | 83 |
| CUADRO N° 3.18: CARACTERISTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS CRUCETA DE MADERA TRATADA DE PROCEDENCIA NACIONAL..... | 84 |
| CUADRO N° 3.19: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS AISLADOR TIPO PIN POLIMERICO 27KV | 87 |
| CUADRO N° 3.20: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS AISLADOR TIPO SUSPENSIÓN POLIMERICO | 88 |

| | |
|--|-----|
| CUADRO N° 3.21: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS DE CABLE N2XSY 18/30KV | 90 |
| CUADRO N° 3.22: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS TERMINACIÓN CONTRAIBLE PARA CABLE SECO 35KV | 92 |
| CUADRO N° 3.23: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS DE CABLE NYN 0.6/1KV | 94 |
| CUADRO N° 3.24: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS DE CONDUCTOR ALEACIÓN ALUMINIO CAAPI | 95 |
| CUADRO N° 3.25: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS SECCIONADOR – FUSIBLE TIPO EXPULSIÓN | 97 |
| CUADRO N° 3.26: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA | 104 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 2.1: DIRECCIÓN DEL FLUJO MAGNÉTICO EN UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO | 12 |
| FIGURA 2.2: ESTRUCTURA BÁSICA DE UNA CELDA 8DJ20 DE SIEMENS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA CON INTERRUPTOR-SECCIONADOR SALIDA A TRANSFORMADOR | 16 |
| FIGURA 2.3: ESTRUCTURA BÁSICA DE CELDA DE UNA MV-GIS DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA CON INTERRUPTOR DE POTENCIA DE HASTA 40.5KV | 17 |
| FIGURA 3.1: DISPOSICIÓN VERTICAL DEL CONDUCTOR AÉREO EN LAS TRES FASES..... | 50 |
| FIGURA 3.2: NOMENCLATURA DE ALTURA DEL POSTE C.A.C | 73 |



RESUMEN

La necesidad de expansión de la empresa Congelados Gutiérrez S.A, se basa en satisfacer los requerimientos de sus clientes y abastecer a la ciudad de Arequipa un producto de calidad para la conservación de alimentos por medio del hielo, es por esto, que dicha empresa implementara una planta industrial productora de hielo en bloques, por lo tanto, debido a la magnitud del proyecto de expansión y sus equipos que lo conforman, necesitara el diseño de un Sistema de Utilización en Media Tensión a nivel de 22.9KV y Subestación Eléctrica tipo caseta de 1000KVA de potencia con protección mediante interruptor automático en gas SF₆.

En la presente tesis se detalla el diseño del Sistema de Utilización que comprende la acometida área mediante cable CAAPI de 35mm² soportados en postes C.A.C de 13/400 con la respectiva ferretería eléctrica (aisladores PIN, aisladores suspensión, seccionadores CUT OUT, etc.), desde el punto de diseño como toma de energía hasta la fachada del predio donde se ubica el PMI (sistema de medición) y acometida Subterránea mediante cable N2XSY de 35mm² con terminaciones Termocontraible desde el PMI hasta la subestación tipo caseta. La Subestación está conformada por un transformador de potencia de 1000KVA 22.9/0.4-0.23KV marca Epli y celdas de seccionamiento SM6 DM1-A con celda de remonte GAM-2 para entrada de cable Subterráneo, estas de marca Schneider Electric.

Cabe mencionar que el cálculo justificativo, dimensionamiento y montaje de los equipos compuestos por la subestación tipo caseta y sus componentes, como también de la acometida área y subterránea fueron realizados de acuerdo a los requerimientos vigentes del CNE (Código Nacional Eléctrico) y norma DGE dispuestos por el Ministerio de Energía y Minas.

Determinado el dimensionamiento del Sistema de Utilización, se elaboraron planos de diseño que detallan el montaje de la acometida aérea y subterráneo como también los equipos y/o componentes de la subestación tipo caseta, los cuales, tenemos planimetría y ubicación de estructuras, armados de derivación y alineamiento, armado PMI, unidades a

tierra, plano de montaje electromecánico, planos civiles de subestación, diagrama unifilar y señalización eléctrica.

Por último, se detalla las especificaciones técnicas de equipos y montaje electromecánico como guía para la ejecución del Sistema de Utilización para garantizar la calidad, eficacia y seguridad de las instalaciones.

Palabras Clave: Utilización, subestación, interruptor, transformador.



ABSTRACT

The need for expansion of the company Congelados Gutiérrez S.A, is based on satisfying the requirements of its customers and supplying the city of Arequipa with a quality product for the conservation of food through ice, that is why the company will implement a industrial ice producing plant in blocks, therefore, due to the magnitude of the expansion project and its equipment that make it up, it will need the design of a Medium Voltage Utilization System at the 22.9KV level and a 1000KVA electric power substation. of power with protection by automatic switch in SF6 gas.

In this thesis the design of the Utilization System that includes the area connection through CAAPI cable of 35mm² supported on CAC poles of 13/400 with the respective electrical hardware (PIN insulators, suspension insulators, CUT OUT disconnectors, etc.), is detailed. from the point of design as energy intake to the façade of the property where the PMI (measurement system) is located and Subterranean connection using N2XSY cable of 35mm² with thermo-contractable terminations from the PMI to the stand-type substation. The substation consists of a power transformer of 1000KVA 22.9 / 0.4-0.23KV Epli brand and sectioning cells SM6 DM1-A with GAM-2 lift cell for underground cable entry, these are Schneider Electric brand.

It is worth mentioning that the justificatory calculation, dimensioning and assembly of the equipment composed of the substation type caseta and its components, as well as the area and underground connection were made in accordance with the current requirements of the CNE (National Electrical Code) and DGE standard prepared by the Ministry of Energy and Mines.

Determined the dimensioning of the Utilization System, design plans were drawn up that detail the assembly of the aerial and underground connection as well as the equipment and / or components of the substation type caseta, which, we have planimetry and location of structures, armed bypass and alignment, armed PMI, ground units, electromechanical assembly plan, civil substation plans, single line diagram and electrical signaling.

Finally, it details the technical specifications of equipment and electromechanical assembly as a guide for the execution of the Utilization System to guarantee the quality, efficiency and safety of the facilities.

Keywords: Utilization, substation, switch, transformer.



INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere al diseño de un Sistema de Utilización en Media Tensión para el suministro de energía a la planta industrial productora de hielo en bloques perteneciente a la empresa Congelados Gutiérrez S.A, dicho sistema de Utilización está compuesta por una acometida aérea, acometida subterránea y una subestación eléctrica tipo caseta.

Para analizar esta problemática es necesario mencionar su causa, la cual es abastecer la demanda de energía. La planta productora de hielo en bloques está compuesta por equipos de alto consumo de energía, dentro de los cuales tenemos un completo sistema de refrigeración por compresión de vapor, grandes depósitos de salmuera con recirculación de agua agitados por motores eléctricos, equipos de montaje, desmontaje y transporte de los bloques de hielo a producir, dichos equipos energizados en baja tensión no serían muy convenientes económicamente debido a sus altas tarifas eléctricas, por lo tanto, a lo expuesto y en función a las necesidades de la gran industria se decidió realizar el diseño de un Sistema de Utilización y Subestación Eléctrica para la planta de hielo en bloques a la tarifa en Media Tensión más económica y beneficiaria designadas por Osinergmin.

La metodología de la presente investigación es mediante cálculos justificativos eléctricos y mecánicos para el dimensionamiento y selección de equipos del Sistema de Utilización, los cuales, detallan el cálculo del nivel básico de aislamiento (BIL), selección de conductores por caída de tensión, corriente de carga y corriente de corto circuito, dimensionamiento del transformador de potencia y celdas de seccionamiento con gas aislante SF₆, selección de aisladores y seccionadores CUT OUT, cálculo de ventilación de la subestación y selección de estructuras soporte. El dimensionamiento del Sistema de Utilización debe cumplir con los requerimientos vigentes del CNE (Código Nacional Eléctrico) y norma DGE dispuestos por el Ministerio de Energía y Minas.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Congelados Gutiérrez S.A, es una empresa peruana dedicada a la fabricación de hielo para la conservación de alimentos, bebidas y demás aplicaciones de dicho elemento, la cual se fabrica con procesos de refrigeración y transferencia de calor adecuadamente diseñados para cumplir su función.

Esta empresa en su plan de expansión viene desarrollando un proyecto de construcción de una planta industrial productora de hielo en bloques con capacidad máxima de 80 toneladas por día, la cual está destinada para la conservación de alimentos perecibles y bebidas, dicha planta industrial estará compuesta por un completo sistema de refrigeración por compresión de vapor, grandes depósitos de salmuera con recirculación de agua agitados por motores eléctricos, equipos de montaje, desmontaje y transporte de los bloques de hielo a producir, como también un sistema de iluminación tanto en planta como en sus distintos ambientes.

Debido a la magnitud del proyecto de expansión y sus equipos que lo conforman, la empresa Congelados Gutiérrez S.A necesita realizar el diseño del suministro eléctrico para abastecimiento de la planta industrial productora de hielo en bloques. Por tal motivo, el propósito de esta tesis es diseñar el Sistema de Utilización en Media Tensión a nivel de 22.9KV (tensión de línea existente más cercana) y acometida a subestación tipo caseta con interruptor automático SF6 como protección.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA TESIS

La motivación ha surgido como necesidad de aportar una solución para satisfacer la demanda de energía que necesita la nueva planta productora de hielo en bloques de la Empresa Congelados Gutiérrez S.A de manera confiable, eficaz y segura; como

también el suministro de energía a la tarifa en Media Tensión más económica y beneficiaria designadas por Osinergmin.

Este estudio servirá como previo sustento técnico para luego proceder con la elaboración de un expediente técnico, el cual será presentado ante la concesionaria SEAL, que es la entidad supervisora y suministradora de energía eléctrica a sistemas de distribución y utilización en Media Tensión en la zona Sur Oeste, dicha concesionaria dará aprobación, inicio de obra, pruebas eléctricas y conexión del sistema de utilización que se expone en la presente tesis.

La metodología de cálculo mecánico y eléctrico debe cumplir con todas las normas del Ministerio de Energía y Minas aplicativas, donde se determinan bases de cálculos mínimos y máximos, estas se detallan y explica en este proyecto de tesis.

Es un tema neto de Ingeniería Mecánica Eléctrica, pues tendrá diseño electromecánico como también cálculos mecánicos y eléctricos; además a la presente tesis se agregarán detalles civiles para la construcción de la acometida subterránea y la habitación para la subestación tipo caseta, en donde, se detalla la canaleta de concreto para el recorrido de los cables de conexión en media tensión y baja tensión.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general.

El objetivo de este proyecto de tesis es diseñar un sistema de utilización a nivel de 22.9KV y subestación eléctrica tipo caseta de 1000KVA (1MVA) con Interruptor automático SF6 como sistema de protección, destinado para suministrar energía eléctrica a la planta industrial productora de hielo en bloques (80 Ton/día) para la empresa 'CONGELADOS GUTIERRES' ubicada en la Asociación de Pequeños Artesanales de Mollendo, provincia de Islay y departamento de Arequipa.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Diseño de Subestación Eléctrica que incluye transformador de potencia de 1000KVA (1MVA) 22.9/0.40-0.23KV e interruptor de potencia en SF6 como sistema de protección.
- Diseño de acometida aérea mediante postes C.A.C desde el punto de alimentación hasta el predio y acometida subterránea mediante buzones de concreto hasta la subestación tipo caseta que se encuentra al interior del mismo.
- Detalle de especificaciones técnicas de materiales y/o equipos como también de su montaje electromecánico de acuerdo a la norma DGE.
- Cálculos justificativos mecánicos y eléctricos de acuerdo a la Norma DGE.
- Diseño de unidades a tierra tanto para el sistema de medición (PMI) y Subestación Eléctrica.
- Confección de planos eléctricos (planimetría y ubicación de estructuras, electromecánico y diagrama unifilar), plano civil de la subestación tipo caseta, plano de armados del tramo aéreo, plano electromecánico de la subestación tipo caseta y detalles de acometida subterránea.

1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1. Alcances

El alcance del presente estudio es determinar en base a las cargas eléctricas de la empresa “Congelados Gutiérrez S.A” presentes en su nuevo proyecto de instalación de una planta industrial productora de Hielo, la máxima demanda eléctrica y/o de energía, para el diseño de un sistema de utilización al nivel de tensión trifásica primaria y subestación tipo caseta.

Dicho suministro de energía se dimensionará y detallará la instalación de acometida aérea y subterránea en Media Tensión Trifásica a nivel de 22.9 KV, ya que la subestación tipo caseta se encuentra dentro del predio. También, se diseñarán un sistema de protección mediante puestas a tierra tanto para el sistema de medición (PMI) como para la subestación eléctrica tipo caseta.

1.4.2. Limitaciones

El presente estudio se enfoca en el diseño, cálculos eléctricos y mecánicos como también en la selección de equipos y/o materiales para la elaboración del presente proyecto de tesis, prescindiendo de una planilla de metrado para estructuras, también no se considera el presupuesto de la obra que incluye materiales y mano de obra, y la elaboración de un cronograma de obra para la ejecución del proyecto.

1.5. DESCRIPCIÓN DEL AREA DEL PROYECTO

1.5.1. Ubicación Geográfica

La zona del proyecto se encuentra en la entrada de la Ciudad de Mollendo, adyacente a la carretera Costanera Norte, según lo siguiente:

- Urbanización: Asociación de Pequeños Artesanales de Mollendo
- Manzana: “L”
- Lote: “6”
- Distrito: Mollendo
- Provincia: Islay
- Región: Arequipa
- Altitud: 140 m.s.n.m
- Ubicación según coordenadas UTM: Zona 18K; X:816700; Y:8117127

1.5.2. Condiciones Climatológicas

La zona del proyecto expuesta a las siguientes condiciones climatológicas:

- | | | |
|--------------------------|---|------------------------|
| - Temperatura mínima | : | 14 ° C |
| - Temperatura media | : | 21 ° C |
| - Temperatura máxima | : | 27 ° C |
| - Humedad Relativa media | : | 85% |
| - Velocidad media/máxima | : | 55/75 Km./h del viento |
| - Altura | : | 140 m.s.n.m |

Presenta un clima cálido durante el día y con temperatura templadas por la noche, la zona se encuentra extensa de lluvias, salvo las esporádicas lloviznas típicas de la costa de poca duración, la velocidad del viento es moderada durante todo el año.

1.6. PUNTO DE DISEÑO Y FACTIBILIDAD

La concesionaria que corresponda la aceptación del suministro para la empresa “Congelados Gutiérrez S.A”, determinara la factibilidad y el punto de diseño mediante un certificado emitido por la Gerencia de Proyectos; la factibilidad del suministro se dará siempre y cuando se encuentre dentro de la zona de concesión y si la subestación más cercana al predio abastece a la tensión y potencia solicitada, por el lado del punto de diseño se elegirá la estructura de Media Tensión más cercana al predio reduciendo así la longitud de la acometida y perdidas posibles en la red.

En el presente proyecto, el predio de la Planta de Hielo de la empresa Congelados Gutiérrez se encuentra ubicado dentro del área de Concesión de SEAL, por lo que resulta factible el suministro de energía eléctrica.

Para los fines correspondientes de elaboración de estudio e ingeniería de detalle, se determina el siguiente punto de diseño, debiendo elaborarse el Proyecto como un Sistema de Utilización en Media Tensión:

- Estructura de Subestación Aérea Biposte existente N° 8262 a nivel de tensión 22.9KV, ubicado a 151.51 metros del predio anteriormente mencionado.

Cabe recalcar que dicho estructura de Subestación Aérea Biposte existente es de uso particular como suministro en Media Tensión para una empresa “X”.

1.7. SISTEMA DE MEDICIÓN

“El Trafomix o transformador de medida estará ubicado en el poste de bajada subterránea proyectada que se encuentra en la fachada del predio y la medición se

realizará en dicho punto a través del cable control instalado por la empresa concesionaria tal como se detalla en el plano de armado PMI.

El medidor electrónico se ubicará en la caja porta medidor a 1.20 metros del nivel del suelo en la fachada del predio alimentado por el cable control que sale del Trafomix.

Todo está a cargo de la Concesionaria de Distribución y el propietario deberá pagar los derechos correspondientes, ahora de acuerdo al informe OSINERG – GART Nro. 048-2003 con respecto al sistema de medición la conexión básica que comprende el equipo de medición, deberán ser suministrados e instalados necesariamente por la concesionaria respectiva.”¹



¹ Proyecto Empresa FRIO FRIAS “Sistema de Utilización y subestación eléctrica tipo caseta de 750KVA” – Planta de Hielo Ocoña

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. SISTEMA DE UTILIZACIÓN Y ACOMETIDA ELÉCTRICA

2.1.1. Sistema de Utilización

“Un sistema de utilización es aquel constituido por el conjunto de instalaciones eléctricas de Media Tensión, comprendida desde el punto de entrega hasta los bornes de Baja Tensión del transformador, destinado a suministrar energía eléctrica a un predio. Estas instalaciones pueden estar ubicadas en la vía pública o en propiedad privada, excepto la subestación tipo caseta, que siempre deberá instalarse en la propiedad del Interesado. Se entiende que quedan fuera de este concepto las electrificaciones para usos de vivienda y centros poblados.”²

Los niveles de tensión utilizados para un Sistema de Utilización son los siguientes mencionados:

- Baja Tensión: 380/220V, 440/220V
- Media Tensión: 20.0Kv, 22.9Kv, 22.9/10Kv, 33Kv, 33/19kV

2.1.2. Acometida Eléctrica

“Un Sistema de Utilización, también están comprendidas por acometidas las cuales son recorridos que van desde la red de distribución eléctrica hasta el contador eléctrico (transformix), instalado en los predios del usuario del servicio. Estas se dividen en: aéreas y subterráneas. En la acometida aérea, las líneas de distribución van por el aire, desde el poste hasta el tubo de la bajante de dirección al Transformix, normalmente se usa cable de Aleación de Aluminio. En la acometida subterránea, las líneas de alimentación van por ducto y bajo tierra mediante buzones de concreto, el cable subterráneo mayormente del tipo N2XSY va por ductos de concreto o PVC tipo industrial.

² Norma DGE “Procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de distribución y sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución”, 2002.

Las acometidas trabajan con varios sistemas: sistema monofásico bifilar, sistema bifásico trifilar y sistema trifásico tetrafilar.”³

2.2. SUBESTACIÓN DE TRANSFORMACIÓN ELÉCTRICA

2.2.1. Definición

“Una Estación de transformación y/o subestación eléctrica es una instalación, o conjunto de dispositivos eléctricos, que forma parte de un sistema eléctrico de potencia. Su principal función es la producción, conversión, transformación, regulación, repartición y distribución de la energía eléctrica. La subestación debe modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica, para que la energía eléctrica pueda ser transportada y distribuida. El transformador es el equipo principal de una subestación”.⁴

“La subestación sirve para la conexión de entre dos o más circuitos y su maniobra, y está destinada a la transformación de la energía eléctrica mediante uno o más transformadores.”⁵

2.2.2. Clasificación de las Subestaciones Eléctricas

2.2.2.1. “De acuerdo a la función que desempeñan

- a. Subestación elevadora u subestación transformadora primaria: Se ubican en lugares adyacentes a las centrales generadoras. Tienen por misión elevar la tensión de generación a la de transporte.
- b. Subestación reductora primaria: Recibe las líneas de transporte provenientes de las centrales, por lo que una de sus misiones es la interconexión. Reduce la tensión a valores de 132 ó 66kV. Otra misión es la de reparto.
- c. Subestación reductora secundaria: Alimentadas por una o varias líneas de 132 ó 66kV reducen la tensión a 20kV. Las líneas de

³ <https://es.scribd.com/doc/3806959/ACOMETIDA-TRIFASICA>

⁴ <https://twenergy.com/co/a/que-son-las-subestaciones-electricas-y-para-que-sirven-1759>

⁵ Tesis “Diseño de la Subestación Eléctrica para Planta Industrial Kumho Llantas S.A”, UCSM-2017.

salida alimentan directamente a los abonados, por tanto, también tienen como misión la interconexión y el reparto.

2.2.2.2. De acuerdo al tipo de instalación

- a. Subestación intemperie: Se construyen al exterior, por lo que su aparamenta debe soportar condiciones atmosféricas adversas dependiendo de la zona de ubicación. Generalmente se alimentan mediante líneas aéreas de MT.
- b. Subestación de interior: Se instalan en el interior de edificios. Esta solución se adopta en subestaciones transformadoras secundarias, ya que, al emplear tensiones menores, permite disminuir el espacio ocupado por la subestación.
- c. Subestaciones blindadas: Las partes activas sometidas a tensión se encuentran encerradas en el blindaje por cuyo interior circula un gas aislante SF₆. Este sistema consigue una reducción de espacio muy importante y su forma modular permite ampliaciones posteriores.”⁶

2.2.3. Distancias Mínimas de Seguridad en Subestaciones

“Se entiende por distancias mínimas de seguridad en una Subestación a los espacios libres que permiten circular y efectuar maniobras al personal dentro de una Subestación, sin que exista riesgo para sus vidas y con un mínimo de posibilidad de realización de operaciones durante las maniobras y trabajos de mantenimiento.

- a. Zona de circulación, zonas donde existe vallas de protección, la altura mínima debe ser de 2,25m.
- b. Zona e circulación de vehículos. Las distancias horizontales a las partes activas son de 0,7 m. La distancia vertical será igual a la distancia mínima para barras rígidas respecto a tierra y en caso de barras conductoras flexibles se le añadirá 0,5 m.

⁶ <https://es.scribd.com/doc/173723006/tipos-de-subestaciones-electricas-pdf>

- c. Zona de trabajo, las distancias de seguridad se determinan de la misma forma que en los casos anteriores y en ningún caso la distancia total sea de 3 m.

Además, se deben de tener en cuenta las siguientes distancias, cuyos valores se obtendrán de Código Nacional de Electricidad- Suministro:

- Distancia entre fases.
- Distancia entre fase y tierra.
- Altura de los equipos sobre el nivel del suelo.
- Altura de barras colectoras sobre el suelo.
- Altura de apoyo final de las líneas que llegan a la S.T.
- Distancias de seguridad.

Entre las zonas con elementos en tensión y los límites de las zonas de mantenimiento (zonas de trabajo). Los límites de las zonas de mantenimiento pueden ser la tierra o una plataforma sobre la cual trabajen los operarios. Si se considera que en una estación las personas deben caminar libremente bajo las zonas con equipos energizados, es necesario dar una distancia adecuada entre el punto más bajo de las estructuras de soporte de cada aislador (donde se conectan a tierra las partes metálicas) y tierra, para asegurar que una persona no sufrirá los efectos del campo eléctrico.”⁷

2.3. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

2.3.1. Definición

“Es un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna manteniendo la potencia. El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de

⁷ <https://es.scribd.com/document/209455258/Distancias-de-seguridad-en-Subestaciones-Elctricas>

material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente.”⁸

“El primer sistema de distribución de electricidad lo puso en servicio Edison, en Nueva York, en el año 1882. Se trataba de una pequeña central eléctrica que suministraba corriente continua a 120V. Esta tensión tan baja requería que por los cables circularan grandes corrientes, lo que daba lugar a enormes caídas de tensión y enormes pérdidas. De modo que en la práctica una central sólo podía alimentar a una manzana de edificios. La invención del transformador y los desarrollos de las fuentes de corriente alterna, resolvieron los graves problemas que tenía la distribución de energía eléctrica en corriente continua.

En los sistemas de generación modernos, la tensión oscila entre 15kV y 30kV, el transporte se puede hacer hasta los 380kV, mientras que los consumos más usuales son en 380V. La relación entre las tensiones de consumo y la de transporte puede llegar a ser, por tanto, de 1000; con lo que las pérdidas en los cables de transporte se reducen un millón de veces, respecto de las que se tendrían si el transporte se realizase en baja tensión.

Su constitución básica se puede resumir en lo siguiente:

- a. Núcleo.
 - Columnas.
 - Culatas.
 - Transformadores acorazados y transformadores de columnas.
 - Chapas magnéticas.
- b. Devanados.
 - Alta y Baja.
 - Concéntricos o alternados.
- c. Refrigeración.
 - Baño de aceite. (Depósito de expansión).
 - Pirelanos prohibidos y actualmente en aceite de siliconas.

⁸http://www.academia.edu/8308786/TRANSFORMADORES_DE_POTENCIA

- Radiadores para potencias grandes (más de 200kVA).”⁹

2.3.2. Principio de Funcionamiento

“Este elemento eléctrico se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética, ya que si aplicamos una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, debido a la variación de la intensidad y sentido de la corriente alterna, se produce la inducción de un flujo magnético variable en el núcleo de hierro. Este flujo originará por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en el devanado secundario. La tensión en el devanado secundario dependerá directamente del número de espiras que tengan los devanados y de la tensión del devanado primario.

En los transformadores de potencia existen corrientes llamadas transitorias de magnetización o INRUSH CURRENT que es una corriente varias veces la corriente nominal que se produce al momento de conectar el transformador a la red. Puede ser de 10 veces la corriente nominal hasta 100 veces en casos raros.”¹⁰

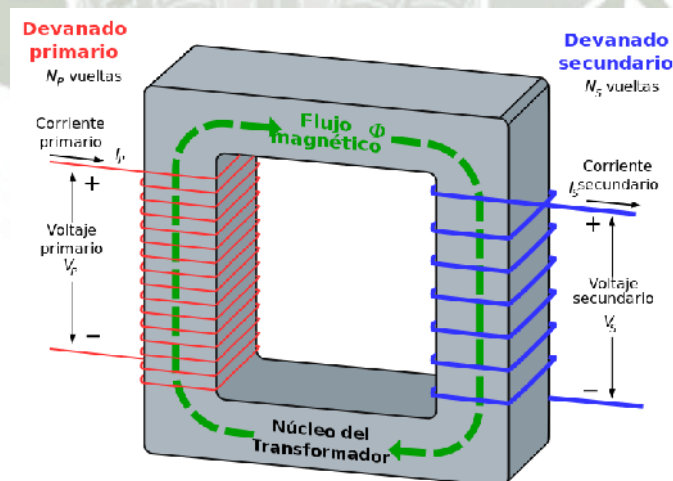


FIGURA 2.1: DIRECCIÓN DEL FLUJO MAGNÉTICO EN UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

⁹ <https://es.scribd.com/document/129078974/4-TRANSFORMADOR>

¹⁰ http://www.academia.edu/8308786/TRANSFORMADORES_DE_POTENCIA

2.3.3. Aislamiento en Transformadores de Potencia Convencionales

“Los transformadores de potencia convencionales para distribución y/o utilización en Media Tensión, en base a su aislamiento pueden ser los siguientes:

2.3.3.1. Transformadores con aislamiento seco

Los transformadores secos tienen la parte activa en contacto directo con un medio aislante gaseoso (generalmente aire) o con un medio aislante sólido (resinas, materias plásticas, etc.) la potencia y tensión de las máquinas de este tipo es todavía limitada.

2.3.3.2. Transformadores con aislamiento en aceite

Los transformadores en aceite tienen en cambio las partes activas inmersas en aceite mineral y para estas máquinas no existen prácticamente límites en la potencia y las tensiones. Se construyen máquinas de varios centenares de MVA y para tensiones superiores a los 500 kV. La siguiente figura muestra distintos cortes de un transformador de 25 MVA, 130 kV $\pm 2' 3.8 \%$, con refrigeración tipo ONAF (aceite natural, aire forzado), con conmutador no bajo carga.”¹¹

2.3.4. Sistema de Conservación del Aceite

“En la conservación del aceite dieléctrico que usan los transformadores de potencia convencionales como medio de aislamiento, se considera los siguientes requerimientos, equipos y sistemas de protección y/o conservación para el mismo.

- a. El sistema de conservación de aceite será del tipo tanque conservador, que no permita un contacto directo entre el aceite y el aire, mediante la instalación de un diafragma en el tanque.

¹¹ <https://es.scribd.com/document/324778195/Aislamiento-en-Transformadores>

- b. El diafragma será de goma de nitrilo y diseñado de forma que no esté sometido a esfuerzos mecánicos perjudiciales al nivel máximo ó mínimo del aceite en el conservador. La capacidad del depósito conservador será tal, que el nivel de aceite, en ningún caso, descienda por debajo del nivel de los flotadores del relé Buchholz (diferencia de temperatura a considerarse 120 °C).
- c. El tanque conservador deberá ser montado en la parte lateral y por sobre el tanque del transformador.
- d. El sistema de conservación de aceite deberá estar equipado con un respiradero deshidratante lleno de cristales de Gel de sílice (silicagel) y con ventanilla de observación. El respiradero deberá estar situado a una altitud conveniente sobre el nivel del suelo.
- e. El conservador estará equipado con tapón de drenaje, ganchos de levantamiento, válvulas para sacar muestra de aceite, ventanilla de observación del diafragma y abertura para el indicador de nivel.
- f. En el tubo de conexión entre el tanque principal y el tanque de conservación de aceite, se acoplará un relé Buchholz, el cual deberá estar perfectamente nivelado. Este tubo deberá tener una pendiente no menor de 8% para facilitar el flujo de gas hacia el tanque conservador, con los siguientes diámetros mínimos de acuerdo a la capacidad del transformador:
- 50,8 mm, hasta 10 MVA.
 - 76,2 mm, mayores de 10 MVA.

El Relé Buchholz contará con un dispositivo que permita tomar muestras de los gases acumulados.”¹²

¹² Tesis “Diseño de la Subestación Eléctrica para Planta Industrial Kumho Llantas S.A”, UCSM-2017.

2.4. EL GAS SF₆ EN SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

"Las Subestaciones Eléctricas aisladas en gas usan este fluido para el aislamiento eléctrico de sus distintos componentes -maniobra, medición, barras, etc.- de alta tensión. Cuando se trata de alta tensión su denominación común es GIS (Gas-Insulated Switchgear). En media tensión se denominan MV-GIS (Medium Voltage-Gas-Insulated Switchgear).

Por sus propiedades óptimas, el gas utilizado es el hexafloruro de azufre (SF₆), sus características principales de este gas las cuales son: el no tóxico, muy estable y no inflamable, además de inodoro e incoloro a condiciones normales de presión y temperatura (1.013 hPa y 20°C).

En los últimos años y fundamentalmente donde se necesitan altos valores de intensidades de corrientes nominales están siendo utilizadas Subestaciones GIS para media tensión (tensiones menores de 36kV). No obstante, que su uso no está tan difundido como lo son las GIS de alta tensión. Se denominan comúnmente MV-GIS (Medium Voltage-Gas Insulated Switchgear). También se las llama Gas Insulated-Metal Clad Switchgear (C-GIS).

En algunos casos, puede decirse que se trata de reducciones a escala de las Subestaciones GIS de alta tensión. En otros, quizás las más comunes, se trata de celdas que conservan el aspecto exterior de las celdas aisladas en aire de media tensión, del tipo metal clad, pero con sus componentes encapsulados y aislados en gas SF₆. En otros casos, el interruptor utiliza como medio de corte el vacío, al tiempo que los otros componentes están aislados en gas SF₆.

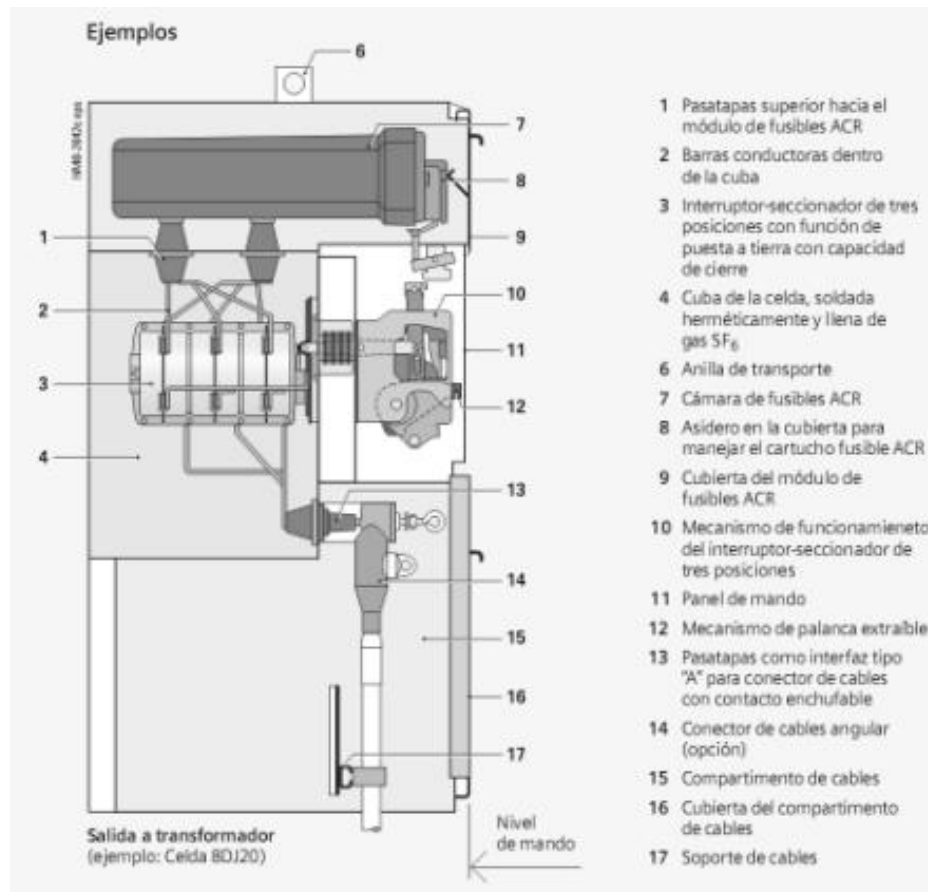


FIGURA 2.2: ESTRUCTURA BÁSICA DE UNA CELDA 8DJ20 DE SIEMENS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA CON INTERRUPTOR-SECCIONADOR SALIDA A TRANSFORMADOR

En estos momentos, con estas MV-GIS se alcanza los 4500A de intensidad de corriente nominal en barras principales o colectoras para tensiones nominales de 36 kV e intensidades de corrientes de corte en cortocircuito de 40 kA. Los conceptos indicados para las GIS de alta tensión son -en general y con algunas reservas- aplicables a las MV-GIS, tanto para el diseño, montaje y mantenimiento. Lo mismo, también con ciertas restricciones, puede decirse para las obras civiles, ya que los MV-GIS son normalmente para instalaciones de interior y no ameritan obras civiles de envergadura por ser sus dimensiones y pesos significativamente menores a las GIS de alta tensión. La utilización de puentes grúa, tan común en instalaciones de interior de GIS de alta tensión, debe ser en este caso motivo de estudios particulares que justifiquen o no su utilización.

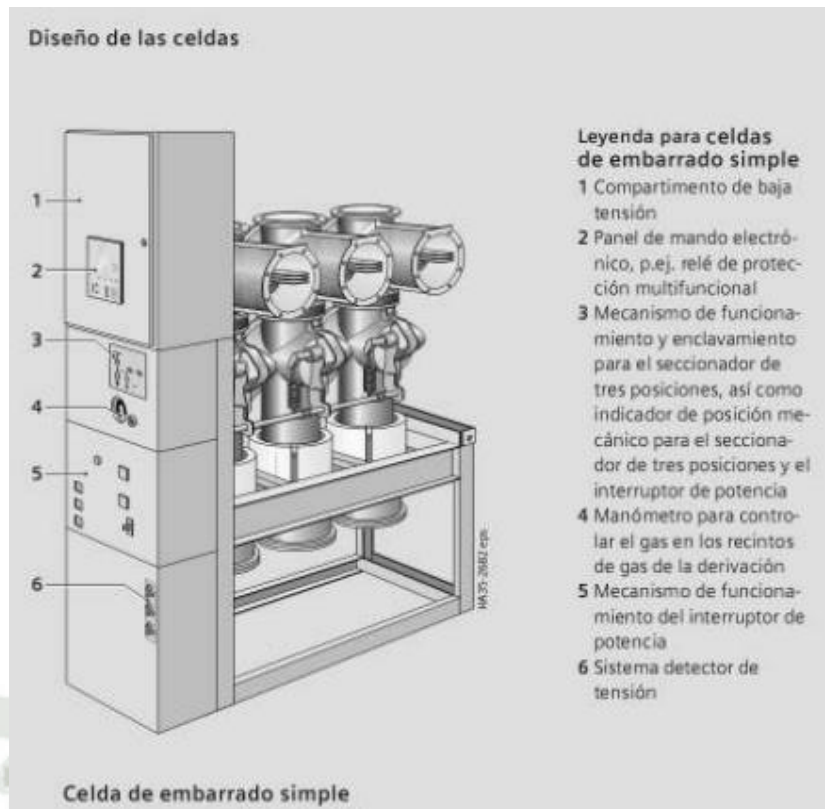


FIGURA 2.3: ESTRUCTURA BÁSICA DE CELDA DE UNA MV-GIS DE DISTRIBUCIÓN PRIMARIA CON INTERRUPTOR DE POTENCIA DE HASTA 40.5KV

Las MV-GIS se dividen principalmente en dos grupos:

a. Distribución primaria:

Este tipo de subestaciones utilizan celdas fijas comúnmente acompañadas de interruptores de potencia, son celdas para interiores, montadas en fábrica, con ensayos de tipo, envoltura metálica unipolar, separación metálica, aisladas en SF₆ para aplicaciones de embarrado simple y doble, así como para sistemas de electrificación ferroviaria.

Las características de MV-GIS de distribución primaria: Independencia del medio ambiente. La parte de media tensión encapsulada de las celdas es adecuada para su aplicación ante condiciones ambientales agresivas, tales como:

- aire salino
- humedad del aire

- polvo
- condensación

Está protegida contra la penetración de cuerpos extraños, tales como: polvo, contaminación y animales pequeños.

b. Distribución secundaria:

Las celdas de unas MV-GIS de distribución secundaria son del tipo de celdas bajo envoltente metálica, aisladas en gas SF₆, para instalaciones interiores, como celdas no modulares, en construcción tipo bloque, celdas con interruptores seccionadores, celdas ejecutables con interruptores-seccionadores e interruptores de potencia y celdas en construcción modular-adosables y ampliables.

Las características de MV-GIS de distribución secundaria: Aunque las características varían dependiendo del fabricante, en general las Subestaciones del tipo MV-GIS tiene características en común. Algunos fabricantes añaden sistemas de control, de monitoreo, fusibles de media tensión, integración de relevadores de protección, incluso se puede solicitar sistemas de control y monitoreo del gas. A continuación, se enlistan algunos elementos comunes de las subestaciones MV-GIS:

- Envoltente primaria tripolar, metálica.
- Gas aislante SF₆.
- Libres de mantenimiento e independientes del clima inclusive los módulos de fusibles aislados en aire y la conexión de cables.
- Interruptor-seccionador de tres posiciones con extinción mediante gas SF₆.
- Interruptor-seccionador de tres posiciones con función de puesta a tierra con capacidad de cierre.
- Interruptor de potencia al vacío en ciertos tipos de celdas.
- Seccionador de potencia de tres posiciones con extinción mediante gas SF₆ en celdas.
- Cubas soldadas y sin juntas, de acero inoxidable.

- Conexión de cables diseñada como pieza de conexión de equipos con cono exterior para pasa tapas según modelo; con contacto atornillado o enchufable.
- Conexión de cables para terminaciones de cables convencionales.”¹³

2.5. DISPOSITIVOS DE APERTURA Y CIERRE PARA SUBESTACIONES DE POTENCIA

2.5.1. Interruptor de Potencia

“Los interruptores de potencia son dispositivos destinados al cierre y apertura de los circuitos bajo condiciones de carga, en vacío y en condiciones de falla. Asimismo, permite insertar o retirar equipos y máquinas, líneas aéreas o cables de un circuito energizado.

En condiciones de falla, el interruptor debe ser capaz de interrumpir corrientes de corto circuito del orden de kiloamperes y, en consecuencia, soportar los esfuerzos térmicos y dinámicos a que es sometido para poder librar la contingencia.

Los interruptores pueden cerrar o abrir en forma manual o automática por medio de relevadores, los cuales monitorean las condiciones de la red. La interrupción del arco puede llevarse a cabo por medio de:

- Aceite
- Vacío
- Hexafloruro de azufre (SF₆)
- Soplo de aire
- Soplo de aire-magnético

¹³<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/798/6/A6%20Capitulo%20III.pdf>

Asimismo, tienen un mecanismo de almacenamiento de energía que le permite cerrar hasta cinco veces antes de que la energía sea interrumpida completamente; este mecanismo puede ser:

- Neumático
- Hidráulico
- Neumático-hidráulico
- Mecanismo de resorte

Debido a las funciones tan importantes que desempeña, es uno de los dispositivos del esquema de protección más importante en los sistemas eléctricos.”¹⁴

2.5.2. Seccionador de Potencia

“Un seccionador de potencia es un dispositivo de maniobra capaz de interrumpir en forma visible la continuidad de un circuito, puede ser maniobrable bajo tensión, pero en general sin corriente, ya que poseen una capacidad interruptiva casi nula.

Tiene las siguientes características:

- Sus maniobras de conexión y desconexión a la red, debe operarse en vacío, circuito desenergizado.
- Su ruptura es visible
- Normalmente la operación de las cuchillas es lenta, debido a que no están diseñadas para cortar corriente.
- Debe soportar por un tiempo especificado (1 segundo), efectos térmicos y dinámicos a causa de las corrientes de corto.
- Las maniobras de cierre y apertura deben garantizar seguridad, como evitando así falsos contactos en condiciones atmosféricas desfavorables, incluso si existe presencia de hielo.

¹⁴ <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/293/A4.pdf>

El desempeño de un seccionador durante un corto circuito debe soportar, en posición cerrada, el valor pico de la corriente admisible asignada y la corriente de corta duración asignada, durante el tiempo de falla asignando sin causar :- Daños mecánicos-Separación de los contactos-Un calentamiento, que sumado con la corriente máxima obtenida durante la circulación de la corriente asignada en normal servicio dañe el aislamiento.

También cabe mencionar, que los seccionadores de potencia no abren bajo carga ya que produciría un corto circuito, no están fabricados para operarlos con carga, por lo tanto, se puede decir que un seccionador es un interruptor sin capacidad de corte sino sería un disyuntor.”¹⁵

2.6. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

2.6.1. Definición

“Las unidades de puesta a tierra o pozos a tierra, para líneas áreas primarias y subestaciones eléctricas, corresponde al conjunto de electrodos y partes conductoras, que en contacto con la tierra fluyen corrientes de falla protegiendo a los equipos, máquinas y personas.

2.6.2. Finalidad de las unidades a tierra

Las unidades a tierra tienen las siguientes funciones:

- Obtener una resistencia eléctrica lo más baja posible para derivar a tierra fenómenos eléctricos protegiendo las instalaciones.
- Limitar la diferencia de potencial que, en un momento dado, puede presentarse entre estructuras metálicas y tierra.
- Mantener los potenciales producidos por las corrientes de falla dentro de los límites de seguridad, de modo que las tensiones de paso o de toque no sean peligrosas para los humanos.

¹⁵ <https://es.scribd.com/doc/315818174/seccionadores-pdf>

- Maximizar la confiabilidad de la operación del sistema eléctrico, en el caso de condiciones anormales: Ondas de Sobretensión, Descargas atmosféricas y fallas a tierra del sistema.

2.1.1. Tipos de conductor para puesta a tierra

El conductor normalmente usado para puestas a tierra es de cobre (Cu) desnudo puro ya que tiene una alta conductividad eléctrica, la cual es primordial para la adecuada transmisión de las corrientes de falla.”¹⁶

2.7. ESTRUCTURA SOPORTE AÉREO

2.7.1. “Cargas en estructuras soportes

- a) Cargas Horizontales:** Carga debida al viento sobre los conductores y las estructuras y carga debido a la tracción del conductor en ángulos de desvío topográfico, con un coeficiente de seguridad de 2,2.
- b) Cargas Verticales:** Carga vertical debida al peso de los conductores, aisladores, crucetas, peso adicional de un hombre con herramientas y componente vertical transmitida por las retenidas en el caso que existieran. Se determinará el vano peso en cada una de las estructuras, el cual definirá la utilización de una estructura de suspensión o de anclaje.
- c) Cargas Longitudinales:** Cargas producidas por cada uno de los vanos a ambos lados de la estructura.
- d) Deflexión del poste:** Se calculará para todas las estructuras verificando no superar la deflexión máxima de 4% de la longitud libre del poste.

¹⁶ <https://www.slideshare.net/DarwinGabiellCastill/qu-es-un-pozo-a-tierra-y-cmo-hacerlo>

2.7.2. Tipos de estructuras soporte

Las estructuras soporte están conformadas por uno, dos o tres postes, y tienen la configuración de acuerdo con la función que van a cumplir.

Los parámetros que definen la configuración de las estructuras y sus características mecánicas son:

- Distancia mínima al terreno en la condición de hipótesis de mayor flecha
- Distancias mínimas de seguridad entre fases en la condición de máxima temperatura.
- Angulo de desvío topográfico
- Vano – viento
- Vano – peso

Según la función de la línea aérea primaria, las estructuras serán seleccionadas como siguen:

- a) **Estructura de alineamiento:** Se usarán fundamentalmente para sostén de la línea en alineaciones rectas. También se considera estructuras de alineamiento a una estructura situada entre dos alineaciones distintas que forman un ángulo de desviación de hasta 5° .
- b) **Estructura angular:** Se usarán para sostén de la línea en los vértices de los ángulos que forman dos alineaciones distintas cuyo ángulo de desviación excede de 5° .
- c) **Estructura terminal:** Se utilizará para resistir en sentido de la línea el tiro máximo de todos los conductores de un mismo lado de la estructura.
- d) **Estructuras especiales:** Serán aquellas que tienen una función diferente a las estructuras definidas anteriormente, entre ellas tenemos

las estructuras de derivación utilizada para derivar la línea en dirección transversal a su recorrido principal o estructuras que serán utilizadas para vanos mayores.”¹⁷



¹⁷ Proyecto Empresa FRIO FRIAS “Sistema de Utilización y subestación eléctrica tipo caseta de 750KVA” – Planta de Hielo Ocoña

CAPITULO III

CALCULOS DE INGENIERÍA Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

3.1. GENERALIDADES

Estas bases definen las condiciones técnicas mínimas para el diseño de líneas, redes primarias aéreas y subestaciones eléctricas tipo caseta para la Empresa CONGELADOS GUTIERREZ S.A, de tal manera que garanticen los niveles mínimos de seguridad para las personas y las propiedades, y el cumplimiento de los requisitos exigidos para un sistema económicamente adaptado, en base a las disposiciones del Código Nacional de Electricidad, Normas vigentes de la DGE/MEM y las normas CEI.

El diseño de Líneas Primarias y Subestaciones de Potencia comprende también etapas previas al diseño propiamente dicho, el cual consiste la determinación de la Máxima Potencia y/o Demanda Eléctrica del Sistema (que define el tamaño o capacidad), Análisis y definición de la Configuración Topológica del Sistema, Selección de los Materiales y Equipos. El diseño comprende: Cálculos Eléctricos, Cálculos Mecánicos, Cálculo de Cortocircuito y Coordinación de Protección, Cálculo de Puesta a Tierra y Cálculo de la Cimentación.

Dichos cálculos eléctricos y mecánicos se realizarán para una red primaria en Media Tensión a nivel de 22.9KV Trifásica y subestación eléctrica tipo caseta con transformador de potencia de 1000KVA, en donde se consideran el nivel de aislamiento básico y bases de cálculo a las que estará sometida dicha red eléctrica y subestación.

Cabe mencionar que la red primaria está dividida en dos tramos, una de las cuales es el aérea mediante postes C.A.C, aisladores y cable CAAPI hasta el armado PMI y otro tramo subterráneo mediante zanja y buzones de concreto, por donde recorre el cable subterráneo N2XSY hasta la subestación eléctrica tipo caseta.

También, es preciso mencionar que en los cálculos mecánicos no se considerara el cálculo mecánico de los conductores aéreos, debido a que dicho tramo es pequeño, donde el recorrido de la línea eléctrica es por calles cuya fisonomía obliga a recortar el vano, es decir, la distancia entre postes de CAC de 13 metros es corta.

3.2. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

3.2.1. Características Básicas de la Red Primaria

La red primaria de dicho proyecto tiene las siguientes características:

- Tensión Nominal : 22.9 KV.
- Sistema Adoptado : Aéreo y Subterráneo, Trifásico.
- Longitud total : 151.51 Mts.
- Longitud Aérea : 140.92 Mts.
- Longitud Subterránea : 10.59 Mts.
- Conductor Aéreo : CAAPI de 3-1x35mm²
- Conductor Subterráneo : N2XSY de 3-1x50mm² 18/30kV
- Soportes : Postes C.A.C. 13/400
- Aislamiento : Aisladores PIN Poliméricos de 27KV
Aisladores Suspensión de 27KV
- Sistema de Protección : Seccionador CUT-OUT de 27/38KV 100A

3.2.2. Características Básicas de la Subestación tipo Caseta

La subestación eléctrica tipo caseta de dicho proyecto tiene las siguientes características:

- Potencia Transformador : 1000KVA, incluye celda.
- Tipo de Subestación : Caseta de 4.00m x 4.00m
- Tensión Nominal Primaria : 22.9 KV.
- Tensión Nominal Secundaria: 400/230 KV.
- Grupo de Conexión : Dyn5
- Sistema Protección : Interruptor de Potencia SF6
- Sistema de Puesta a Tierra : Dos con conductor Cu de 70mm².

- Cajas de Registro : De concreto, dimen. 35x35x20cm.
- Tablero de Distribución : Metálico Conteniendo interruptor 2500A para 400V.

3.3. BASES DE CALCULO ELECTROMECAÁNICO

3.3.1. Cálculos Eléctricos

“Para los cálculos eléctricos se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones mínimas y/o máximas para un correcto dimensionamiento de la red primaria, tanto para la acometida aérea como para la subterránea:

- Tensión Nominal de la red : 22.9KV
- Tensión máxima de servicio : 25KV
- Potencia de corto circuito mínima : 250MVA
- Máxima caída de Tensión admisible : 3% sin regulación
- Factor de potencia : 0.80
- Factor de simultaneidad : variable
- Máximas Pérdidas de Potencia : 3%
- Máximas Pérdidas de Energía : 1.5 %¹⁸

3.3.2. Cálculos Mecánicos

“Para los cálculos mecánicos también se debe considerar las siguientes condiciones mínimas y/o máximas para un correcto dimensionamiento de la acometida aérea, estos cálculos solo serán considerados para dicha acometida:

- Temperatura mínima : 5 °C
- Temperatura media ambiental : 26°C
- Temperatura Máxima de operación : 50°C
- Velocidad del viento : 90 Km/h
- Coeficiente de seguridad de postes

¹⁸ Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural”, 2003

| | | |
|-----------------------|---|-------------------|
| Condiciones anormales | : | 2.5 |
| Condiciones normales | : | 2.0 ¹⁹ |

3.4. POTENCIA INSTALADA Y MÁXIMA DEMANDA

La potencia instalada fue determinada en base a la información recibida por el personal de la empresa “Congelados Gutiérrez S.A” previa autorización, el cual, detalla el sistema de refrigeración por compresión de vapor, los grandes depósitos de salmuera con recirculación de agua agitados por motores eléctricos y los demás equipos de montaje, desmontaje y transporte de los bloques de hielo a producir, como también un sistema de iluminación tanto en planta como en sus distintos ambientes. La información de dichos equipos fue proporcionada con su carga unitaria y cantidad.

El suministro de Energía eléctrica para la Empresa “Congelados Gutiérrez S.A”, dará energía a los distintos ambientes de la planta de hielo como son la sala de máquinas de compresoras y condensadoras, como también almacenamiento y alumbrado.

La máxima demanda calculada para dicha planta de hielo se detalla en el cuadro N°3.1 que será suministrada a una tensión de 380/220 voltios y está determinada por la carga establecida de acuerdo al Código Nacional de Electricidad con un factor de potencia de 0.8 inductivo.

¹⁹ Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural”, 2003

CUADRO N° 3.1: CARGAS Y MÁXIMA DEMANDA

| POTENCIA INSTALADA Y MAXIMA DEMANDA | | | | |
|--|---|-------|----------------|------------------|
| PLANTA DE HIELO EN BLOQUES | | | | |
| ITEM | DESCRIPCION | CANT. | CARGA UNITARIA | CARGA TOTAL (kW) |
| MOTOR COMPRESOR TORNILLO | | | | |
| 1 | MOTOR RAM USA-1 | 1 | 180 | 180 |
| 2 | MOTOR RAM USA-2 | 1 | 180 | 180 |
| SUB TOTAL DE POTENCIA INSTALADA | | | | 360 |
| CONDENSADOR EVAPORATIVO | | | | |
| 1 | VENTILADORES | 2 | 6 | 12 |
| 2 | BOMBA DE AGUA | 1 | 3 | 3 |
| SUB TOTAL DE POTENCIA INSTALADA | | | | 15 |
| MAQUINAS INDUSTRIALES | | | | |
| AGITADORES POZA SALMUERA | | | | |
| 1 | MOTORES AXIALES DE MOLINOS TRITURADORES | 6 | 10 | 60 |
| 2 | MOLEDORAS DE HIELO | 1 | 60 | 60 |
| 3 | TECLE ELECTRICO | 1 | 10 | 10 |
| 4 | OTROS MOTORES | 1 | 80 | 80 |
| SUB TOTAL DE POTENCIA INSTALADA | | | | 210 |
| ALMACENAMIENTO Y OTROS | | | | |
| 1 | ALUMBRADO | 1 | 20 | 20 |
| 2 | CAMARAS DE ALMACENAMIENTO | 1 | 60 | 60 |
| SUB TOTAL DE POTENCIA INSTALADA | | | | 80 |
| TOTAL DE POTENCIA INSTALADA | | | | 665.00 |
| FACTOR DE SIMULTANEIDAD | | | | 0.90 |
| TOTAL DE MAXIMA DEMANDA EN KW | | | | 598.50 |
| FACTOR DE POTENCIA | | | | 0.8 |
| FACTOR DE SEGURIDAD 25% | | | | 187.03 |
| POTENCIA TOTAL EN KVA | | | | 935.15 |
| POTENCIA STANDART EN KVA | | | | 1000.00 |

Fuente: Elaboración Propia

De los resultados obtenidos en el cuadro N°3.1 optamos por la instalación de una subestación tipo caseta con una potencia estándar de 1000 KVA, el cual servirá para satisfacer de energía a las actuales demandas de la Empresa CONGELADOS GUTIERREZ.

3.5. DETERMINACIÓN DEL NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO

Los criterios que deberán tomarse en cuenta para la selección del aislamiento tanto en la red primaria como en la subestación eléctrica de potencia serán las siguientes:

- Por contaminación ambiental.
- Por sobretensiones atmosféricas.
- Por sobretensiones a frecuencia industrial en seco.

La selección de los aisladores poliméricos tipo PIN, aisladores poliméricos tipo Suspensión y seccionadores poliméricos de expulsión CUT OUT, se rigen en la determinación del nivel de aislamiento en base a los criterios mencionados.

Cabe mencionar que el nivel básico de aislamiento (BIL) es afectado de acuerdo a la altura que es usado el equipo eléctrico, en ese caso deberá incrementarse en 1.25% por cada 100m, según el CNE para subestaciones de distribución.

3.5.1. Por Contaminación Ambiental

“Deberá verificarse el adecuado comportamiento del aislamiento frente a la contaminación ambiental, la cual está definida por la longitud mínima de la línea de fuga fase-tierra y está dada por la siguiente expresión:

$$L_{fuga} = L_{fo} \times V_{max} \times f_{ch} \quad (3.5.1)$$

Dónde:

L_{fuga} : Longitud mínima de fuga fase-tierra (mm).

L_{fo} : Longitud de fuga unitaria mínima fase-fase (mm/KV).

V_{max} : Tensión de servicio máxima entre fases (KV).

f_{ch} : Factor de corrección por altura.”²⁰

²⁰ Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural”, 2003

Para determinar la longitud de fuga mínima se determinan los parámetros solicitados en la expresión:

3.5.1.1. Nivel de contaminación

“En base a las recomendaciones de la Norma IEC 815 “Grados de Contaminación” (Ver Anexo I), se selecciona el nivel de contaminación el cual nos determina la longitud de fuga unitaria L_{fo} .”²¹

Considerando nivel de contaminación Alto - Nivel III del Anexo correspondiente, se obtiene:

$$L_{fo} = 25\text{mm/KV}$$

3.5.1.2. Máxima tensión de servicio entre fases

“En base a las recomendaciones de la norma DGE “Bases para el diseño de Línea y redes primarias para Electrificación rural” (Ver Anexo II), se determina la tensión máxima de servicio entre fases V_{max} .”²²

Para la tensión nominal del sistema de 22.9KV, según el Anexo correspondiente, se obtiene:

$$V_{max} = 25\text{KV}$$

3.5.1.3. Factor de corrección por altitud

“En base a las recomendaciones de la norma IEC 71-1, para instalaciones situadas a altitudes superiores a 1000m.s.n.m, la tensión máxima de servicio deberá ser multiplicada por un factor de corrección igual a:

²¹ Norma IEC 815 “Grados de Contaminación”

²² Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural”, 2003

$$F_C = 1 + 1.25 (h - 1000) \times 10^{-4} \quad (3.5.2)$$

Dónde:

F_C : Factor de corrección por altura.

h : Altitud sobre el nivel del mar (m).²³

El Factor de corrección por altitud no es aplicativo para este proyecto, ya que la altura del proyecto es menor a los 1000 m.s.n.m, por lo tanto:

$$f_{ch} = 1$$

Por consiguiente, aplicando la fórmula 3.5.1, se obtiene la longitud mínima de fuga fase-tierra:

$$L_{\text{fuga}} = 625\text{mm}$$

3.5.2. Por Sobretensiones Atmosféricas (V_i)

“El nivel de aislamiento por sobretensiones atmosféricas que se aplica para equipos eléctricos en la zona del proyecto, tanto en líneas primarias y subestaciones de potencia es de acuerdo a la norma DGE “Bases para el diseño de Línea y redes primarias para Electrificación rural” (Ver Anexo II), donde se determina la tensión no disruptiva al impulso (V_i).²⁴

Para una tensión nominal entre fases de 22.9KV, se tiene una tensión de sostenimiento a la onda 1.2/50 entre fases y fase a tierra:

$$V_i = 125\text{KVp}$$

²³ Norma IEC 71-1

²⁴ Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural”, 2003

3.5.3. Sobretensiones a Frecuencia Industrial en Seco (Vfi)

“El nivel de aislamiento por sobretensiones a frecuencia industrial en seco que se aplica para equipos eléctricos, tanto en líneas primarias y subestaciones de potencia es de acuerdo a la norma DGE “Bases para el diseño de Línea y redes primarias para Electrificación rural” (Ver Anexo II), donde se determina la tensión no disruptiva a la frecuencia de servicio (Vfi).”²⁵

Para una tensión nominal entre fases de 22.9KV, se tiene la tensión no disruptiva a la frecuencia de servicio:

$$V_{fi} = 50KV$$

3.6. CÁLCULO ELÉCTRICO

3.6.1. Cálculo de la Corriente Nominal del Sistema en Media Tensión

En condiciones normales de operación, para el cálculo de la intensidad de corriente del sistema a transmitir, se considera la potencia y la tensión nominal de la línea primaria, mediante la siguiente expresión que es usada para sistemas trifásicos:

$$I_d = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad (3.6.1)$$

Dónde:

I_d : Intensidad de corriente a transmitir (A)

S : Potencia Aparente (KVA)

V : Tensión nominal de la línea primaria (KV)

Se consideran los parámetros de la línea primaria del presente proyecto:

S : Potencia Aparente del transformador (KVA) = 1000KVA

V : Tensión nominal de la línea (KV) = 22.9KV

²⁵ Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural”, 2003

La corriente nominal del sistema trifásico se calculó mediante la fórmula 3.6.1, como se detalla en el presente capítulo:

$$I_{d.MT} = 25.21 A$$

3.6.2. Cálculo de la Corriente Nominal del sistema en Baja Tensión

Para el cálculo de la corriente nominal del sistema a transmitir en baja tensión se consideran los parámetros del lado secundario del transformador:

S : Potencia Aparente del transformador (KVA) = 1000KVA

V : Tensión nominal de la línea (KV) = 0.38KV

La corriente nominal del sistema trifásico en el lado secundario del transformador se calculó mediante la fórmula 3.6.1 del presente capítulo:

$$I_{d.BT} = 1519.53 A$$

3.6.3. Cálculo de la Corriente de Corto Circuito del Sistema

La corriente de corto circuito del sistema tiene el mismo valor tanto para el tramo subterráneo como también para el tramo aéreo, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

S_{cc} : Potencia Aparente de corto circuito (MVA) = 250MVA

V : Tensión nominal de la línea (KV) = 22.9KV

Considerando el cálculo de corriente para sistemas trifásicos mediante la fórmula 3.6.1, como se vio en el presente capítulo:

$$I_{cc} = 6.30 KA$$

Dicha corriente de corta circuito tiene que ser menor a la intensidad de corriente térmicamente admisible por cada cable que se utilizara en los tramos aéreos y subterráneos.

3.6.4. Dimensionamiento del Cable Subterráneo de Media Tensión

a. Selección del conductor Subterráneo

Los criterios tomados en cuenta para la selección del cable subterráneo del tipo N2XSY de 50mm² (18/30) 36KV fueron los siguientes:

- Como material, por su protección y/o aislamiento es apto y especialmente fabricado para instalaciones subterráneas, es resistente a la humedad, intemperie, luz solar, ozono, ácidos y otras sustancias químicas a temperaturas normales de operación.
- Por su aislamiento, el cable seleccionado soporta tensiones hasta una tensión nominal (E/E₀) de 18/30KV y tensión máxima del equipo (U_m) de 36KV, los cuales están muy por encima de la tensión nominal del sistema que es de 22.9KV.
- Según los cálculos eléctricos se determinó que la sección de 50mm² es el óptimo para la potencia requerida, cabe mencionar que según fabricante INDECO el calibre mínimo de fabricación para un nivel de tensión nominal de 18/30KV es de 50mm².

b. Factor de Corrección Equivalente para el cable Subterráneo

“La capacidad de corriente admisible para conductores de media tensión tanto para el cable subterráneo como para el cable aéreo en cualquier otra condición que no cumplen con las condiciones normales de operación (condiciones base), será afectada por el factor de corrección equivalente (E_q) que es el siguiente:

$$F_{Eq} = F_{ts} \times F_{rts} \times F_{pt} \times F_{td} \quad (3.6.2)^{26}$$

²⁶ Norma CNE/DGE “Sistema de Distribución 2011”, 2011.

Condiciones Base: Las condiciones base para el cable subterráneo enterrado en un solo ducto son las siguientes:

- Temperatura máxima del suelo : 28°C
- Resistividad térmica del suelo : 100°C cm/W
- Resistividad térmica del material que constituye el ducto : 100°C cm/W
- Cantidad de cables en ducto : 3
- Profundidad del tendido : 0.70m
- Temperatura máxima admisible del Conductor : 90°C

En estas condiciones, la intensidad admisible de corriente nominal del cable subterráneo N2XSJ de 3-1x50mm² 18/30 (36KV) es de 230 Amperios, dicho cable tiene las siguientes características:

- Tipo : N2XSJ
- Tensión nominal Eo/E (KV) : 18/30
- Tensión máxima del equipo (KV) : 36
- Sección (mm²) : 50
- Corriente Admisible It (A) 20°C : 230
- Resistencia (Ohm/Km) 90°C : 0.494
- Reactancia (Ohm/Km) : 0.1711

“Condiciones Particulares: Las condiciones particulares según el terreno de este proyecto para el cable subterráneo están fuera de las condiciones bases mencionadas, por lo tanto, para cables tendidos en ductos se determinan los siguientes factores de corrección según el CNE:

- i. Factor de corrección relativo por temperatura del suelo (Fts), según CNE Tabla 2-XXXI, detallado en el cuadro N°3.2.²⁷

²⁷ Norma CNE/DGE “Sistema de Distribución 2011”, 2011.

**CUADRO N° 3.2: FACTORES DE CORRECCIÓN RELATIVOS
A LA TEMPERATURA DEL SUELO**

| Máxima temperatura admisible de los conductores del cable °C | Temperatura del suelo °C | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| 80 | 1.12 | 1.08 | 1.04 | 1.00 | 0.96 | 0.91 | 0.87 | 0.82 | 0.76 | 0.71 |
| 75 | 1.13 | 1.09 | 1.05 | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 0.85 | 0.79 | 0.73 | 0.67 |
| 70 | 1.14 | 1.09 | 1.05 | 1.00 | 0.95 | 0.89 | 0.84 | 0.77 | 0.71 | 0.63 |
| 65 | 1.15 | 1.10 | 1.05 | 1.00 | 0.94 | 0.88 | 0.82 | 0.75 | 0.67 | 0.58 |
| 60 | 1.16 | 1.11 | 1.06 | 1.00 | 0.93 | 0.87 | 0.79 | 0.71 | 0.61 | 0.50 |

Fuente: Norma CNE, Distribución 2011.

Del cuadro anterior, para una máxima temperatura admisible del conductor de 80°C y temperatura del suelo de 28°C se obtiene:

$$F_{ts} = 0.91$$

- ii. “Factor de corrección por resistividad térmica del suelo (Frts) según CNE Tabla 2-XXXII, detallado en el cuadro N°3.3.”²⁸

²⁸ Norma CNE/DGE “Sistema de Distribución 2011”, 2011.

**CUADRO N° 3.3: FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA
CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS A LA
RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL SUELO**

| Sección del conductor mm ² | Resistividad térmica del suelo °C cm/W | | | | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 50 | 70 | 80 | 100 | 120 | 150 | 200 | 250 | 300 |
| Cables multipolares con aislamiento termoplástico | | | | | | | | | |
| Hasta 25 | 1.18 | 1.10 | 1.07 | 1.00 | 0.95 | 0.89 | 0.80 | 0.74 | 0.69 |
| 35 - 95 | 1.24 | 1.12 | 1.08 | 1.00 | 0.94 | 0.87 | 0.77 | 0.70 | 0.65 |
| 120 - 300 | 1.25 | 1.13 | 1.08 | 1.00 | 0.93 | 0.86 | 0.76 | 0.69 | 0.64 |
| Sistemas de cables unipolares con aislamiento termoplástico | | | | | | | | | |
| 6 - 500 | 1.39 | 1.17 | 1.11 | 1.00 | 0.92 | 0.83 | 0.73 | 0.65 | 0.60 |
| Cables multipolares con aislamiento de papel | | | | | | | | | |
| Hasta 25 | 1.19 | 1.09 | 1.06 | 1.00 | 0.96 | 1.91 | 0.83 | 0.77 | 0.73 |
| 35 - 95 | 1.20 | 1.10 | 1.07 | 1.00 | 0.96 | 0.90 | 0.81 | 0.75 | 0.71 |
| 120 - 300 | 1.23 | 1.12 | 1.08 | 1.00 | 0.95 | 0.88 | 0.79 | 0.73 | 0.68 |
| Sistemas de cables unipolares con aislamiento de papel | | | | | | | | | |
| Hasta 25 | 1.25 | 1.13 | 1.07 | 1.00 | 0.97 | 0.91 | 0.84 | 0.78 | 0.74 |
| 35 - 95 | 1.26 | 1.14 | 1.08 | 1.00 | 0.97 | 0.90 | 0.83 | 0.76 | 0.72 |
| 120 - 300 | 1.28 | 1.16 | 1.09 | 1.00 | 0.96 | 0.89 | 0.81 | 0.74 | 0.70 |

Fuente: Norma CNE, Distribución 2011.

“La determinación de la resistividad térmica del suelo se da según su composición (arena y arcilla con piedras pequeñas, terrenos calcáreos de poca compactación) y grado semihumedo, detallada en el CNE Distribución 2011, la cual es de 120°C cm/W.”²⁹

Del cuadro anterior, en base a la sección del conductor, el tipo de aislamiento para el conductor subterráneo y el factor de corrección por resistividad térmica del suelo a 120°C cm/W, se obtiene:

$$F_{rts} = 0.92$$

²⁹ Norma CNE/DGE “Sistema de Distribución 2011”, 2011.

- iii. “Factor de corrección por profundidad de tendido (Fpt), según el CNE Tabla 2-XXXV, detallados en el Cuadro N°3.4.”³⁰

CUADRO N° 3.4: FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS A LA PROFUNDIDAD DE TENDIDO

| Profundidad de Tendido (m) | (Sección mm ²) | |
|----------------------------|----------------------------|-----------|
| | Hasta 300 | Mayor 300 |
| 0.50 | 1.02 | 1.03 |
| 0.60 | 1.01 | 1.02 |
| 0.70 | 1.00 | 1.00 |
| 0.80 | 0.98 | 0.97 |
| 1.00 | 0.96 | 0.95 |
| 1.20 | 0.95 | 0.94 |
| 150 | 0.94 | 0.92 |

Fuente: Norma CNE, Distribución 2011.

Según el CNE, este factor se puede considerar igual a 1 si no excede la profundidad de tendido de 1.20m.




$$F_{pt} = 1$$

- iv. “Factor de corrección por estar tendido en ductos (Ftd) según CNE Tabla 2-XXXVI, detallados en el Cuadro N°3.5.”³¹

³⁰ Norma CNE/DGE “Sistema de Distribución 2011”, 2011.

³¹ Norma CNE/DGE “Sistema de Distribución 2011”, 2011.

**CUADRO N° 3.5: FACTORES DE CORRECCIÓN DE LA
CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS AL TENDIDO EN
DUCTOS**

| Tendido en ductos | Sección mm ² | Cable multipolar | Sistema De cables unipolares |
|---|----------------------------|---------------------|------------------------------------|
| <u>Un solo ducto</u>  | Hasta 50 | 0.81 | 0.81 |
| | 70 - 150 | 0.80 | 0.79 |
| | 185 - 400 | 0.79 | 0.76 |
| | 500 o más | - | 0.69 |
| Tres ductos (no ferroso) | | | |
| <u>En línea horizontal</u>  | Hasta 50 | - | 0.82 |
| | 70 - 150 | - | 0.80 |
| | 185 - 400 | - | 0.77 |
| | 500 o más | - | 0.70 |
| <u>En triángulo</u>  | Hasta 50 | - | 0.83 |
| | 70 - 150 | - | 0.81 |
| | 185 - 400 | - | 0.78 |
| | 500 o más | - | 0.71 |

Fuente: Norma CNE, Distribución 2011.

Del cuadro anterior, para tendido en un solo ducto y sección del conductor de hasta 50mm², el factor de corrección por estar tendido en un solo ducto es:

$$F_{td} = 0.81$$

Por lo tanto, determinados los factores de corrección, se determina el factor de corrección equivalente (F_{Eq}) mediante la fórmula 3.6.2 mencionada en el presente capítulo y es el siguiente:

$$F_{Eq} = 0.6781$$

c. Cálculo de la sección mínima del conductor subterráneo

Los criterios para determinar la sección mínima del conductor tanto para cables aéreos como para cables subterráneos son los siguientes:

- Por corriente de carga
- Por caída de tensión
- Por corriente de corto circuito

c.1. Sección mínima por corriente de carga

La corriente de carga es la capacidad máxima de corriente que tiene un conductor en específico bajo condiciones normales de operación y en régimen permanente.

Para conductores subterráneos enterrados en ducto, sea el caso que la corriente admisible no esté en las condiciones normales de operación será afectada por el factor equivalente de corrección (F_{eq}), dándonos una nueva corriente admisible ($I_{Adm.S2}$), como se expresa en la siguiente relación:

$$I_{Adm.S2} = I_{Adm.S1} \times F_{eq} \quad (3.6.3)$$

Donde:

$I_{Adm.S2}$: Intensidad de corriente admisible del cable subterráneo en condiciones particulares (A).

$I_{Adm.S1}$: Intensidad de corriente admisible del cable subterráneo en condiciones normales de operación (A).

F_{eq} : Factor Equivalente de corrección

Por lo tanto, el conductor subterráneo seleccionado será el correcto si cumple con la siguiente expresión:

$$I_{Adm.S2} > I_d \quad (3.6.4)$$

La corriente admisible del cable subterráneo N2XSY en condiciones base debe ser afectada por el factor de corrección equivalente (F_{eq}), ya que no cumple con las condiciones particulares del proyecto.

Aplicando la expresión 3.6.2, la nueva capacidad de corriente admisible por el cable subterráneo es:

$$I_{Adm.S2} = 155.96 \text{ Amp}$$

Por lo tanto, la corriente admisible para el cable subterráneo seleccionado (N2XSY 3-1x50mm²) es mayor que la corriente a transmitir respectivamente y cumple con la expresión 3.6.4.

$$I_{Adm.S2} = 155.96 \text{ Amp} > I_{d.MT} = 25.21 \text{ Amp}$$

Finalmente, dicho cable seleccionado con sección de 50mm² es correcto ya que soportara la corriente de diseño a transmitir.

c.2. Caída de tensión para el cable subterráneo

“La caída de tensión es la pérdida de potencia o diferencia entre dos tensiones que se originan en los extremos de cualquier conductor; para sistemas trifásicos se detalla a continuación mediante la siguiente expresión:

$$\Delta V(\%) = P L_S \frac{(r \cos \phi + x \sin \phi)}{10 V^2} \quad (3.6.5)$$

El factor de caída de tensión (K):

$$K = \frac{(r \cos \phi + x \sin \phi)}{10 V^2} \quad (3.6.6)$$

Dónde:

ΔV : Caída porcentual de tensión (%).

P : Potencia, en KVA.

L_S : Longitud recorrido del cable subterráneo, en Km.

K : Factor de caída de tensión.

r : Resistencia del conductor, en Ohm/km.

Φ : Angulo del factor de potencia.

x : Reactancia Inductiva, en Ohm/km.

V : Tensión nominal de la línea, en KV,³²

Para el cálculo de caída de tensión del cable subterráneo se considerará el recorrido de dicho cable desde los seccionadores CUT OUT del armado PMI hasta el transformador de potencia ubicado dentro de la Subestación tipo caseta, teniendo en cuenta las siguientes características eléctricas:

| | | |
|---|---|-------------------|
| - Tensión nominal de la línea (KV) | : | 22.9 |
| - Potencia del transformador (KVA) | : | 1000 |
| - Longitud recorrido cable Subterránea (Ls) | : | 28.29m |
| - Sección del conductor N2XSY | : | 50mm ² |
| - Resistencia r (Ohm/Km) a 90°C | : | 0.494 |
| - Reactancia x (Ohm/Km) | : | 0.1711 |
| - Cos Φ | : | 0.90 |
| - Sen Φ | : | 0.5268 |

Cabe mencionar que el catalogo INDECO nos da la resistencia y la reactancia inductiva a la temperatura de operación de 90°C, como también en base a la disposición del cable (3 cables unipolares y disposición unipolar tendidos en contacto), es decir, no necesita un arreglo en función a la temperatura.

Aplicando las expresiones 3.6.5 y 3.6.6, se obtiene el factor de caída de tensión (K):

$$K = 0.000102$$

Por lo tanto, la caída de tensión porcentual del primer tramo de la red primaria, el cual está comprendido por el cable subterráneo N2XSY de 3-1x50mm², es el siguiente:

³² Norma DGE "Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural", 2003

$$\Delta V(\%) = 0.002886$$

c.3. Corriente de corto circuito admisible en el cable subterráneo

Se produce un cortocircuito en un sistema de potencia, cuando entran en contacto, entre si o con tierra, conductores correspondientes a distintas fases. Normalmente las corrientes de corto circuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces el valor máximo de la corriente de carga en el punto de falla.

“Mediante la siguiente expresión se determina la corriente de corto circuito admisible por el conductor Subterráneo:

$$I_{km} = \frac{K (S)}{\sqrt{t}} \quad (3.6.7)$$

Dónde:

I_{km} : Corriente de corto circuito admisible por el cable (KA)

K : Constante según el material y aislante del conductor

S : Sección del cable, en mm²

t : Tiempo de duración del corto circuito, en seg.

Según la norma UNE 20460-5-523, se determina el factor K:

- Para conductores de cobre con revestimiento XLPE se tiene un factor K de 0.143
- Para conductores de aluminio con revestimiento XLPE se tiene un factor K de 0.094”³³

Por lo tanto, el conductor seleccionado será el correcto si cumple con la siguiente expresión:

$$I_{km} > I_{cc} \quad (3.6.8)$$

³³ <https://ie2mmo.wordpress.com/2017/06/13/p12-calculo-de-cables-y-protecciones/>

Para el cálculo de la corriente de corto circuito admisible por el cable subterráneo N2XSY se consideran las siguientes características:

- Sección del cable (S) : 50 mm².
- Duración del cortocircuito (t) : 0.2 s.
- Factor K para cable Subterráneo N2XSY : 0.143

Aplicando la expresión 3.6.7, la corriente de corto circuito admisible del cable es:

$$I_{km} = 15.99 \text{ KA}$$

Teniendo en cuenta la condición 3.6.8, se determina:

$$I_{km} = 15.99 \text{ KA} > I_{CC} = 6.30 \text{ KA}$$

Por lo tanto, la sección del conductor subterráneo N2XSY de 50mm² seleccionado es el correcto ya que soportara la corriente de corto circuito del sistema (I_{cc}).

3.6.5. Dimensionamiento del Cable Aéreo de Media Tensión

a. Selección del conductor Aéreo

Los criterios tomados en cuenta para la selección del cable aéreo del tipo CAAPI de 35mm² fueron los siguientes:

- Usado como conductor en líneas aéreas para distribución primaria y secundaria, instalados sobre aisladores apropiados para el nivel de tensión requerida.
- Por su material, resistente a la corrosión por su alta composición de aluminio con pequeños porcentajes de Magnesio-Silicio y por su protección exterior con polietileno termoplástico resistente a la humedad, calor y humos industriales, también permite obtener mejores características de flecha debido a su alta resistencia mecánica y bajo peso.

b. Factor de Corrección Equivalente para el cable Aéreo

“Para una temperatura ambiente diferente a 30°C, la intensidad de corriente admisible por el cable aéreo desnudos y/o forrados deben ser afectados por factores de corrección dados en el CNE (Código Nacional Eléctrico) Distribución 2011 Tabla 2-XI y Tabla 2-XIII, detallados en el Anexo III.”³⁴

Condiciones Base: Las condiciones base para el conductor aéreo CAAPI son las siguientes:

- Temperatura ambiente : 30°C
- Temperatura Max. del conductor : 75°C

En estas condiciones, la intensidad admisible de corriente nominal del cable aéreo CAAPI de 1x35mm² es de 160 Amperios, dicho cable tiene las siguientes características:

- Tipo : CAAPI
- Sección (mm) : 35
- Corriente Admisible It (A) : 160
- Resistencia (Ohm/Km) 20°C : 0.965
- Reactancia (Ohm/Km) 75°C : 1.173
- Radio del conductor (mm) : 3.8

“Condiciones Particulares: Las condiciones según el CNE Distribución 2011 mencionan que, para una temperatura ambiente diferente a 30°C, la intensidad de corriente admisible por el cable aéreo CAAPI debe ser afectado por factores de corrección. Las características de dicho proyecto (Temperatura ambiente 30°C) cumplen con las condiciones base mencionadas, por lo tanto, la intensidad de corriente admisible no será afectada por ningún factor de corrección.”³⁵

³⁴ Norma CNE/DGE “Sistema de Distribución 2011”, 2011.

³⁵ Norma CNE/DGE “Sistema de Distribución 2011”, 2011.

c. Cálculo de la sección mínima del Conductor Aéreo

Los criterios para determinar la sección mínima del conductor tanto para cables aéreos como para cables subterráneos son los siguientes:

- Por corriente de carga
- Por caída de tensión
- Por corriente de corto circuito

c.1. Sección del conductor aéreo por corriente de carga

El conductor aéreo CAAPI de 35mm² tiene una corriente admisible de 160.00 Amp, la cual es mucho mayor a la corriente nominal del sistema a transmitir.

$$I_{Adm.A2} = 160 \text{ Amp} > I_{d.MT} = 25.21 \text{ Amp}$$

Se determina que dicho cable seleccionado con sección de 35mm² es correcto ya que soportara la corriente de diseño a transmitir.

c.2. Caída de tensión del conductor aéreo

Para el cálculo de caída de tensión del cable aéreo CAAPI se considerará el recorrido de dicho cable desde el empalme del armado de derivación (punto de alimentación) hasta el transformador de medida (transformix) ubicado al frente del predio, teniendo en cuenta las siguientes características eléctricas:

- | | | |
|---------------------------------------|---|-------------------|
| - Tensión nominal de la línea (KV) | : | 22.9 |
| - Potencia del transformador (KVA) | : | 1000 |
| - Longitud recorrido cable Aéreo (Ls) | : | 140.92m |
| - Sección del conductor CAAPI | : | 35mm ² |
| - Resistencia r (Ohm/Km) a 20°C | : | 0.965 |
| - Reactancia x (Ohm/Km) a 75°C | : | 1.173 |
| - Cos Φ | : | 0.90 |
| - Sen Φ | : | 0.5268 |

Los parámetros del conductor aéreo (resistencia y reactancia inductiva) se calcularán en base a la temperatura máxima de operación de 75°C, los cuales se determinan mediante las siguientes expresiones:

i. Cálculo de Resistencia eléctrica del conductor

“Podemos decir que en un conductor de mayor sección se tiene menor resistencia, como también cabe indicar que la resistencia en los conductores, aumenta con la temperatura o también disminuye; cuando la temperatura disminuye; los fabricantes dan valores de la resistencia unitaria a 20°C expresados en Ohm/Km, pero, en las redes primarias la temperatura de operación llega hasta 40°C aproximadamente, en consecuencia se determina la resistencia unitaria a la temperatura de operación del sistema utilizando la siguiente expresión para sistemas trifásicos:

$$R_{op} = R_{20^\circ} [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (3.6.9)$$

Dónde:

R_{op} : Resistencia a la temperatura máxima de operación (Ohm/Km)

R_{20° : Resistencia a 20°C en catálogos (Ohm/Km)

t_1 : Temperatura a 20°C

t_2 : Temperatura de operación del conductor (°C)

α : Coeficiente de temperatura de la resistencia que depende del tipo y material del conductor.³⁶

Teniendo los siguientes datos:

$$R_{20^\circ} = 0.965 \text{ Ohm/Km}$$

$$t_1 = 20^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$\alpha = 0.0036, \text{ para el conductor Aleación de Aluminio CAAPI}$$

³⁶ Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural”, 2003

Por lo tanto, aplicando la expresión 3.6.9, obtenemos la resistencia eléctrica a la temperatura de operación de 40°C:

$$R_{op} = 1.0345 \frac{Ohm}{Km}$$

ii. Cálculo de Reactancia Inductiva eléctrica del conductor

“La reactancia inductiva es el valor de oposición al paso de la intensidad de corriente alterna debido a la presencia de la inductancia entre conductores; se define mediante la siguiente expresión:

$$x = 2\pi f \frac{1}{t} \left[\frac{1}{2n} + 4.6 \log \frac{DMG}{r} \right] 10^{-4} \quad (3.6.10)$$

Dónde:

X : Reactancia Inductiva p/sistema trifásico equilibrado (Ohm/Km)

f : Frecuencia (Hz)

t : Numero de Ternas o Circuitos

n : Número de Conductores por fase

DMG : Distancia Media Geométrica entre ejes de las fases (m)

r : Radio del conductor (m)

La distancia media geométrica entre ejes de las fases de un circuito se determina mediante la siguiente expresión:

$$DMG = \sqrt[3]{D_{ab} \times D_{bc} \times D_{ac}} \quad (3.6.11)$$

Donde:

D_{ab} : Distancia de la fase “a” hasta la fase “b” (m).

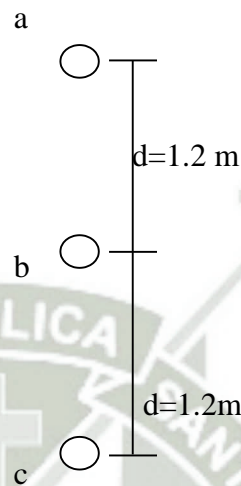
D_{bc} : Distancia de la fase “b” hasta la fase “c” (m).

D_{ac} : Distancia de la fase “a” hasta la fase “c” (m).”³⁷

³⁷ Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural”, 2003

Para el cálculo de la reactancia inductiva se considera la disposición vertical que tienen las tres (03) fase como se detalla a continuación en la figura 3.1.

FIGURA 3.1: DISPOSICIÓN VERTICAL DEL CONDUCTOR AÉREO EN LAS TRES FASES



Fuente: Elaboración Propia

De la figura anterior se consideran las siguientes distancias, las cuales nos ayudaran para el cálculo de la Distancia Media Geométrica (DMG).

$$D_{ab} = 1.20m$$

$$D_{bc} = 1.20m$$

$$D_{ac} = 2.40m$$

Por lo tanto, la Distancia Media Geométrica (DMG) aplicando la fórmula 3.6.11 del presente capítulo, obtenemos:

$$DMG = 1.5119 m$$

Para el cálculo de la Reactancia Inductiva del cable aéreo CAAPI se consideran los siguientes datos:

$$f = 60Hz$$

$$t = 1$$

$$n = 1$$

$$DMG = 1.5119m$$

$$r = 0.0038m$$

Por lo tanto, la Reactancia Inductiva es aplicando la fórmula 3.6.10 del presente capítulo, la cual es:

$$x = 0.4697 \frac{Ohm}{Km}$$

iii. Cálculo caída de tensión del conductor aéreo

Para el cálculo de caída de tensión del cable aéreo se considerará el recorrido de dicho cable desde el punto de alimentación de la red primaria hasta la entrada del transformador de medida (transformix), teniendo en cuenta las siguientes características eléctricas:

| | | |
|---|---|-------------------|
| - Tensión nominal de la línea (KV) | : | 22.9 |
| - Potencia del transformador (KVA) | : | 1000 |
| - Longitud recorrido cable Subterránea (Ls) | : | 140.92m |
| - Sección del conductor CAAPI | : | 35mm ² |
| - Resistencia r (Ohm/Km) a 40°C | : | 1.0345 |
| - Reactancia x (Ohm/Km) | : | 0.4697 |
| - Cos Φ | : | 0.90 |
| - Sen Φ | : | 0.5268 |

Cabe mencionar que la resistencia y la reactancia inductiva para el tramo aéreo, cambian de acuerdo a las condiciones de operación de la línea con respecto a las especificaciones dadas por el fabricante.

Aplicando las expresiones 3.6.5 y 3.6.6 de caída de tensión mencionadas en el presente capítulo (apéndice 3.6.4), se obtiene el factor de caída de tensión (K):

$$K = 0.000225$$

Por lo tanto, la caída de tensión porcentual del primer tramo de la red primaria, el cual está comprendido por el cable aéreo CAAPI de 3-1x35mm², es el siguiente:

$$\Delta V(\%) = 0.0316$$

c.3. Corriente de corto circuito admisible en el conductor aéreo

Para el cálculo de la corriente de corto circuito admisible por el cable aéreo CAAPI se consideran las siguientes características:

- Sección del cable (S) : 35 mm².
- Duración del cortocircuito (t) : 0.2 s.
- Factor K (aluminio con XLPE) : 0.094

Mediante la expresión 3.6.7 del presente capítulo (apéndice 3.6.4), se determina la corriente de corto circuito admisible por el cable aéreo:

$$I_{km} = 7.36 \text{ KA}$$

Según los resultados se determina que según expresión 3.6.8 del presente capítulo:

$$I_{km} > I_{cc}$$
$$7.36 \text{ KA} > 6.30 \text{ KA}$$

Por lo tanto, la sección del conductor aéreo CAAPI de 35mm² seleccionado es el correcto ya que soportara la corriente de corto circuito del sistema (I_{cc}).

3.6.6. Caída de Tensión Total del Sistema en Media Tensión

La caída de tensión total del sistema es la suma de la caída de tensión que se genera tanto en el tramo subterráneo como en el tramo aéreo, a continuación, mostramos en el cuadro N°3.6 el resumen de los parámetros de la línea y su cálculo de caída de tensión del sistema:

**CUADRO N° 3.6: CÁLCULO CAIDA DE TENSIÓN TOTAL DEL
SISTEMA**

| Pto. | Tramo | P(KVA) | L(m) | V(KV) | S(mm2) | F.C.T(K) | $\Delta V(\%)$ | $\Sigma \Delta(\%)$ |
|------|-------------|--------|--------|-------|--------|----------|----------------|---------------------|
| 1 | Subterráneo | 1000 | 28.26 | 22.9 | 50 | 0.000102 | 0.002886 | 0.002886 |
| 2 | Aéreo | 1000 | 140.92 | 22.9 | 35 | 0.000225 | 0.0316 | 0.0345 |

Fuente: Elaboración Propia

Del cuadro anterior, se puede deducir que la caída de tensión en todo el sistema es de 0.0345% y menor al 3.0 % requerido.

Por lo tanto, el cable de energía de media tensión seleccionado tanto para el tramo subterráneo (N2XSY de 50mm²) como para el tramo aéreo (CAAPI de 35mm²), cumplen con las condiciones impuestas, por lo que se concluye que podrá soportar la corriente a transmitir, caída de tensión y la corriente de corto circuito permisibles por el CNE (Código Nacional Eléctrico).

3.6.7. Dimensionamiento del Cable en Baja Tensión

a. Selección del conductor de baja tensión

Los criterios tomados en cuenta para la selección del cable de baja tensión del tipo NYY, el cual estará instalado en el lado secundario del transformador de potencia, fueron los siguientes:

- Aplicación general como cable de energía, en redes de distribución de baja tensión, en instalaciones industriales, en edificios y estaciones de maniobra. En instalaciones fijas, en ambientes interiores (en bandejas, canaletas, engrapadas, etc.); a la intemperie, en ductos subterráneos o directamente enterrados. Pueden ser instalados en lugares secos y húmedos.
- Por su material, tiene buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC le otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita los empalmes, derivaciones y terminaciones. Retardante a la llama.

b. Factor equivalente de corrección

Condiciones base: Las condiciones base para el conductor NYY son las siguientes:

- Temperatura ambiente : 30°C
- Temperatura Max. del conductor : 80°C

En estas condiciones, la intensidad admisible de corriente nominal del cable NYY de 1x240mm² es de 565 Amperios, dicho cable tiene las siguientes características:

- Tipo : NYY
- Sección (mm) : 35
- Corriente Admisible It (A) : 565
- Radio del conductor (mm) : 3.8

“Condiciones Particulares: Las condiciones según el CNE Distribución 2011 mencionan que, para una temperatura ambiente diferente a 30°C, la intensidad de corriente admisible por el cable aéreo NYY debe ser afectado por factores de corrección.”³⁸

Las características de dicho proyecto (Temperatura ambiente 30°C) cumplen con las condiciones base mencionadas, por lo tanto, la intensidad de corriente admisible no será afectada por ningún factor de corrección.

c. Cálculo de la sección mínima del conductor de BT

c.1. Sección Mínima por Corriente de Carga

El conductor NYY de 240mm² tiene una corriente admisible de 565.00 Amp; se usarán 03 (tres) ternas por fase para cumplir con la corriente nominal del sistema a transmitir en baja tensión:

$$I_{Adm.BT2} = 1695.00 \text{ Amp} > I_{d.BT} = 1519.53 \text{ Amp}$$

³⁸ Norma CNE/DGE “Sistema de Distribución”, 2011

Se determina que el arreglo con 03 (tres) ternas por fase con capacidad total de 1695.00 Amp, es correcto ya que soportara la corriente de diseño a transmitir.

c.2. Sección Mínima por Caída de Tensión

“La caída de tensión para sistemas trifásicos en baja tensión se define mediante la siguiente expresión:

$$\Delta V (\%) = \frac{\sqrt{3} L I \cos \phi}{\gamma S} \quad (3.6.12)$$

Donde:

ΔV : Caída porcentual de tensión (%).

L_S : Longitud recorrido del cable de Baja Tensión desde el transformador hasta el interruptor magnético, en m.

I : Intensidad de corriente a transmitir (A).

ϕ : Angulo del factor de potencia.

γ : Conductividad del material (cobre o aluminio), en $m/\Omega.mm^2$

S : Sección del conductor, en mm^2 .³⁹

Para el cálculo de caída de tensión del cable en Baja Tensión NYY, se considerará el recorrido de dicho cable desde los aisladores del transformador en el lado secundario hasta la entrada del tablero general de fuerza, teniendo en cuenta las siguientes características:

- Tensión nominal lado secundario (V): 0.38 KV
- Potencia del transformador (P): 1000 KVA
- Longitud recorrido cable NYY (L): 11.0 m
- Sección del conductor NYY (S): 720 mm^2 , considerar sección total incluido de las 03 (tres) ternas.
- Conductividad del cobre (γ): 58.0 $m/\Omega.mm^2$
- $\cos \phi$: 0.80

³⁹ Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural”, 2003

Aplicando la expresión 3.6.12 del presente capítulo dada para instalaciones en baja tensión, se obtiene la caída de tensión del cable de baja tensión NYN:

$$\Delta V (\%) = 0.55$$

Por lo tanto, la caída de tensión del cable NYN de 240mm² con arreglo de 03 (tres) ternas por fase, es menor al 3% de la tensión nominal en el lado secundario del transformador (valor para baja tensión), recomendado por el CNE (Código Nacional Eléctrico).

c.3. Sección Mínima por Corriente de Corto Circuito

En Baja Tensión este criterio para determinar la sección del conductor, no suele ser determinante, por lo tanto, no se considera para su dimensionamiento.

3.6.8. Cálculo del Sistema de Puesta a Tierra

a. Selección del conductor para puesta a tierra

El conductor de puesta a tierra que se utilizara en el presente proyecto es de cobre desnudo ya que dicho material presenta una alta conductividad eléctrica y resistentes a la corrosión una vez en contacto con la tierra.

b. Determinación de la sección mínima del conductor a tierra

b.1. Para el lado Primario

“La relación de la sección a la corriente de falla de los conductores de puesta a tierra no deberá ser menor a la obtenida en el cuadro N°3.7 de acuerdo al CNE Distribución 2011 como se detalla a continuación:

**CUADRO N°3.7: RELACIÓN DE LA SECCIÓN A LA CORRIENTE
DE FALLA DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA
LADO PRIMARIO**

| Tiempo de duración de la falla (s) | Sección (mm ²)/Corriente de falla (kA) | | |
|------------------------------------|--|------------------------|----------------------|
| | Conductor sólo | Con uniones empernadas | Con uniones soldadas |
| 30 | 20 | 33 | 25 |
| 4 | 7 | 12 | 10 |
| 1 | 3.5 | 6 | 5 |
| 0.5 | 2.5 | 4 | 3 |

Fuente: Norma CNE, Distribución 2011

Del cuadro anterior, para determinar la relación (mm²/KA) se debe determinar el tiempo de duración de la falla (segundos) como también si es un solo conductor o está unido a otros conductores, dicha relación debe ser multiplicada por la corriente de corto circuito del sistema, el cual nos dará la sección mínima del conductor.⁴⁰

Considerando un tiempo de duración de la falla de 0.5 segundos y que las uniones de puesta a tierra serán empernadas se obtiene la relación de la sección a la corriente de falla (mm²/KA):

$$\frac{mm^2}{KA} = 4$$

Por lo tanto, para una corriente de falla de 6.30 KA (corriente de corto circuito detallado en el apéndice 3.6.3 del presente capítulo), se obtiene la sección mínima para puesta a tierra lado primario:

$$S_{MIN} = 25 mm^2$$

⁴⁰ Norma CNE/DGE "Sistema de Distribución", 2011

b.1. Para el lado Secundario

“La sección mínima de los conductores de puesta a tierra para distribución secundaria no deberá ser menor a los obtenidos en el cuadro N°3.8 de acuerdo al CNE Distribución 2011 como se detalla a continuación:

CUADRO N°3.8: SECCIÓN MÍNIMA DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA PARA DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA

| Sección de los Conductores Activos (cobre equivalente) | Sección Mínima del conductor de Cu equivalente |
|--|--|
| Hasta 120 mm ² | No menor que la mitad de la sección del conductor activo, y en cualquier caso no menor que 35 mm ² |
| Mayor de 120 mm ² | No menor que un cuarto de la mayor sección del conductor activo, y en cualquier caso no menor que 70 mm ² |

Fuente: Norma CNE, Distribución 2011

Del cuadro anterior, para conductores activos con sección mayores a 120mm², como es el caso del presente proyecto, se determina la sección mínima de puesta a tierra en lado secundario.⁴¹

$$S_{MIN} = 70 \text{ mm}^2$$

c. Determinación de resistencia máxima de conexión a tierra

“Para la determinación de la resistencia de las conexiones a tierra, se deberán tener en cuenta entre otras, las posibles averías entre los sistemas Primario y Secundario, y las gradientes de potencial peligrosa, en todo caso no deberá superar los valores dados en el cuadro N°3.9 de acuerdo al CNE Distribución 2011 que se detalla a continuación:

⁴¹ Norma CNE/DGE “Sistema de Distribución”, 2011

**CUADRO N°3.9: RESISTENCIA MÁXIMA DE LA CONEXIONES
A TIERRA**

| Nivel de Tensión | Potencial del Transformador KVA | Resistencia Máxima a tierra (ohms) |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| PRIMARIO | -- | 25 |
| SECUNDARIO | Hasta 50 | 25 |
| | De 51 a 500 | 15 |
| | Mayor de 500 | 10 |

Fuente: Norma CNE, Distribución 2011

Del cuadro anterior, se determina la resistencia máxima de las conexiones a tierra tanto en lado primario como en el lado secundario y se detallan a continuación:⁴²

c.1. Lado Primario

Tanto para el transformador de medida como para la ferretería eléctrica en Media Tensión (aisladores, seccionadores, pararrayos y pernería), la resistencia máxima de conexión a tierra lado primario es:

$$R_{MAX.PRIM} = 25\Omega$$

c.2. Lado Secundario

Para transformadores de potencia mayores a 500KVA, el CNE recomienda la resistencia máxima de conexión a tierra lado secundario, el cual se utilizará para las instalaciones en baja tensión, y es de:

$$R_{MAX.SEC} = 10\Omega$$

⁴² Norma CNE/DGE "Sistema de Distribución", 2011

d. Cálculo de resistencia de la varilla de puesta a tierra

La resistencia de una varilla y/o electrodo enterrada en disposición vertical, a una profundidad (t) con respecto a la superficie del suelo, se determina mediante la siguiente expresión:

$$R_V = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \left(\frac{2L}{D} \times \sqrt{\frac{3L + 4t}{L + 4t}} \right) \quad (3.6.13)$$

Donde:

R_V : Resistencia de la varilla (Ohm)

ρ : Resistividad de terreno (Ohm/m)

L : Longitud de la varilla (m)

D : Diámetro de la varilla (m)

t : Profundidad de enterrado de varilla (m)

El objetivo de enterrar una distancia “t” al electrodo debajo de la superficie es para disminuir los posibles gradientes de potencial sobre la superficie del terreno en los contornos de la barra.

En el presente proyecto, se considera una varilla y/o electrodo de cobre puro por unidad a tierra, en disposición vertical y enterrado a profundidad (t) con respecto a la superficie del suelo, con los siguientes parámetros de cálculo:

- Resistividad del terreno de 200 Ohm-m, según el manual IEEE “Recommended practice for grounding of industrial and comercial power systems”, por ser de fácil penetración y de arena arcillosa con una alta humedad por estar cercano al mar.
- Longitud de la varilla (L) de 2.40 metros.
- Diámetro de la varilla (D) de 3/4 pulgada (0.019m).
- Profundidad de enterrado (t) de 0.3 metros.

La resistencia de la varilla de puesta a tierra, se calcula mediante la expresión 3.6.13 del presente capítulo, siendo la siguiente:

$$R_1 = 78.99 \Omega$$

Debido a las resistencias máximas permitidas e impuestas por el CNE 2011 Distribución, se reducirá la resistividad del terreno con lo siguiente:

- i. **Cambio y mejoramiento de resistencia del terreno**, donde se retira la tierra de alta resistencia aperturando un agujero de 01 metro de diámetro y 2.70 metros de profundidad, dicho agujero será relleno y compactado con una mezcla de tierra de chacra y sal industrial (02 bolsas).
- ii. **Mejoramiento de resistencia de la varilla**, donde se adiciona cemento conductivo alrededor de la varilla de cobre puro en toda su longitud, este aditivo tiene la capacidad de absorber la humedad del suelo que lo circunda y el endurecimiento que logra hace que se forme un solo conjunto con el electrodo de tierra.

Por lo tanto, la resistividad inicial de la unidad a tierra disminuye en 90% según las experiencias, quedando una resistividad final de 20 Ohm-m; recalculando con la expresión 3.6.13, la nueva resistencia es:

$$R_2 = 7.9\Omega$$

Finalmente, la resistencia calculada cumple con la requerida en el CNE Distribución 2011:

$$R_2 = 7.9\Omega < R_{MAX.PRIM} = 25\Omega$$

$$R_2 = 7.9\Omega < R_{MAX.SEC} = 10\Omega$$

3.7. CÁLCULOS MECÁNICOS

3.7.1. Cálculo Mecánico de Estructuras Soporte

Los cálculos mecánicos de estructuras tienen por objeto determinar las cargas mecánicas en los postes de concreto armado centrifugado (C.A.C), cables de retenida, crucetas de madera y sus accesorios, de tal manera que, en las condiciones más críticas, no se superaran los esfuerzos máximos previstos en el Código Nacional Eléctrico (CNE) como también en la norma DGE “Diseño de Líneas Primarias para Electrificación Rural”.

“Los factores de seguridad mínimas respecto a las cargas de rotura en condiciones normales serán las siguientes:

- Poste de concreto: 2.0
- Cruceta de madera: 4.0

La norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para Electrificación Rural”, determina las fórmulas para la determinación y selección de estructuras las cuales son las siguientes:

- Momento debido a la carga del viento sobre los conductores:

$$MVC = (PV)(d)(fC)(Shi)Cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (3.7.1)$$

- Momento debido a la carga de los conductores:

$$MTC = 2 (TC)(Shi)Sen\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (3.7.2)$$

- Momento debido a la carga de los conductores en estructuras terminales:

$$MTR = TC (Shi) \quad (3.7.3)$$

- Momento debido a la carga del viento sobre la estructura

$$MVP = \frac{(Pv) (hl)^2 (Dm + 2 Do)}{600} \quad (3.7.4)$$

- Momento debido al desequilibrio de cargas verticales

$$MCW = (BC)[(WC)(d)(Kr) + WCA + WAD] \quad (3.7.5)$$

- Momento total para hipótesis de condiciones normales, en estructura de alineamiento, sin retenidas:

$$MRN = MVC + MTC + MCW + MVP \quad (3.7.6)$$

- Momento total en estructuras terminales

$$MRN = MTC + MVP \quad (3.7.7)$$

- Esfuerzo del poste de madera en la línea de empotramiento, en hipótesis de condiciones normales:

$$R_H = \frac{MRN}{3,13 \times 10^{-5} \times C^3} \quad (3.7.8)$$

- Carga crítica en el poste de madera debida a cargas de compresión:

$$PCR = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2}; I = \frac{\pi DM^3 Do}{64}$$

- Deflexión Máxima del Poste de Madera:

$$\delta = \frac{MRN}{3EI} \leq 4\% \quad (3.7.9)$$

- Carga en la punta del poste de concreto, en hipótesis de condiciones normales:

$$Q_N = \frac{MRN}{hl - 0.15} \quad (3.7.10)$$

- Esfuerzo a la flexión en crucetas de madera:

$$R_C = \frac{Ma}{W_S}; W_S = \frac{b(hc)^2}{6}; Ma = (SQv)(Bc) \quad (3.7.11)$$

Donde la nomenclatura es la siguiente:

Pv = Presión del viento sobre superficies cilíndricas (Pa)

d = Longitud del vano-viento (m)

T_c = Carga del conductor (N)

f_c = Diámetro del conductor (m)

a = Angulo de desvío topográfico (grados)

D_o = Diámetro del poste en la cabeza (cm)

D_m = Diámetro del poste en la línea de empotramiento (cm)

h_l = Altura libre del poste (m)

h_i = Altura de la carga i en la estructura con respecto al terreno (m)

B_c = Brazo de la cruceta (m)

h_A = Altura del conductor roto, respecto al terreno (m)

B_c = Brazo de la cruceta (m)

K_r = Relación entre el vano-peso y vano-viento

R_c = Factor de reducción de la carga del conductor por rotura: 0,5
(según CNE).

W_c = Peso del conductor (N/m)

W_{CA} = Peso del aislador tipo Pin o cadena de aisladores (N)

W_{AD} = Peso de un hombre con herramientas (1000 N)

C = Circunferencia del poste en la línea de empotramiento (cm)

E = Módulo de Elasticidad del poste (N/cm²)

I = Momento de inercia del poste (cm²)

k = Factor que depende de la forma de fijación de los extremos del
poste

l = Altura respecto al suelo del punto de aplicación de la retenida

h_c = Lado de cruceta paralelo a la carga (cm)

b = Lado de cruceta perpendicular a la carga (cm)

SQV = Sumatoria de cargas verticales, en N (incluye peso de aislador,
conductor y de 1 hombre con herramientas).⁴³

Se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones para la Estructura Soporte:

- La estructura soporte del presente proyecto sistema de utilización eléctrico para la empresa CONGELADOS GUTIERREZ, está conformada por postes de C.A.C 13/400, crucetas de madera tratada

⁴³ Norma DGE "Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural", 2003

tipo tornillo de 4'' x 4'' con longitud de 2.1 metros y conductor aéreo CAAPI de 35mm².

- Las crucetas de madera están dispuestas en el poste C.A.C asimétricamente, en posición tipo bandera, pues esta disposición fue tomada para respetar las distancias de seguridad en redes primarias para electrificación rural según las normas DGE y CNE.
- Los cálculos de las estructuras son de acuerdo al tipo de armado utilizados en el tramo aéreo del presente proyecto los cuales son:
 - Armado de alineamiento A-1
 - Armado fin de línea y medición (PMI)
- La velocidad del viento (Vv) considerada en la zona del proyecto es seleccionada de acuerdo al CNE Distribución 2011 (ver Anexo V), donde se obtiene velocidad de 90 km/hr (Zona III).

3.7.2. Cálculo Mecánico de Retenidas

Para compensar los esfuerzos mayores a 300 kg en cada caso específico, en los postes terminales, así como en los postes con cambio de dirección se usarán retenidas.

La inclinación mínima del cable de retenida será de 20 grados en postes terminales según el CNE (Código Nacional Eléctrico) Distribución 2011 y también tendrán un coeficiente de seguridad mayor a 2.

“El cálculo de una retenida simple se determina con las siguientes expresiones:

$$F_p = \frac{H_R}{H_E} \times T_T \times \sin \phi \quad (3.7.12)$$

$$T_T = \frac{T_R}{C_S} \quad (3.7.13)$$

$$T_R = \frac{T_{RC}}{H_R \times \sin \phi} \quad (3.7.14)$$

Donde:

F_p : Fuerza en la punta del poste (N)

H_R : Altura de aplicación de la retenida (m)

H_E : Altura equivalente (m)

T_T : Tiro de trabajo (N)

T_R : Tiro de rotura de la retenida o que soporta el cable (N), ver norma DGE “Especificaciones técnicas de materiales y equipos”, descritos en el capítulo 4 (Apéndice 4.21).

\emptyset : Angulo entre el poste y la retenida (>20 grados)

C_S : Coeficiente de seguridad.⁴⁴

Se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones para retenidas:

- Las retenidas están compuestas por un cable de acero de 50mm² de sección y carga de rotura mínima de 48.04KN
- El ángulo es de 20 grados como mínimo según el CNE.

3.7.3. Resultados del cálculo mecánico de estructuras y retenidas

Los resultados del cálculo mecánico de estructuras soporte, crucetas y retenidas se detallan en el cuadro N°3.10 y cuadro N°3.11 para cada tipo de armado según corresponda.

Para la estructura armado de alineamiento A-1, según el cuadro N°6.4 se observa que la carga de ruptura en la punta del poste calculada es menor que la dada por el fabricante (<4000N) aplicando el factor de seguridad (para postes es 2), es decir, el poste de C.A.C de 13/400 seleccionado es el correcto y no es necesario el uso de retenidas. También, cabe mencionar que la carga de ruptura de la cruceta calculada es menor a la del fabricante (<50Mpa) aplicando el factor de seguridad (para crucetas es 4), es decir, la cruceta de madera de 4” x 4” es correcto.

⁴⁴ Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural”, 2003

Para la estructura armado Fin de Línea PMI, según el cuadro N°6.5 se observa que la carga de ruptura en la punta del poste calculada es mayor que la dada por el fabricante ($<4000N$) aplicando el factor de seguridad (para postes es 2), es decir, el poste de C.A.C de 13/400 seleccionado tendrá una retenida para compensación de fuerza. También, cabe mencionar que la carga de ruptura de la cruceta calculada es menor a la del fabricante ($<50Mpa$) aplicando el factor de seguridad (para crucetas es 4), es decir, la cruceta de madera de 4" x 4" es correcto.



CUADRO N°3.10: CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURA ARMADO A-1

| CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS EN LINEAS PRIMARIAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|-----------|-------|-------------------------------|----------------------------|-------|---------|-----------------------------------|----|----|--------|---------------------------------------|------------------|-----|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Datos Generales | | | | Datos de los Conductores | | | | Datos del Poste | | | | | Datos de Cruceta | | | | | | | | | | |
| Especificación: | Armado A-1 | | | Conductor | Aleacion de Aluminio CAAPI | | | Longitud del poste | hp | m | 13 | Altura de cruceta N°1 en poste | m | 9.1 | | | | | | | | | |
| Tipo de Estructura: | Alineamiento y Angulo 0° - 5° | | | Sección | S | mm² | 35 | Clase y Grupo | | | | Altura de cruceta N°2 en poste | m | 9 | | | | | | | | | |
| Velocidad del viento | V | km/h | 90 | Diámetro Exterior | D | m | 0.0105 | Longitud de empotramiento | Le | m | 1.9 | Altura de cruceta N°3 en poste | m | 8.9 | | | | | | | | | |
| Presión del viento | Pv | N/m² (Pa) | 332.1 | Peso Unitario | Wc | Kg/m | 0.130 | Altura útil del poste | h | m | 11.1 | Sumatoria altura de cargas | m | 27 | | | | | | | | | |
| Angulo de retenida | Ar | grad. | 37 | Peso Unitario | Wc | N/m | 1.275 | Altura libre del poste | hl | m | 11.1 | Brazo de la cruceta | Be | m | 2.1 | | | | | | | | |
| Carga de retenida | Crr | N | 30920 | Tiro Horizontal del conductor | To | N | 3844.19 | Distancia con respecto a la punta | h | m | 0.2 | Lado cruceta perpendicular a la carga | b | cm | 0.1016 | | | | | | | | |
| Cargas Verticales | | | | Vano Peso | Vp | m | 63.4 | Diámetro en la punta | Do | cm | 18 | Lado cruceta paralela a la carga | hc | cm | 0.1016 | | | | | | | | |
| Peso aislador PIN | WCA-1 | N | 23.54 | Angulo desvío topografico | Ang. | grad. | 2.00 | Diámetro de empotramiento | Dm | cm | 33.164 | Carga de rotura a la flexion | Crc | Mpa | 50 | | | | | | | | |
| Peso aislador Suspension | WCA-2 | N | 17.75 | Altura aplicación de fuerzas | Ha | m | 10.275 | Factor de seguridad | Fs | | 2 | | | | | | | | | | | | |
| Peso hombre c/herramientas | WAD | N | 1000 | Vano Viento | Vv | m | 51.3 | Carga de rotura | Cr | N | 4000 | | | | | | | | | | | | |

| Vano (d) (m) | Tiro extremo superior Tc (N) | MOMENTOS ACTUANTES DEL POSTE C.A.C | | | | | Carga en punta del poste C.A.C (N) | RETENIDA | | | | | Cargas Verticales | | | | CRUCETAS | | | | FS Postes >=2 | FS Crucetas >=4 | |
|-----------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------|------------------|---------------------|-------------------|----------------|----------|-------------------|-----------|---------|--------------|----------|---------|-----------|-------------|------------------|--------------------|------|
| | | MVC (N-m) | MITC (N-m) | MVP (N-m) | MCW (N-m) | MRN (N-m) | | Requer. Retenida | Tiro Horizontal (N) | Tiro Vertical (N) | Tiro Cable (N) | C.S. > 2 | WCA-1 (N) | WCA-2 (N) | WAD (N) | CV total (N) | Ma (N-m) | Ws (m3) | Re (N/m2) | Re (Mpa) | | | |
| 20 | 3844.21 | 1882.72 | 3622.90 | 4716.76 | 2192.75 | 12415.13 | 1133.80 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 3.53 | 4.00 |
| 25 | 3844.22 | 2353.40 | 3622.91 | 4716.76 | 2203.58 | 12896.65 | 1177.78 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 3.40 | 4.00 |
| 30 | 3844.23 | 2824.08 | 3622.92 | 4716.76 | 2214.41 | 13378.17 | 1221.75 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 3.27 | 4.00 |
| 35 | 3844.25 | 3294.76 | 3622.94 | 4716.76 | 2225.24 | 13859.70 | 1265.73 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 3.16 | 4.00 |
| 40 | 3844.27 | 3765.44 | 3622.96 | 4716.76 | 2236.08 | 14341.23 | 1309.70 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 3.05 | 4.00 |
| 45 | 3844.29 | 4236.12 | 3622.98 | 4716.76 | 2246.91 | 14822.76 | 1353.68 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 2.95 | 4.00 |
| 50 | 3844.32 | 4706.80 | 3623.00 | 4716.76 | 2257.74 | 15304.30 | 1397.65 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 2.86 | 4.00 |
| 55 | 3844.35 | 5177.48 | 3623.03 | 4716.76 | 2268.57 | 15785.84 | 1441.63 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 2.77 | 4.00 |
| 60 | 3844.38 | 5648.16 | 3623.06 | 4716.76 | 2279.40 | 16267.38 | 1485.61 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 2.69 | 4.00 |
| 65 | 3844.41 | 6118.84 | 3623.09 | 4716.76 | 2290.23 | 16748.92 | 1529.58 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 2.62 | 4.00 |
| 70 | 3844.45 | 6589.52 | 3623.12 | 4716.76 | 2301.06 | 17230.46 | 1573.56 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 2.54 | 4.00 |
| 75 | 3844.48 | 7060.20 | 3623.16 | 4716.76 | 2311.89 | 17712.01 | 1617.54 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 2.47 | 4.00 |
| 80 | 3844.53 | 7530.88 | 3623.20 | 4716.76 | 2322.73 | 18193.56 | 1661.51 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 2.41 | 4.00 |
| 85 | 3844.57 | 8001.56 | 3623.24 | 4716.76 | 2333.56 | 18675.11 | 1705.49 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 2.35 | 4.00 |
| 90 | 3844.62 | 8472.24 | 3623.28 | 4716.76 | 2344.39 | 19156.67 | 1749.47 | NO | | | | | | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 2.29 | 4.00 |

Fuente: Elaboración Propia



CUADRO N°3.11: CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURA ARMADO FIN DE LINEA PMI

| CALCULO MECANICO DE ESTRUCTURAS EN LINEAS PRIMARIAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|-----------|-------|-------------------------------|----------------------------|-------|---------|-----------------------------------|----|----|--------|---------------------------------------|-----|-----|--------|--|--|--|--|--|--|--|
| Datos Generales | | | | Datos de los Conductores | | | | Datos del Poste | | | | Datos de Cruceta | | | | | | | | | | |
| Especificación: | Armado PMI | | | Conductor | Aleacion de Aluminio CAAPI | | | Longitud del poste | hp | m | 13 | Altura de cruceta N°1 en poste | m | 9.1 | | | | | | | | |
| Tipo de Estructura: | Alineamiento Fin de linea | | | Sección | S | mm² | 35 | Clase y Grupo | | | | Altura de cruceta N°2 en poste | m | 9 | | | | | | | | |
| Velocidad del viento | V | km/h | 90 | Diámetro Exterior | D | m | 0.0105 | Longitud de empotramiento | Le | m | 1.9 | Altura de cruceta N°3 en poste | m | 8.9 | | | | | | | | |
| Presión del viento | Pv | N/m² (Pa) | 332.1 | Peso Unitario | Wc | Kg/m | 0.130 | Altura útil del poste | h | m | 11.1 | Sumatoria altura de cargas | m | 27 | | | | | | | | |
| Angulo de retenida | Ar | grad. | 20 | Peso Unitario | Wc | N/m | 1.275 | Altura libre del poste | hl | m | 11.1 | Brazo de la cruceta | Be | m | 2.1 | | | | | | | |
| Tiro del cable de retenida | Trc | N | 48040 | Tiro Horizontal del conductor | To | N | 3844.19 | Distancia con respecto a la punta | h | m | 0.2 | Lado cruceta perpendicular a la carga | b | cm | 0.1016 | | | | | | | |
| Cargas Verticales | | | | Vano Peso | Vp | m | 63.4 | Diámetro en la punta | Do | cm | 18 | Lado cruceta paralela a la carga | hc | cm | 0.1016 | | | | | | | |
| Peso aislador PIN | WCA-1 | N | 23.54 | Angulo desvío topografico | Ang. | grad. | 2.00 | Diámetro de empotramiento | Dm | cm | 33.164 | Carga de rotura a la flexion | Crc | Mpa | 50 | | | | | | | |
| Peso aislador Suspension | WCA-2 | N | 17.75 | Altura aplicación de fuerzas | Ha | m | 10.275 | Factor de seguridad | Fs | | 2 | | | | | | | | | | | |
| Peso hombre c/herramientas | WAD | N | 1000 | Vano Viento | Vv | m | 51.3 | Carga de rotura | Cr | N | 4000 | | | | | | | | | | | |

| Vano (d) (m) | Tiro extremo superior Tc (N) | MOMENTOS ACTUANTES DEL POSTE C.A.C | | | | | Carga en punta del poste C.A.C (N) | RETENIDA | | | | | Cargas Verticales | | | | CRUCETAS | | | | FS Postes >=2 | FS Crucetas >=4 |
|-----------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------|-------------------|------------------|--------|-------------------|-----------|---------|--------------|----------|-----------|-------------|----------|------------------|--------------------|
| | | MVC (N-m) | MTR (N-m) | MVP (N-m) | MCW (N-m) | MRN (N-m) | | Requer. Retenida | Tiro Horizontal (N) | Tiro Vertical (N) | Tiro Trabajo (N) | FS > 2 | WCA-1 (N) | WCA-2 (N) | WAD (N) | CV total (N) | Ma (N-m) | Ws (m3) | Re (N/m2) | Re (Mpa) | | |
| 20 | 3844.21 | 1882.72 | 103793.63 | 4716.76 | 2192.75 | 108510.38 | 9909.62 | SI | 4018.90 | 11041.85 | 11750.49 | 4.0883 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40365 | 4.00 |
| 25 | 3844.22 | 2353.40 | 103793.95 | 4716.76 | 2203.58 | 108510.71 | 9909.65 | SI | 4018.92 | 11041.88 | 11750.52 | 4.0883 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40365 | 4.00 |
| 30 | 3844.23 | 2824.08 | 103794.34 | 4716.76 | 2214.41 | 108511.10 | 9909.69 | SI | 4018.93 | 11041.92 | 11750.56 | 4.0883 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40365 | 4.00 |
| 35 | 3844.25 | 3294.76 | 103794.80 | 4716.76 | 2225.24 | 108511.56 | 9909.73 | SI | 4018.95 | 11041.97 | 11750.61 | 4.0883 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40364 | 4.00 |
| 40 | 3844.27 | 3765.44 | 103795.34 | 4716.76 | 2236.08 | 108512.10 | 9909.78 | SI | 4018.97 | 11042.02 | 11750.67 | 4.0883 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40364 | 4.00 |
| 45 | 3844.29 | 4236.12 | 103795.94 | 4716.76 | 2246.91 | 108512.70 | 9909.84 | SI | 4018.99 | 11042.08 | 11750.74 | 4.0883 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40364 | 4.00 |
| 50 | 3844.32 | 4706.80 | 103796.62 | 4716.76 | 2257.74 | 108513.38 | 9909.90 | SI | 4019.01 | 11042.15 | 11750.81 | 4.0882 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40364 | 4.00 |
| 55 | 3844.35 | 5177.48 | 103797.37 | 4716.76 | 2268.57 | 108514.13 | 9909.97 | SI | 4019.04 | 11042.23 | 11750.89 | 4.0882 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40363 | 4.00 |
| 60 | 3844.38 | 5648.16 | 103798.19 | 4716.76 | 2279.40 | 108514.95 | 9910.04 | SI | 4019.07 | 11042.31 | 11750.98 | 4.0882 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40363 | 4.00 |
| 65 | 3844.41 | 6118.84 | 103799.08 | 4716.76 | 2290.23 | 108515.84 | 9910.12 | SI | 4019.11 | 11042.40 | 11751.08 | 4.0881 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40363 | 4.00 |
| 70 | 3844.45 | 6589.52 | 103800.05 | 4716.76 | 2301.06 | 108516.80 | 9910.21 | SI | 4019.14 | 11042.50 | 11751.18 | 4.0881 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40362 | 4.00 |
| 75 | 3844.48 | 7060.20 | 103801.08 | 4716.76 | 2311.89 | 108517.84 | 9910.30 | SI | 4019.18 | 11042.60 | 11751.29 | 4.0881 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40362 | 4.00 |
| 80 | 3844.53 | 7530.88 | 103802.19 | 4716.76 | 2322.73 | 108518.95 | 9910.41 | SI | 4019.22 | 11042.72 | 11751.41 | 4.0880 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40362 | 4.00 |
| 85 | 3844.57 | 8001.56 | 103803.36 | 4716.76 | 2333.56 | 108520.12 | 9910.51 | SI | 4019.26 | 11042.84 | 11751.54 | 4.0880 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40361 | 4.00 |
| 90 | 3844.62 | 8472.24 | 103804.61 | 4716.76 | 2344.39 | 108521.37 | 9910.63 | SI | 4019.31 | 11042.96 | 11751.68 | 4.0879 | 23.54 | 17.75 | 1000.00 | 1041.28 | 2186.70 | 0.0001748 | 12510042.69 | 12.51 | 0.40361 | 4.00 |

Fuente: Elaboración Propia



3.7.4. Cálculo Tiro del conductor aéreo en el extremo sin desnivel

Conocer el valor del tiro en el extremo del conductor, es necesario porque permite conocer el máximo valor en kilogramos o Newton a que se verá sometido el soporte y como se sabe, la componente horizontal de este tiro es T_o , los cuales son valores indispensables para realizar el diseño y cálculo de estructuras en redes primarias y/o electrificación rural.

Para conductores a nivel, el tiro en los extremos del conductor es igual, porque se encuentran ubicados en la misma ordenada, por lo que es ideal que las estructuras estén instaladas a la misma altura para aprovechar este efecto.

“En referencia a la norma DGE “Bases para el Diseño de Líneas y redes primarias para Electrificación Rural”, se calcula el tiro en el extremo superior con la siguiente expresión:

$$T_C = \sqrt{T_o^2 + \left(\frac{d}{2} W_R\right)^2} \quad (3.7.15)$$

Donde:

T_C : Tiro del conductor en el extremo superior de la estructura (N)

T_o : Tiro horizontal (N), ver cuadro N°3.8

d : Longitud del vano (m)

W_R : Peso del conductor (N/m), de catálogo CEPER.

Cabe mencionar que el tiro horizontal (T_o) está definida por el esfuerzo máximo admisible en conductores (kg/mm^2), dicho esfuerzo en ningún caso deberá ser mayor al 40% del esfuerzo mínimo de rotura del conductor. Los esfuerzos máximos admisibles para el cobre y aleación de aluminio son dados en el cuadro N°3.12 según el CNE Distribución 2011.”⁴⁵

⁴⁵ Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural”, 2003

**CUADRO N°3.12: ESFUERZOS MÁXIMOS ADMISIBLES EN
CONDUCTORES**

| Material Conductor | Esfuerzo máximo admisible en conductores cableados Kg/mm ² |
|----------------------|---|
| Cobre duro | 16.8 |
| Cobre semiduro | 14.0 |
| Aleación de Aluminio | 11.2 |

Fuente: CNE Distribución 2011

Del cuadro anterior, el esfuerzo máximo admisible en conductores debe ser multiplicado por la sección del conductor para obtener el tiro horizontal en el conductor.

El cálculo del tiro del conductor aéreo en el extremo del vano sin desnivel se detalla en el cuadro N°3.10 y N°3.11 ya mencionado.

3.7.5. Cálculo flecha del conductor aéreo

Denominamos flecha a la máxima distancia vertical entre el segmento que une los extremos del conductor y este. En el caso de los conductores a nivel, la flecha se ubica a medio vano y sobre el eje de ordenadas. La flecha es la diferencia de ordenadas entre los puntos de suspensión y la ordenada del vértice del conductor.

“La expresión matemática usada para el cálculo de la flecha del conductor aéreo está dada por la norma DGE “Bases para el Diseño de Líneas y redes primarias para Electrificación Rural”, y es la siguiente:

$$f = \frac{W_R d^2}{8 T_0} \quad (3.7.16)$$

Donde:

f: Flecha del conductor (m)

W_R: Carga unitaria resultante en el conductor (Kg/m)

d: Longitud del vano (m)

T₀: Tiro Horizontal (kg)

La carga unitaria resultante en el conductor (WR) es igual al peso unitario del conductor (Wc) en kg/m, si no se tiene la existencia de hielo en la zona del presente proyecto. También, sabemos que el tiro horizontal es seleccionado de acuerdo al cuadro N°3.12 de acuerdo al CNE Distribución 2011.”⁴⁶

El cálculo de la flecha del conductor aéreo se realiza mediante las expresiones 3.7.16 y se detalla en el cuadro N°3.13

CUADRO N°3.13: CÁLCULO DE FLECHA DEL CONDUCTOR AÉREO

| CÁLCULO DE FLECHA PARA CONDUCTOR DE ALUMINIO CAAPI | | | | |
|--|-------------------------|---------------------------------------|------------|-------------|
| Datos del conductor de aluminio CAAPI de 35mm ² | | | | |
| Descripción | | Unidad | Valor | |
| Sección del conductor (S) | | mm ² | 35 | |
| Peso Unitario del conductor (Wc) | | Kg/m | 0.13 | |
| Esfuerzo admisible máximo (€) | | kg/mm ² | 11.2 | |
| Tiro horizontal del conductor (To) | | Kg | 392 | |
| Longitud del vano (m) | Peso Unitario Wc (kg/m) | Tiro horizontal del conductor To (kg) | Flecha (m) | Flecha (cm) |
| 15 | 0.13 | 392 | 0.01 | 0.93 |
| 20 | 0.13 | 392 | 0.02 | 1.66 |
| 25 | 0.13 | 392 | 0.03 | 2.59 |
| 30 | 0.13 | 392 | 0.04 | 3.73 |
| 35 | 0.13 | 392 | 0.05 | 5.08 |
| 40 | 0.13 | 392 | 0.07 | 6.63 |
| 45 | 0.13 | 392 | 0.08 | 8.39 |
| 50 | 0.13 | 392 | 0.10 | 10.36 |
| 55 | 0.13 | 392 | 0.13 | 12.54 |
| 60 | 0.13 | 392 | 0.15 | 14.92 |
| 65 | 0.13 | 392 | 0.18 | 17.51 |
| 70 | 0.13 | 392 | 0.20 | 20.31 |
| 75 | 0.13 | 392 | 0.23 | 23.32 |
| 80 | 0.13 | 392 | 0.27 | 26.53 |
| 85 | 0.13 | 392 | 0.30 | 29.95 |
| 90 | 0.13 | 392 | 0.34 | 33.58 |

Fuente: Elaboración Propia

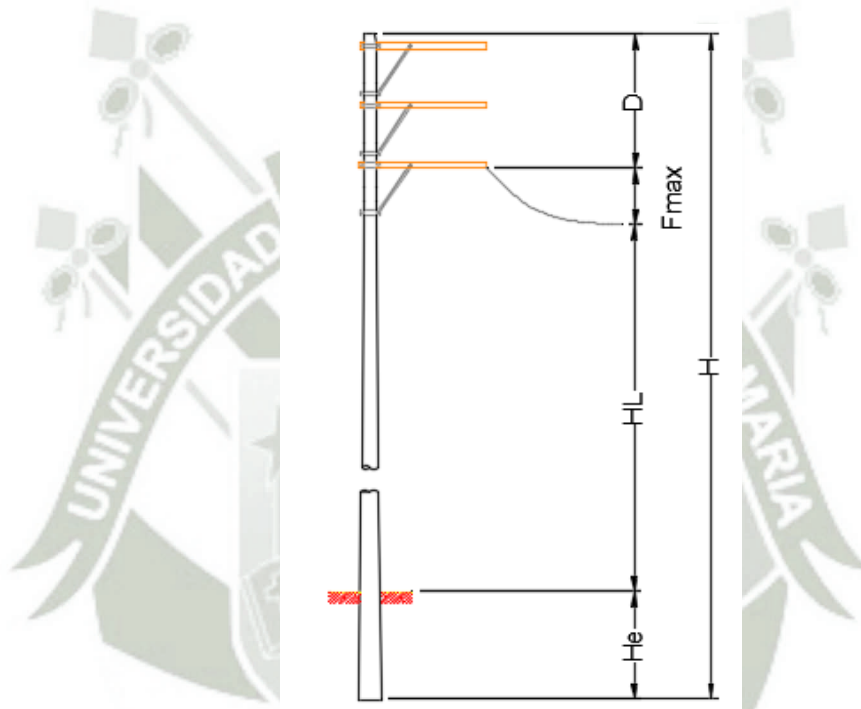
Del cuadro anterior, para el presente proyecto se obtiene una flecha máxima de 26.53 cm para el vano de 80 metros, dicho vano es el tramo más largo de la acometida aérea.

⁴⁶ Norma DGE “Bases para el diseño de líneas y redes primarias para electrificación rural”, 2003

3.7.6. Cálculo Altura del poste C.A.C

Para seleccionar la altura de las estructuras tipo, supondremos la configuración final de la implantación del sistema trifásico. Para saber la altura del poste que ha de seccionarse, considerar también si la estructura esta afecta al usa de crucetas de madera, por lo tanto, utilizaremos la figura N°3.2 y las siguientes formulas:

FIGURA 3.2: NOMENCLATURA DE ALTURA DEL POSTE C.A.C



Fuente: Elaboración Propia

La altura determina la siguiente expresión:

$$H = D + f_{MAX} + H_L + H_e \quad (3.7.17)$$

Donde:

H : Altura total del poste (m)

D : Distancia del conductor más bajo hasta la punta del poste (m)

f_{MAX} : Flecha máxima del conductor aéreo (m)

H_L : Altura libre del poste expuesta al viento (m)

H_e : Altura de empotramiento (m)

“Según la norma CNE Distribución 2011, la altura de empotramiento (He) para cimentación sin macizo de concreto se calcula mediante la siguiente expresión:

$$H_e = \frac{H}{10} + 0.6 \quad (3.7.18)^{47}$$

El cálculo de la altura del poste C.A.C se realiza mediante las expresiones 3.7.17 y 3.7.18, y se detalla en el cuadro N°3.14.

CUADRO N°3.14: CÁLCULO ALTURA DEL POSTE C.A.C

| SELECCIÓN ALTURA DE POSTE | | | | | | |
|---|---------|----------|----------|--------|-------|------------------------|
| Datos de distancias y/o alturas | | | | | | |
| Descripcion | | | Valor | Unidad | | |
| Altura del poste a instalar | | | 13 | Metros | | |
| Distancia entre cruceta superior y punta del poste (Dcp) | | | 0.2 | Metros | | |
| Distancia entre crucetas (Dcc) | | | 1 | Metros | | |
| Distancia punta del poste al conductor mas bajo (Hcp) | | | 2.2 | Metros | | |
| Flecha maxima del conductor (Fmax) | | | Indicada | | | |
| Altura libre del poste (HL) | | | 6.1 | Metros | | |
| Altura de empotramiento sin macizo de concreto (He) | | | 1.9 | Metros | | |
| Disposicion de conductores: Trifasico Vertical con crucetas en disposicion tipo bandera | | | | | | |
| Calculo de altura | | | | | | |
| Longitud del vano (m) | Hcp (m) | Fmax (m) | HL (m) | He (m) | H (m) | Altura normalizada (m) |
| 15 | 2.2 | 0.01 | 6.1 | 1.9 | 10.21 | 13 |
| 20 | 2.2 | 0.02 | 6.1 | 1.9 | 10.22 | 13 |
| 25 | 2.2 | 0.03 | 6.1 | 1.9 | 10.23 | 13 |
| 30 | 2.2 | 0.04 | 6.1 | 1.9 | 10.24 | 13 |
| 35 | 2.2 | 0.05 | 6.1 | 1.9 | 10.25 | 13 |
| 40 | 2.2 | 0.07 | 6.1 | 1.9 | 10.27 | 13 |
| 45 | 2.2 | 0.08 | 6.1 | 1.9 | 10.28 | 13 |
| 50 | 2.2 | 0.10 | 6.1 | 1.9 | 10.30 | 13 |
| 55 | 2.2 | 0.13 | 6.1 | 1.9 | 10.33 | 13 |
| 60 | 2.2 | 0.15 | 6.1 | 1.9 | 10.35 | 13 |
| 65 | 2.2 | 0.18 | 6.1 | 1.9 | 10.38 | 13 |
| 70 | 2.2 | 0.20 | 6.1 | 1.9 | 10.40 | 13 |
| 75 | 2.2 | 0.23 | 6.1 | 1.9 | 10.43 | 13 |
| 80 | 2.2 | 0.27 | 6.1 | 1.9 | 10.47 | 13 |
| 85 | 2.2 | 0.30 | 6.1 | 1.9 | 10.50 | 13 |

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro anterior, observamos que la altura requerida mínima para cumplir con las distancias de seguridad según las normas CNE y DGE es de 10.21 metros, la cual se encuentra dentro de la altura normalizada seleccionada mediante el poste de 13/400 (altura de 13 metros).

⁴⁷ Norma CNE/DGE “Sistema de Distribución”, 2011

3.8. SELECCIÓN DE AISLADORES Y SECCIONADOR CUT OUT

La selección de aisladores poliméricos tipo PIN, aisladores poliméricos tipo suspensión y de los seccionadores poliméricos de expulsión CUT OUT, se basan en el nivel de aislamiento calculado en el presente capítulo (apéndice 3.6) bajo las condiciones del proyecto en mención; dichas características de aislamiento calculadas y según fabricante se detallan en el cuadro N°3.15:

CUADRO N° 3.15: NIVEL DE AISLAMIENTO DEL EQUIPO ELECTRICO

| It | Criterio | Valor Calc. | Aislador PIN Polimérico 27KV | Aislador Suspensión Polimérico 27KV | Seccionador CUT OUT 27KV |
|----|---|-------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 1 | Línea de Fuga (mm) | 625 | 760 | 703 | 650 |
| 2 | Tensión no disruptiva al impulso (KV) | 125 | 208 | 202 | 150 |
| 3 | Tensión a la frecuencia de servicio industrial (KV) | 50 | 124 | 114 | 70 |

Fuente: Elaboración Propia.

Cabe mencionar que el equipo eléctrico debe tener un nivel básico de aislamiento (BIL) de 150 KVpico, el cual determina los KV que puedes aplicarle al equipo eléctrico en sus pruebas.

Según los valores mencionados en el cuadro N° 3.12, se determina que el nivel de aislamiento calculados para el equipo eléctrico, cumple con los del fabricante, por lo tanto, se seleccionan los aisladores y seccionador detallados en dicho cuadro.

3.9. SELECCIÓN DE FUSIBLES TIPO K PARA SECCIONADOR CUT OUT

“La protección contra sobrecorriente en el poste de medición PMI, donde se ubica el transformador de corriente, se realiza mediante fusibles tipo K montados en el seccionador polimérico tipo CUT OUT y su dimensionamiento es de acuerdo a lo establecido en el CNE (Código Nacional Eléctrico), lo cual determina:

$$I_{Fusible} = 1.5 \times I_{Nominal} \quad (3.9.1)$$

Cuando el 150% de la corriente primaria del transformador no corresponda a la capacidad nominal de un fusible, se permitirá usar el valor nominal próximo más alto proporcionado por el fabricante.⁴⁸

Considerando la tensión nominal de la línea de 22.9 KV con una potencia del sistema de 1000 KVA, como se vio en el presente capítulo (apéndice 3.6.1) la corriente nominal del sistema en media tensión es:

$$I_{d.MT} = 25.21 A$$

Por lo tanto, se calcula la corriente del fusible tipo K del seccionador CUT OUT según la expresión 3.9.1:

$$I_{Fusible} = 37.82 A$$

Finalmente, para los seccionadores tipo CUT OUT, seleccionamos los fusibles tipo K de 40 A (capacidad próxima mayor que es comercial en el mercado).

3.10. SELECCIÓN DE LA CELDA DE SECCIONAMIENTO EN MEDIA TENSIÓN

La celda de seccionamiento en media tensión MV-GIS, el cual, deberá poder abrir y cerrar circuitos con corrientes residuales, conducir permanentemente las corrientes nominales y durante el tiempo especificado las corrientes anormales, como ser las de cortocircuito; se dimensionará considerando parámetros los cuales un seccionador e interruptor de potencia automático debe soportar y son los siguientes:

a. Tensión Nominal del sistema

La tensión nominal (V_n) es la tensión de servicio dada en el sistema de potencia del presente proyecto:

$$V_n = 22.9KV$$

⁴⁸ Norma CNE/DGE "Sistema de Distribución", 2011

b. Nivel de aislamiento.

El nivel de aislamiento en base a las sobretensiones atmosféricas (V_i) y sobretensiones a frecuencia industrial en seco (V_{fi}) que se aplica para equipos eléctricos en la zona del proyecto, según el apéndice 3.5 del presente capítulo, se tiene:

- Tensión de sostenimiento a la onda 1.2/50 entre fases y fase a tierra:

$$V_i = 125KVp$$

- Tensión no disruptiva a la frecuencia de servicio:

$$V_{fi} = 50KV$$

c. Capacidad de ruptura o poder de corte

Definida por la Corriente de corto circuito simétrica (trifásica) calcula en el apéndice 3.6.3 del presente capítulo.

$$I_{CC} = 6.30KA$$

d. Capacidad de conexión o poder de conexión

Definida por la Corriente máxima asimétrica de corto circuito trifásica o corriente de choque. Es el caso de corriente de cortocircuito más elevada y desfavorable en la red de un sistema de potencia, el cual está en función de la relación entre la resistencia y la reactancia de la impedancia de cortocircuito, se calcula con la siguiente expresión según los estudios eléctricos:

$$I_{CH} = T \sqrt{2} I_{CC} \quad (3.10.1)$$

$$T = \frac{R}{X} \quad (3.10.2)$$

Dónde:

I_{CH} : Corriente cortocircuito asimétrica o corriente de choque (KA)

T : Constante que depende de la relación entre la resistencia (R) y la reactancia (X).

I_{CC} : Corriente cortocircuito simétrica (KA)

Aplicando las expresiones 3.10.1 y 3.10.2 se calcula la capacidad o poder de conexión (Corriente de Choque) y es la siguiente:

$$T = 2.89$$

$$I_{CH} = 25,74 \text{ KA}$$

e. Corriente Térmica

La corriente de cortocircuito somete a los aparatos a esfuerzos térmicos, es un proceso de corta duración, o sea, que toda la energía calorífica producida durante la falla se utiliza para elevar la temperatura del equipo o del conductor considerado. La corriente térmica representa el valor efectivo de la corriente que el aparato de servicio soporta durante un segundo.

La magnitud térmica viene determinada por el denominado valor medio térmicamente activo de la corriente de cortocircuito, y se define como el valor de la corriente que en un segundo produce la misma cantidad de calor que la corriente de cortocircuito en el tiempo total de permanencia de la falla.

Teniendo en cuenta todas las componentes de la corriente de cortocircuito, tanto alterna como continua, para el cálculo de la corriente térmica media se utiliza la siguiente expresión:

$$I_T = I_{CC} \sqrt{m + n} \frac{1}{t} \quad (3.10.3)$$

Dónde:

I_T : Corriente cortocircuito asimétrica o corriente de choque (KA)

I_{CC} : Corriente cortocircuito simétrica (KA)

m : Influencia de la componente continua de corriente = 0.1

n : Influencia de la componente alterna de corriente = 1

t : Tiempo de referencia (Seg) = 1

Aplicando la expresión 3.10.3, se obtiene la corriente térmica y es la siguiente:

$$I_T = 6.61 \text{ KA}$$

Dados los parámetros mencionados, elegimos el dispositivo de seccionamiento que se aproxime a nuestros datos, la cual es la Celda de Seccionamiento SM6 tipo DM1-A de 24KV, compuesta por unidades modulares bajo envoltentes metálicas del tipo compartimentadas equipadas con aparatos de corte (interruptor) y seccionamiento que utilizan el hexafloruro de azufre (SF6) como elemento aislante y agente de corte, la celda del tipo DM1-A incluye protección mediante interruptor de potencia y aislamiento de circuitos mediante seccionador de potencia.

Las características eléctricas a cumplir se muestran en el siguiente cuadro comparativo de valores calculadas vs valores de catálogo (Cuadro N° 3.16):

CUADRO N° 3.16: VALORES PARA SELECCIÓN DE CELDA DE SECCIONAMIENTO SM6 DM1-A 24KV

| It. | Parámetro Eléctrico | Valor Calculado | Valor Catalogo |
|----------------------|---|-----------------|----------------|
| 1 | Tensión Nominal (KV) | 22.9 | 24 |
| 2 | Poder de Corte (KA) | 6.30 | 20 |
| 3 | Poder de Conexión (KA) | 25.74 | 50 (=2.5Pdc) |
| Nivel de Aislamiento | | | |
| 4 | Tensión no disruptiva al Impulso (KV) | 125 | 125 |
| 5 | Tensión a la frecuencia Industrial (KV) | 50 | 50 |

Fuente: Elaboración Propia

Del cuadro anterior notamos que los valores según catalogo cumplen con los valores calculados, es decir, el sistema de seccionamiento seleccionado es el correcto.

Considerar la implementación de la celda GAM-2 como celda de remonte para entrada de cable subterráneo, la cual ira conectada a la celda SM6 DM1-A mediante barras de cobre según diseño del fabricante. Las especificaciones técnicas a detalle

de las Celdas de Seccionamiento SM6 tipo DM1-A 24KV y celda GAM-2 están dadas en el Anexo IV.

3.11. CÁLCULO DE VENTILACIÓN NATURAL PARA SUBESTACIÓN

El transformador de potencia de 1000KVA que se instalara en la subestación necesitara aberturas de aireación suficientes en el contorno de la subestación, para disipar el calor mediante ventilación natural.

El transformador será de construcción normal, se admite un aumento de temperatura de aire $t_s - t_i = 15^\circ\text{C}$. lo que corresponde a un flujo de aire de 5.0m³/min por KW de calor perdido.

Los parámetros actuales del transformador entre las pérdidas en el hierro más las pérdidas en la bobina alcanzan un valor promedio del 3%.por lo tanto tendremos lo siguiente:

a) Cálculo de Perdidas en Subestación

| | MAGNÉTICAS (P0) | JOULE (Pk) |
|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| KVA | PÉRDIDAS EN VACÍO (W) | PÉRDIDAS CON CARGA A 75°C (W) |
| 1000 | 1700 | 10500 |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 |
| CANT. PARCIALES (W) | 1700 | 10500 |
| Total en pérdidas (W) | 12200 | |

| | |
|-------------------------------|-------------|
| Total en pérdidas (KW) | 12.2 |
|-------------------------------|-------------|

b) Cálculo de Resistencia del Aire

La Resistencia que ofrece el Camino del Aire es:

cada una de 0.512m x 0.902m equivalente a 0.46m², como son cuatro ventanas el área total de salida es de 1.85m². En conclusión, las áreas de salida y entrada de la subestación cumplen con las áreas calculadas.

3.12. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES Y EQUIPOS

3.12.1. Especificación Técnica Poste de Concreto Armado Centrifugado

a. Normas Aplicables

“Los postes C.A.C materia de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente a la fecha de la convocatoria de la licitación:

INDECOPI NTP 339.027 POSTES DE HORMIGON (CONCRETO) ARMADO PARA LÍNEAS AÉREAS.”⁴⁹

b. Características Técnicas

“Los postes de concreto armado serán centrifugados y tendrán forma troncocónica; el acabado exterior deberá ser homogéneo, libre de fisuras, cangrejeras y escoriaciones; tendrán las características y dimensiones que se consignan en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados.

La relación de la carga de rotura (a 0,15 m debajo de la cima) y la carga de trabajo será igual o mayor a 2.

A 3 m de la base del poste, en bajorrelieve, deberá implementarse una marca que permita inspeccionar la profundidad de empotramiento luego de instalado el poste.

Los postes deberán llevar impresa con caracteres legibles e indelebles y en lugar visible, cuando estén instalados, la información siguiente:

- a. Marca o nombre del fabricante
- b. Designación del poste: l/c/d/D; donde:

⁴⁹ Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

l = longitud en m

c =carga de trabajo en daN con coeficiente de seguridad 2

d = diámetro de la cima en mm

D = diámetro de la base, en mm

c. Fecha de fabricación

Los agujeros que deben tener los postes, así como sus dimensiones y espaciamentos entre ellos se muestran en las láminas del proyecto.

En el cuadro N°3.17 se puede observar los datos técnicos garantizados de los postes de concreto armado centrifugado.”⁵⁰

**CUADRO N° 3.17: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS DE
POSTES DE CONCRETO**

| Nº | CARACTERÍSTICAS | UNID | VALOR REQUERIDO |
|----|-------------------------------------|------|----------------------|
| 1 | Tipo | | Centrifugado |
| 2 | Normas de Fabricación | | INDECOPI NTP 339-027 |
| 3 | Longitud del Poste | m | 13 |
| 4 | Diámetro en la Cima | mm | 180 |
| 5 | Diámetro en la Base | mm | 380 |
| 6 | Carga de Trabajo a 0.15m de la Cima | daN | 400 |
| 7 | Coeficiente de Seguridad | | 2 |

Fuente: Norma DGE Especificaciones Técnicas de Suministro de Materiales y Equipos, 2003

3.12.2. Especificación Técnica Crucetas de Madera Tratada de Procedencia Nacional

a. Normas Aplicables

“Las crucetas de madera de procedencia nacional, materia de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según versión vigente a la fecha de la convocatoria de la licitación:

- ITINTEC 251.001 GLOSARIO DE MADERAS.

⁵⁰ Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

- ITINTEC 251.005 CRUCETAS DE MADERA.
- ITINTEC 251 026 PENETRACION Y RETENCION.
- ITINTEC - 251.034 PRESERVACION A PRESION.

b. Requerimientos Técnicos del Material

Se define a las crucetas como toda pieza de madera aserrada y cepillada de forma de paralelepípedo, de escuadría, longitud y perforaciones especificadas, destinada a sostener líneas aéreas. En el cuadro N°3.18 se puede observar las características técnicas garantizadas de las crucetas de madera tratada de procedencia nacional.”⁵¹

**CUADRO N° 3.18: CARACTERISTICAS TÉCNICAS
GARANTIZADAS CRUCETA DE MADERA TRATADA DE
PROCEDENCIA NACIONAL**

| Nº | CARACTERISTICAS | UNIDAD | VALOR REQUERIDO |
|----|-----------------------------------|--------|-----------------|
| 1 | Nombre Comercial | | TORNILLO |
| 2 | Normas Botánico | | Cedrelinga |
| 3 | Módulo de Rotura | Mpa | 50 |
| 4 | Módulo de Elasticidad | Mpa | 9900 |
| 5 | Compresión Paralela | Mpa | 27.74 |
| 6 | Compresión Perpendicular al Grano | Mpa | 5.58 |
| 7 | Cizallamiento | Mpa | 7.94 |
| 8 | Método de tratamiento | | Vacío - Presión |
| 9 | Sustancia Preservante | | CCA-C |
| 10 | Retención Mínima del Preservante | Kg/m3 | 4 |
| 11 | Normal de Fabricación | | ITINTEC - AWWA |

Fuente: Norma DGE Especificaciones Técnicas de Suministro de Materiales y Equipos, 2003

3.12.3. Especificación Técnica de Aislador de Tipo PIN Polimérico de 36KV

a. Normas Aplicables

“Los aisladores materia de esta especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente a la fecha de convocatoria de la licitación:

⁵¹ Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

- ANSI C29.11 AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR COMPOSITE SUSPENSIÓN INSULATORS FOR OVERHEAD TRANSMISSION LINES TESTS.
- IEC 1109 COMPOSITE INSULATORS FOR A. C. OVERHEAD LINES WITH A NOMINAL VOLTAGE GREATER THAN 1000 V – DEFINITIONS, TEST METHODS AND ACCEPTANCE CRITERIA.
- IEC 815 GUIDE FOR SELECTION OF INSULATORS IN RESPECT OF POLLUTED CONDITIONS.”⁵²

b. Características Técnicas

“b.1. Núcleo

El núcleo será de fibra de vidrio reforzado con resina epóxica de alta dureza resistente a los ácidos y, por tanto, a la rotura frágil; tendrá forma cilíndrica y estará destinado a soportar las cargas mecánicas de flexión, compresión y tracción aplicadas al aislador. El núcleo deberá estar libre de burbujas de aire, sustancias extrañas o defectos de fabricación.

b.2. Recubrimiento del núcleo

El núcleo de fibra de vidrio tendrá un revestimiento hidrófugo de Goma de Silicón de una sola pieza aplicado por extrusión o moldeo por inyección. Este recubrimiento no tendrá juntas ni costuras, será uniforme, libre de imperfecciones y estará firmemente unido al núcleo; tendrá un espesor mínimo de 3 mm en todos sus puntos. La resistencia de la interfase entre el recubrimiento de Goma de Silicón y el cilindro de fibra de vidrio será mayor que la resistencia al desgarramiento (tearing strength) de la Goma de Silicón.

b.3. Aletas Aislantes

Las aletas aislantes serán, también hidrófugas de Goma de Silicón y estarán firmemente unidas a la cubierta del núcleo de fibra de vidrio por moldeo como parte de la cubierta. Presentarán diámetros uniformes o diferentes y tendrán un perfil diseñado de acuerdo con las recomendaciones de la Norma IEC 815.

⁵² Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

La longitud de la línea de fuga requerida deberá lograrse mediante la provisión del necesario número de aletas; el recubrimiento y las aletas serán de color gris.

b.4. Herrajes Extremos

La base-soporte del aislador será de acero forjado galvanizado de las dimensiones apropiadas para soportar las cargas mecánicas especificadas en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados, tendrá un agujero roscado de 20,64 mm de diámetro para conectarse a espárrago de 19 mm de diámetro. El extremo terminal para conectarse al conductor será de aleación de aluminio. Los herrajes de los extremos estarán destinados a transmitir la carga mecánica al núcleo de fibra de vidrio; la conexión entre los herrajes y el núcleo de fibra de vidrio se efectuará por medio de compresión radial, de tal manera que asegure una distribución uniforme de la carga alrededor de la circunferencia de este último.

En el cuadro N°3.19 se puede observar las características técnicas garantizadas de los aisladores tipo PIN poliméricos 36KV.”⁵³

⁵³ Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

**CUADRO N° 3.19: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS
AISLADOR TIPO PIN POLIMERICICO 27KV**

| Nº | CARACTERISTICAS | UNID | VALOR REQUERIDO |
|----|--|------|---------------------------|
| 1 | Normas Aplicables | | IEC-1109, ANSI-29.11 |
| 2 | Tensión de Diseño | Kv | 27 |
| 3 | Material del Núcleo | | Fibra de Vidrio Reforzada |
| 4 | Material recubrimiento del Núcleo | | Goma de Silicón |
| 5 | Material de las Campanas | | Goma de Silicón |
| 6 | Material del Soporte Base | | Acero Forjado |
| 7 | Material del Terminal Extremo | | Aleación de Aluminio |
| 8 | Normal de Galvanización | | ASTM 153 |
| | DIMENSIONES Y MASA | | |
| 9 | Longitud de Línea de Fuga | mm | 703 |
| 10 | Distancia de arco en seco | mm | 270 |
| | Numero de campanas | | 7 |
| | VALORES DE RESISTENCIA MECANICA | | |
| 11 | Carga Mecánica de Flexión | KN | 10 |
| 12 | Carga Mecánica de Compresión | KN | 8 |
| 13 | Carga Mecánica de Tracción | KN | --- |
| | TENSIONES ELECTRICAS DE PRUEBA | | |
| 14 | Tensión crítica de flameo al Impulso | | |
| | Positiva | Kv | 192 |
| | Negativa | Kv | 208 |
| 15 | Tensión de flameo a baja frecuencia | | |
| | En seco | Kv | 124 |
| | Bajo Lluvia | Kv | 92 |

Fuente: Catalogo especificaciones técnicas AB-KRAFT

3.12.4. Especificación Técnica de Aislador Tipo Suspensión Polimérico de 36KV

a. Normas Aplicables

“Los aisladores materia de esta especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente:

- ANSI C29.11 AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR COMPOSITE SUSPENSION INSULATORS FOR OVERHEAD TRANSMISSION LINES TESTS.
- IEC 815 GUIDES FOR SELECTION OF INSULATORS IN RESPECT OF POLLUTED CONDITIONS.

- ASTM A153 SPECIFICATION FOR ZINC COATING (HOT DIP) ON IRON AND STEEL HARDWARE.”⁵⁴

b. Características Técnicas

En el cuadro N°3.20 se puede observar las características técnicas garantizadas del aislador tipo Suspensión Polimérico.

CUADRO N° 3.20: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS AISLADOR TIPO SUSPENSIÓN POLIMÉRICO

| Nº | CARACTERÍSTICAS | UNID | VALOR REQUERIDO |
|----|--|------|---------------------------|
| 1 | Normas Aplicables | | IEC-1109, ANSI-29.11 |
| 2 | Tensión de Diseño | Kv | 27 |
| 3 | Material del Núcleo | | Fibra de Vidrio Reforzada |
| 4 | Material recubrimiento del Núcleo | | Goma de Silicón |
| 5 | Material de las Campanas | | Goma de Silicón |
| 6 | Material del Soporte Base | | Acero Forjado |
| 7 | Material del Terminal Extremo | | Aleación de Aluminio |
| 8 | Normal de Galvanización | | ASTM 153 |
| | DIMENSIONES Y MASA | | |
| 9 | Longitud de Línea de Fuga | mm | 703 |
| 10 | Distancia de arco en seco | mm | 240 |
| | Numero de campanas | | 7 |
| | VALORES DE RESISTENCIA MECANICA | | |
| 11 | Carga Mecánica de Flexión | KN | 70 |
| 12 | Carga Mecánica de Compresión | KN | --- |
| 13 | Esfuerzo de torsión | N-m | 60 |
| | TENSIONES ELECTRICAS DE PRUEBA | | |
| 14 | Tensión critica de flameo al Impulso | | |
| | Positiva | Kv | 187 |
| | Negativa | Kv | 202 |
| 15 | Tensión de flameo a baja frecuencia | | |
| | En seco | Kv | 114 |
| | Bajo Lluvia | Kv | 87 |

Fuente: Catalogo especificaciones técnicas AB-KRAFT.

⁵⁴ Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

3.12.5. Especificación Técnica Red Subterránea en Media Tensión 22.9KV

a. Cable Subterráneo Tipo N2XSJ 18/36KV

“a.1. Normas Aplicables

El cable subterráneo de Media Tensión materia de esta especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente:

- IEC 60502: EXTRUDED SOLID DIELECTRIC INSULATED POWER CABLES FOR RATED VOLTAGE FROM 1 TO 30 KV.
- IEC 60228: CONDUCTORS OF INSULATED CABLES
- IEC 60540 TEST METHOD OF INSULATION AND SHEATHS OF ELECTRIC CABLES AND CORDS
- IEC 60230 IMPULSE TEST ON CABLES AND THEIR ACCESORIES
- NTP 370.255 CABLES DE ENERGÍA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA

a.2. Características Principales

Conductor: El conductor será de cobre electrolítico, recocido, cableado concéntrico y compactado con una conductividad del 100% IACS; tendrá las características que se indican en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados.

Aislamiento: El aislamiento será de polietileno reticulado (XLPE); tendrá el espesor y las características eléctricas que se indican en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados.

Cubierta semiconductor: Será una capa de compuesto semiconductor aplicado por extrusión sobre el conductor y sobre el aislamiento.

Pantalla metálica: Estará compuesta de cinta de cobre recocido o de alambres del mismo material, o una combinación de ambas.

Cubierta exterior: Será de cloruro de polivinilo (PVC) de color rojo

a.3. Características Técnicas

En el cuadro N°3.21 se puede observar las características técnicas garantizadas del cable subterráneo N2XSY:”⁵⁵

**CUADRO N° 3.21: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS DE
CABLE N2XSY 18/30KV**

| Nº | CARACTERISTICAS | UNID | VALOR REQUERIDO |
|------------|-----------------------------------|-----------------|------------------------|
| 1.0 | CARACTERISTICAS GENERALES | | |
| 1.1 | Normas Aplicables | | NTP 370.255, IEC 60502 |
| 1.2 | Material del conductor | | Cobre recocido |
| 1.3 | Material de aislamiento | | XLPE |
| 1.4 | Altitud de instalación | m.s.n.m | 1000 |
| 1.5 | Máxima Tensión del Servicio (Um) | Kv | 36 |
| 1.6 | Tensión nominal Eo/E | KV | 18/30 |
| 2.0 | PARAMETROS FISICOS | | |
| 2.1 | Sección Nominal | mm ² | 50 |
| 2.2 | Numero de Hilos | | 19 |
| 2.3 | Diámetro del conductor | mm | 8.15 |
| 2.4 | Diámetro exterior del conductor | mm | 33.5 |
| 2.5 | Peso | Kg/km | 1367 |
| 3.0 | CARACTERISTICAS ELECTRICAS | | |
| 3.1 | Resistencia DC a 20°C | Ohm/km | 0.387 |
| 3.2 | Amperaje enterrado a 20°C | Amp | 280 |

Fuente: Especificaciones Técnicas catalogo INDECO.

b. Terminación Termocontraible para Cable Seco 35KV

“b.1. Normas Aplicables

La terminación Termo contraible para cable seco tipo HVT materia de esta especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente:

- IEEE 48-1990 STANDART TEST PROCEDURES AND REQUIREMENTS FOR HIGH-VOLTAGE ALTERNATING CURRENT TERMINATION

⁵⁵ Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

b.2. Descripción del material

El terminal a utilizarse en instalaciones exteriores para cables con aislamiento seco y pantalla de cobre deben reducir los esfuerzos eléctricos y protegerlos del efecto corona. Está compuesto por los siguientes materiales que definen su rendimiento, durabilidad y confiabilidad bajo todo tipo de ambientes:

- **Tubo de control de campo SCTM** de permitividad y resistividad volumétrica precisamente definidas para reducir el esfuerzo eléctrico en la terminación, junto con el mastic de alivio de esfuerzo SRM permiten tratar el corte de la semiconductor del cable sin necesidad de encintado, garantizando una larga vida útil.
- **Tubo exterior Non-tracking HVOT**, la formulación Non-tracking del tubo aislante exterior soporta esfuerzo eléctrico superficial sostenido, con altos niveles de contaminación, sin pérdidas de rendimiento ni erosión. Su característica auto limpiante evita la formación de camino carbonoso y la superficie hidrofóbica del tubo HVOT evita el camino húmedo continuo a tierra. Las terminaciones exteriores incorporan campanas para aumentar la distancia de fuga, y por diseño estándar son aplicables incluso en ambientes de contaminación muy pesada.
- **Mastic de sello ambiental S-1085**, El sellante activado por calor que se instala en los extremos de la terminación, proporciona un sello positivo y estanco, su capacidad de soportar 30 Lb/pulg² de presión interna califica la terminación HVT como clase 1 según IEEE-48, asegurando que no filtrara humedad ni contaminación ambiental al cable.

b.3. Características Técnicas

En el cuadro N°3.22 se puede observar las características técnicas garantizadas de terminaciones interiores y/o exteriores para cable seco:⁵⁶

**CUADRO N° 3.22: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS
TERMINACIÓN CONTRAIBLE PARA CABLE SECO 35KV**

| Nº | CARACTERISTICAS | UNID | VALOR REQUERIDO |
|------------|----------------------------------|------|----------------------|
| 1.0 | CARACTERISTICAS GENERALES | | |
| 1.1 | Normas Aplicables | | IEEE-48 1990 |
| 1.2 | Máxima Tensión del Servicio Um | Kv | 35 |
| 1.3 | Tipo | | Termo contraíble HVT |
| 2.1 | Sello contra humedad | | Clase 1 |
| 2.2 | Largo Total nominal | mm | 915 |
| 2.3 | Distancia de fuga mínima | mm | 1150 |

Fuente: Especificaciones Técnicas catalogo RAYCHEM.

c. Zanja para Acometida Subterránea

Las tuberías de PVC SAP que albergan la acometida de Media Tensión se instalaron en zanjas de 0.5 x 1.0 m de profundidad, sobre una cama de tierra cernida de 0.10 m y finalmente se cubrirá con la tierra de origen natural, previa instalación de cinta de señalización que indica el pase del cable eléctrico N2XSY, llegando hasta el punto de diseño indicado por la concesionaria.

d. Buzones de Concreto

Los buzones de concreto de media tensión son de 1.0 x 1.0 x 0.7m de profundidad con tapa de concreto armado de 0.10 m de espesor reforzado con perfiles angulares en todo su perímetro, además tiene un drenaje de fluidos de 0.3x0.4m de profundidad. Los buzones se colocarán para la protección, cambio de dirección y facilidad de acometida de media tensión hacia el poste de Media Tensión designado por la concesionaria.

⁵⁶ Catalogo RAYCHEM.

e. Tubo de PVC SAP para Ductos de Acometida Subterránea

La protección mecánica del cable subterráneo N2XSY será con tubería "SAP de 4" de PVC, longitud de 3m cada tubo para uso eléctrico, diámetro exterior del tubo 114.0mm, espesor 4.0mm. Dicha tubería será embonada con pegamento para tuberías de PVC.

f. Tubo de F°G° para bajada hacia Acometida Subterránea

El recorrido del cable subterráneo desde los seccionadores CUT OUT hacia la acometida subterránea estará protegido con tubo galvanizado (fierro recubierta con una capa de zinc) resistente a la corrosión al ser expuesto a la intemperie y con las siguientes dimensiones 4pulg. de diámetro, espesor de 2.0mm y longitud de 6.0 metros. Este tubo irá acoplado mediante cinta Band-iff al poste C.A.C y conectado al Buzón de Media Tensión mediante una curva de PVC-SAP de 4" de diámetro.

3.12.6. Especificación Técnica de Cable Tipo NYN**a. Normas Aplicables**

"El cable tipo NYN materia de esta especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente:

- IEC 60502: EXTRUDED SOLID DIELECTRIC INSULATED POWER CABLES.
- NTP 370.255 CABLES DE ENERGÍA EN REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA."⁵⁷

b. Características Principales

"Uno, dos, tres o cuatro conductores de cobre recocido, sólido, cableado (comprimido, compactado o sectorial) o flexible. Aislamiento de PVC, con o sin conductor de tierra (aislado) y cubierta exterior de PVC. Buenas propiedades eléctricas y mecánicas. La cubierta exterior de PVC les

⁵⁷ Catalogo INDECO

otorga una adecuada resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión. Facilita los empalmes, derivaciones y terminaciones. Retardante a la llama.”⁵⁸

c. Características Técnicas

En el cuadro N°3.23 se puede observar las características técnicas garantizadas del cable tipo NYY:

**CUADRO N° 3.23: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS DE
CABLE NYY 0.6/1KV**

| Nº | CARACTERISTICAS | UNID | VALOR REQUERIDO |
|------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| 1.0 | CARACTERISTICAS GENERALES | | |
| 1.1 | Normas Aplicables | | IEC 60502-1 |
| 1.2 | Material del conductor | | Cobre blando |
| 1.3 | Material de aislamiento | | PVC |
| 1.6 | Tensión nominal Eo/E | KV | 0.6/1 |
| 2.0 | PARAMETROS FISICOS | | |
| 2.1 | Sección Nominal | mm ² | 240 |
| 2.3 | Diámetro del conductor | mm | 26.9 |
| 2.4 | Diámetro exterior del conductor | mm | --- |
| 2.5 | Peso | Kg/km | 2606 |
| 3.0 | CARACTERISTICAS ELECTRICAS | | |
| 3.2 | Amperaje al aire | Amp | 565 |

Fuente: Especificaciones Técnicas catalogo INDECO.

3.12.7. Especificación Técnica de Conductor de Aleación de Aluminio CAAPI

a. Normas Aplicables

“El conductor de aleación de aluminio, materia de la presente especificación, cumplirá con las prescripciones de las siguientes normas:

- ASTM B398 ALUMINIUM ALLOY 6201-T81 WIRE FOR ELECTRICAL PURPOSES.
- ASTM B399 CONCENTRIC-LAY-STRANDED ALUMINIUM ALLOY 6201-T81 CONDUCTORS.”⁵⁹

⁵⁸ Catalogo INDECO

⁵⁹ Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

b. Descripción del Material

“El conductor de aleación de aluminio será fabricado con alambres de aleación de aluminio- magnesio-silicio, cuya composición química deberá estar de acuerdo con la Tabla 1 de la norma ASTM B 398; el conductor de aleación de aluminio con protección exterior de polietileno termoplástico (XLPE), color negro, resistente a la acción de los rayos solares, humedad, calor y humos industriales; los alambres de la capa exterior serán cableados en el sentido de la mano derecha y las capas interiores se cablearán en sentido contrario entre sí.”⁶⁰

c. Información Técnica Requerida

En el cuadro N°3.24 se puede observar las características técnicas garantizadas del conductor de aleación de aluminio CAAPI:

CUADRO N° 3.24: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS DE CONDUCTOR ALEACIÓN ALUMINIO CAAPI

| Nº | CARACTERISTICAS | UNID | VALOR REQUERIDO |
|------------|---|---------------------|----------------------|
| 1.0 | CARACTERISTICAS GENERALES | | |
| 1.1 | Normas de fabricación y pruebas | IEC ASTM ASTM | 1089 B398 B399 |
| 1.2 | Numero de Alambres | | 7 |
| 2.0 | DIMENSIONES | | |
| 2.1 | Sección Nominal | mm ² | 35 |
| 2.2 | Diámetro de los alambres | mm | 7.5 |
| 2.3 | Diámetro exterior del conductor | mm | 10.5 |
| 3.0 | CARACTERISTICAS MECANICAS | | |
| 3.1 | Masa del conductor | Kg/m | 0.013 |
| 3.2 | Carga de rotura Mínima | KN | 10.8 |
| 3.4 | Módulo de Elasticidad Final | KN/mm ² | 60.82 |
| 3.5 | Coefficiente de dilatación térmica | 1º/C | 23x10-6 |
| 4.0 | CARACTERISTICAS ELECTRICAS | | |
| 4.1 | Capacidad de corriente | A | 160 |
| 4.2 | Resistencia Eléctrica Máxima en CC a 20ºC | Ohm/km | 1.37 |

Fuente: Catalogo CEPER, Conductores y cables del Perú.

⁶⁰ Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

3.12.8. Especificación Técnica de Seccionador Fusible CUT-OUT

a. Normas Aplicables

“Los seccionadores fusibles tipo expulsión, materia de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de la siguiente norma, según la versión vigente a la fecha de la convocatoria de la licitación:

- ANSI C-37.42 AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR SWITCHGEAR - DISTRIBUTION CUT OUTS AND FUSE LINKS SPECIFICATIONS

b. Características Generales

Los seccionadores fusibles tipo expulsión serán unipolares de instalación exterior en crucetas, de montaje vertical y para accionamiento mediante pértiga. Tendrán las características que se indican en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados. Los aisladores-soporte serán Poliméricos; tendrán suficiente resistencia mecánica para soportar los esfuerzos por apertura y cierre, así como los debidos a sismos. La línea de fuga mínima entre fase-tierra será de 625mm.

Los seccionadores-fusibles estarán provistos de abrazaderas ajustables para fijarse a cruceta de madera, serán del Tipo B según la Norma ANSI C37.42. La porta fusible se rebatirá automáticamente por la actuación del elemento fusible y deberá ser separable de la base; la bisagra de articulación tendrá doble guía. Los bornes aceptarán conductores de aleación de aluminio y cobre de 16 a 120 mm², y serán del tipo de vías paralelas bimetálicos. Los fusibles serán de los tipos “T” y “K” de las capacidades que se muestran en los planos y metrados.

c. Características Técnicas

En el cuadro N°3.25 se puede observar las características técnicas garantizadas del conductor de aleación de aluminio:⁶¹

⁶¹ Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

**CUADRO N° 3.25: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS
SECCIONADOR – FUSIBLE TIPO EXPULSIÓN**

| Nº | CARACTERÍSTICAS | UNID | VALOR REQUERIDO |
|------------|---|------|-----------------|
| 1.0 | CARACTERÍSTICAS GENERALES | | |
| 1.1 | Normas de fabricación y pruebas | ANSI | C-7.42 |
| 1.2 | Instalación | | Exterior |
| 1.3 | Corriente Nominal | A | 100 |
| 1.4 | Tensión Nominal del Equipo | KV | 27-38 |
| 1.5 | Corriente de Corto Circuito Simétrica | KA | 5.0 |
| 1.6 | Corriente de Corto Circuito Asimétrica | KA | 8.0 |
| 2.0 | NIVEL DE AISLAMIENTO | | |
| 2.1 | Tensión de Sostenimiento a la Onda de Impulso (Bil), Entre Fase y Tierra y Entre Fases | KVp | 150 |
| 2.1 | Tensión de Sostenimiento a la Frecuencia Industrial entre Fases, en Seco, 1 Min | KV | 70 |
| 2.2 | Tensión de Sostenimiento a la Frecuencia Industrial Entre Fase y Tierra, Húmedo, 10 seg | KV | 60 |
| 3.0 | Material Aislante del cuerpo del seccionador | | Polimérico |
| 4.0 | Longitud de Línea de Fuga Mínima | mm | 650 |
| 5.0 | Material del Tubo Portafusible | | Fibra de Vidrio |

Fuente: Catalogo Silicon Technology “Seccionador CUT OUT Polimérico STCOR-27-28”

3.12.9. Especificación Técnica de Subestación Tipo Caseta

a. Normas Aplicables

“La construcción de la Subestación Eléctrica tipo caseta cumplirá con las prescripciones de la siguiente norma:

- CODIGO NACIONAL ELECTRICO (CNE) DISTRIBUCION 2011 SUBESTACIONES DE CASETA

b. Detalles Constructivos

La subestación eléctrica será construida en concreto armado; la misma que albergará los equipos de protección y transformación, así como también el Tablero General de Fuerza, dicha construcción tendrá las

medidas siguientes en un área de 10.89m² (3.30mx3.30m) con una altura de 2.80m, a continuación, se detalla las especificaciones técnicas:

- Muros placa de concreto armado de F'c 210Kg/cm², con espesor de 0.25m con terrajeo interior.
- El piso será losa armada en doble sentido de F'c 210Kg/cm², espesor 0.1m.
- La losa del piso será construida con pendientes del 1% orientadas hacia un foso de 40cm x 40cm x 60cm de profundidad donde irán los cables de acometida, este foso será llenado con agregado grueso seleccionado para optimizar su capacidad permeable en caso de un eventual ingreso de agua excesivo que pudieran producirse.
- Rejilla metálica para protección de aguas pluvientes.
- Se considera un ducto de ventilación que consiste en un canal sobre el cual descansa el transformador de potencia además de evacuar los derrames de aceite que pudieran ocurrir y una mejor ventilación, los equipos de protección y el tablero de BT propuestos.
- La subestación tendrá ventilación natural por convección para lo cual se considera dos rejillas de ventilación, las cuales estarán ubicadas en la puerta de acceso a la subestación, los detalles se podrán ver en el plano.

c. Distancias Mínimas De Seguridad

De acuerdo al Código Nacional de Electricidad las distancias mínimas de seguridad que se deberá tener entre las personas y las partes activas de la subestación eléctrica son las siguientes:

- La separación entre las partes bajo tensión será de 98.0 cm y entre partes bajo tensión y masa es de 51.0 cm.
- La separación de las partes bajo tensión a los cierres metálicos es de 35.0 cm.
- La separación entre las partes bajo tensión y las barras es de 80 cm.
- La malla que cubre los cierres metálicos deberá tendrá aberturas de 2.5 cm y deberá estar construida con alambres de un diámetro de 2mm.

3.12.10. Especificación Técnica Celda de Transformación

Con dimensiones exteriores de 2.0 x 1.5 m., área total de 3.0 m², una altura de 2.2 m. Dispondrá de ventanas de ventilación (marco metálico con malla).

Las celdas están formadas por gabinete metálico alrededor del transformador para proteger al personal técnico, dándole las distancias de seguridad apropiadas, dispone además de accesorios de auto soporte y puerta de acceso sólo para personal calificado. Se encuentra empotrado al nivel del piso por medio de pernos tipo HILTI de 3/8"x2".

La puerta debe estar señalizada con un letrero de diga “PELIGRO RIESGO ELECTRICO” y por último, todas las estructuras deberán tener conexión a tierra.”⁶²

3.12.11. Especificación Técnica del Interruptor de Potencia SF6

a. Normas Aplicables

“Los interruptores materia de esta especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas:

- IEC 60056: High-voltage Alternating Current Circuit Breakers.
- IEC 60060: High-voltage Test Techniques.
- IEC 60267: Guide to the testing of Circuit Breakers with respect to out of phase switching.
- IEC 60376: Specification and Acceptance of New Sulphur Hexafluoride.

⁶² Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

b. Características Del Interruptor

b.1. Tipo

Los interruptores serán tripolares según se indique en las Tablas de Datos Técnicos Garantizados, para servicio exterior, con cámara de extinción en hexafluoruro de azufre (SF₆) y sistema de mando mecánico. Para los Interruptores con tensión máxima de equipo hasta 36 kV, la cámara de extinción de arco podrá ser en vacío.

b.2. Características Eléctricas

Las características eléctricas generales y particulares de los interruptores se muestran en las tablas de datos técnicos garantizados.

b.3. Sistemas de Accionamiento y Mando

El sistema de accionamiento de los interruptores será tripolar de acuerdo a lo especificado en las Tablas de Datos Técnicos Garantizados. El sistema de mando de todos los interruptores será diseñado para operar con las tensiones auxiliares indicadas.

c. Requerimientos de Diseño y Construcción

c.1. Elementos de conducción de la corriente

Los elementos conductores deberán ser capaces de soportar la Corriente Nominal continuamente, a la frecuencia de operación, sin necesidad de mantenimiento excesivo. Los terminales y conexiones entre los diferentes elementos deberán diseñarse para asegurar, permanentemente, una resistencia de contacto de bajo valor.

c.2. Mecanismo de interrupción del arco

El Interruptor será capaz de romper la continuidad de cualquier corriente, desde cero hasta su capacidad de interrupción nominal, cuando se use en circuitos predominantemente resistivos e inductivos.

El mecanismo de interrupción del arco deberá diseñarse con suficiente factor de seguridad, tanto mecánica como eléctricamente, en todas sus partes.

c.3. Aislamiento

Los aisladores de los interruptores serán de porcelana y diseñados de tal forma que, si ocurriera una descarga a tierra por Tensión de Impulso con el interruptor en las posiciones de "abierto" o "cerrado", deberá efectuarse por la parte externa, sin que se presente descarga parcial o disruptiva en la parte interna o perforación del aislamiento.

c.4. Mecanismos

Mecanismo General

El Interruptor deberá estar diseñado para operación eléctrica local-manual, y estará provisto de un mecanismo por acumulación de energía por resorte. El mecanismo de accionamiento manual para efectuar operaciones de mantenimiento y emergencia, deberá estar enclavado para, cuando se encuentre en uso, evitar la operación remota.

A los interruptores con mecanismos de operación independientes (por polo) se les dotará de un dispositivo de protección de discordancia de fases. En el caso, que una ó dos fases fallen completamente en el cierre ó apertura, se preverá la apertura automática de las tres fases luego de un tiempo de retraso ajustable en el rango de 1 a 3 segundos.

Mecanismo de Apertura

Los interruptores serán del tipo disparo libre.

El mecanismo de apertura deberá diseñarse en forma tal que asegure la apertura del interruptor en el tiempo especificado si la señal de disparo se recibiera en las posiciones de totalmente o parcialmente cerrado. La bobina de disparo deberá ser capaz de abrir el interruptor en los límites del rango de tensión auxiliar especificado.

Se deberá proporcionar un dispositivo para efectuar la apertura manual localmente en caso de emergencia y protegido contra operación accidental.

Mecanismo de Cierre

Se diseñará en tal forma que no interfiera con el mecanismo de disparo. El mecanismo de Cierre deberá desenergizarse automáticamente, cuando se complete la operación.

El interruptor estará provisto de un dispositivo de "antibombeo" ("antipumping" device).

c.5. Requerimientos de Control

El sistema de mando estará provisto para ser accionado:

- A distancia (desde el centro de control del propietario ó desde el tablero de mando ubicado en la sala de control de la subestación) o localmente, seleccionable mediante un conmutador instalado en la caja de control del interruptor.
- Localmente con un juego de botones pulsadores, debiendo permanecer operativa la protección.
- Automáticamente por las órdenes emitidas desde las protecciones y automatismos.
- Dispositivo de disparo de emergencia (local)

c.6. Contador de Operaciones

Los interruptores deberán poseer un contador mecánico de operaciones, ubicado en la caja de control.

c.7. Fluido Extintor, Gas Hexafluoruro de azufre (SF₆)

La calidad de fluido extintor deberá mantenerse de modo tal que el poder de ruptura nominal sea garantizado hasta un grado de envejecimiento admisible, correspondiente al número de interrupciones garantizado, sin reemplazo del gas.

El poder de ruptura del interruptor estará garantizado para una presión mínima del gas SF₆ para la tensión mínima de mando a la cual dicho sistema de mando funciona correctamente.

El interruptor contará con dispositivos de alarma y protección contra pérdidas lentas y súbitas de gas, de modo que el equipo no accione fuera de sus condiciones nominales de diseño.”⁶³

3.12.12. Especificación Técnica del Transformador de Potencia

a. Normas Aplicables

“Los transformadores de potencia materia de esta especificación cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas:

- IEC 60076 Power Transformers.
- IEC 60137 Bushing for alternating voltages above 1000 V.
- IEC 60214 On-load Tap Changers.
- IEC 60354 Loading guide for oil-immersed power transformers.
- IEC 60551 Measurement of Transformers and Reactors Sound Levels.

b. Características Técnicas

En el cuadro N° 3.26 se puede observar las características técnicas garantizadas del Transformador de Potencia:”⁶⁴

⁶³ Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

⁶⁴ Norma DGE “Especificaciones Técnicas para Suministro de Materiales líneas y redes primarias”, 2003

**CUADRO N° 3.26: DATOS TÉCNICOS GARANTIZADAS DEL
TRANSFORMADOR DE POTENCIA**

| Nº | CARACTERISTICAS | UNID | VALOR REQUERIDO |
|------------|---|------|--------------------|
| 1.0 | DATOS GENERALES | | |
| 1.1 | Fabricante | | Epli S.A.C |
| 1.2 | País de Fabricación | | Perú |
| 1.3 | Numero de Arrollamientos | | 3 |
| 1.4 | Altitud de Instalación | msnm | 2500 |
| 2.0 | DATOS NOMINALES Y CARACTERISTICAS | | |
| 2.1 | Frecuencia Nominal | Hz | 60 |
| 2.2 | Potencia Nominal | KVA | 1000 |
| 2.3 | Alta Tensión Nominal | KV | 22.9+-2x2.5% |
| 2.4 | Baja Tensión Nominal | KV | 0.4-0.23 |
| 3.0 | Nivel de aislamiento en Alta Tensión | | |
| 3.1 | Tensión de Sostenimiento al Impulso 1.2/50 del aislamiento externo | KVp | 150 |
| 3.2 | Tensión de Sostenimiento al Impulso 1.2/50 del aislamiento interno | KVp | 125 |
| 3.3 | Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial | KV | 40 |
| 3.4 | Numero de Bornes Primario | U | 3 |
| 3.5 | Numero de Bornes Secundario | u | 4 |
| 4.0 | Nivel de aislamiento en baja Tensión c/ neutro | | |
| 4.1 | Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial | KV | 2.5 |
| 4.2 | Numero de Bornes | U | 4 |
| 4.3 | Grupo de Conexión | | Dyn5 |
| 4.4 | Tensión de Corto Circuito a 75°C | % | 4.0 |
| 5.0 | MASA, DIMENSIONES Y ESQUEMAS | | |
| 5.1 | Peso total del transformador | Kg | 3586 |
| 5.2 | Peso del aceite | Kg | 961 |

Fuente: Catalogo Epli S.A.C

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

4.1. EXCAVACIÓN

“El Contratista ejecutará las excavaciones con el máximo cuidado y utilizando los métodos y equipos más adecuados para, con el fin de no alterar su cohesión natural, y reduciendo al mínimo el volumen del terreno afectado por la excavación, alrededor de la cimentación. El fondo de la excavación deberá ser plano y firmemente compactado para permitir una distribución uniforme de la presión de las cargas verticales actuantes. Las dimensiones de la excavación serán las que se muestran en las láminas del proyecto, para cada tipo de terreno.”⁶⁵

4.2. INSTALACIÓN DE POSTES C.A.C

4.2.1. Izaje de Postes

“Los postes a ser instalados, será de concreto armado centrifugado, de 13 m. El Contratista deberá someter a la aprobación de la Supervisión el procedimiento que utilizará para el Izaje de los postes. En ningún caso el poste será sometido a maltratos o esfuerzos excesivos. Antes del Izaje, todos los equipos y herramientas, tales como ganchos de grúa, estribos, cables de acero, deberán ser cuidadosamente verificados a fin de que no presenten defectos y sean adecuados al peso que soportarán. Durante el Izaje de los postes ningún obrero, ni persona alguna se situará por debajo de postes, cuerdas en tensión, o en el agujero donde se instalará el poste.”⁶⁶

4.2.2. Cimentación

“No se permitirá el escalamiento a ningún poste hasta que éste no haya sido completamente cimentado. Previa a la cimentación se rellenarán en la

⁶⁵ Norma DGE “Especificaciones Técnicas del montaje para líneas y redes primarias”, 2003

⁶⁶ Norma DGE “Especificaciones Técnicas del montaje para líneas y redes primarias”, 2003

excavación del poste una base de solado de 10 cm. de espesor (base de concreto) para el apoyo del poste. La cimentación de los postes se hará con piedra machada, afirmado y cemento, según las proporciones indicadas.

4.2.3. Relleno

El material de relleno deberá tener una granulometría razonable y estará libre de sustancias orgánicas, basura y escombros. Se utilizará el material proveniente de las excavaciones si es que reuniera las características adecuadas.

Si el material de la excavación tuviera un alto porcentaje de piedras, se agregará material de préstamo menudo para aumentar la cohesión después de la compactación. Si por el contrario, el material proveniente de la excavación estuviera conformada por tierra blanda de escasa cohesión, se agregará material de préstamo con grava y piedras hasta de 10 cm de diámetro equivalente.

El relleno se efectuará por capas sucesivas de 30 cm y compactadas por medios mecánicos. Después de efectuado el relleno, la tierra sobrante será esparcida en la vecindad de la excavación.

4.3. INSTALACIÓN DE AISLADORES Y ACCESORIOS

Los aisladores tipo PIN y tipo suspensión serán manipulados cuidadosamente durante el transporte, ensamblaje y montaje. Antes de instalarse deberá controlarse que no tengan defectos y que estén limpios de polvo, grasa, material de embalaje, tarjetas de identificación etc.

Los aisladores de tipo suspensión y el tipo PIN serán montados por el Proyectista de acuerdo con los detalles mostrados en los planos del proyecto. En las estructuras que se indiquen en la planilla de estructuras y planos de localización de estructuras, se montarán las cadenas de aisladores en posición invertida.

El Proyectista verificará que todos los pasadores de seguridad hayan sido correctamente instalados.

Durante el montaje, el Proyectista cuidará que los aisladores no se golpeen entre ellos o con los elementos de la estructura, para cuyo fin aplicará métodos de izaje adecuados.

Los aisladores de tipo suspensión y tipo PIN instalados en un extremo de crucetas de doble armado, antes del tendido de los conductores, deberán ser amarradas juntas.”⁶⁷

4.4. TENDIDO DE CABLE SUBTERRÁNEO DE MEDIA TENSIÓN

4.4.1. Trazo del Recorrido

“Antes de iniciar la excavación se marcará el recorrido de la zanja en su ancho y longitud. Al trazar la zanja, se tendrá en cuenta el radio mínimo de las curvas de acuerdo con la sección del cable que se instalará. Como regla general se recomienda que el radio de curvatura del cable sea superior a 20 veces el diámetro exterior durante la tracción de tendido y superior a 15 veces su diámetro exterior, una vez instalado.

4.4.2. Apertura de Zanja

El Contratista excavará las zanjas de acuerdo con las dimensiones que se indiquen en los planos respectivos. El ancho tendrá la dimensión necesaria para que los cables sean manipulados con comodidad por los operarios del tendido. Durante la etapa de excavación deberá mantenerse el mayor orden posible en el trabajo poniendo especial cuidado en no desparramar el material de la excavación. La tierra de excavación debe ser colocada a no menos de 0,50 m de los bordes de la zanja.

⁶⁷ Norma DGE “Especificaciones Técnicas del montaje para líneas y redes primarias”, 2003

4.4.3. Tendido de los Cables

4.4.3.1. Manipulación de los cables

El movimiento de la bobina del cable se hará con precaución. La carga y descarga sobre camiones o remolques apropiados se hará siempre con un eje que pase por orificio central de la bobina. Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Montaje de Líneas y Redes Primarias para 27 de 31 Electrificación Rural” Al izar la bobina no se debe presionar las caras laterales del carrete con la cadena, cable de acero, etc., utilizado para tal fin; se debe colocar un soporte que mantenga la cadena separada de dichas caras. No se debe transportar el carrete de costado, es decir, apoyado sobre una de las caras laterales. No deberá retenerse la bobina con cuerdas o cadenas que abracen a la bobina sobre las espiras exteriores del cable enrollado. No se dejará caer la bobina desde un camión o remolque. Cuando se desplace la bobina en tierra, rodándola, se hará en el sentido indicado con una flecha, a fin de evitar que se afloje el cable enrollado. Además, si el terreno es accidentado se rodará sobre tablones. La bobina no debe almacenarse en suelo blando. Antes de empezar el tendido se estudiará el punto más apropiado para colocar la bobina. En el caso de terreno con pendientes, es conveniente tender desde el punto más alto hacia el más bajo. Para el tendido, la bobina estará siempre elevada y sujeta por un eje y gatos de potencia apropiados al peso de la misma. Asimismo, estará provista de un freno de pie para detener el giro de la bobina cuando sea necesario. Cerca de la bobina y en el punto de entrada a la zanja debe colocarse un rodillo especial donde el cable se apoye y evitar maltratos y rozamientos. La zanja, en el fondo y en toda su longitud, deberá estar cubierta con un capa de 10 cm de espesor (después de compactada) de tierra cernida u otra mezcla especial que haya sido autorizada. Antes de tender el cable se recorrerá la zanja con detenimiento para comprobar que se encuentre sin piedras ni otros elementos que puedan dañar el cable durante el tendido.

4.4.3.2. Operación de tendido

El cable debe ser tirado del carrete del embalaje en tal sentido que siempre se desarrolle de arriba hacia abajo y girando sobre el eje del portabobina e forma suave y continua, evitando de esta manera hacer bucles o que sufra torsión. Al efectuar el tiro, el cable no será arrastrado; deberá utilizarse rodillos (polines) que giren libremente y contruidos de tal forma que no dañen el cable. Los rodillos deben colocarse a distancias no mayores a 4 m entre ellos en tramos rectos; en las curvas deben utilizarse rodillos de diseño adecuado y su ubicación será especialmente estudiada para evitar esfuerzos al cable que pueda dañarlo. Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Montaje de Líneas y Redes Primarias para 28 de 31 Electrificación Rural” En ningún momento del tendido los cables deben someterse a un radio de curvatura menor de 20 veces de diámetro exterior. El cable debe tenderse colocando la bobina en un extremo y jalando todo el tramo hasta llegar al lado opuesto. No se colocará la bobina en una posición intermedia jalando hacia un extremo y desenrollando al resto formando “ochos” o senos. El tendido del cable se hará en forma manual con un número de hombres colocados uno detrás de otro, tomando el cable a la altura de la rodilla; deberá ubicarse por lo menos un hombre entre polín y polín.

4.4.4. Montaje de Terminales

Los terminales serán ejecutados por personal técnico con amplia experiencia de este tipo de trabajos y de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

4.4.5. Protección y Señalización de los Cables

Los cables deberán quedar instalados dentro de una mezcla especial libre de elementos punzantes; normalmente será tierra cernida, obtenida del material natural de excavación, la cual deberá estar limpia, suelta, exenta de sustancias orgánicas y otras impurezas. El tamizado de la tierra se hará con zaranda, cuya

malla usada para tal efecto, tenga $\frac{1}{4}$ de pulgada. Al momento de la operación de cernido, la zaranda se colocará con una inclinación de 45° con respecto al piso. Si el terreno no fuese adecuado para la obtención de la tierra cernida, el Contratista solicitará autorización para reemplazarla por otra mezcla especial, la cual deberá ser limpia, suelta, exenta de sustancias orgánicas, de granulometría apropiada y cuya resistividad térmica no sea mayor de $100^\circ\text{C}\cdot\text{cm}/\text{W}$. Después de nivelado el fondo de la zanja se procederá a colocar la capa de tierra cernida o mezcla especial, sobre la cual se colocarán los cables. Esta capa tendrá un espesor de 10 cm después de compactada. Estando los cables dispuestos sobre la capa descrita en el párrafo anterior y ocupando su posición definitiva, se colocará una capa de tierra cernida, la cual deberá cubrir los cables Norma DGE “Especificaciones Técnicas de Montaje de Líneas y Redes Primarias para 29 de 31 Electrificación Rural” y ocupará todo el ancho de la zanja. Esta capa tendrá un espesor de 15 cm después de compactada (mediante pisón manual y con mucho cuidado para no dañar el cable); encima de la segunda capa de tierra cernida se colocará tres (03) hileras de ladrillos corrientes, siguiendo longitudinalmente los ejes de los cables que les corresponde proteger. Encima de la hilera de ladrillos se colocará una capa de 20 cm de tierra natural escogida y compactada mecánicamente; sobre esta capa se colocará una cinta plástica color rojo que servirá para señalar la presencia del cable. Una vez colocado el cable y las protecciones señaladas anteriormente, se rellenará toda la zanja con tierra de excavación escogida y luego compactada usando compactadoras mecánicas de plancha. El relleno de las zanjas deberá hacerse por capas no mayores de 30 cm, las cuales serán compactadas y regadas con el fin de dar al terreno la consistencia requerida. La tierra natural escogida para el relleno no deberá contener más de 30 % de piedras cuya dimensión máxima no podrá ser mayor de 10 cm.”⁶⁸

4.5. MONTAJE DE LA SUBESTACIÓN DE POTENCIA

“El montaje de la subestación de potencia será ejecutado por personal experto y con experiencia en el ramo. Antes de proceder a efectuar el montaje de la subestación

⁶⁸ Norma DGE “Especificaciones Técnicas del montaje para líneas y redes primarias”, 2003

eléctrica se verificará que las obras civiles estén concluidas, canales, buzones, ductos, etc. Así mismo las paredes y techos deben estar concluidas con acabados y pintados.

Observado las obras civiles se procederá a montar la subestación de potencia, la cual incluye las siguientes partes y/o equipos:

- Celda de Transformación.
- Transformador de Potencia de 1000KVA relación 22.9/0.38-0.22KV.
- Celda de Seccionamiento que incluye Interruptor de Potencia SF6.

4.5.1. Montaje de Celdas

El montaje tanto de la celda de transformación como la celda de seccionamiento se realizará cuidadosamente evitando los golpes que pueden dañar la pintura anticorrosiva, con personal calificado para este tipo de instalaciones. Las celdas serán trasladadas al interior de la Subestación Eléctrica tipo Caseta mediante grúa. Las celdas se encontrarán empotradas al nivel del piso por medio de pernos tipo HILTI de 3/8"x2".

4.5.2. Montaje Bases del Transformador

Las bases del transformador consisten en dos rieles metálicos soldados a un ángulo tipo "U" de 4" x 7.25 lbs/pie debidamente pintado de color negro, que soportan al transformador con un peso aproximado de 2800 Kg., más su factor de seguridad. Estos son montados de manera transversal.

4.5.3. Montaje de Transformador de 1000 KVA

El transformador se instalará en el interior de la celda sobre sus respectivas bases; donde el lado de alta tensión se ubicará en la parte anterior de la celda y el lado de baja tensión en la parte posterior de ella, dispondrán de topes laterales y frenos en las ruedas.

El transformador de potencia será trasladado al interior de la Subestación Eléctrica tipo Caseta mediante maniobra con grúa, cuidadosamente evitando los golpes que pueden dañar la pintura anticorrosiva y otro cualquier accesorio

del transformador, se dejara listo para deslizar sus ruedas hacia sus respectivas bases.

El conexionado de conductores en 22,9/13,2 kV o en baja tensión se hará mediante terminales de presión y fijación mediante tuercas y contratuercas. El conductor para la conexión del transformador al tablero de distribución y de éste a los circuitos exteriores de distribución secundaria, será del tipo NYY y de las secciones que se indican en los planos del proyecto.

Una vez montado el transformador se procederá al cambio de la tapa de transporte por la tapa de operación que se ubica en el tanque de almacenamiento de aceite.”⁶⁹

4.6. OBRAS CIVILES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CASETA DE LA S.E.

“Para la construcción de la subestación se ha considerado un área de 4.00 x 4.00m, (16.00 m²) utilizando como base ladrillo y cemento. La altura de la subestación será de 2.3 m y dispondrá de pendientes en el piso interior que permitirán evacuar líquidos rápidamente por medio de ductos y donde albergará los cables de acometida.

Por otro lado, se ha considerado un ducto de ventilación ingreso de aire frío desde el exterior, que consiste en un canal interior sobre la cual descansa tanto el transformador de potencia como los equipos de protección.

El aire que ingrese a la subestación tendrá evacuación natural al considerarse en la construcción ventanas laterales de salida del aire caliente.

Se ha considerado la construcción de una puerta metálica para el ingreso del transformador a su celda en el momento del montaje y otra para el ingreso del personal técnico a la subestación.

⁶⁹ Norma DGE “Especificaciones Técnicas del montaje para líneas y redes primarias”, 2003

Los detalles constructivos de Obras Civiles para la construcción de la Caseta de la Subestación Eléctrica se indican en el plano de obras civiles adjunto.”⁷⁰

4.7. SEÑALIZACIONES DE SEGURIDAD

“La subestación eléctrica tipo caseta para la Empresa “Congelados Gutiérrez S.A” Cuenta con las siguientes señalizaciones de seguridad:

- En las puertas de ingreso a la subestación eléctrica y en las celdas de la subestación cuenta con señalización de riesgo eléctrico.
- Señalización de uso obligatorio de implementos de seguridad.
- Señalización de ingreso solo a personal autorizado.
- Señalización de puesta a tierra.
- Señalización de ubicación y uso de extintor.”⁷¹

4.8. MONTAJE DE PUESTA A TIERRA

“Las estructuras serán puestas a tierra mediante conductores de cobre fijados a los postes y conectados a electrodos verticales de copperweld clavadas en el terreno.

Se pondrán a tierra, mediante conectores, las siguientes partes de las estructuras:

- Las espigas de los aisladores tipo PIN (sólo con postes y crucetas de concreto)
- Los pernos de sujeción de las cadenas de suspensión angular y de anclaje (sólo con postes y crucetas de concreto)
- El conductor neutro, en caso que existiera
- Los soportes metálicos de los seccionadores – fusibles
- El borne pertinente de los pararrayos
- Todos los terminales de puesta a tierra de las terminaciones interiores y exteriores del cable subterráneo N2XSJ de MT, tanto poste de medición PMI como en Seccionador de Potencia.

⁷⁰ Norma DGE “Especificaciones Técnicas del montaje para líneas y redes primarias”, 2003

⁷¹ Norma DGE “Especificaciones Técnicas del montaje para líneas y redes primarias”, 2003

Los detalles constructivos de la puesta a tierra se muestran en los planos del proyecto. Posteriormente a la instalación de puesta a tierra, el Contratista medirá la resistencia de cada puesta a tierra y los valores máximos a obtenerse serán los indicados en los planos de las subestaciones de distribución.

Al mencionado sistema de tierra, se conectará a todos los soportes y carcazas metálicas de los aparatos a montar. La unión entre la parte inferior de los mismos (bloquete o bulón) y la PAT se efectuará con dos cables unidos, cada uno, a distintos lados de la PAT.”⁷²

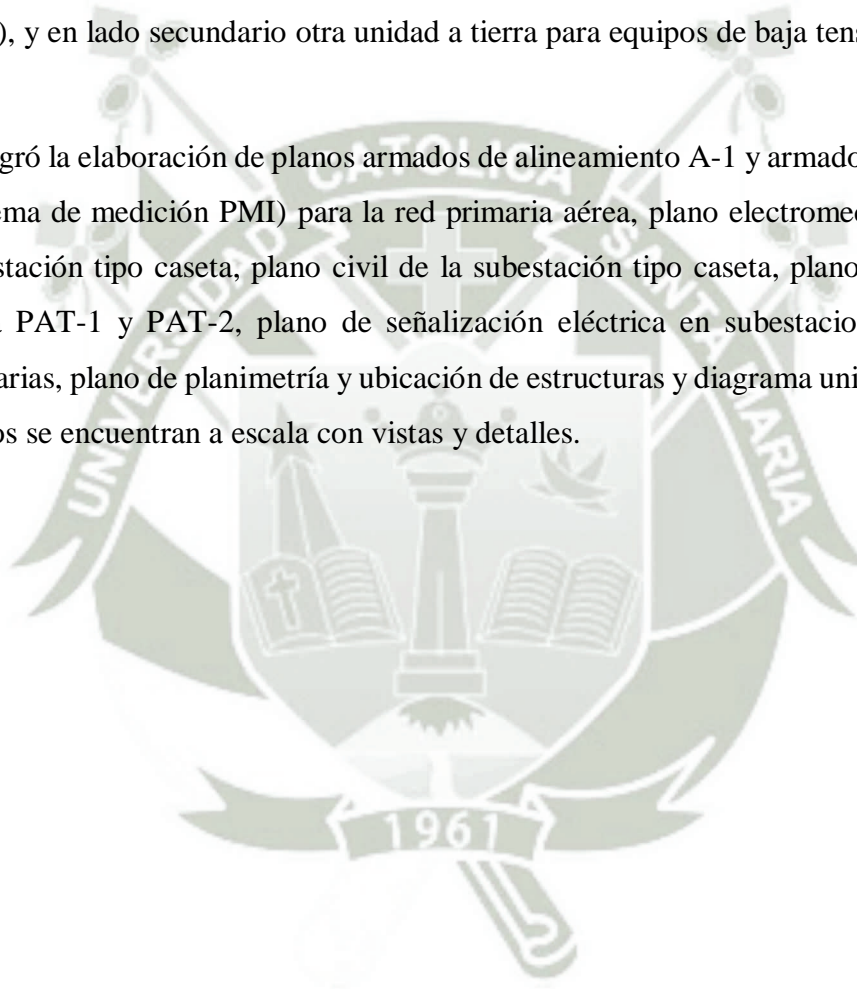


⁷² Norma DGE “Especificaciones Técnicas del montaje para líneas y redes primarias”, 2003

CONCLUSIONES

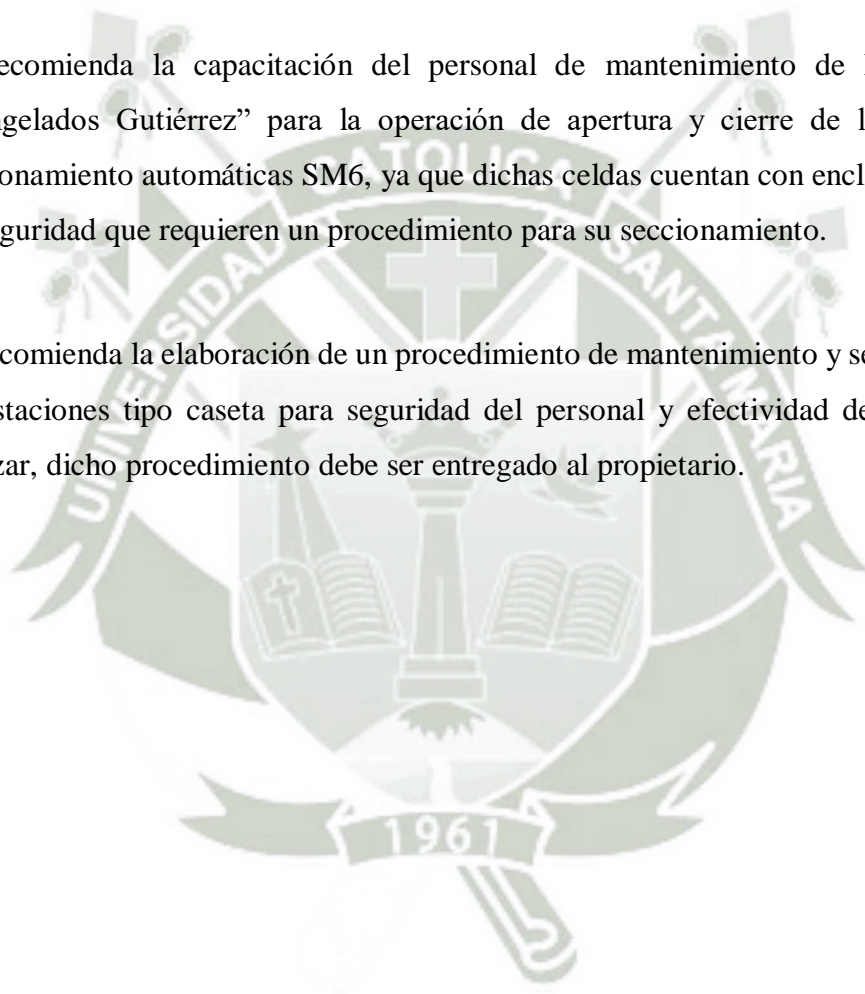
1. Se ha logrado el diseño de un sistema de utilización en media tensión a nivel de 22.9KV y subestación tipo caseta compuesto por transformador de potencia 1000KVA (1MVA) 22.9/0.44-0.23KV de marca Epli S.A.C con equipos de control de temperatura y gases que exige la norma DGE, y protección mediante celda de seccionamiento automática SM6 DM1-A y celda de remonte para entrada de cables GAM-2 de marca Schneider, que satisfacen las necesidades y demanda de energía de la empresa “Congelados Gutiérrez S.A ”.
2. Se logró el diseño de la acometida aérea mediante postes C.A.C de 13/400 desde el punto de diseño hasta el predio de la empresa “Congelados Gutiérrez S.A”, estos constituyen los armados de alineamiento A-1 y fin de línea donde se encuentra el sistema de medición PMI, también se diseñó la acometida subterránea hacia el interior del predio hasta llegar a la subestación caseta mediante tubos de PVC SAP de 4”Ø y un buzón de concreto, estas instalaciones cumplen con las distancias de seguridad dispuestas por las normas CNE y DGE.
3. Se determinó la información técnica requerida de los materiales y/o equipo eléctrico donde se detalla las dimensiones físicas y características eléctricas de cada uno, como también de su montaje electromecánico que se utilizaron en el presente proyecto de tesis. La información técnica fue recolectada de catálogos de los fabricantes como también de las actuales normas DGE y CNE.
4. Toda selección de materiales y/o equipos para el dimensionamiento de red primaria aérea, red primaria subterránea y subestación tipo caseta, fueron sustentados mediante cálculos justificativos eléctricos y mecánicos cumpliendo valores máximos y mínimos de acuerdo a las normas DGE y CNE. Cabe mencionar que se despreció los cálculos mecánicos del conductor aéreo CAAPI por la corta longitud del tramo aéreo (<200m), por lo tanto, la ubicación y/o disposición de los postes C.A.C se realizó en base a la fisonomía de las calles y avenidas de la zona del proyecto.

5. La protección del personal contra descargas hacia tierra se diseñó mediante unidades de puesta a tierra, conformadas por conductor de cobre desnudo y varillas de cobre puro de 3/4” de diámetro, compactado con cemento conductor y sal industrial para el cumplimiento de resistencias máximas ($R < 25 \text{ohms}$ lado primario y $R < 10 \text{ohms}$ lado secundario). En lado primaria se adicione hilos a tierra en postes de alineamiento A-1, en armado fin de línea PMI se adiciona unidad a tierra para seccionadores CUT OUT y ferretería eléctrica, y otra unidad a tierra para protección del transformador de medida. En la subestación tipo caseta se adiciona unidad a tierra para equipos de media tensión (transformador, terminaciones exteriores y celdas de seccionamiento SM6), y en lado secundario otra unidad a tierra para equipos de baja tensión.
6. Se logró la elaboración de planos armados de alineamiento A-1 y armado fin de línea (sistema de medición PMI) para la red primaria aérea, plano electromecánico de la subestación tipo caseta, plano civil de la subestación tipo caseta, plano de pozos a tierra PAT-1 y PAT-2, plano de señalización eléctrica en subestaciones y redes primarias, plano de planimetría y ubicación de estructuras y diagrama unifilar, dichos planos se encuentran a escala con vistas y detalles.



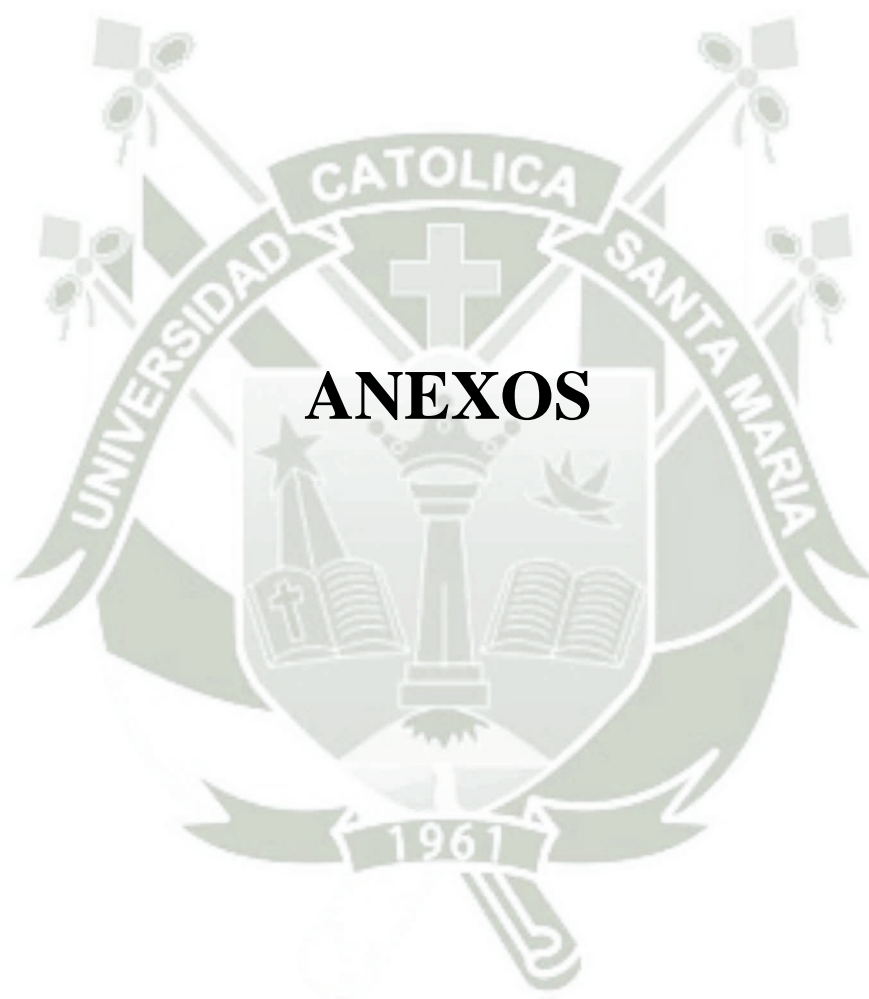
RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso del software DLTCAT para cálculo de la red primaria, ya que los cálculos manuales son complejos y requieren una gran cantidad de operaciones, lo cual los hace muy propensos a errores, afectando seriamente el resultado.
2. Se recomienda el uso de material certificado para toda la implementación de la subestación eléctrica, de acuerdo con las especificaciones dadas en el capítulo IV.
3. Se recomienda la capacitación del personal de mantenimiento de la empresa “Congelados Gutiérrez” para la operación de apertura y cierre de la celda de seccionamiento automáticas SM6, ya que dichas celdas cuentan con enclavamientos de seguridad que requieren un procedimiento para su seccionamiento.
4. Se recomienda la elaboración de un procedimiento de mantenimiento y seguridad en subestaciones tipo caseta para seguridad del personal y efectividad del trabajo a realizar, dicho procedimiento debe ser entregado al propietario.



BIBLIOGRAFÍA

1. <https://ie2mmo.wordpress.com/2017/06/13/p12-calculo-de-cables-yprotecciones/>
2. http://www.marlew.com.ar/apendice_tecnico/recomendaciones/calculodelamaximac orriente/
3. Tesis “Línea en 22.9KV SE Huamachuco – Minaspampa” - Universidad Católica de Santa María – 2013.
4. Proyecto Empresa FRIO FRIAS “Sistema de Utilización en 10KV y subestación eléctrica tipo caseta de 750KVA – Planta de Hielo Ocoña”.
5. Proyecto Empresa FRIO FRIAS “Sistema de Distribución en 10KV” – Planta de Hielo Ocoña”.
6. Proyecto Empresa PRODMIL “Sistema de Utilización en 10KV y subestación eléctrica tipo caseta de 500KVA – Planta Mollendo - Mejía”
7. Proyecto Empresa EL BOSQUE E.I.R.L “Sistema de Utilización en 10KV y subestación eléctrica tipo caseta de 500KVA – Planta de hielo Ciudad Municipal - Arequipa”
8. Código Nacional de Electricidad (DGE)
9. Normas del DGE/MEN Vigentes
10. Decreto Ley N° 25844 “Ley de Concesiones Eléctricas” y su Reglamento
11. Ing. Juan Bautista Ríos “Líneas de Transmisión de Potencia”. Volumen I “Aspectos Mecánicos y Conductores” Pre Edición 2001.
12. Tesis “Diseño de la Subestación Eléctrica para la Planta Industrial KUMHO LLANTAS S.A” - Universidad Católica de Santa María – 2017.



ANEXO I

GRADOS DE CONTAMINACION

(NORMA IEC 815)

| Nivel de Contaminación | Descripción del Ambiente | Distancia de fuga Nominal mínima |
|------------------------|---|----------------------------------|
| | | mm/kV ϕ - ϕ |
| Ligero Nivel I | <ul style="list-style-type: none"> - Areas sin industrias y con baja densidad de casas equipadas con calefacción. - Areas con baja densidad de industrias o casas pero sujetas a frecuentes vientos o lluvia. - Areas agrícolas - Areas montañosas - Todas las áreas situadas de 10 km a 20 km del mar y no expuestas a vientos directos provenientes del mar. | 16 |
| Medio Nivel II | <ul style="list-style-type: none"> - Areas con industrias que no producen humo contaminante y/o con densidad moderada de casas equipadas con calefacción. - Areas con alta densidad de casas pero sujetas a frecuentes vientos y/o lluvia. - Areas expuestas a vientos del mar pero no cercanas a la costa (al menos varios kilómetros de distancia). | 20 |
| Alto Nivel III | <ul style="list-style-type: none"> - Areas con alta densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con alta densidad de casas con calefacción que generen contaminación. - Areas cercanas al mar o expuestas a vientos relativamente fuertes procedentes del mar. | 25 |
| Muy Alto Nivel IV | <ul style="list-style-type: none"> - Areas generalmente de extensión moderada, sujetas a contaminantes conductivos, y humo industrial, que produzca depósitos espesos de contaminantes. - Areas de extensión moderada, muy cercanas a la costa y expuestas a rocío del mar, o a vientos muy fuertes con contaminación procedentes del mar. - Areas desérticas, caracterizadas por falta de lluvia durante largos períodos, expuesta a fuertes vientos que transporten arena y sal, y sujetas a condensación con regularidad. | 31 |

ANEXO II

NIVELES DE AISLAMIENTO APLICADOS A REDES PRIMARIAS NORMA DGE “BASES PARA EL DISEÑO DE LINEAS Y REDES PRIMARIAS PARA ELECTRIFICACION RURAL”

| Tensión nominal entre fases (kV) | Tensión máxima entre fases (kV) | Tensión de sostenimiento a la onda 1,2/50 entre fases y fase a tierra (kVp) | Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial entre fases y fase-tierra (kV) |
|----------------------------------|---------------------------------|---|---|
| 22,9/13,2 | 25/14,5 | 125 | 50 |
| 22,9 | 25 | 125 | 50 |



ANEXO III
FACTORES DE CORRECCION EN CONDUCTORES AEREOS DESNUDOS Y
FORRADOS

TABLA 2-XI

FACTORES DE CORRECCION EN CONDUCTORES DESNUDOS
PARA
TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTE DE 30°C
TEMPERATURA MAXIMA DEL CONDUCTOR: 75°C

| | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura ambiente (°C) | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| Factor de Corrección | 1.06 | 1.00 | 0.94 | 0.89 | 0.82 | 0.76 |

TABLA 2-XIII

FACTORES DE CORRECCION EN CONDUCTORES FORRADOS
PARA
TEMPERATURA AMBIENTE DIFERENTE DE 30°C
TEMPERATURA MAXIMA DEL CONDUCTOR: 75°C

| | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Temperatura ambiente (°C) | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| Factor Corrección | 1.14 | 1.07 | 1.00 | 0.92 | 0.82 | 0.71 | 0.58 |

ANEXO IV

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CELDA DE SECCIONAMIENTO SM6 DM1-A 24KV Y CELDA GAM-2 (SCHNEIDER)

A – GENERALIDADES

El sistema de celdas *SM6-3 a 24 kV*, marca *Schneider Electric*, está compuesto por unidades modulares y compactas bajo cubierta metálica, compartimentadas, equipadas con aparatos de corte y/o seccionamiento en ejecución fija y en atmósfera de hexafluoruro de azufre (SF₆), de uso interior, diseñadas para su utilización en redes de Media Tensión, brindando un elevado nivel de seguridad tanto para las personas como para las instalaciones, confiabilidad desde el punto de vista de la continuidad del servicio y un mantenimiento rápido y sencillo.

B – NORMAS

El sistema modular SM6-3 a 24 kV ha sido diseñado, ensayado y protocolizado conforme con las recomendaciones de las siguientes Normas Internacionales:

- IEC 62271 Alternating Current Metal-Enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.
- IEC 60265-1 Switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV.
- IEC 60129 Alternating current disconnectors and earthing switches.
- IEC 60694 Common especification for high voltage switchgear and controlgear standards.
- IEC 60420 High-Voltage alternating current switch-fuse combination.
- IEC 60056 High-Voltage alternating current circuit-breakers.

C – DESCRIPCION DE LAS FUNCIONES QUE CONFORMAN LA GAMA

La gama de funciones que ofrece el sistema estándar SM6-3 a 24 kV, permite satisfacer un amplio campo de aplicaciones en subestaciones transformadoras de Media a Baja Tensión y estaciones de distribución industrial y/o terciaria. Las distintas unidades que

conforman la gama de integración en nuestra planta industrial de Florida, provincia de Buenos Aires, son las siguientes:

- Conexión a las redes:

IM, IMB, IMC: Unidades de Entrada o Salida equipadas con seccionador.

- Protección:

QM, QMB: Unidades equipadas con seccionador fusible.

DM1-A, DM1-D: Unidades equipadas con interruptor automático fijo y seccionador de aislamiento.

- Medición:

CM: Unidad equipada con transformadores de tensión

GBC-A, GBC-B, GBC-C: Unidades para medición de tensión y/o corriente.

- Arranque directo de motores de MT:

CRV: Unidad de arranque directo para motores de MT hasta 7,2 kV.

- Otras Funciones:

GAM-2: Unidad para la conexión de cables de entrada.

GBM: Unidad de transposición de barras.

D – CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS PRINCIPALES

| Características Eléctricas: | | | | |
|---|------------|-------------|-----------|-----------|
| Tensión nominal (kV) | 7,2 | 17,5 | 24 | 36 |
| Nivel de aislamiento | | | | |
| 50 HZ / 1min (kV eficaz) | 20 | 38 | 50 | 70 |
| 1,2/50 msec (kV cresta) | 60 | 95 | 125 | 170 |
| Capacidad de ruptura | | | | |
| Transformador en vacío (A) | 16 | | | |
| Cables en vacío (A) | 25 | | | 50 |
| Corriente de corta duración (kA/1seg. - Valor Máx.) | 25 | 16/20 | | |
| Corriente Nominal (A) | 630 | | | |
| Máxima capacidad de ruptura | | | | |
| Unidades: | | | | |
| IM – IMB – IMC | 630 A | | | |
| QM – QMB | 25 kA | 20 kA | 16 kA | |
| DM1-A, DM1-D | 25 kA | 20 kA | | |
| CRV | 25 KA | | | |

Los valores indicados en la presente tabla, son válidos para una temperatura ambiente de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, y para una altura de instalación de hasta 1000 metros sobre el nivel del mar.

El poder de cierre es igual a 2,5 veces la corriente de corta duración admisible.

E – DESCRIPCIÓN TÉCNICA PARTICULAR CELDAS SM6

Comprende la provisión de Celdas de Media Tensión, aptas para montaje interior, grado de protección IP3X; tensión auxiliar a ser tomada de fuente exterior no incluida en nuestro suministro; color de terminación RAL 9003; marca Schneider Electric, sistema SM6- 3 a 24kV, formado por las siguientes unidades:

E.1 – CELDA MODELO GAM-2

Características técnicas: 24 kV - 630 A - 20 KA

Acometida: por la parte inferior

Acceso: frontal

Montaje: contra pared (Separada a 10cm de la misma)

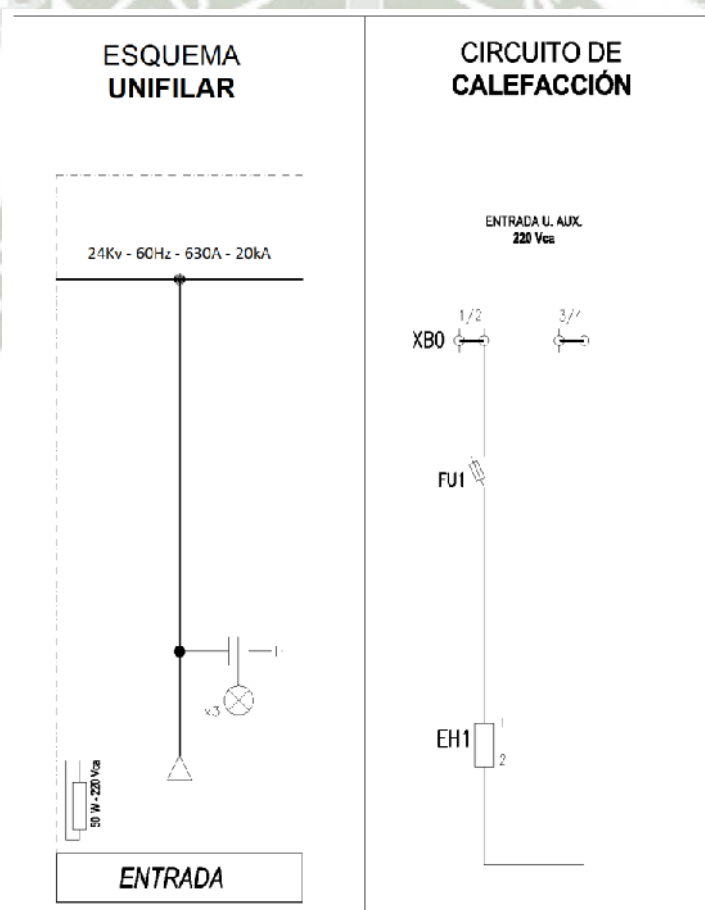


Dimensiones y Peso

Ancho : 375 mm
Alto : 1.600 mm
Prof. : 940 mm
Peso : 120 Kg

Contenido de la unidad:

- Juego de barras de CU para 630A.
- Divisores capacitivos con indicación óptica de presencia de tensión.
- Resistencia Calefactora 50w-220 Vca.



E.1 – CELDA MODELO DM1-A

Características técnicas:

- Tensión nominal: 24 kV
- Corriente nominal: 630 A
- Capacidad de corte: 20 kA

Acometida: por la parte inferior

Acceso: frontal

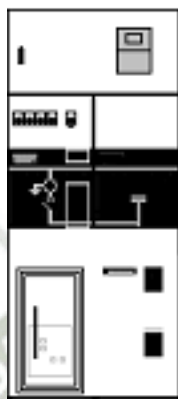
Montaje: contra pared (Separada a 10cm de la misma)

Contenido de cada unidad:

- Juego de barras de CU para 630A.
- Seccionador sin carga en SF6, con cuchillas de PAT incorporadas en el mismo.
- Comando del seccionador modelo CS, con funciones de:
 - *Apertura/Cierre del seccionador principal, a palanca.
 - *Apertura/Cierre del seccionador de PAT, a palanca.
- Diagrama mímico móvil, con indicación de la posición del seccionador principal y de la cuchilla de PAT.
- Bloqueo por candado para el comando del seccionador principal y de las cuchillas de PAT. (Excluidos los candados)
- Interruptor en SF6 modelo SF ejecución fija.
- Tres (3) transformadores de corriente doble núcleo para protección y medición 200-100/5-5A 5VA-5P15, 5VA-cl 0.5, Ith=80In,
- Tres (3) transformadores de tensión simple núcleo para medición 22.9:R3/0.23:R3-0.23:R3KV 10VA-cl 0.2-3P.

Cubículo de B. T conteniendo los elementos auxiliares de comando y protección:

- Seccionador inferior de PAT (En aire)
- Divisores capacitivos con indicación óptica de presencia de tensión.
- Resistencia calefactora 50W - 220VCA.
- Bobina de apertura.
- Medidor Multifunción PM5560
- Relé multifunción SEPAM 10 (S10A43)



DM1-A SF1

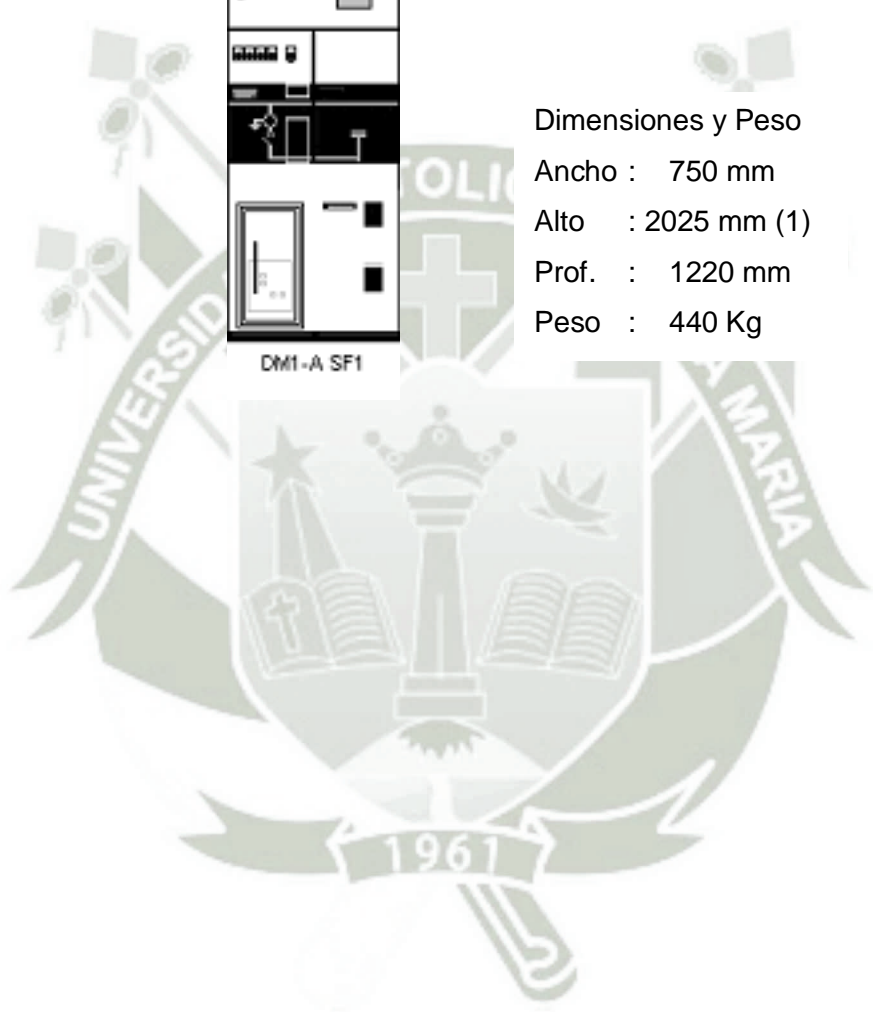
Dimensiones y Peso

Ancho : 750 mm

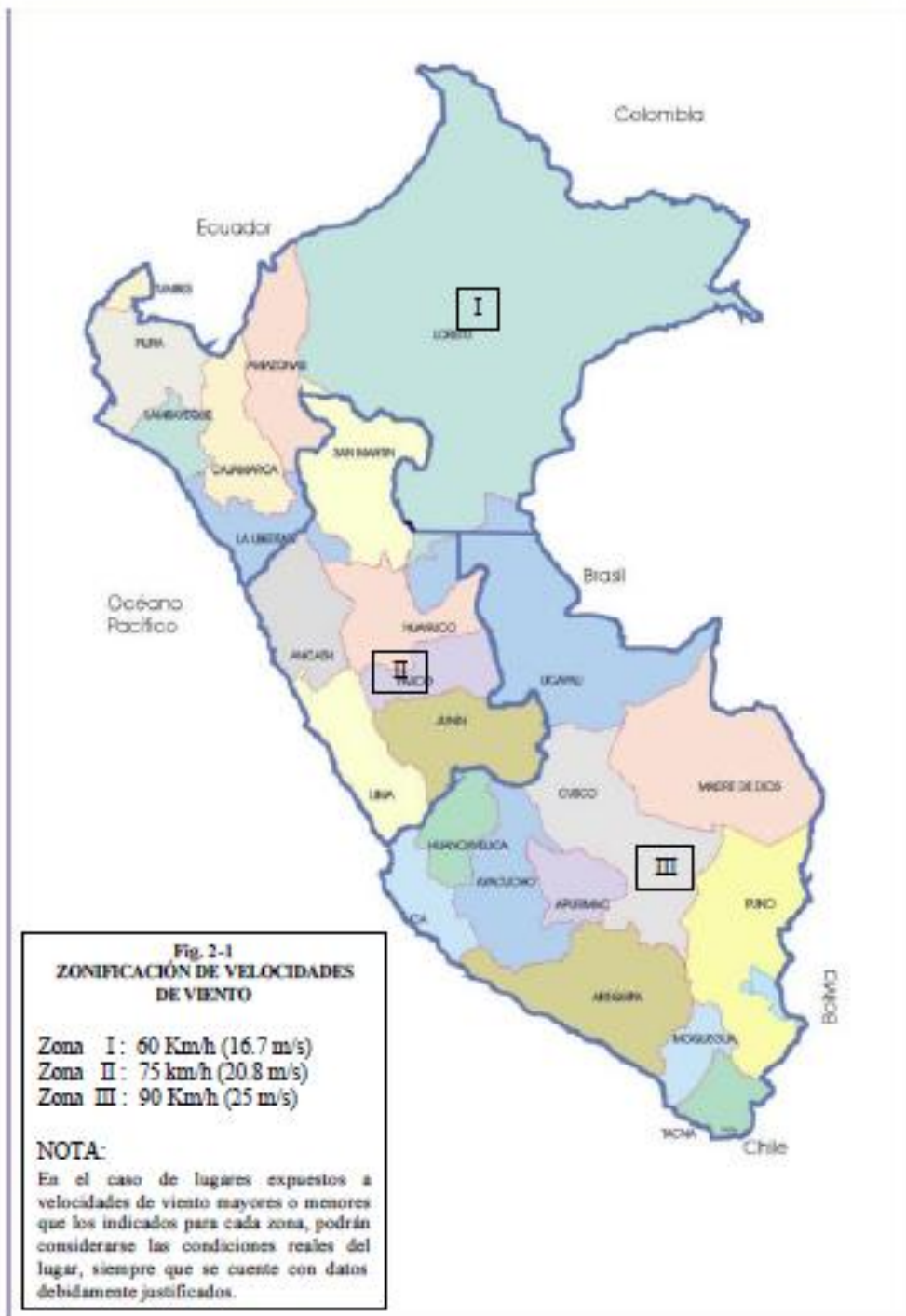
Alto : 2025 mm (1)

Prof. : 1220 mm

Peso : 440 Kg



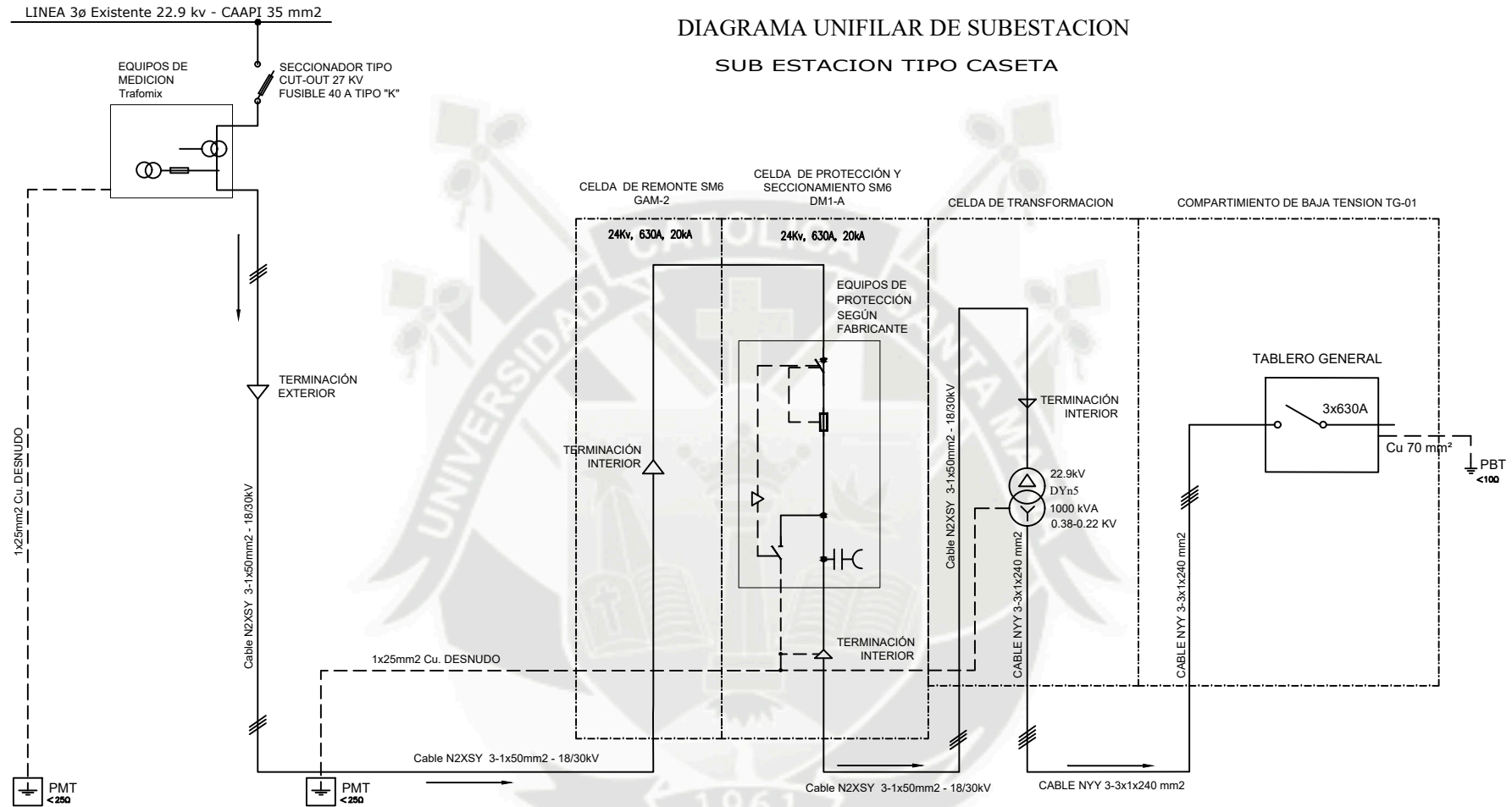
Anexo V
ZONIFICACION DE VELOCIDADES DE VIENTO
CNE DISTRIBUCION 2011



PLANOS DE DISEÑO

| RELACIÓN DE PLANOS | | |
|---------------------------|--|------------------|
| Ítem | Descripción | Lamina N° |
| 1 | Diagrama Unifilar Sistema de Utilización | DU-1 |
| 2 | Planimetría y Ubicación de Estructuras | MT-1 |
| 3 | Armado de Derivación D-1 | ARM-1 |
| 4 | Armado de Alineamiento A-1 | ARM-2 |
| 5 | Armado Poste de Medición PMI | ARM-3 |
| 6 | Unidad de Puesta a Tierra para S.E. PAT-01 | ARM-4 |
| 7 | Unidad de Puesta a Tierra para S.E. PAT-02 | ARM-5 |
| 8 | Plano Civil de Subestación Tipo Caseta | SE-1 |
| 9 | Plano Electromecánico de Subestación Tipo Caseta | SE-2 |
| 10 | Señalización Eléctrica para Postes C.A.C y S.E. | SP-1 |

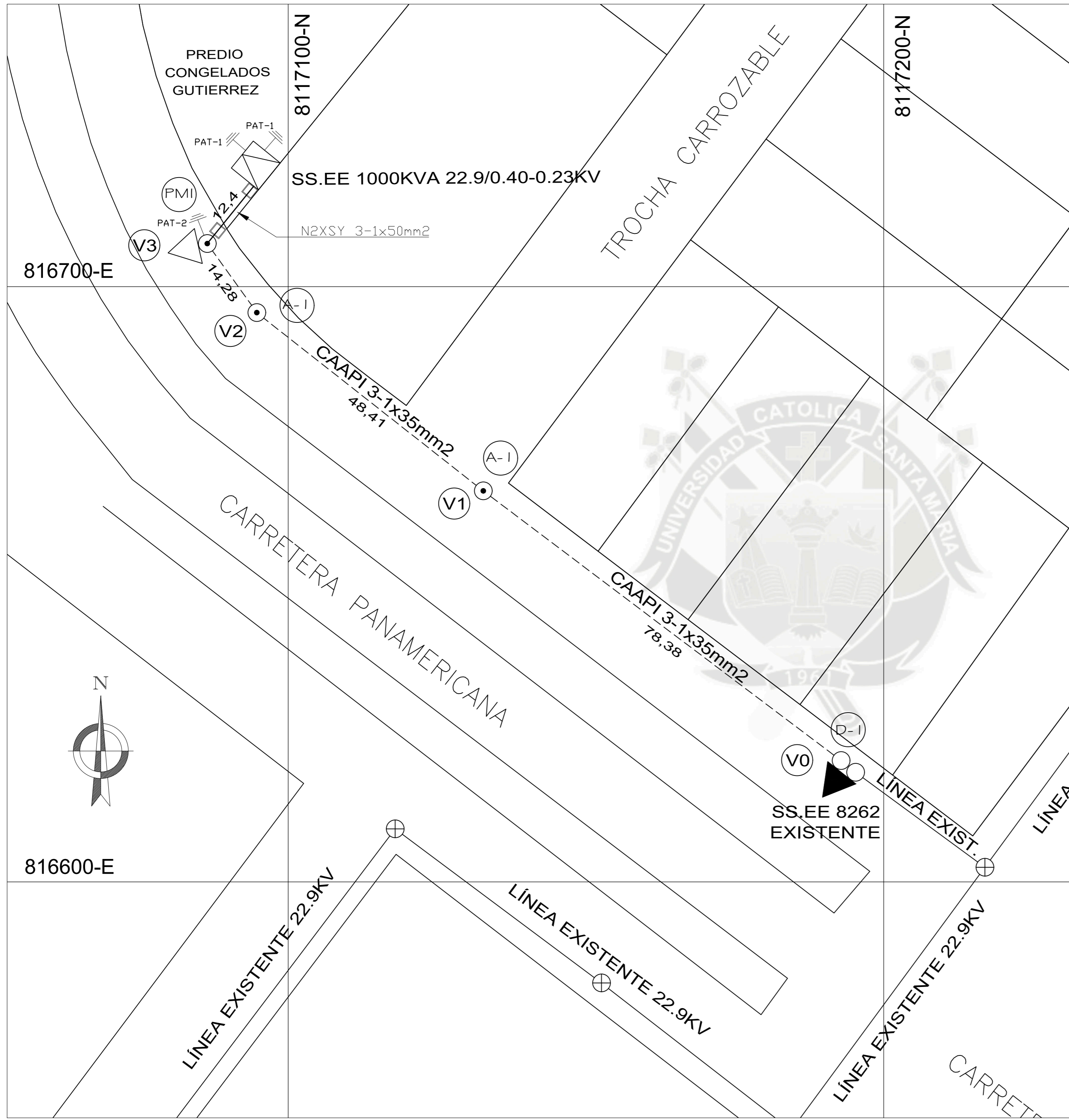
DIAGRAMA UNIFILAR DE SUBESTACION SUB ESTACION TIPO CASETA



| LEYENDA | |
|---------|---|
| SIMBOLO | DESCRIPCION |
| | TABLERO GENERAL T-G |
| | TABLERO DE DISTRIBUCION |
| | POZO A TIERRA |
| | INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO |
| | TERMINACIÓN TERMOCONTRAIBLE |
| | SECCIONADOR TIPO CUT OUT |
| | TRANSFORMADOR DE POTENCIA AISLADO EN ACEITE |
| | CELDA DE PROTECCIÓN Y SECCIONAMIENTO SM6 DM1-A 24KV, 630A, 20KA (EQUIPOS SEGÚN FABRICANTE) |

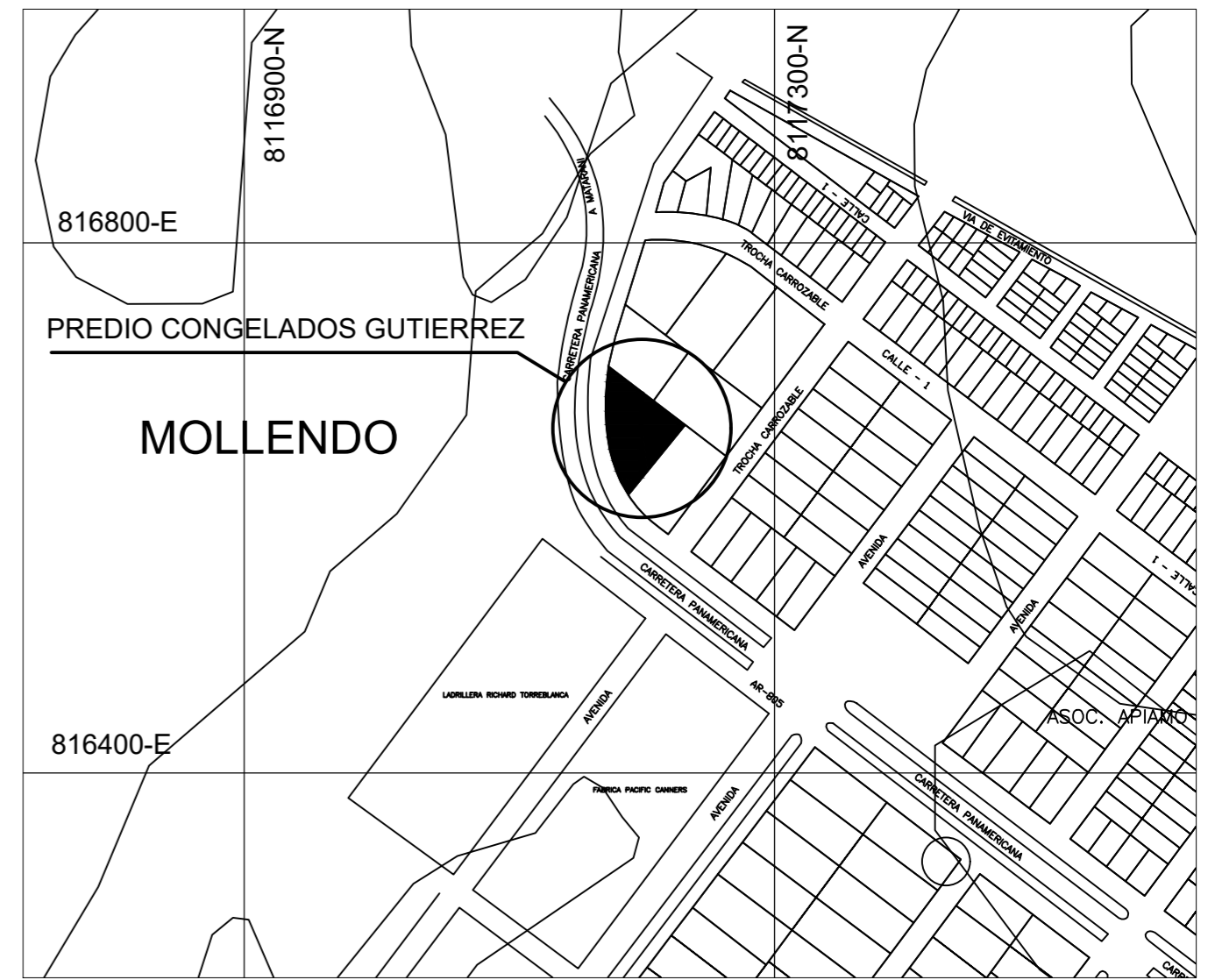
NOTA: Las distancias minimas de seguridad que se toman entre las partes activas de la subestacion y los cierres metalicos estan de acuerdo al CNE

| | | | |
|--|-----------------|--|---------------------|
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA | | | N° DE LAMINA: |
| FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES | | | DU-1 |
| ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRONICA | | | |
| PROYECTO: SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22.9KV Y SS.EE DE 1MVA PARA CONGELADOS GUTIÉRREZ | | | |
| DIBUJO: | V. BRAVO | PLANO: | FECHA: |
| REVISO: | ING.L. CHIRINOS | Diagrama Unifilar Sistema de Utilización | MARZO 2018 |
| APROBÓ: | ING.L. CHIRINOS | | ESCALA: INDICADA |



PLANIMETRÍA Y UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS

ESCALA 1/500



PLANO DE UBICACIÓN

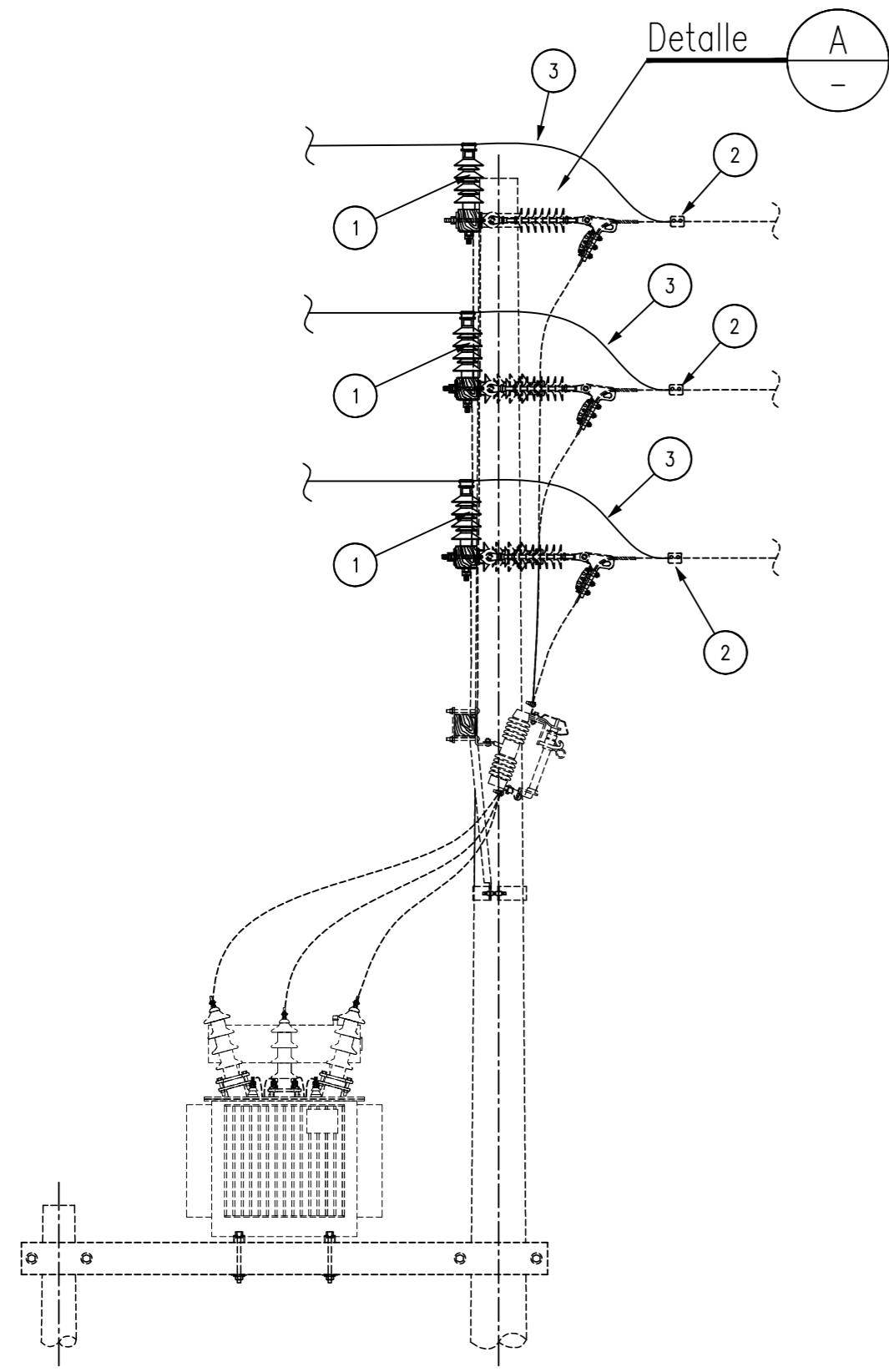
ESCALA 1/5000

| COORDENADAS UTM - DATUM WGS84 | | | | | |
|-------------------------------|-----------|-----------------|------------------|------------|---------------|
| VÉRTICE | CUADRANTE | COORDENADA ESTE | COORDENADA NORTE | ÁNGULO (°) | DISTANCIA (M) |
| V0 | 18K | 816686.41 | 8117107.25 | 0 | 0 |
| V1 | 18K | 816694.73 | 8117095.64 | 143 | 78.38 |
| V2 | 18K | 816732.77 | 8117065.69 | 142 | 48.41 |
| V3 | 18K | 816795.28 | 8117018.42 | 126 | 14.28 |

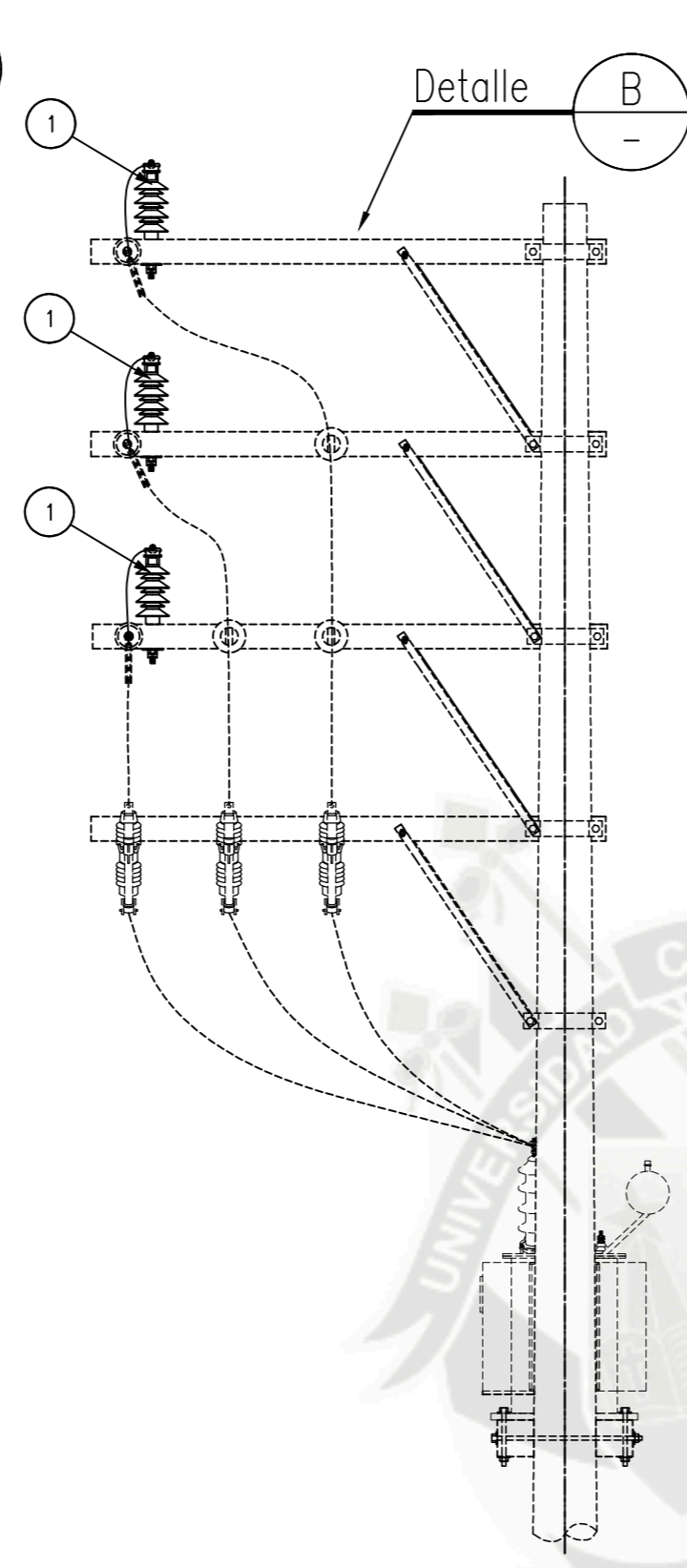
| LEYENDA DE SIMBOLOGÍA | |
|-----------------------|---|
| SIMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| ⊗ | Poste C.A.C Existente |
| ⊙ | Poste C.A.C 13/400 Proyectado |
| ⊕ | Transformador Medida en Poste 13/400 Proyectado |
| ⊕ | Subestación Aérea Biposte Existente |
| --- | Línea Proyectada en Media Tensión nivel 22.9KV |
| --- | Línea Existente en Media Tensión nivel 22.9KV |
| --- | Línea Subterránea en Media Tensión nivel 22.9KV |
| ⊕ | Subestación Eléctrica Tipo Caseta de 1000KVA |
| ⊕ | Buzón de Inspección de Media Tensión |
| ⊕ | Puesta a Tierra |

| LEYENDA DE ARMADOS | |
|--------------------|--------------------------------------|
| SIMBOLO | DESCRIPCIÓN |
| (D-1) | Armado de Derivación |
| (A-1) | Armado de Alineamiento |
| (PM) | Armado Poste de Medición Electronica |

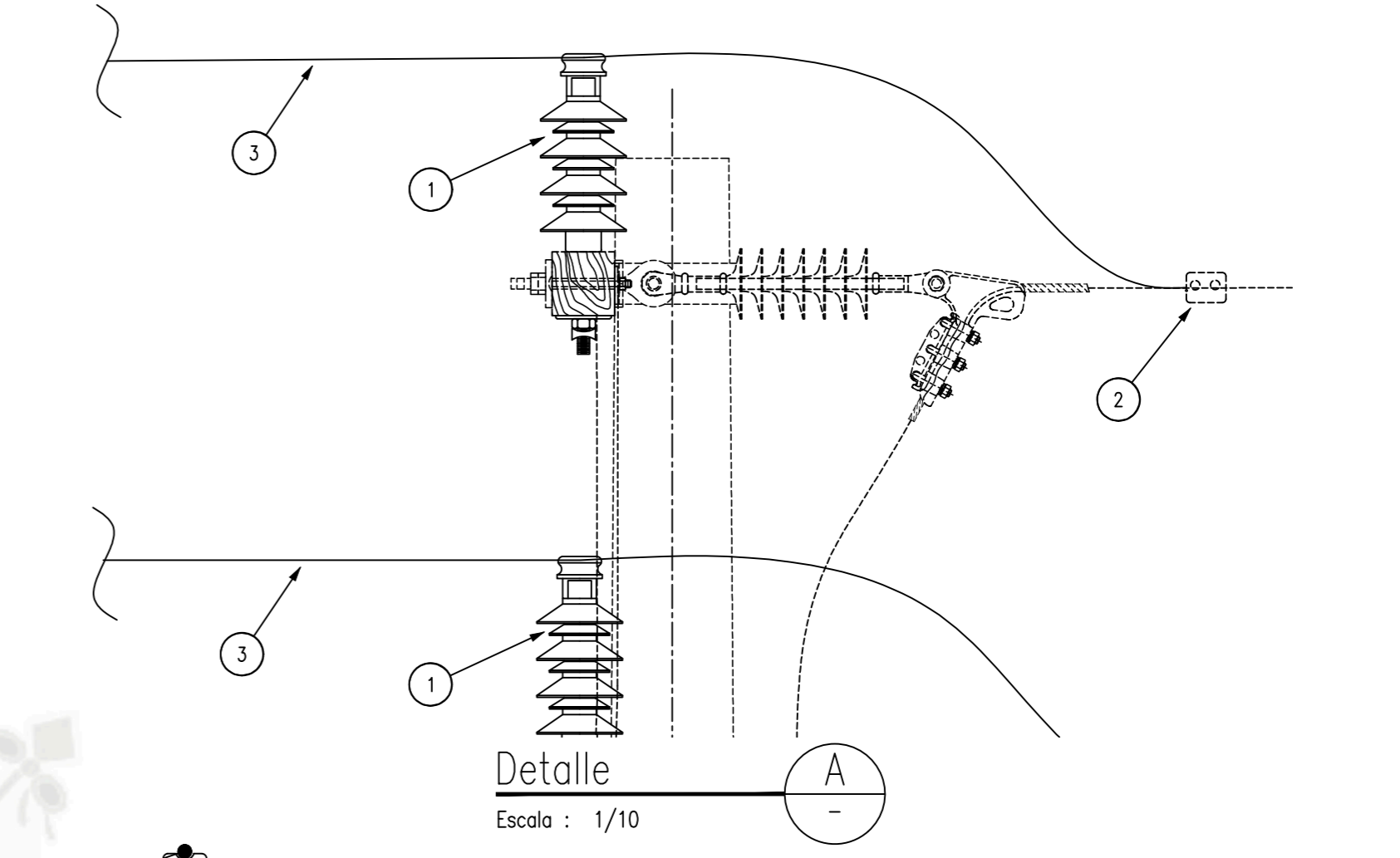
| | | | | | |
|--|-----------------|--------|--|------------------------------|------------|
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRONICA | | | | N° DE LAMINA: MT-1 | |
| PROYECTO: SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22.9KV Y SS.EE DE 1MVA PARA CONGELADOS GUTIÉRREZ | | | | | |
| DIBUJO: | V. BRAVO | PLANO: | PLANIMETRÍA Y UBICACIÓN DE ESTRUCTURAS | FECHA: | MARZO 2018 |
| REVISO: | ING.L. CHIRINOS | | | ESCALA: | INDICADA |
| APROBÓ: | ING.L. CHIRINOS | | | | |



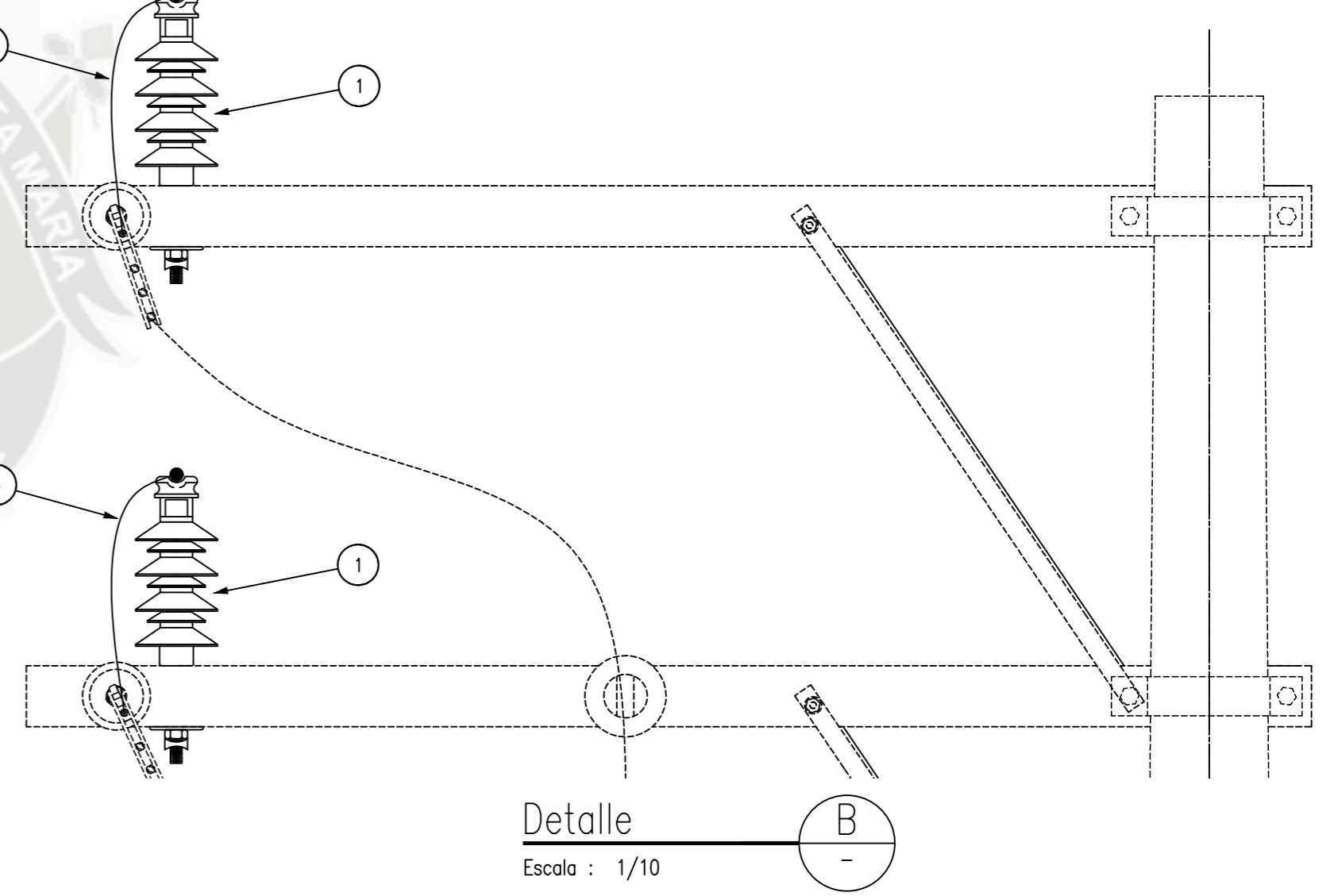
Vista frontal
Escala : 1/30



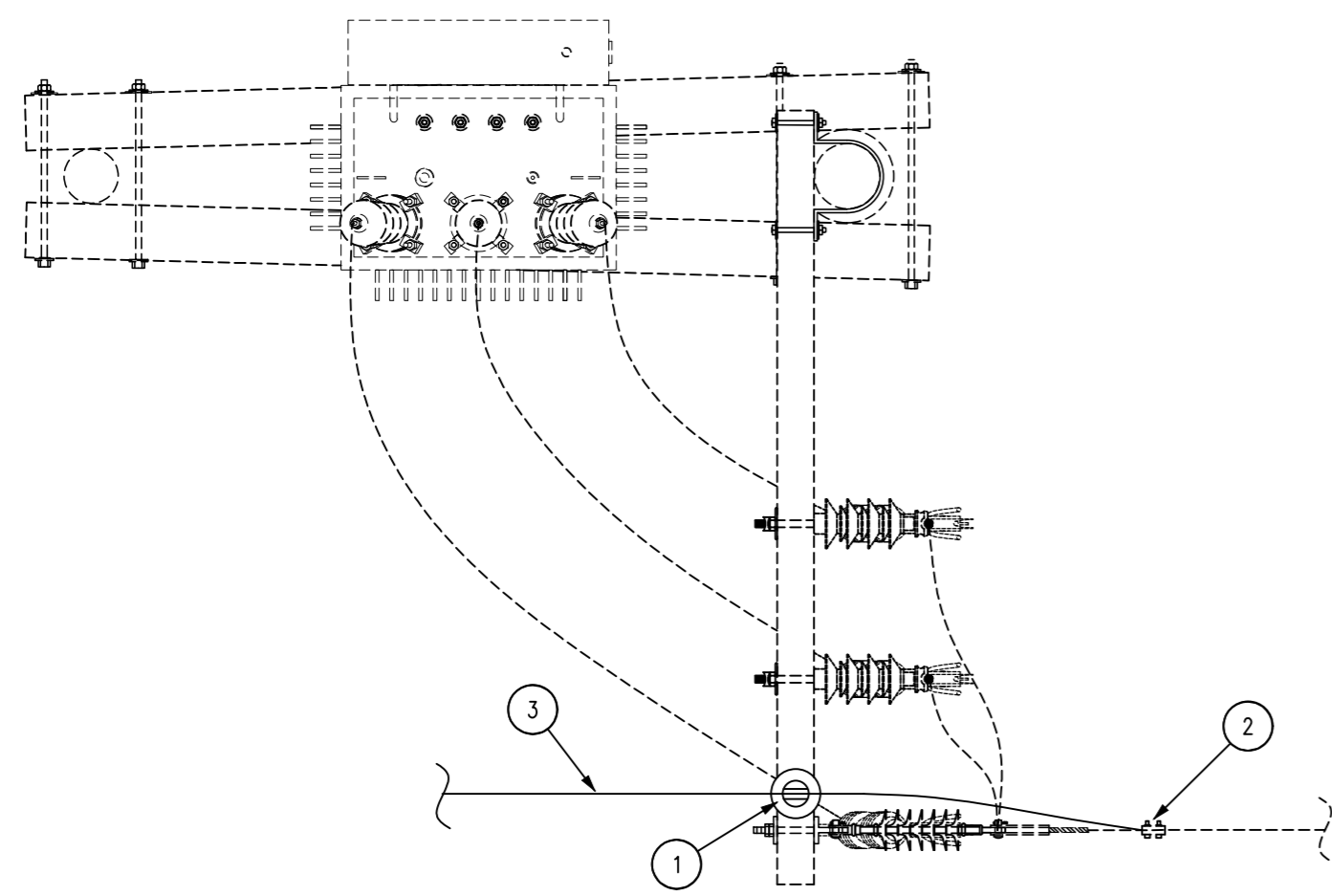
Vista lateral
Escala : 1/30



Detalle A
Escala : 1/10



Detalle B
Escala : 1/10



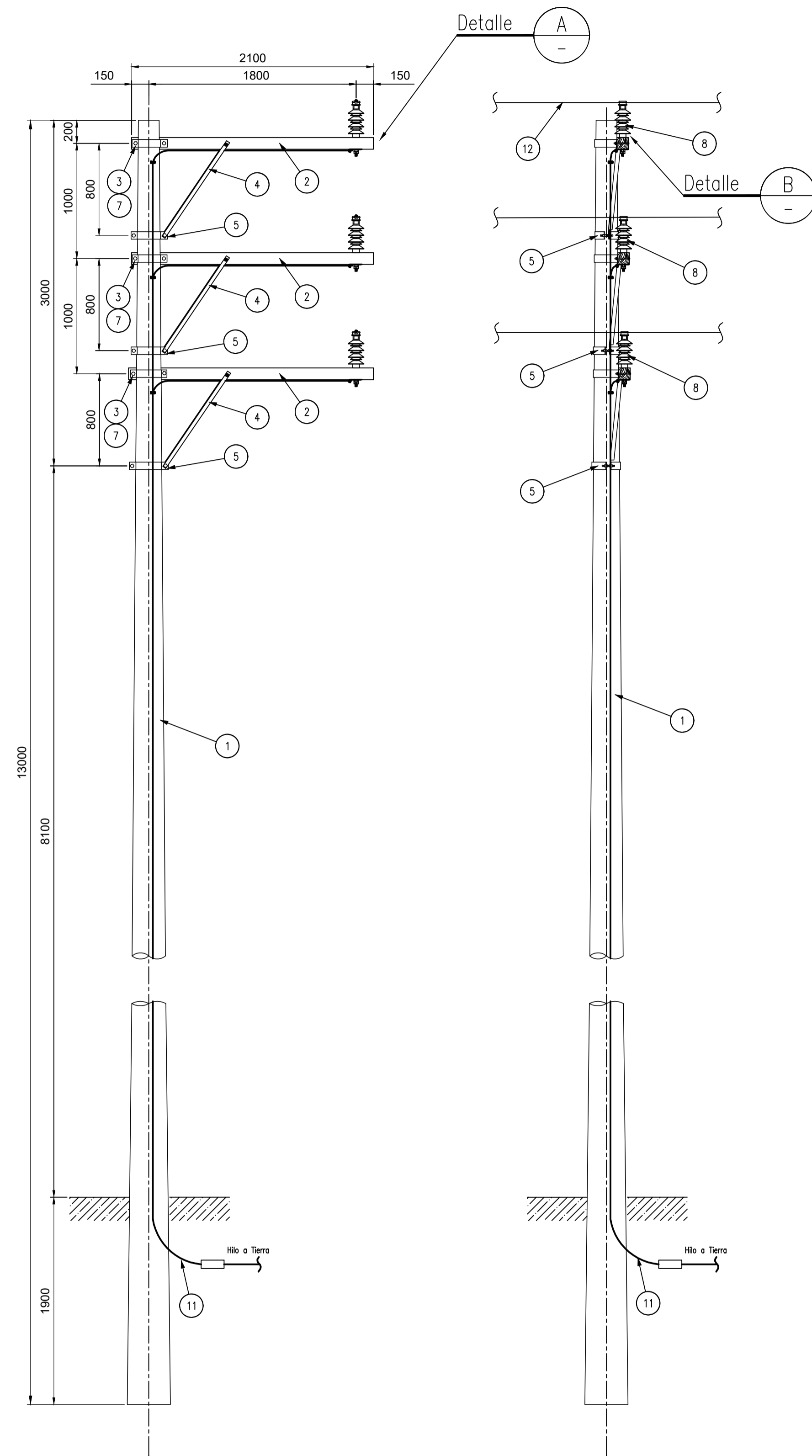
Vista de planta
Escala : 1/20

Notas:

1. Dimensiones en milímetros a menos que se indique otra unidad diferente.
2. Esta estructura se usará para el conductor CAAP 35mm².
3. Línea punteada es existente

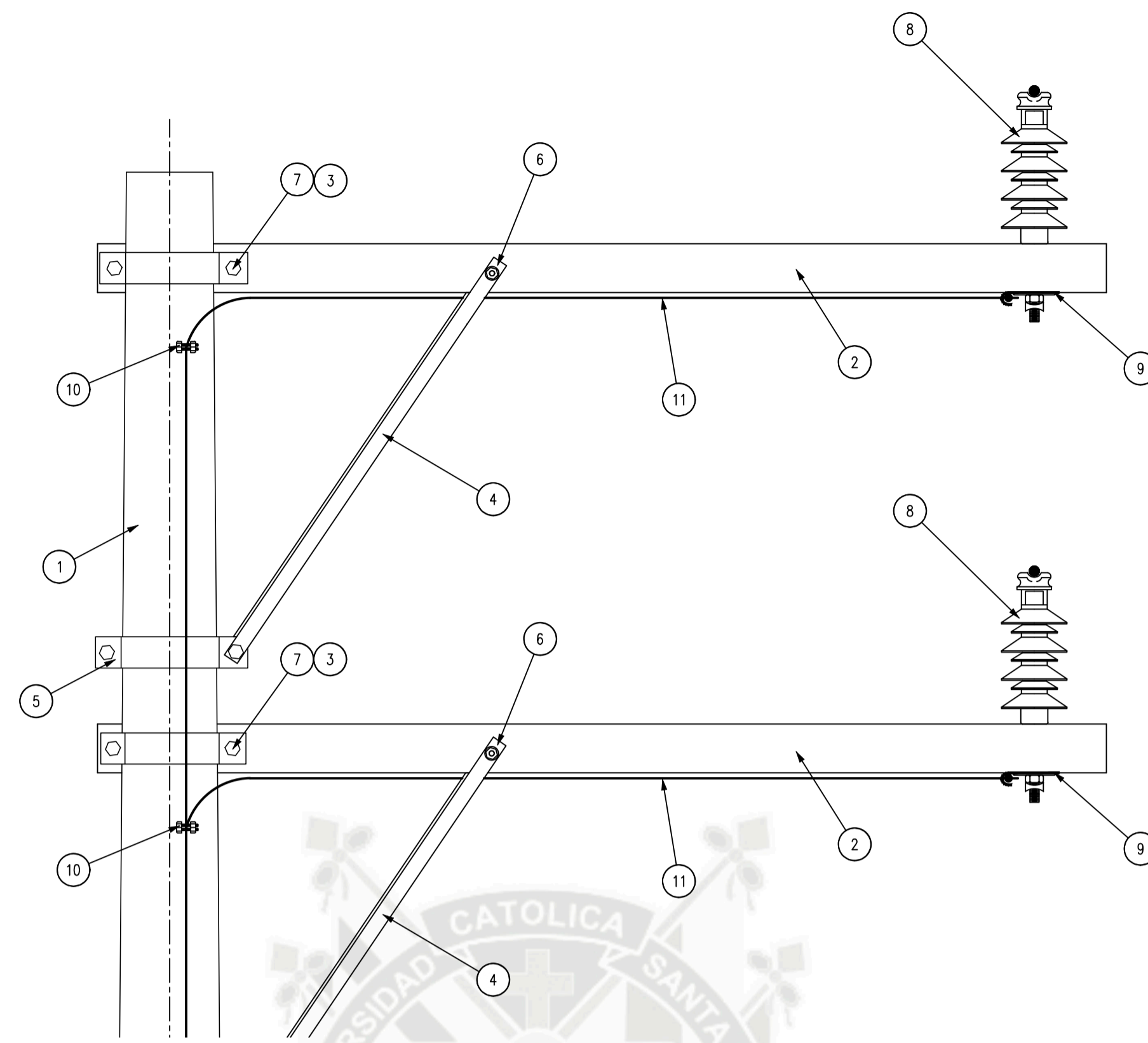
| Lista de materiales | | |
|---------------------|---|------------|
| Item | Descripción | Cantidades |
| 1 | Aislador tipo PIN Polimerico de 27KV | 3 |
| 2 | Conector Cobre - Aluminio para cable de 35mm ² | 3 |
| 3 | Conductor de Aleacion de Aluminio AAAC de 35mm ² | --- |

| | | | | | |
|--|-----------------|--------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRONICA | | | | N° DE LAMINA: ARM-1 | |
| PROYECTO: SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22.9KV Y SS.EE DE 1MVA PARA CONGELADOS GUTIÉRREZ | | | | | |
| DIBUJO: | V. BRAVO | PLANO: | ARMADO DE DERIVACIÓN (D-1) | FECHA: | MARZO 2018 |
| REVISO: | ING.L. CHIRINOS | | | | |
| APROBÓ: | ING.L. CHIRINOS | | | | |
| | | | | | ESCALA: INDICADA |

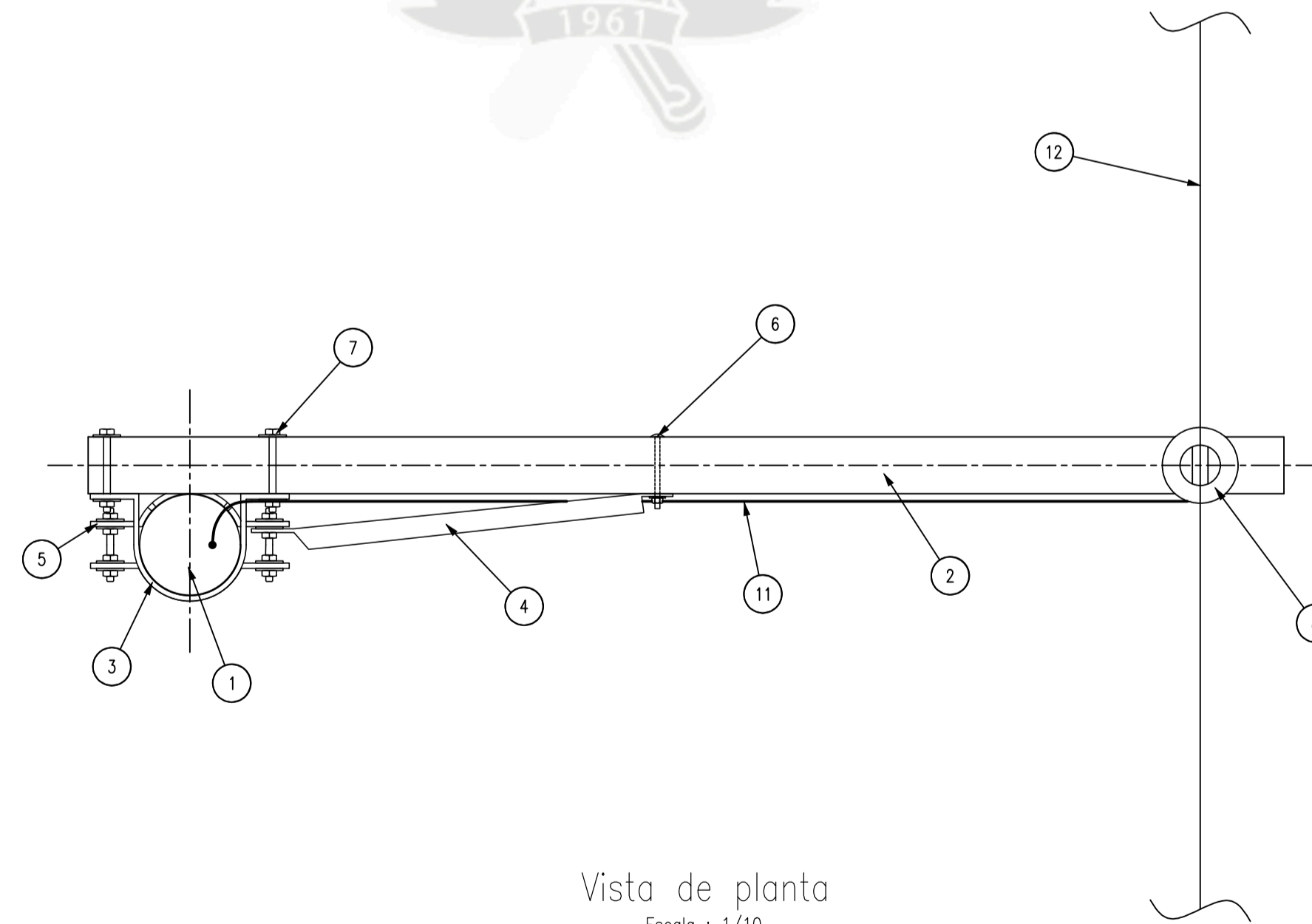


Vista frontal
Escala : 1/30

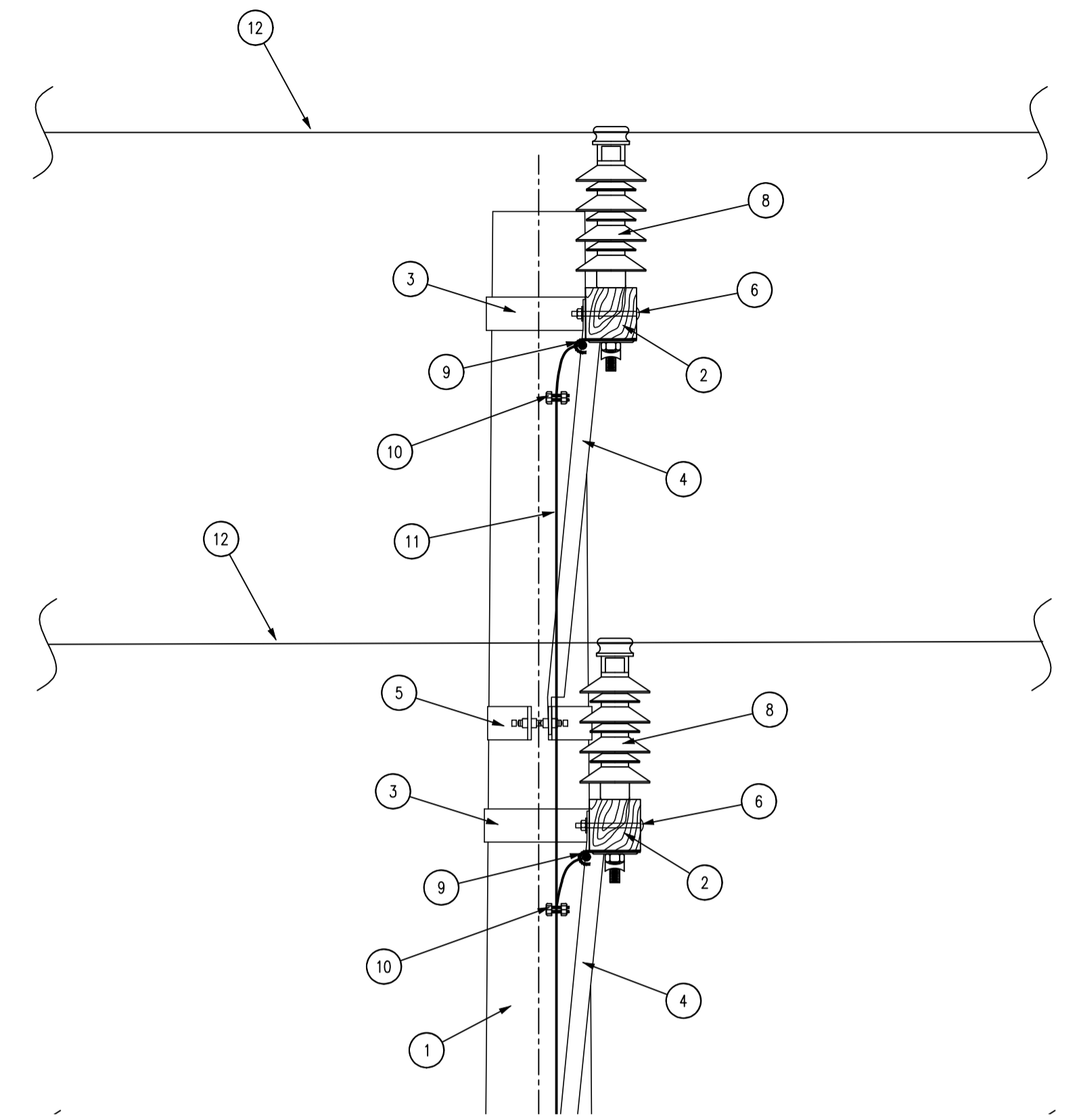
Vista lateral
Escala : 1/30



Detalle A
Escala : 1/10



Vista de planta
Escala : 1/10



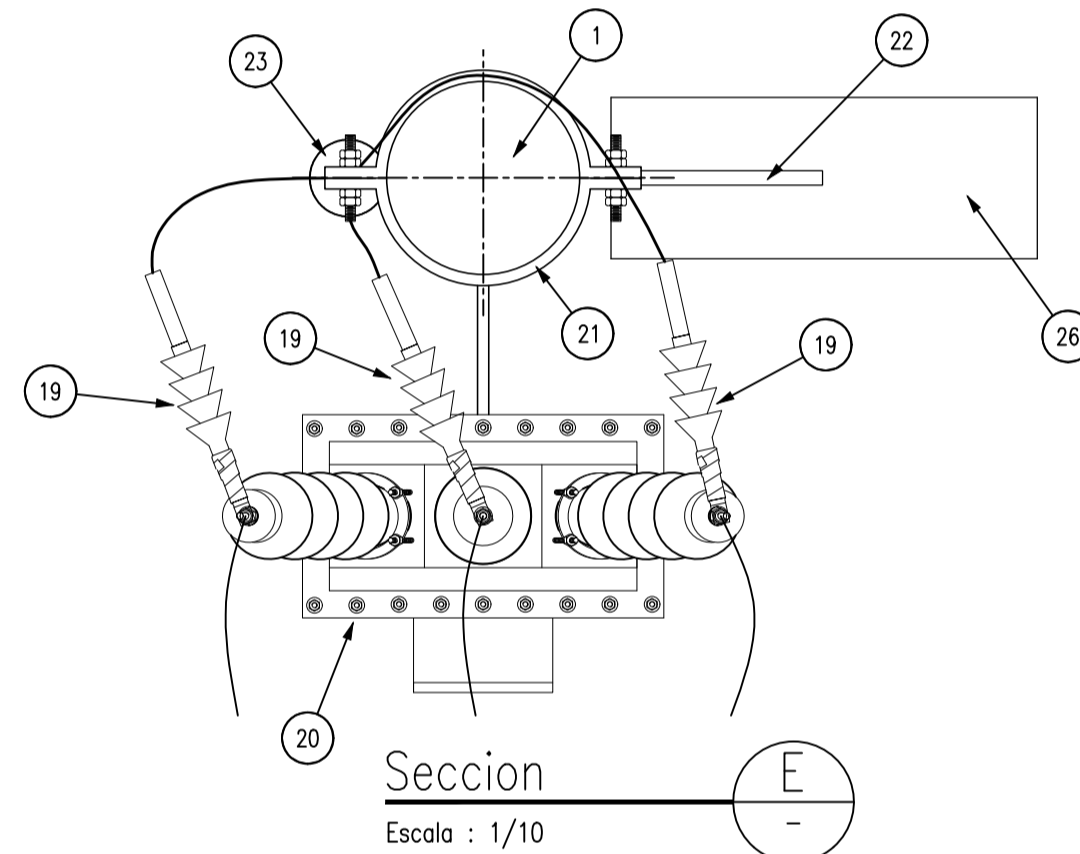
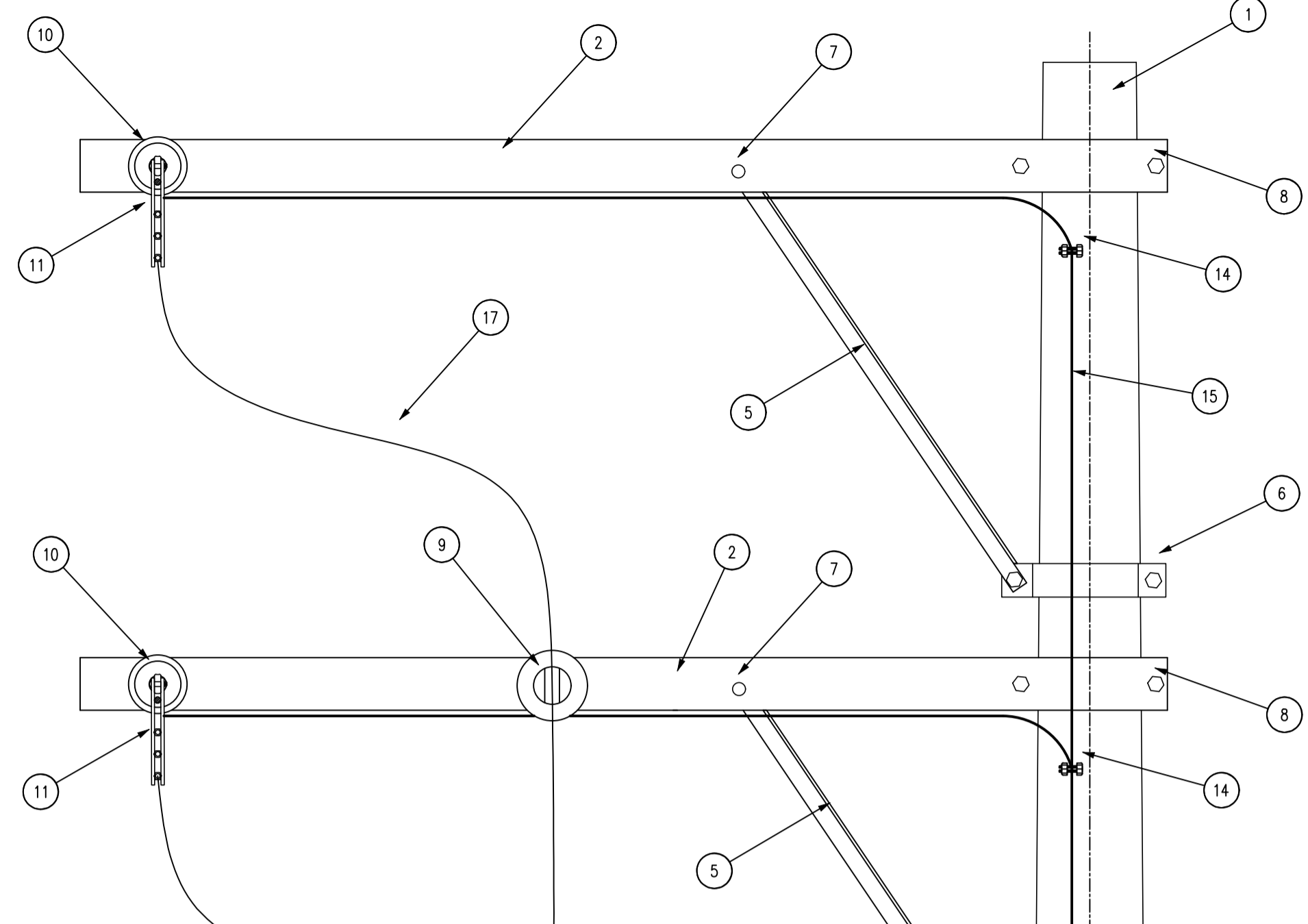
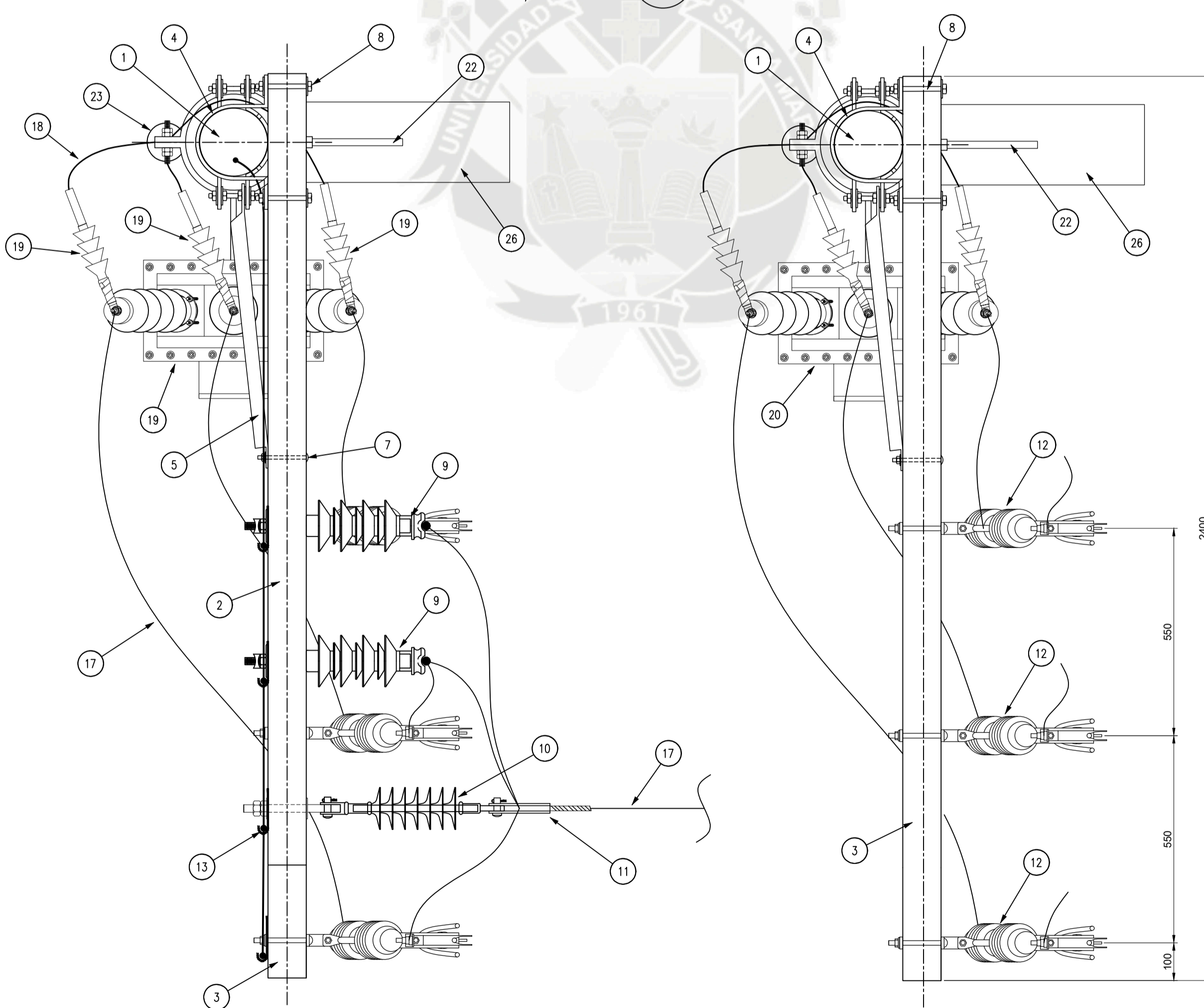
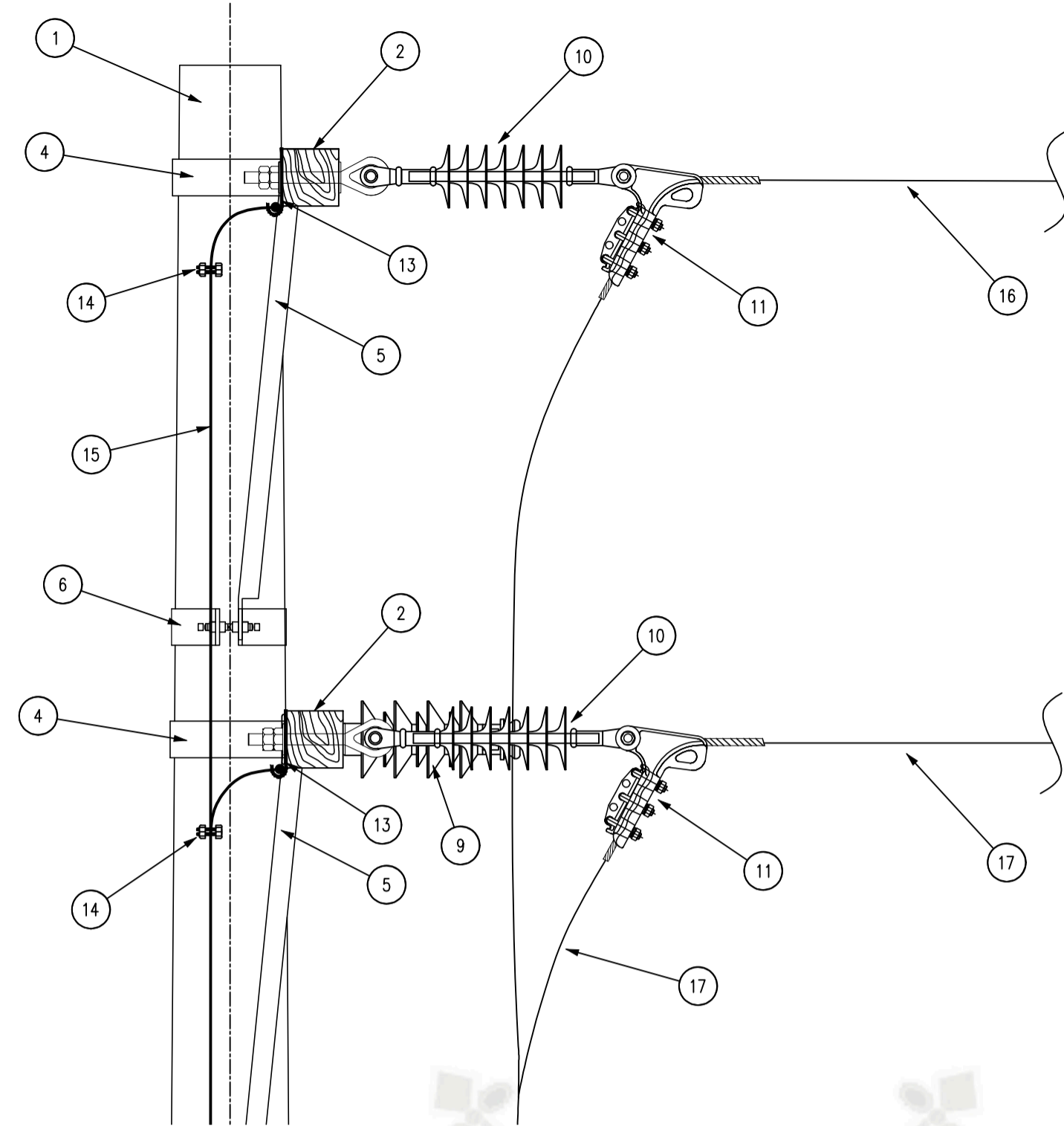
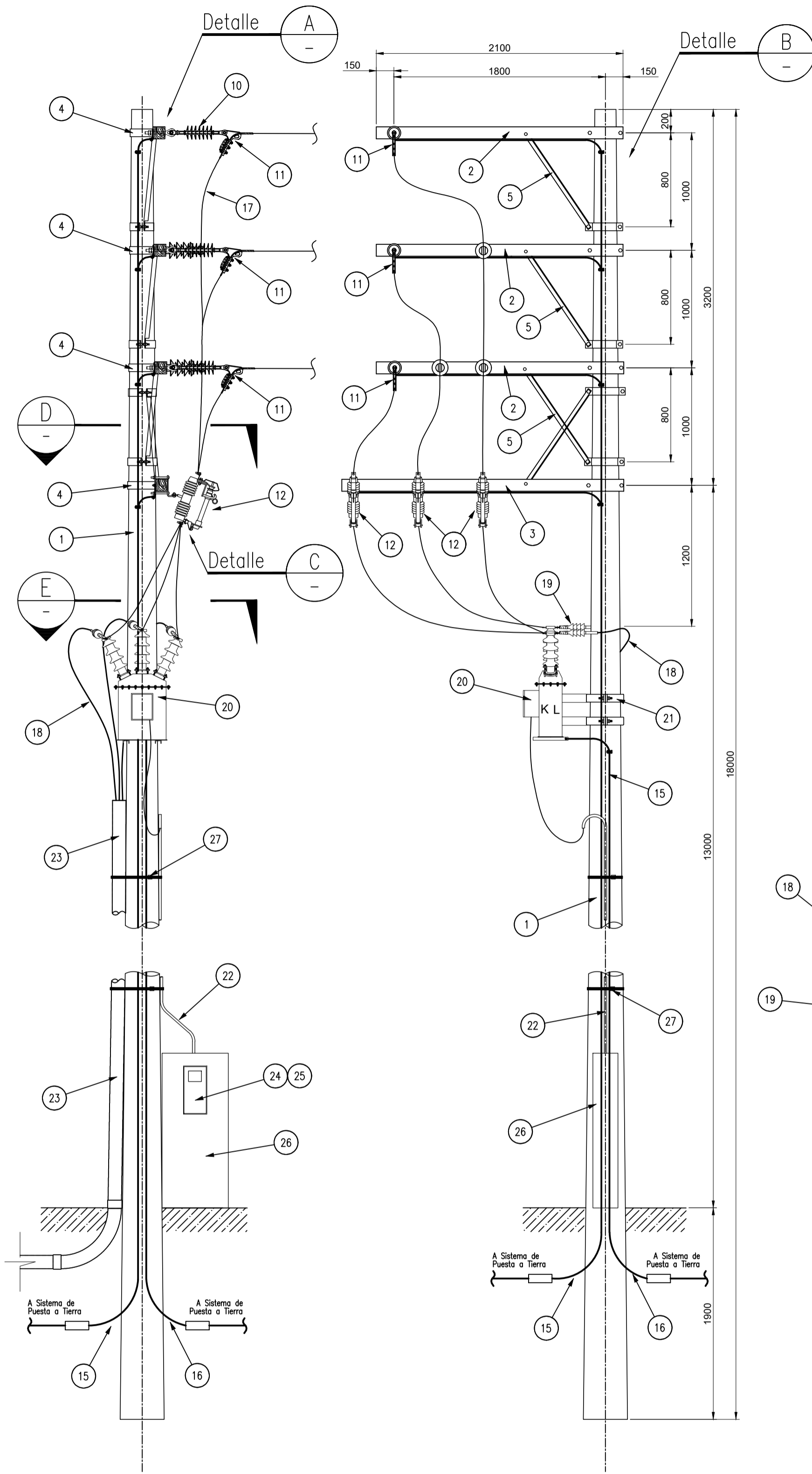
Detalle B
Escala : 1/10

| Lista de materiales | | |
|---------------------|--|------------|
| Item | Descripción | Cantidades |
| 1 | Poste de Concreto Armado Centrifugado CAC, de 13/400. | 1 |
| 2 | Cruceta de madera tratada de 4"x4"x2100 mm. | 3 |
| 3 | Abrazadera para Poste CAC, de 13/400 | 3 |
| 4 | Brazo soporte (Riostra) de perfil angular de A/G 38x38x5mm sección, 1000 mm de longitud. | 3 |
| 5 | Abrazadera de 3/8"x4" tipo 2 vias 180° con pernos de ajuste, Ø del poste 7"-10" (178mm - 254mm) | 3 |
| 6 | Perno Coche de A/G de 13mmx152mm, Longitud 78mm, maquinado, con arandela, tuerca y contratuerca. | 3 |
| 7 | Perno Cabeza Hexagonal de 5/8"x6", maquinado, con arandela, tuerca y contratuerca. | 6 |
| 8 | Aislador tipo PIN Polimerico de 27KV | 3 |
| 9 | Pletina de cobre tipo "J" con agujero Ø 11/16" (18mm) | 3 |
| 10 | Conector tipo perno partido para conductor de Cobre (Cu) puro de 35-70mm ² | 3 |
| 11 | Conductor de Cobre (Cu) desnudo de 35mm ² para puesta a tierra | 15 m |
| 12 | Cable Aleación de Aluminio CAAPI de 35mm ² | --- |

Notas:

1. Dimensiones en milímetros a menos que se indique otra unidad diferente.
2. El detalle de retenidas y puesta a tierra se muestran en otros planos.
3. Esta estructura se usará para el conductor CAAPI 35mm².

| | | | | |
|---|-----------------|------------------------------|------------|-------------------------------|
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA | | | | N° DE LAMINA: ARM-2 |
| FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRONICA | | | | |
| PROYECTO: SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22.9KV Y SS.EE DE 1MVA PARA CONGELADOS GUTIÉRREZ | | | | |
| DIBUJO: | V. BRAVO | PLANO: | FECHA: | ESCALA: INDICADA |
| REVISO: | ING.L. CHIRINOS | ARMADO DE ALINEAMIENTO (A-1) | MARZO 2018 | |
| APROBÓ: | ING.L. CHIRINOS | | | |



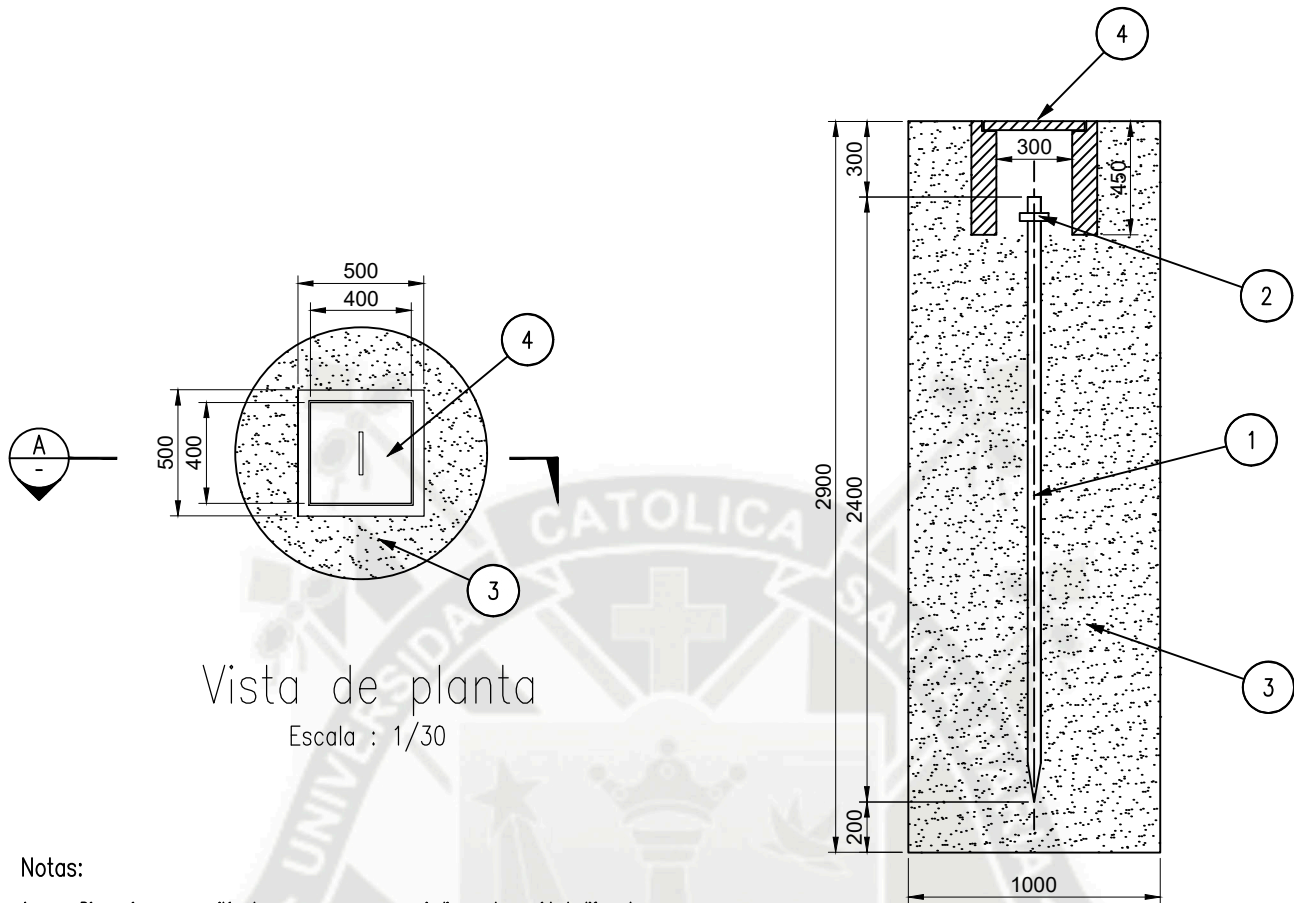
| Lista de materiales | | |
|---------------------|--|------------|
| Item | Descripción | Cantidades |
| 1 | Poste de Concreto Armado Centrifugado CAC, de 13/400. | 1 |
| 2 | Cruceta de madera tratada de 4"x4"x2100 mm. | 3 |
| 3 | Cruceta de madera tratada de 4"x4"x2400 mm. | 1 |
| 4 | Abrazadera para Poste CAC, de 13/400 | 4 |
| 5 | Brazo soporte (Riostra) de perfil angular de A/C 38x38x5mm seccion, 1000 mm de longitud. | 4 |
| 6 | Abrazadera de 3/8"x4" tipo 2 vias 180° con pernos de ajuste, Ø del poste 7"-10" (178mm - 254mm) | 4 |
| 7 | Perno Coche de A/C de 13mmx152mm, Longitud 78mm, maquinado, con arandela, tuerca y contratuerca. | 3 |
| 8 | Perno Cabeza Hexagonal de 5/8"x6", maquinado, con arandela, tuerca y contratuerca. | 8 |
| 9 | Aislador tipo PIN Polimerico de 27KV | 3 |
| 10 | Aislador de Suspension Polimerico de 27KV | 3 |
| 11 | Grampa de anclaje tipo pistola de doble perno | 3 |
| 12 | Seccionador CUT OUT Polimerico de 27KV, con fusibles tipo chicote de 40A | 3 |
| 13 | Pletina de cobre tipo "J" con agujero Ø 11/16" (18mm) | 9 |
| 14 | Conector tipo perno partido para conductor de copperweld de 35-70mm2 | 5 |
| 15 | Conductor de Cobre (Cu) desnudo de 35mm2 para puesta a tierra (Ferretería Eléctrica) | 18 m |
| 16 | Conductor de Cobre (Cu) aislado de 35mm2 para puesta a tierra (Transformador de Medida) | 9 m |
| 17 | Cable Aleación de Aluminio CAAPI de 35mm2 | --- |
| 18 | Cable Subterráneo NZXSX de 50mm2 18/30KV | --- |
| 19 | Terminación Exterior Termocntrable de 35KV para cable subterráneo NZXSX de 50mm2 | 3 |
| 20 | Transformador de medida (transformix) | 1 |
| 21 | Abrazadera para transformador de medida (transformix) | 1 |
| 22 | Tubo de PVC SAP de Ø 2" x 3mts. de longitud | 2 |
| 23 | Tubo de F'G' de 4" de diámetro, 2mm de espesor y 6m de longitud | 1 |
| 24 | Medidor Electrónico (SEAL) | 1 |
| 25 | Caja porta Medidor Electrónico | 1 |
| 26 | Murete de Concreto para Medidor | 1 |
| 27 | Cinta Band-It de 3/4" c/Prensillas de Acero | 2 m |

- Notas:
1. Dimensiones en milímetros a menos que se indique otra unidad diferente.
 2. El detalle de retenidas y puesta a tierra se muestran en otros planos.
 3. Esta estructura se usará para el conductor CAAPI 35mm2.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA

Nº DE LÁMINA:
ARM-3

| | | | |
|---|--|----------------------|--|
| PROYECTO: SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22.9KV Y SS.EE DE 1MVA PARA CONGELADOS GUTIÉRREZ | | FECHA: MARZO 2018 | |
| DIBUJO: V. BRAVO | PLANO: ARMADO POSTE DE MEDICIÓN (PMI) | ESCALA: INDICADA | |
| REVISO: ING.L. CHRINOS | APROBÓ: ING.L. CHRINOS | | |



Vista de planta
Escala : 1/30

$$R = 7.9 \text{ Ohms}$$

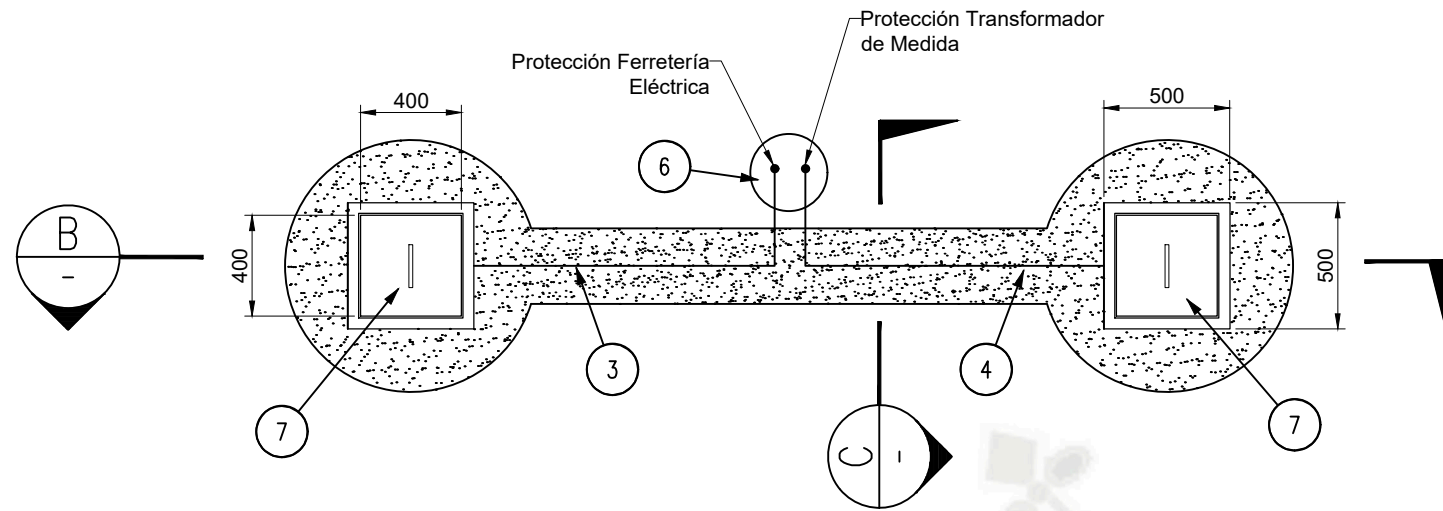
Seccion
Escala : 1/30

Notas:

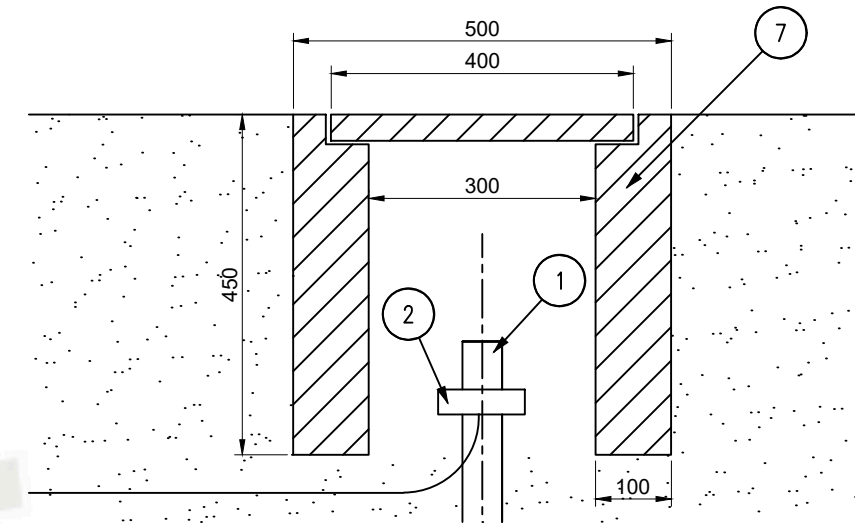
1. Dimensiones en milímetros a menos que se indique otra unidad diferente.
2. Conductor de cobre desnudo tanto para lado primario y lado secundario especificado en plano de Subestación tipo caseta (según CNE).
Lado primario sección de 25mm²
Lado secundario sección de 70mm²

| Lista de materiales | | |
|---------------------|--|--------------------|
| Item | Descripción | Cantidades |
| ① | Varilla de cobre (Cu) puro de 19mm (3/4") ϕ y 2.40m de longitud | 1 |
| ② | Conector de Bronce tipo Anderson para varilla de 19mm (3/4") | 1 |
| ③ | Dosis de sal industrial y cemento conductivo con tierra sernida | 2.20m ³ |
| ④ | Caja de registro de concreto para unidad a tierra | 1 |

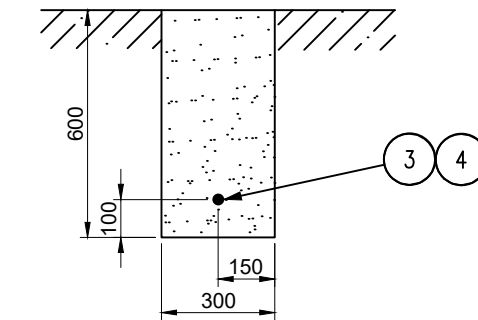
| | | | |
|---|-----------------|--|--|
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRONICA | | | N° DE LAMINA: <h1 style="margin: 0;">ARM-4</h1> |
| PROYECTO: SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22.9KV Y SS.EE DE 1MVA PARA CONGELADOS GUTIÉRREZ | | | |
| DIBUJO: | V. BRAVO | PLANO: | FECHA: |
| REVISO: | ING.L. CHIRINOS | UNIDAD DE PUESTA A TIERRA PARA SE (PAT-01) | DICIEMBRE 2017 |
| APROBÓ: | ING.L. CHIRINOS | | ESCALA: INDICADA |



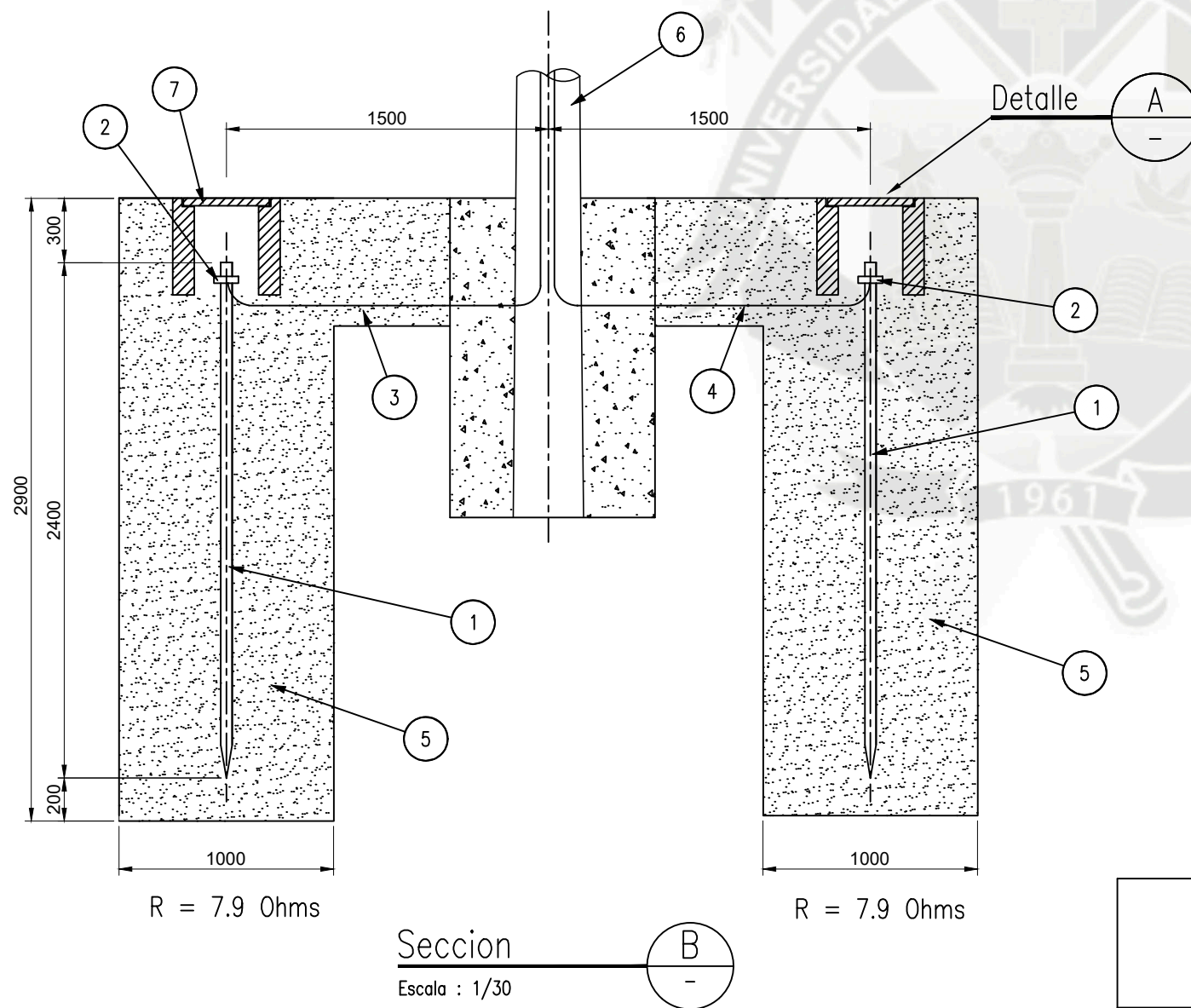
Vista de planta
Escala : 1/30



Detalle A
Escala : 1/10



Seccion C
Escala : 1/20



Seccion B
Escala : 1/30

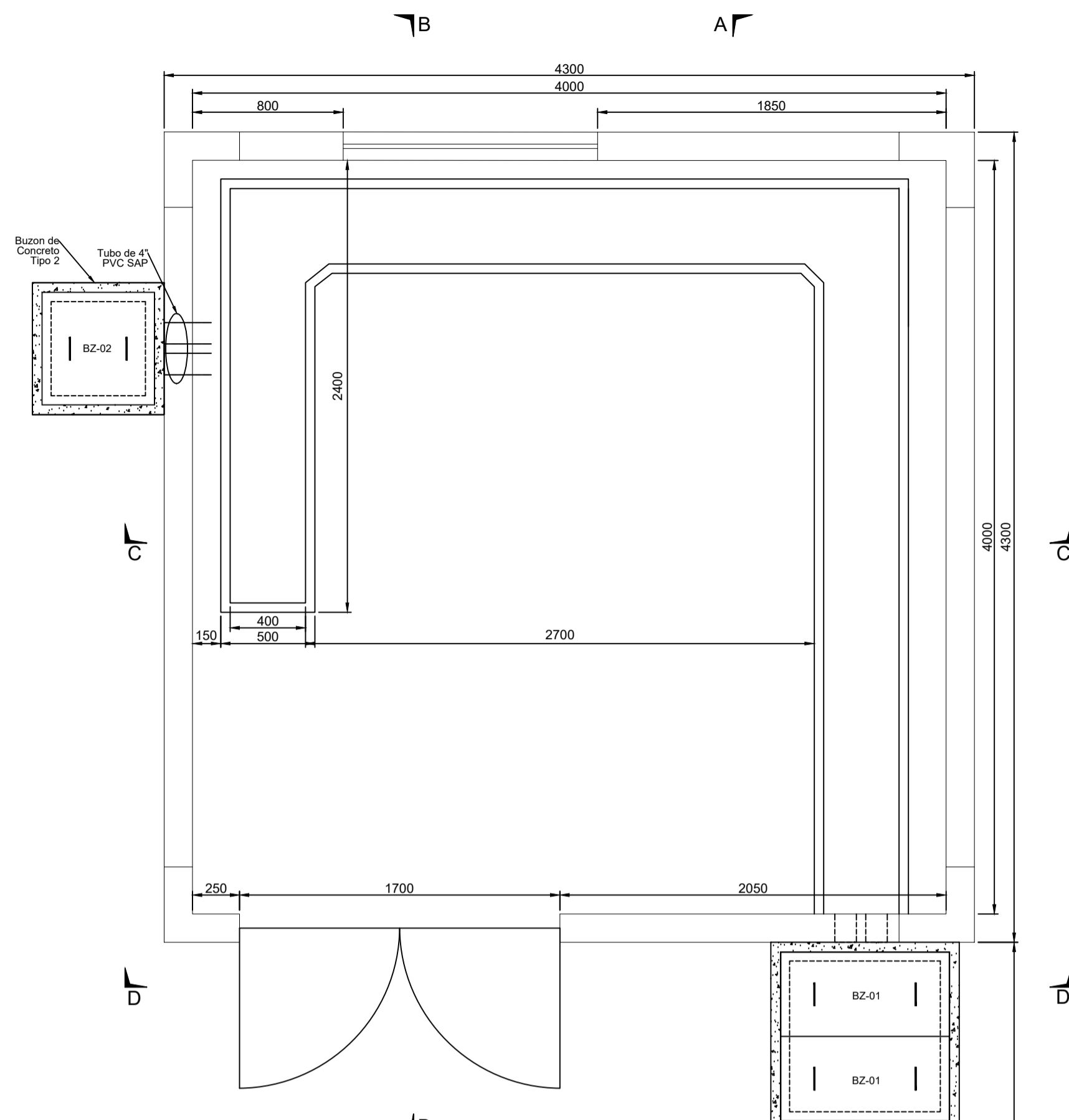
Lista de materiales

| Item | Descripción | Cantidades |
|------|--|--------------------|
| ① | Varilla de cobre (Cu) puro de 19mm (3/4") ϕ y 2.40m de longitud | 2 |
| ② | Conector de Bronce tipo Anderson para varilla de 19mm (3/4") | 2 |
| ③ | Conductor de cobre (Cu) desnudo de 25mm ² (ferretería eléctrica) | --- |
| ④ | Conductor de cobre (Cu) desnudo de 25mm ² (transformador de medida) | --- |
| ⑤ | Dosis de sal industrial y cemento conductor con tierra sernida | 4.76m ³ |
| ⑥ | Poste C.A.C de media tension | 1 |
| ⑦ | Caja de registro de concreto para unidad a tierra | 2 |

Notas:

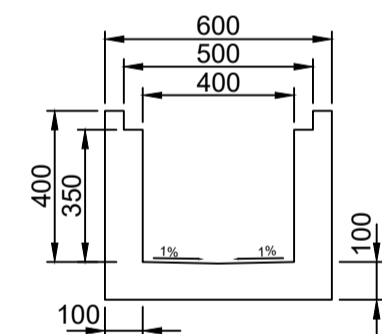
1. Dimensiones en milímetros a menos que se indique otra unidad diferente.

| | | | |
|--|-----------------|---|------------------|
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRONICA | | | N° DE LAMINA: |
| PROYECTO: SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22.9KV Y SS.EE DE 1MVA PARA CONGELADOS GUTIÉRREZ | | | ARM-5 |
| DIBUJO: | V. BRAVO | PLANO: | FECHA: |
| REVISO: | ING.L. CHIRINOS | UNIDAD DE PUESTA A TIERRA PARA PMI (PAT-02) | DICIEMBRE 2017 |
| APROBÓ: | ING.L. CHIRINOS | | ESCALA: INDICADA |



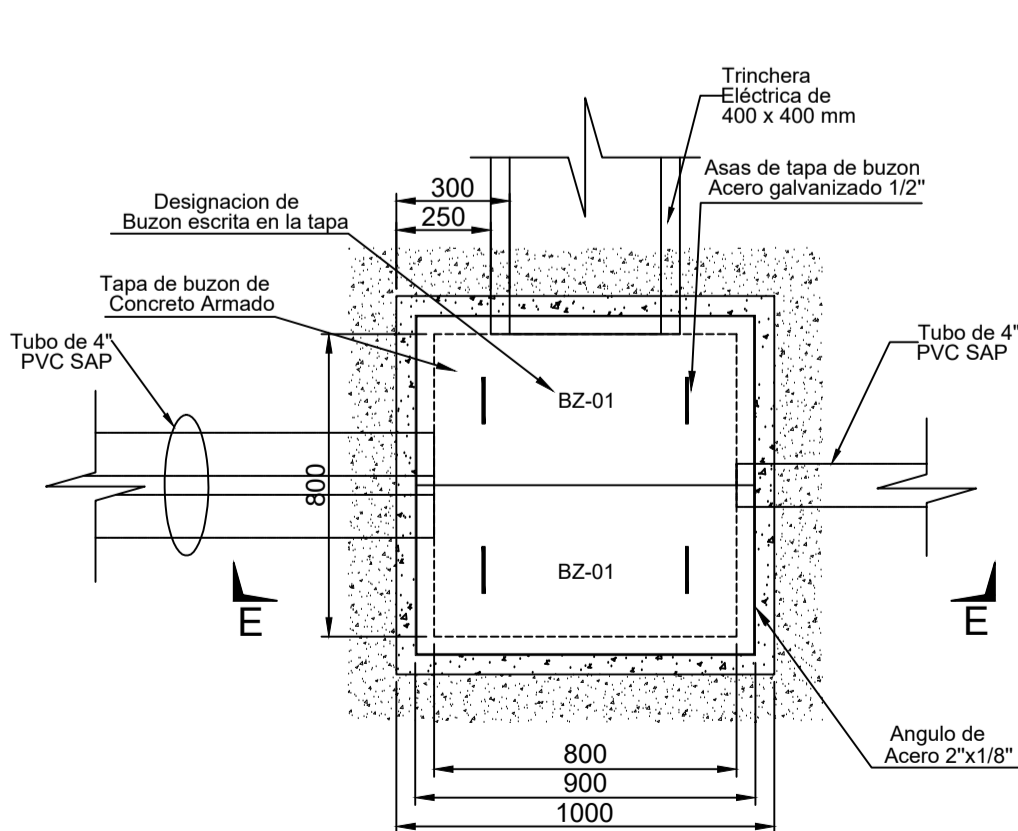
VISTA DE PLANTA
ESCALA: 1/25

DETALLE TRINCHERA ELECTRICA

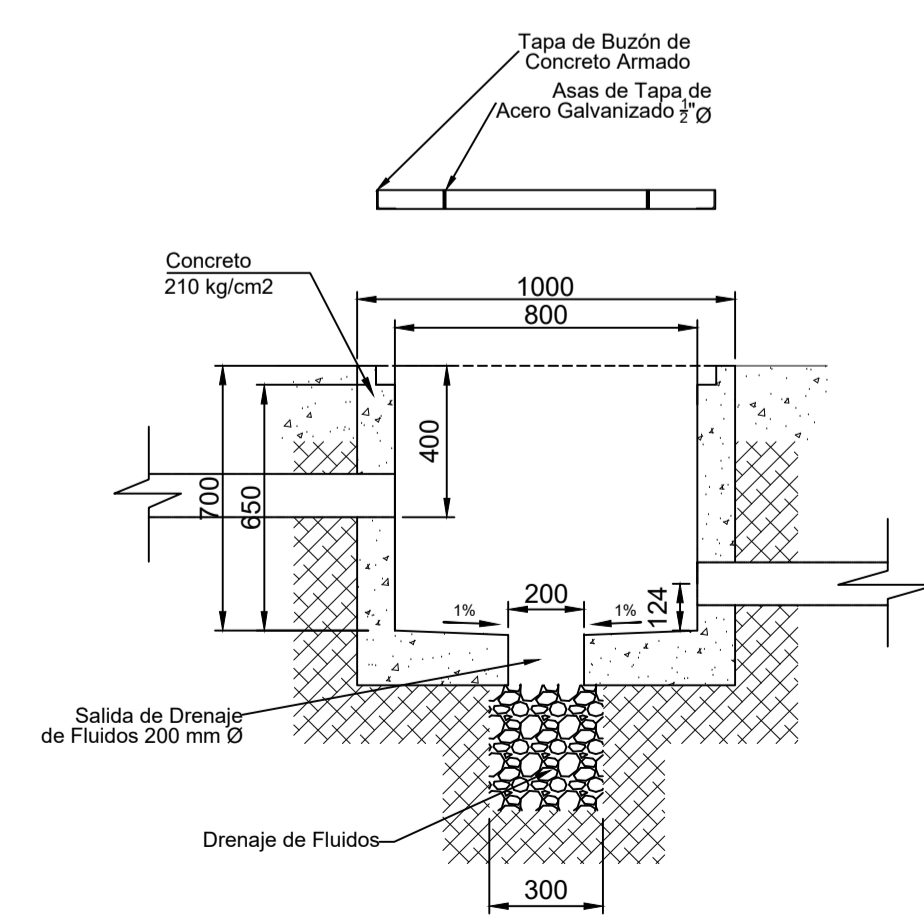


VISTA DE PLANTA
ESCALA: 1/20

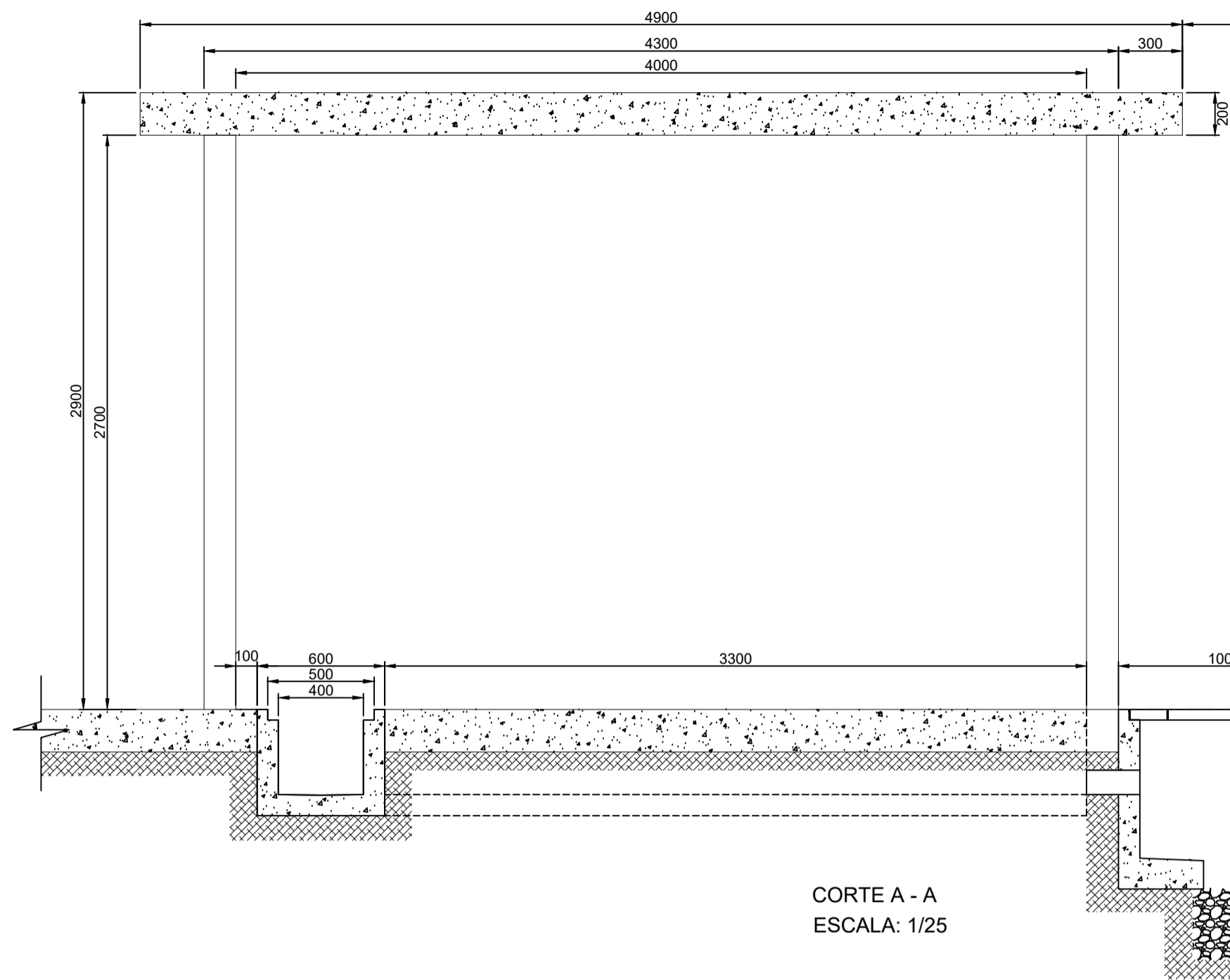
DETALLE DE BUZON ELECTRICO TIPO 1
BUZON DE CONCRETO



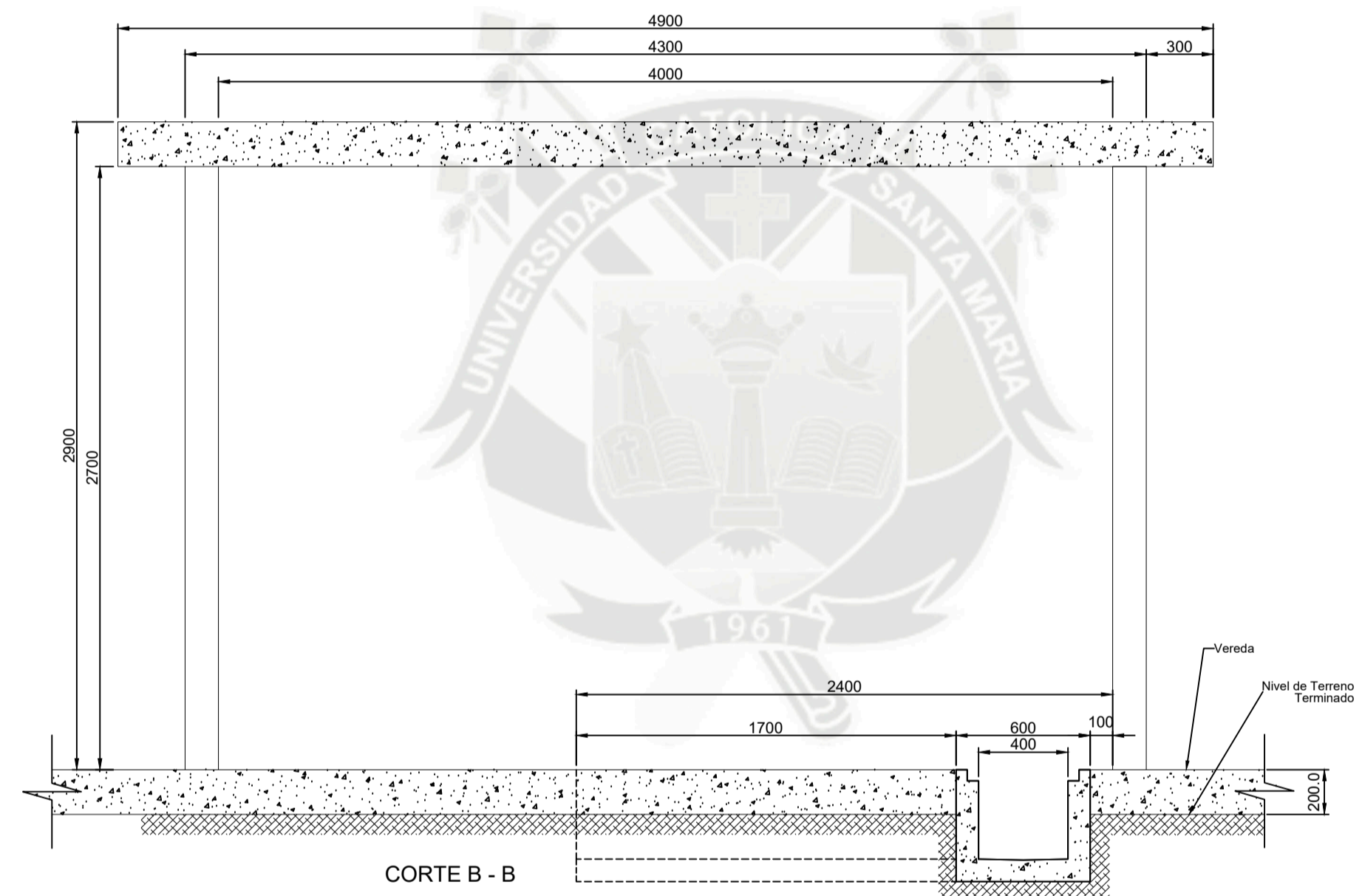
VISTA DE PLANTA
ESCALA: 1/20



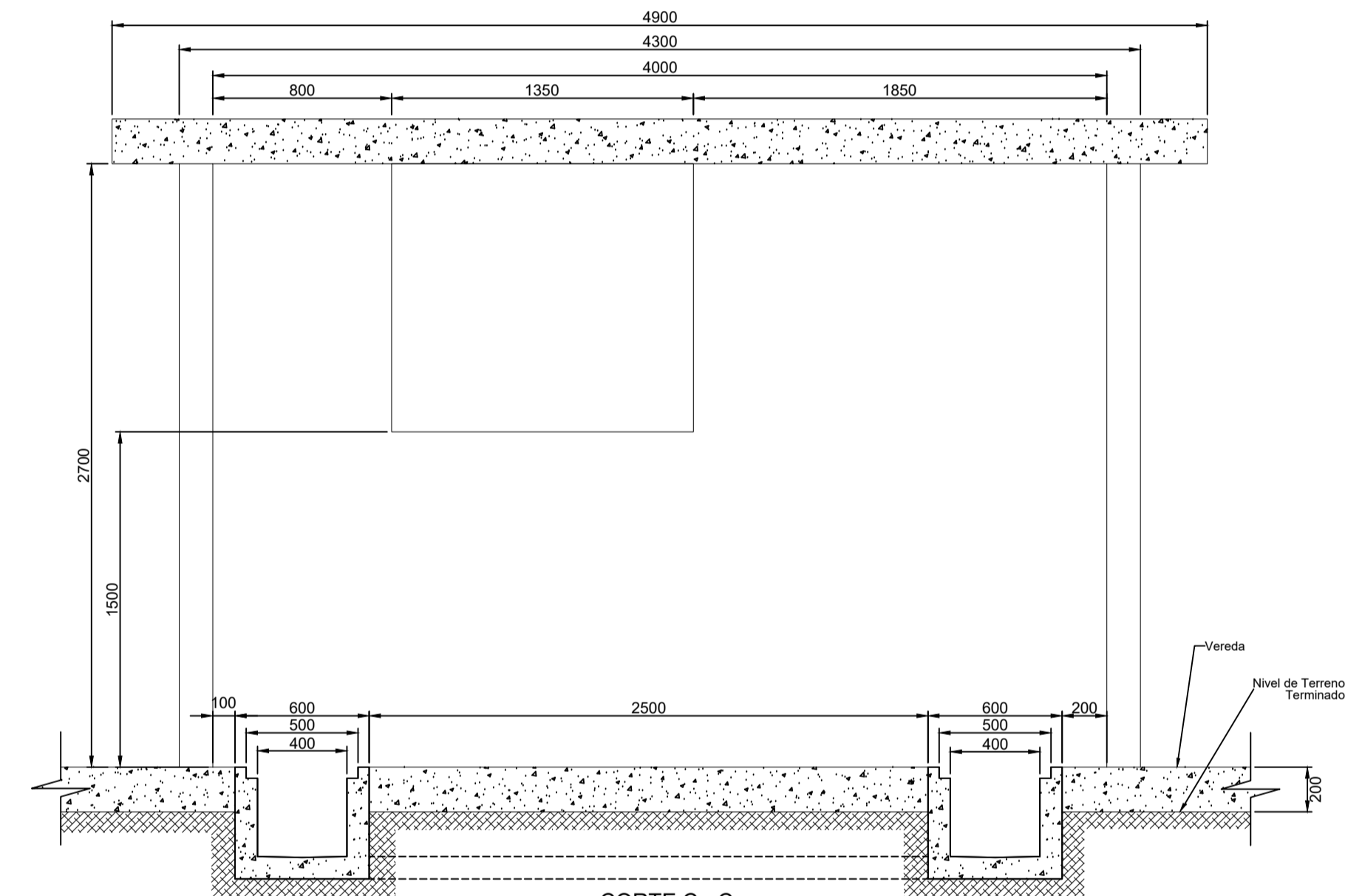
CORTE E - E
ESCALA: 1/20



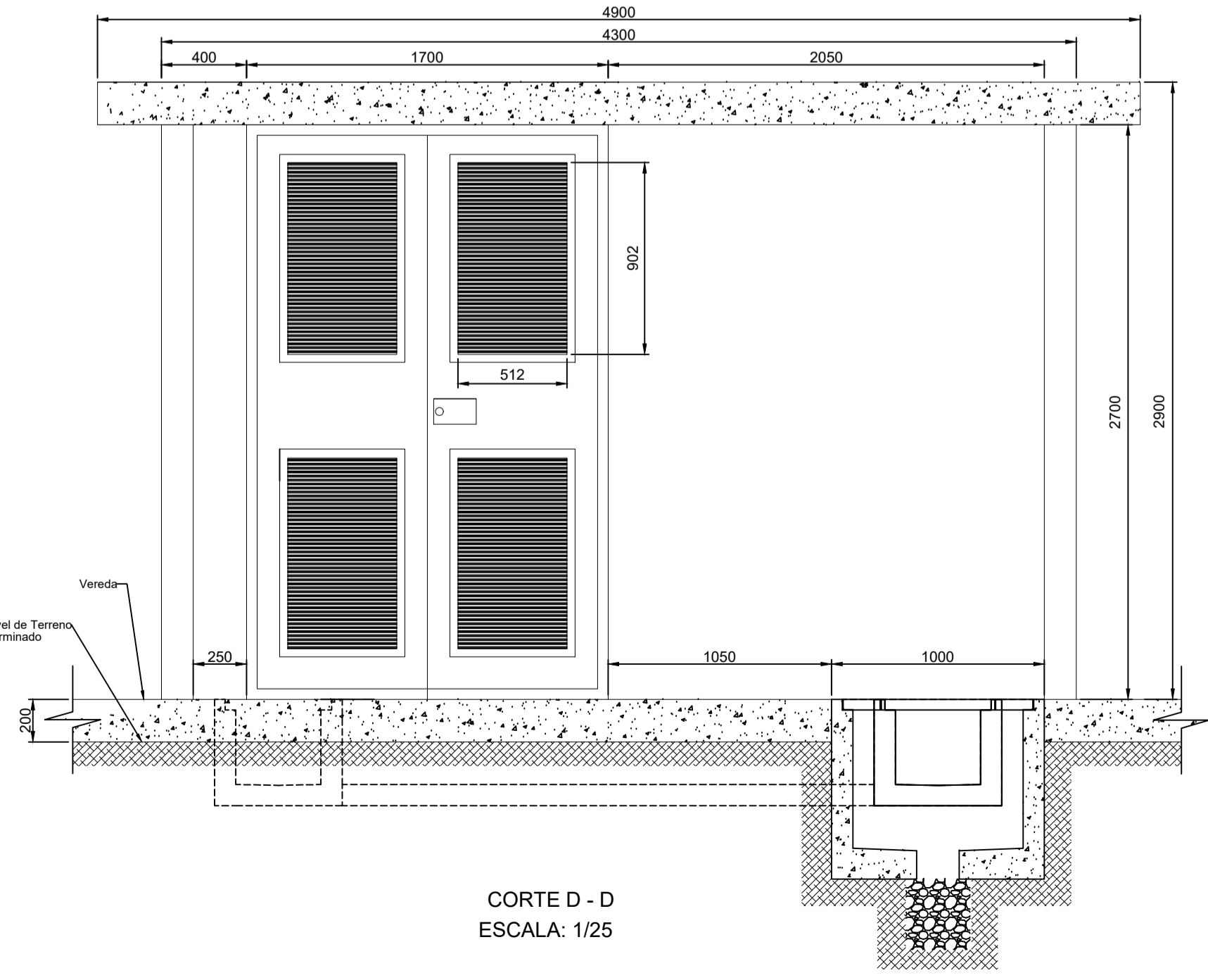
CORTE A - A
ESCALA: 1/25



CORTE B - B
ESCALA: 1/25

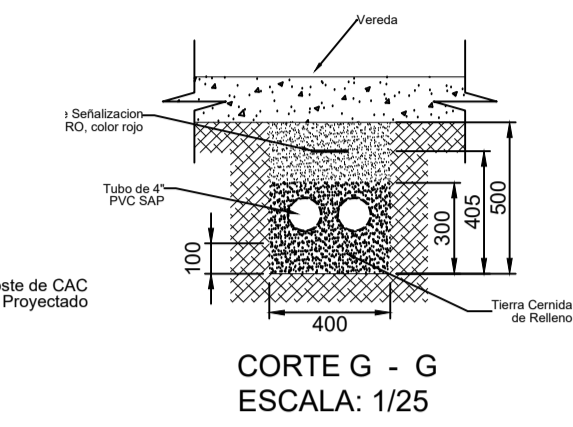


CORTE C - C
ESCALA: 1/25



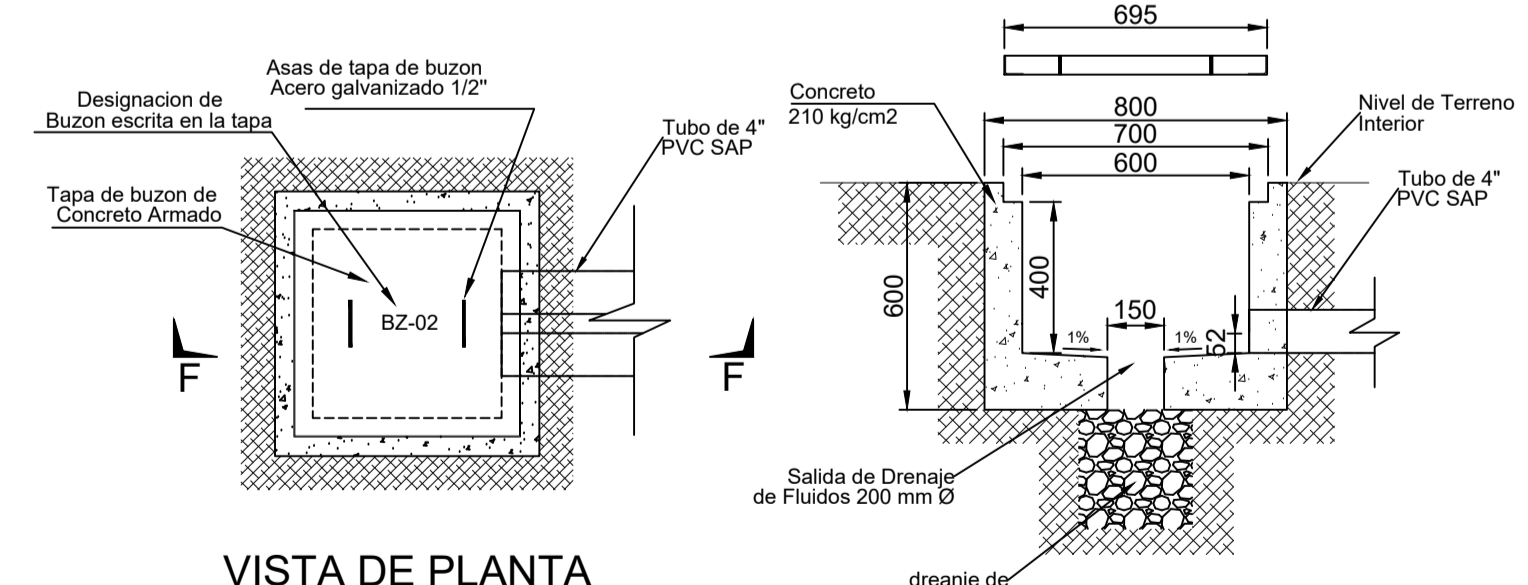
CORTE D - D
ESCALA: 1/25

DETALLE DE INSTALACION DE
TUBO DE PVC SAP DE 4"



CORTE G - G
ESCALA: 1/25

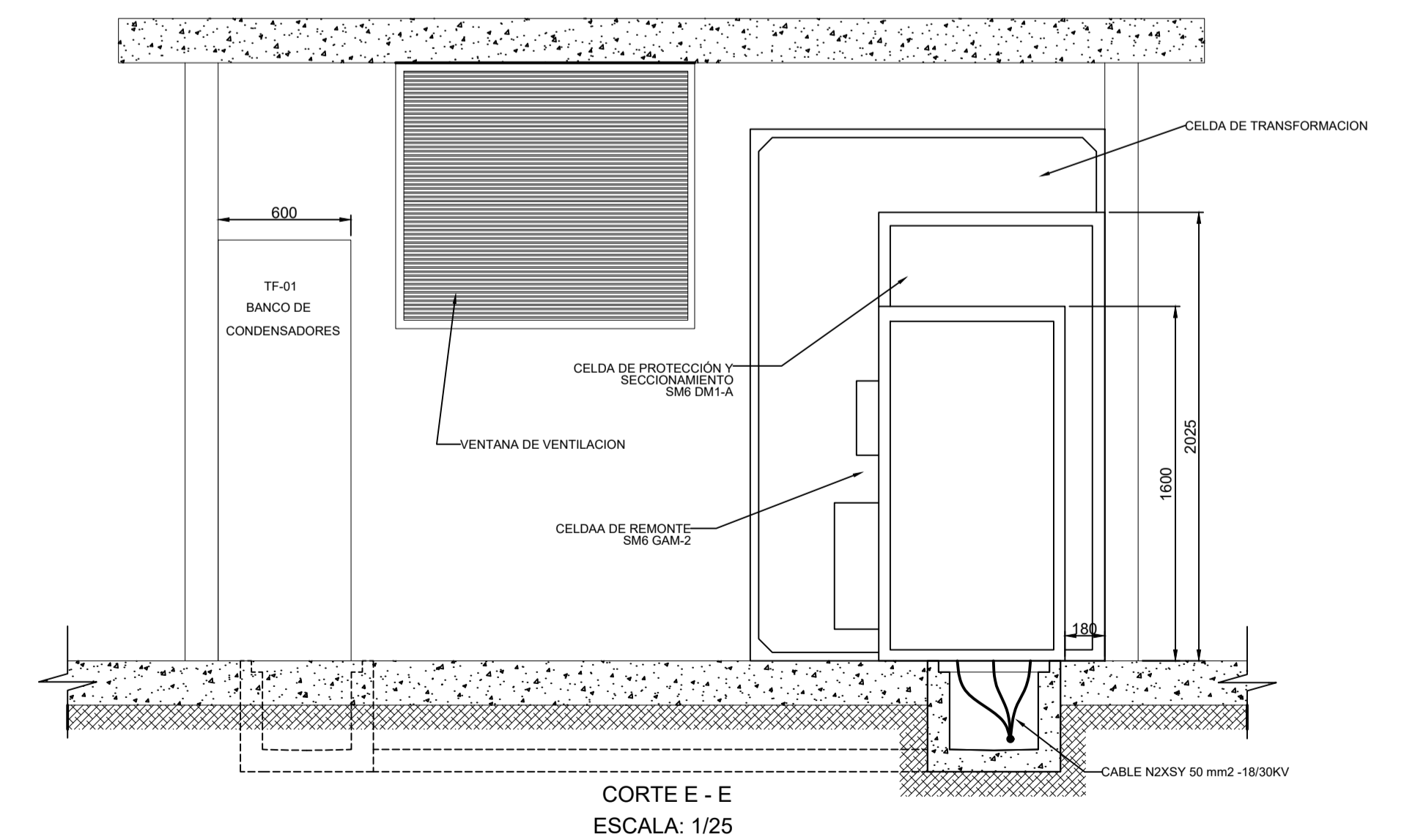
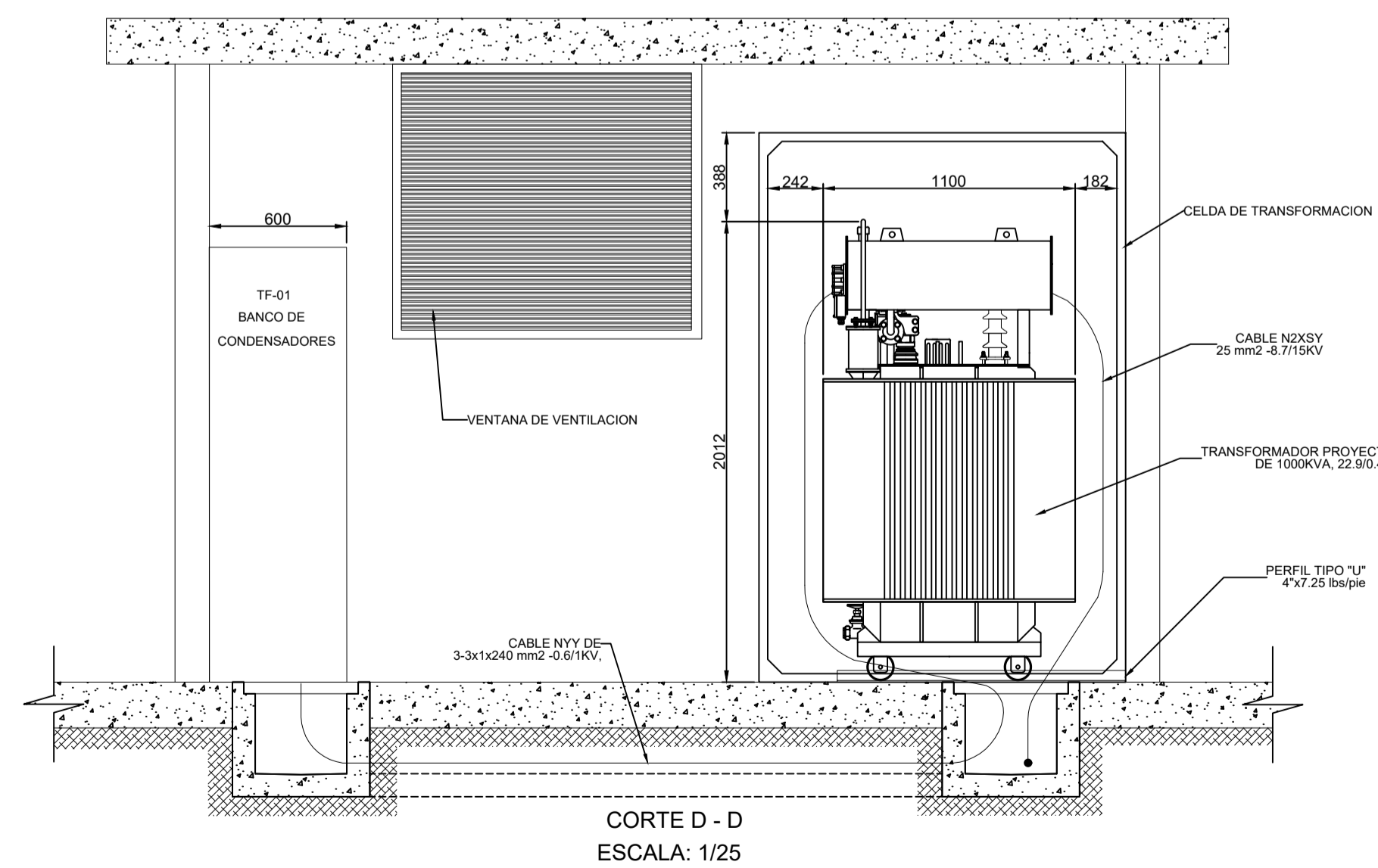
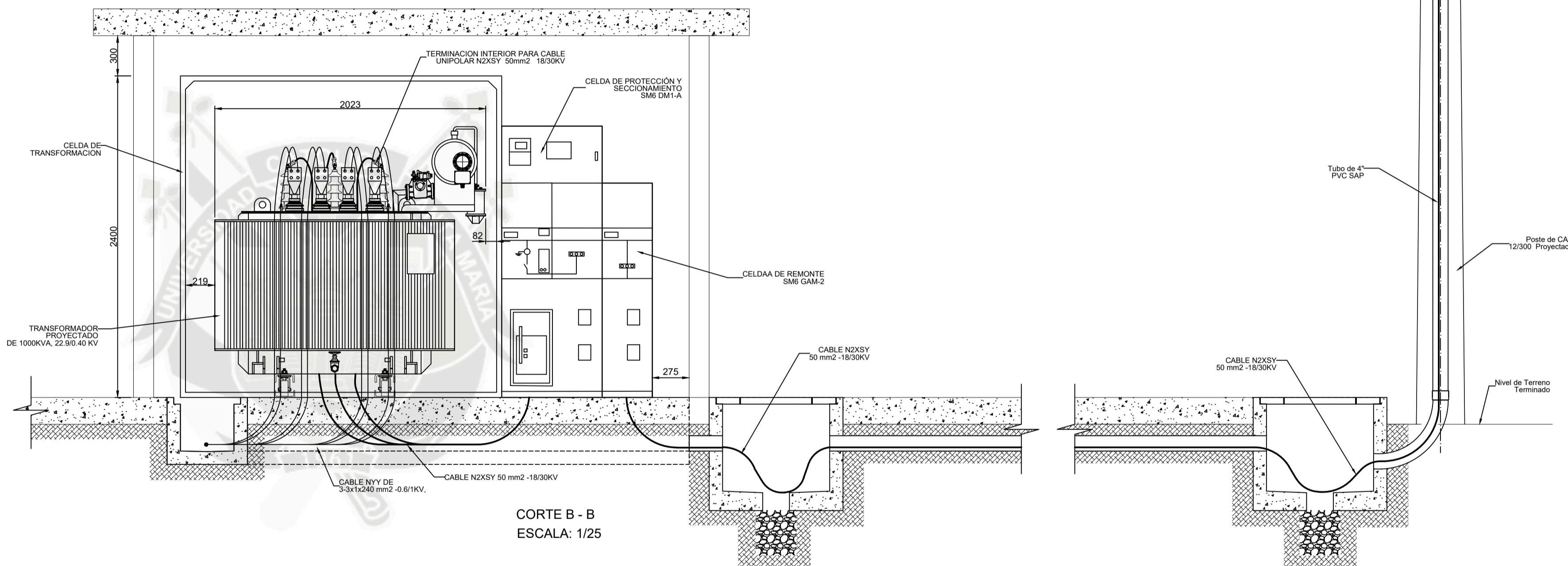
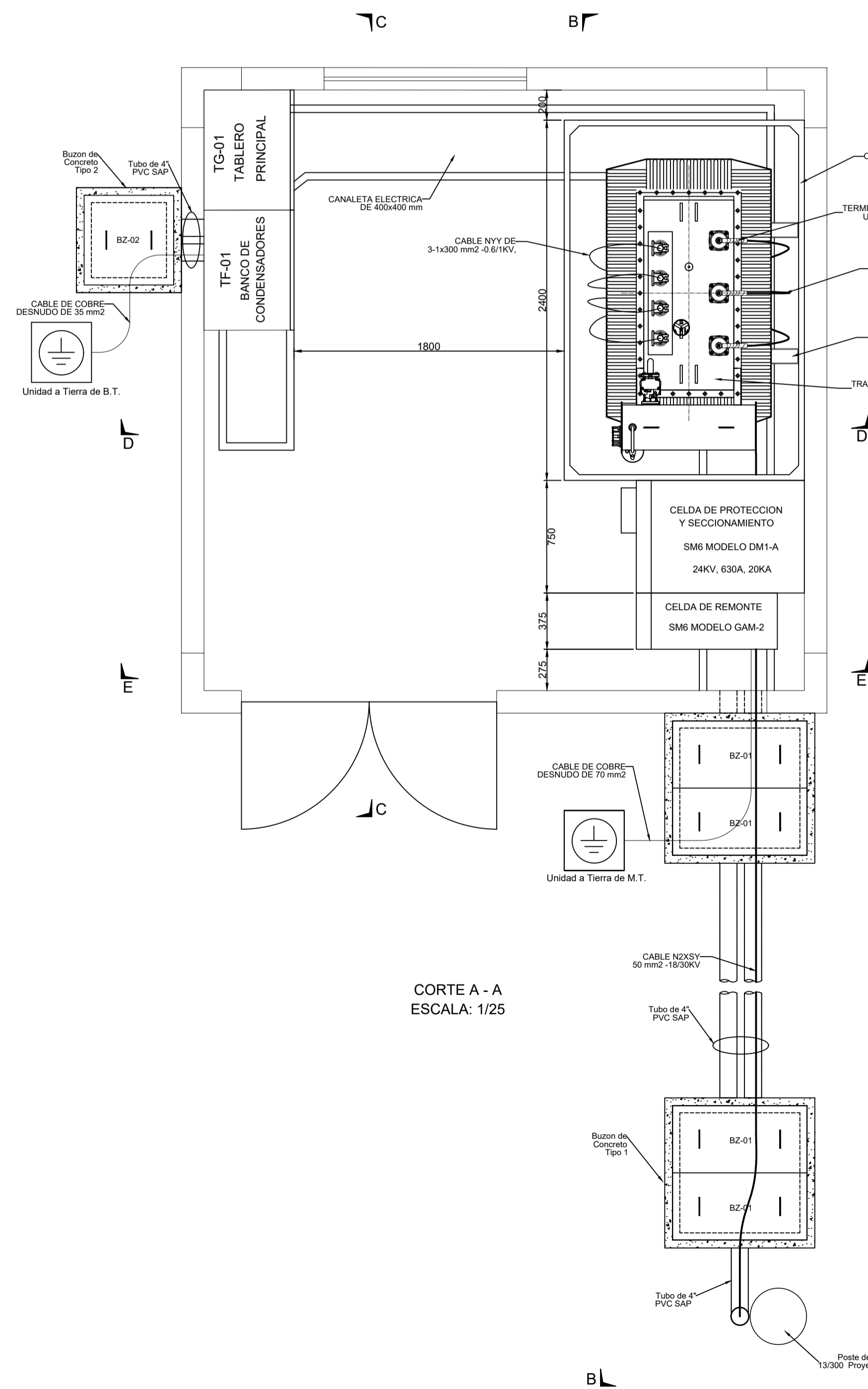
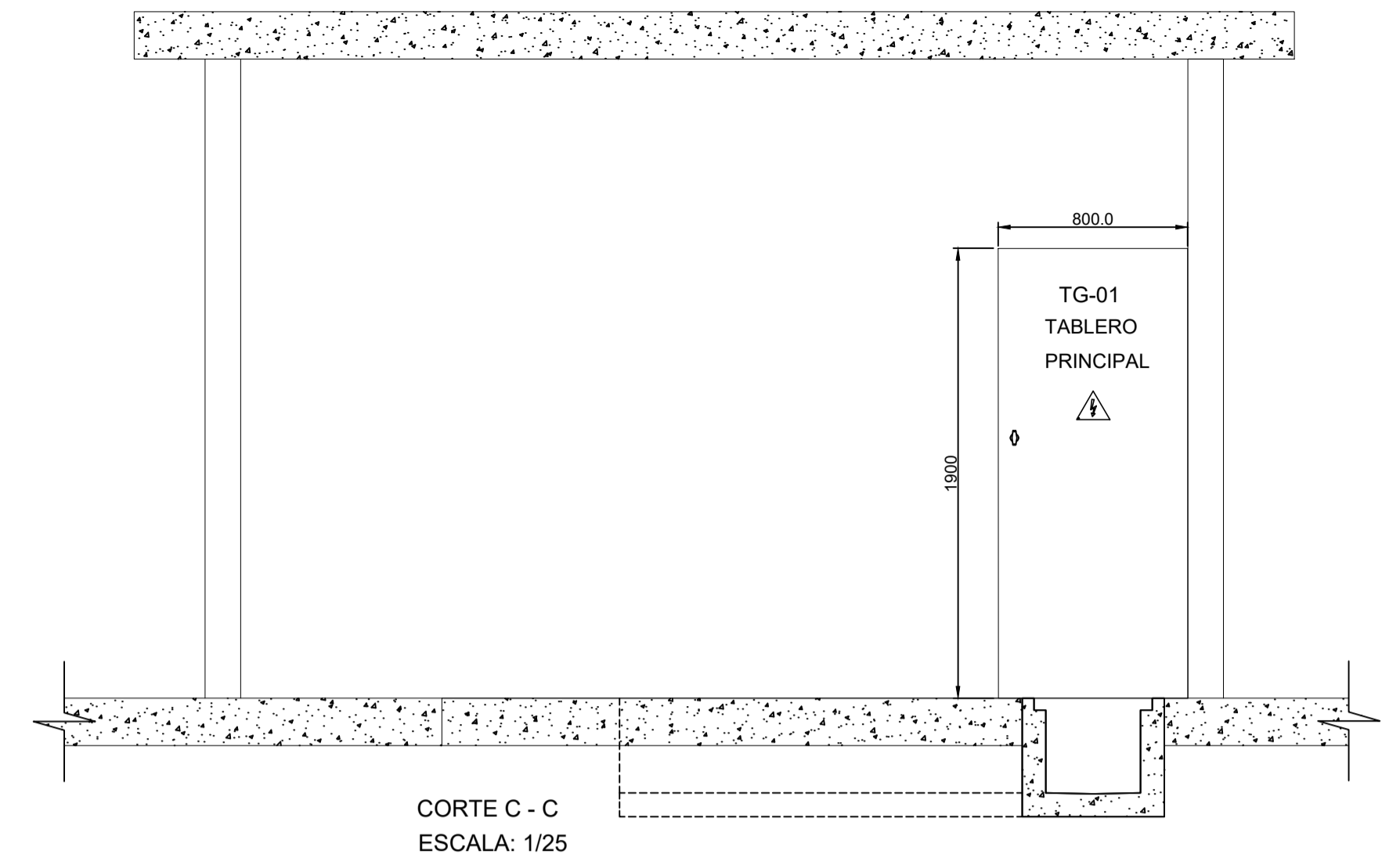
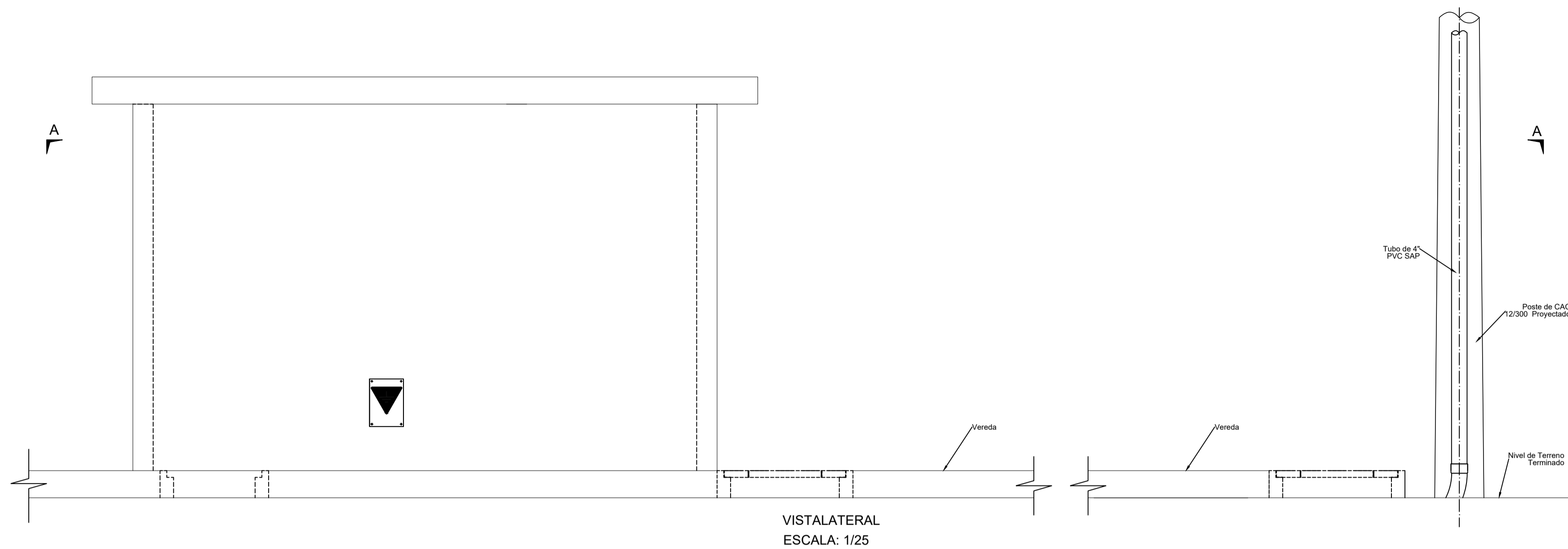
DETALLE DE BUZON ELECTRICO TIPO 2
BUZON DE CONCRETO



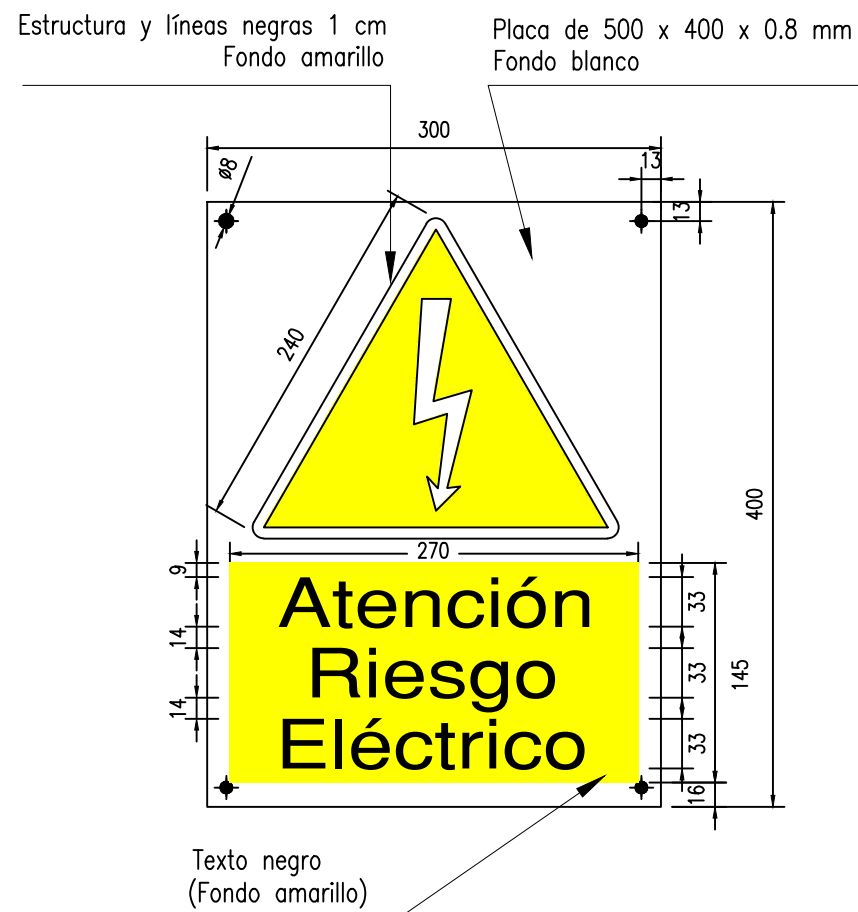
VISTA DE PLANTA
ESCALA: 1/20

CORTE F - F
ESCALA: 1/20

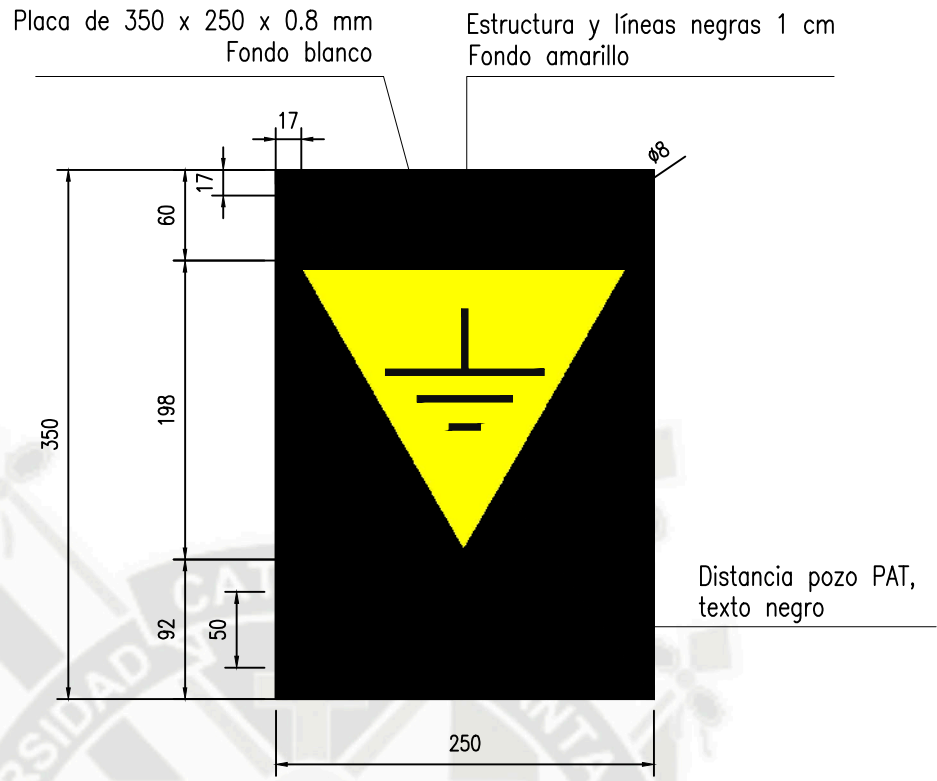
| | | | | |
|--|---|--------|--|---------------|
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA | | | | Nº DE LAMINA: |
| FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES | | | | SE-1 |
| ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRÓNICA | | | | |
| PROYECTO: | SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN MT Y SS.EE 22.9KV PARA CONGELADOS GUTIÉRREZ | | | ESCALA: |
| DIBUJÓ: | V. BRAVO | PLANO: | Plano Civil de Subestación Tipo Caseta | INDICADA |
| REVISÓ: | ING.L. CHIRNOS | FECHA: | MARZO 2018 | |
| APROBÓ: | ING.L. CHIRNOS | | | |



| | | | | |
|--|----------------|---------|---|---------------|
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA | | | | Nº DE LAMINA: |
| FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES | | | | SE-2 |
| ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRONICA | | | | |
| PROYECTO: SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22.9KV Y SS.EE DE 1MVA PARA CONGELADOS GUTIÉRREZ | | | | |
| DIBUJO: | V. BRAVO | PLANO: | Plano Electromecánico Subestación Tipo Caseta | FECHA: |
| REVISO: | ING.L. CHRINOS | APROBÓ: | ING.L. CHRINOS | MARZO 2018 |
| | | | | ESCALA: |
| | | | | INDICADA |

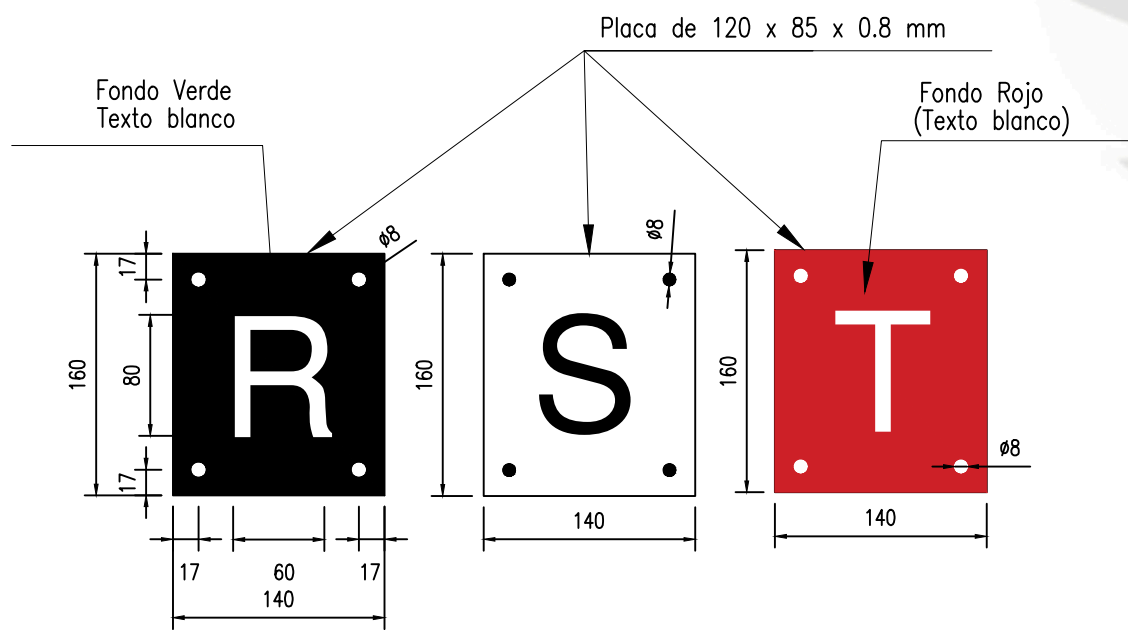


③ Etiqueta señal de peligro de alta tensión

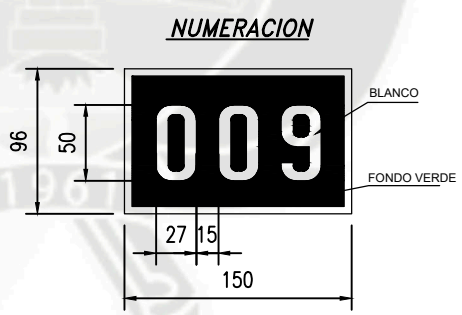


Para poste de CAC

④ Etiqueta ubicación señal pozo de puesta a tierra

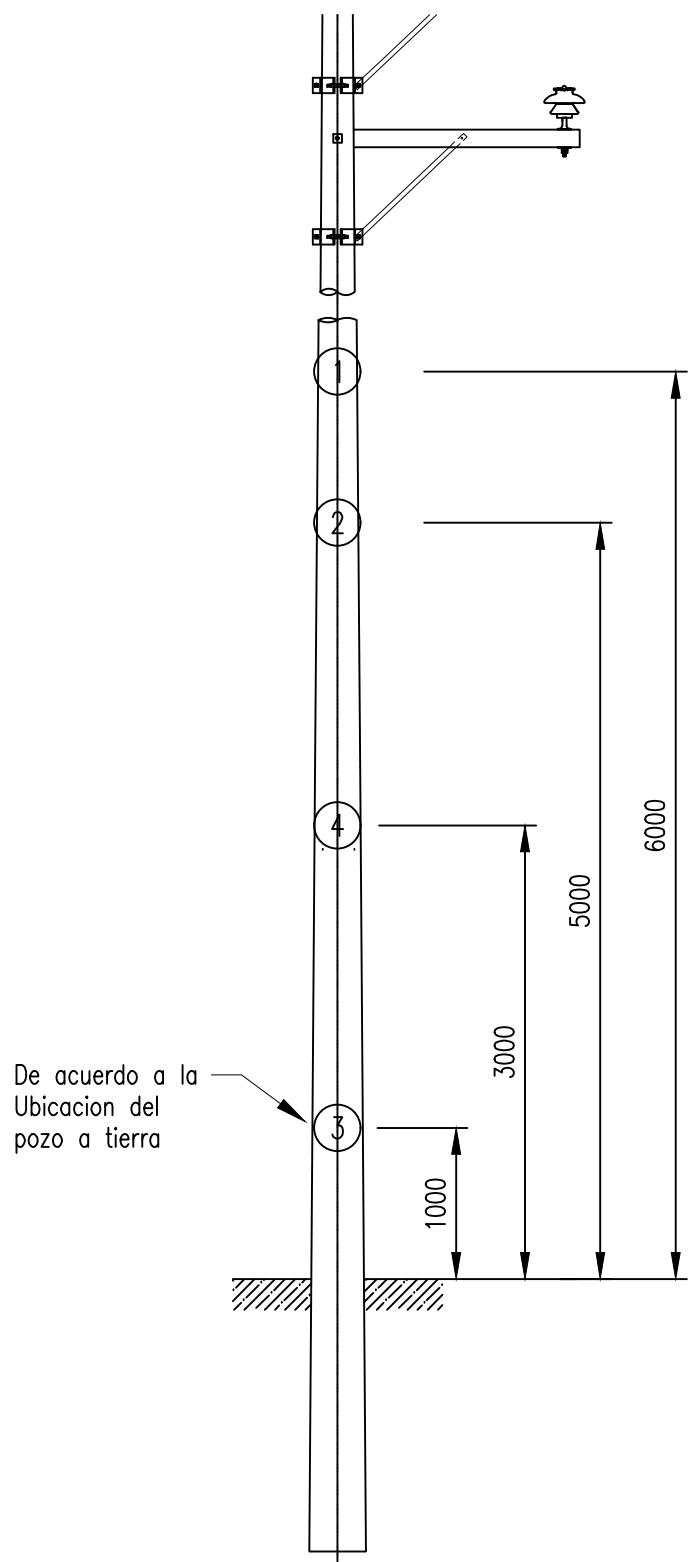


① Etiqueta de Fases



Para poste de CACA

② Identificación de etiqueta en redes primarias



- Notas:
1. La escala gráfica mostrada es para el tamaño A3, para el A1 considerar el doble.
 2. Dimensiones en milímetros y niveles en metros salvo indicación.
 3. El estilo de texto será sanserif, negrilla ó normal con letras mayúsculas/minúsculas y números arábigos.
 4. La señal de PAT debe ubicarse en la misma dirección del pozo de PAT, además indicará la distancia al pozo de PAT.

| | | | | |
|--|-----------------|---------|--|--|
| UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y FORMALES ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECÁNICA ELÉCTRICA Y MECATRONICA | | | N° DE LAMINA: SP-1 | |
| PROYECTO: SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22.9KV Y SS.EE DE 1MVA PARA CONGELADOS GUTIÉRREZ | | | | |
| DIBUJO: | V. BRAVO | PLANO: | Señalización Eléctrica para postes C.A.C y S.E | |
| REVISÓ: | ING.L. CHIRINOS | FECHA: | MARZO 2018 | |
| APROBÓ: | ING.L. CHIRINOS | ESCALA: | INDICADA | |