



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN
EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TEMA:

**“Diseño de proyecto eléctrico para acometida de 69KV en subestación
para servicios de tratamiento de aguas residuales.”**

AUTOR:

Mayra Alejandra Arévalo Erique

Trabajo de Titulación previo a la obtención del grado de
**INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN
EMPRESARIAL INDUSTRIAL.**

TUTOR:

Ing. Luis Vicente Vallejo Samaniego, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

17 de marzo del 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN
EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **ARÉVALO ERIQUE MAYRA ALEJANDRA**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**.

TUTOR

ING. LUIS VICENTE VALLEJO SAMANIEGO, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ, M.Sc.

Guayaquil, 17 marzo del año 2017



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN
EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **MAYRA ALEJANDRA ARÉVALO ERIQUE**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Diseño de proyecto eléctrico para acometida de 69KV en subestación para servicios de tratamiento de aguas residuales**, previo a la obtención del Título de **Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 17 días del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR

ARÉVALO ERIQUE MAYRA ALEJANDRA



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN
EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

AUTORIZACIÓN

Yo, **MAYRA ALEJANDRA ARÉVALO ERIQUE**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño de proyecto eléctrico para acometida de 69KV en subestación para servicios de tratamiento de aguas residuales**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 17 días del mes de marzo del año 2017

EL AUTOR:

ARÉVALO ERIQUE MAYRA ALEJANDRA

REPORTE URKUND

URKUND
Luis Vallejo Samaniego (luis.vallejo)

Documento: [maf2marevalo28022017.docx](#) (D26089606)

Presentado: 2017-03-01 00:59 (-05:00)

Recibido: luis.vallejo_uco@analysis.orkund.com

Mensaje: [Mostrar el mensaje completo](#)

0% de esta aprox. 38 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 0 fuentes.

Lista de fuentes Bloques

| | Categoria | Enlace/nombre de archivo |
|-----------------------------|-----------|---|
| > | | maf1marevalo25022017.docx |
| | | ma3arevalo16022017.pdf |
| | | http://www.electricaguayaquil.gob.ec/images/pdf/bid/RSND-FEGEP-DI-OB-028/A... |
| Fuentes alternativas | | |
| | | ma4arevalo13022017.pdf |
| | | ma5arevalo0103017.pdf |

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, (día) de (mes) de (año)

f. _____ AREVALO ERIQUE MAYRA ALEJANDRA C.C.: 0704634559

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN TÍTULO Y

SUBTÍTULO: "

Diseño de proyecto eléctrico para acometida de 69KV en subestación para servicios de tratamiento de aguas residuales". AUTOR(ES) MAYRA ALEJANDRA AREVALO ERIQUE REVISOR(ES)/(TUTOR(ES) LUIS VICENTE VALLEJO

INSTITUCIÓN: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil FACULTAD: EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA: INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TÍTULO OBTENIDO: ING EN ELÉCTRICO MECÁNICA

FECHA DE PUBLICACIÓN: (día) de (mes) de (año) No. DE PÁGINAS: (# de páginas) ÁREAS TEMÁTICAS: (registrar por lo menos 3) PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS: (registrar por lo menos 6 palabras claves)

respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, (día) de (mes) de (año)

f. _____ AREVALO ERIQUE MAYRA ALEJANDRA C.C.: 0704634559

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y

Diseño de proyecto eléctrico para acometida de 69KV en subestación para servicios de tratamiento de aguas residuales". AUTOR(ES) MAYRA ALEJANDRA AREVALO ERIQUE REVISOR(ES)/(TUTOR(ES) LUIS VICENTE VALLEJO

INSTITUCIÓN: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil FACULTAD: EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA: INGENIERÍA EN ELÉCTRICO MECÁNICA

TÍTULO OBTENIDO: ING EN ELÉCTRICO MECÁNICA

FECHA DE PUBLICACIÓN: (día) de (mes) de (año) No. DE PÁGINAS: (# de páginas) ÁREAS TEMÁTICAS: (

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen María por todo lo que me han dado y me seguirán dando a lo largo de mi vida.

A mis padres Wimper y Mayra por ser mi inspiración y mi motor para seguir adelante ante los obstáculos de la vida.

A mi hermana Andrea por ser el apoyo incondicional en mi vida cada día.

A mis compañeros, a quienes he llegado a considerar mis amigos, por todos los momentos gratos que hemos compartido.

A los ingenieros Luis Armijos y Byron Erazo por permitirme formar parte de la elaboración en este proyecto y por todos sus conocimientos impartidos.

A mi tutor y a mi director de carrera por la paciencia y la ayuda brindada a lo largo de todo el proceso de titulación.

EL AUTOR

ARÉVALO ERIQUE, MAYRA ALEJANDRA

DEDICATORIA

A Dios por ser el pilar fundamental de mi vida, a la virgen María por protegerme en cada momento, a mis padres por su sacrificio a lo largo de toda mi carrera, a mis amigos por su apoyo incondicional, a los ingenieros que estuvieron a cargo de la revisión de este trabajo.

EL AUTOR

ARÉVALO ERIQUE, MAYRA ALEJANDRA

vii



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

CARRERA:

Ingeniería en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial
Industrial

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

**ING. LUIS VICENTE VALLEJO SAMANIEGO, M.Sc.
TUTOR**

**ING. MIGUEL ARMANDO HERAS SÁNCHEZ, M.Sc.
DIRECTOR DE LA CARRERA**

**ING. LUIS ORLANDO PHILCO ASQUI, M.Sc.
COORDINADOR DEL ÁREA**

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 1 | 2 |
| INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1 Justificación y alcance | 2 |
| 1.2 Planteamiento del problema | 2 |
| 1.3 Objetivos | 3 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 3 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 1.4 Tipo de investigación | 3 |
| 1.5 Metodología | 4 |
| PARTE I MARCO TEÓRICO | 5 |
| CAPÍTULO 2..... | 5 |
| CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UNA ACOMETIDA DE 69 KV | 5 |
| 2.1 Conductores..... | 6 |
| 2.2 Cable de guarda con fibra óptica OPGW monomodo | 7 |
| 2.2.1 Cruceta de cable de fibra óptica para reserva | 10 |
| 2.2.2 Cajas de empalme para cable fibra óptica | 10 |
| 2.3 Aisladores eléctricos | 12 |
| 2.3.1 Aislador polimérico de tipo suspensión para línea a 69 KV | 13 |
| 2.3.2 Aislador polimérico del tipo line post para línea a 69 KV | 15 |
| 2.4 Postes | 17 |
| 2.4.1 Postes tipo “H” de hormigón armado para línea de 69 KV con aisladores fijos | 17 |
| 2.4.2 Estructura tipo “H” para línea de 69kv trifásica con aislador de suspensión..... | 18 |
| 2.4.3 Materiales para fabricación de postes..... | 18 |
| 2.4.4 Instalación de postes | 20 |
| 2.4.5 Tolerancias admitidas | 23 |
| 2.4.6 Anclas | 23 |
| 2.5 Herrajes en acometidas a 69kv..... | 25 |

| | | |
|---|--|----|
| 2.8.1 | Herrajes para fijar los aisladores al poste | 26 |
| 2.8.2 | Herrajes para la unión del extremo del aislador con el conductor 28 | |
| 2.8.3 | Herrajes para la protección del aislador | 29 |
| 2.8.4 | Herrajes para el hilo de guarda | 31 |
| 2.3.3 | Herraje conjunto amarre pasante | 32 |
| 2.5.1 | Herraje para las cajas de empalme | 33 |
| CAPÍTULO 3 | | 34 |
| CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO UNA ACOMETIDA A 69KV | | 34 |
| 3.1 | Sistema de puesta a tierra | 34 |
| 3.1.1 | Medición de resistividad del terreno | 35 |
| 3.2 | Sistema de apantallamiento | 38 |
| 3.2.1 | Apantallamiento en líneas aéreas | 39 |
| 3.2.2 | Distancia critica | 39 |
| 3.3 | Coordinación de aislamiento | 40 |
| 3.3.1 | Principios de la coordinación de aislamiento | 41 |
| 3.3.2 | Distancia mínima de fuga en aislamiento a 69k | 41 |
| 3.4 | Flecha y vano | 46 |
| 3.4.1 | Tensiones mecánicas de los conductores | 47 |
| 3.4.2 | Tensiones mecánicas de tendido | 48 |
| CAPÍTULO 4 | | 50 |
| NORMATIVAS DE CONSTRUCCIÓN | | 50 |
| 4.1 | Normas de diseño eléctrico | 50 |
| 4.2 | Normas de diseño de estructuras | 50 |
| 4.3 | Normas de diseño de aisladores | 51 |
| 4.4 | Alcance y reformas de las normas | 52 |
| 4.5 | Requerimientos de la empresa eléctrica | 52 |
| 4.6 | Requerimientos de calidad de los aisladores | 53 |
| 4.6.1 | Pruebas de los aisladores | 54 |
| 4.6.2 | Marcas de los aisladores | 55 |

| | |
|--|----|
| PARTE II APORTACIONES..... | 56 |
| CAPÍTULO 5..... | 56 |
| UBICACIÓN DEL PROYECTO ELÉCTRICO..... | 56 |
| 5.1 Introducción | 56 |
| 5.2 Ubicación del proyecto..... | 56 |
| 5.3 Selección de la ruta..... | 57 |
| 5.4 Punto de inicio de la línea | 57 |
| 5.5 Punto de llegada de la línea..... | 58 |
| 5.6 Descripción del trazado de la línea | 58 |
| 5.7 Tabla resumen | 59 |
| CAPÍTULO 6..... | 60 |
| CÁLCULO Y DISEÑO DE LA ACOMETIDA DE 69KV..... | 60 |
| 6.1 Cálculos eléctricos | 60 |
| 6.1.1 Estudio de cortocircuito..... | 60 |
| 6.1.2 Sistema de apantallamiento..... | 62 |
| 6.1.3 Características de los conductores | 63 |
| 6.1.4 Coordinación de aislamiento..... | 64 |
| 6.1.5 Aisladores seleccionados..... | 67 |
| 6.1.5 Sistema de puesta a tierra | 68 |
| 6.2 Cálculo mecánico..... | 70 |
| 6.2.1 Presiones debido al viento | 70 |
| 6.2.2 Tensiones mecánicas de los conductores | 71 |
| 6.2.3 Tensiones admisibles en servicio..... | 71 |
| 6.2.4 Tensiones máximas de conductores y cables de guardia..... | 72 |
| 6.2.5 Flechas máximas y mínimas | 72 |
| 6.2.6 Tensiones de tendido..... | 73 |
| 6.2.7 Especificaciones de los postes seleccionados..... | 74 |
| 6.3 Especificaciones de los elementos de la red | 76 |
| CAPÍTULO 7..... | 83 |
| PLANOS DEL PROYECTO ELÉCTRICO | 83 |

| | | |
|--------------------------------------|---|-----|
| 7.1 | Plano 1. Perfil de la acometida de 69KV | 84 |
| 7.2 | Plano 2. Ubicación Geográfica..... | 86 |
| 7.3 | Plano 3. Estructura de arranque | 88 |
| 7.4 | Plano 4. Estructura tipo H | 90 |
| 7.5 | Plano 5. Estructura de llegada a la subestación | 92 |
| 7.6 | Plano 6. Estructura de salida | 94 |
| CAPÍTULO 8..... | | 96 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 96 |
| 8.1 | Conclusiones | 96 |
| 8.2 | Recomendaciones | 96 |
| ANEXOS..... | | 98 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | | 112 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1 Especificaciones técnicas del conductor para 69KV | 7 |
| Tabla 2.2 Características del hilo de guarda..... | 9 |
| Tabla 2.3 Especificaciones técnicas del aislador tipo suspensión 69kv..... | 15 |
| Tabla 2.4 Especificaciones técnicas del aislador tipo line post..... | 16 |
| Tabla 2.5 Especificaciones técnicas del poste de hormigón armado..... | 19 |
| Tabla 2.6 Datos técnicos del poste rectangular de hormigón armado | 21 |
| Tabla 2.7 Tolerancia de fabricación de postes..... | 23 |
| Tabla 2.8 Especificaciones de la varilla de anclaje | 25 |
| Tabla 2.9 Especificaciones técnicas del grillete | 26 |
| Tabla 2.10 Especificaciones técnicas de la abrazadera | 30 |
| Tabla 2.11 Especificaciones técnicas de la abrazadera | 31 |
| Tabla 3.1 Voltajes soportados estándares para $1 \text{ KV} \leq U_m \leq 242 \text{ KV}$ | 42 |
| Tabla 3.2 Voltajes soportados estándares para $1 \text{ KV} \leq U_m \leq 242 \text{ KV}$ | 44 |
| Tabla 3.3 Distancias mínimas según norma IEEE 1427 | 45 |
| Tabla 3.4 Distancias mínimas según norma IEC 60071-2..... | 46 |
| Tabla 3.5 Tensiones Admisibles en Servicio | 49 |
| Tabla 5.1 Resumen del Capítulo..... | 59 |
| Tabla 6.1 Parámetros de cortocircuito en barra de 69KV con mínima generación | 61 |
| Tabla 6.2 Parámetros de cortocircuito en barra de 69KV con máxima generación | 62 |
| Tabla 6.3 Conductor 477 mcm – 26/7 | 63 |
| Tabla 6.4 Condiciones de cálculo | 71 |
| Tabla 6.5 Tensiones Admisibles en Servicio | 71 |
| Tabla 6.6 Tensiones Admisibles en Servicio | 72 |
| Tabla 6.7 Máximo admisible de la tensión mecánica de rotura | 72 |
| Tabla 6.8 Flechas máximas esperadas en cada línea | 74 |
| Tabla 6.9 Resistencia Postes de Hormigon | 74 |
| Tabla 6.10 Distancia de empotramiento de postes | 76 |
| Tabla 6.11 Descripción de los elementos de la figura 6.9..... | 78 |
| Tabla 6.12 Descripción de los elementos de la figura 6.10..... | 79 |

| | |
|---|----|
| Tabla 6.13 Descripción de la figura 6.11..... | 81 |
| Tabla 6.14 Descripción de la figura 6.12..... | 82 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 Vista real de una línea a 69kv..... | 5 |
| Figura 2.2 Conductor ACSR Hawk 477 MCM..... | 6 |
| Figura 2.3 Conductor ACSR Hawk 477 MCM..... | 6 |
| Figura 2.4 Cable de guarda | 8 |
| Figura 2.5 Composición del Cable de guarda..... | 9 |
| Figura 2.6 Detalle de cruceta..... | 10 |
| Figura 2.7 Cajas de empalme para cables de fibra óptica..... | 11 |
| Figura 2.8 Aisladores eléctricos..... | 12 |
| Figura 2.9 Aislador polimérico tipo suspensión..... | 14 |
| Figura 2.10 Detalle del aislador solicitado | 16 |
| Figura 2.11 Secciones del poste..... | 17 |
| Figura 2.12 Estructura tipo H..... | 18 |
| Figura 2.13 Código de postes..... | 22 |
| Figura 2.14 Anclaje de poste | 24 |
| Figura 2.15 Varilla de anclaje y sus componentes..... | 25 |
| Figura 2.16 Grillete | 27 |
| Figura 2.17 Collar de 10 ½” para líneas de 69kv | 27 |
| Figura 2.18 Platina..... | 28 |
| Figura 2.19 Herrajes en sitio..... | 28 |
| Figura 2.20 Conector de compresión de aluminio..... | 29 |
| Figura 2.21 Grapa terminal | 30 |
| Figura 2.22 Herraje conjunto amarre pasante | 32 |
| Figura 2.23 Herraje para las cajas de empalme | 33 |
| Figura 3.1 Sistema de puesta a tierra | 35 |
| Figura 3.2 Principio del método de Wenner..... | 36 |
| Figura 3.3 Distancias críticas del cable de guarda..... | 39 |
| Figura 3.4 Esquema de catenaria con todos sus componentes. | 47 |
| Figura 4.1 Esquema de derivación para nuevos consumidores | 52 |
| Figura 5.1 PTAR – Las Esclusas | 56 |
| Figura 6.1 Distancias entre conductores..... | 64 |
| Figura 6.2 Distancias entre conductores..... | 65 |

| | |
|---|----|
| Figura 6.3 Distancias entre conductores..... | 65 |
| Figura 6.4 Distancias entre conductores..... | 66 |
| Figura 6.5 Aislador polimérico tipo suspensión..... | 68 |
| Figura 6.6 Aislador polimérico tipo line post | 68 |
| Figura 6.7 Sistema de puesta a tierra a utilizarse | 69 |
| Figura 6.8 Punto y base de poste | 75 |
| Figura 6.9 Estructura de arranque RAD..... | 77 |
| Figura 6.10 Vista de planta y lateral de la estructura guía | 79 |
| Figura 6.11 Vista de planta y lateral de la estructura de entrada a la barra. | 80 |
| Figura 6.12 Vista lateral de la estructura de salida | 82 |

RESUMEN

Este proyecto se basa en el diseño de una acometida eléctrica de 69KV lo cual no es usual para este nivel de voltaje y se da sólo en casos especiales en el sector eléctrico por lo que se basó en principios fundamentales para el desarrollo del diseño eléctrico de líneas de alta tensión, recopilando conceptos de energía en potencia donde se pone en práctica no simplemente la teoría basada en libros de líneas de transmisión sino también de las normativas internacionales y sobre todo de la normativa de la empresa eléctrica nacional a las cuales nos regimos para poder elaborar el proyecto eléctrico.

Consta de dos partes, la parte teórica y la parte de cálculo y diseño. En la primera, se aclaran todos los conceptos básicos que se usarán para posteriormente realizar los cálculos, se especifican cada uno de los elementos que forman la acometida a ese nivel de voltaje y la normativa que debe ser usada. En la sección de aportaciones se muestran los cálculos y diseño con todos los datos obtenidos en base a estudios, algunos brindados por CNEL unidad de negocios Guayaquil, y los obtenidos en base a los cálculos realizados.

PALABRAS CLAVES: SUBESTACIÓN, ALTA TENSIÓN, ACOMETIDA ELÉCTRICA, CONFIABILIDAD, REGULACIÓN, CÁLCULO.

ABSTRACT

This project is based on the design of an electrical connection of 69KV which is not usual for this level of voltage and is only in special cases in the electrical sector so it was based on fundamental principles for the development of the electrical plant Lines of high voltage, collecting concepts of energy in power where it is put into practice not only theory based on the books of the transmission lines but also of the international norms and especially of the company's norm To grant a quality service.

It consists of two parts, the theoretical part and the part of calculation and design. In the first part, which is the theoretical part, clarifies all the basic concepts that will be used to later perform the calculations, specify each of the elements that are part of a connection to that level of voltage and the regulations that must be used. In the part of calculation and design are all the data obtained on the basis of studies, data provided by CNEL business unit Guayaquil, and those obtained based on the calculations made.

KEY WORDS: SUBSTATION, HIGH VOLTAGE, ELECTRICAL CONNECTION, RELIABILITY, REGULATION, CALCULATION.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación y alcance

El nuevo proyecto subestación Las Esclusas de Interagua fue concebido como parte del proyecto de creación de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales para la ciudad de Guayaquil. Esta subestación está conectada a una línea de transmisión a nivel de 69KV, proveerá de energía eléctrica a la planta. El diseño de esta acometida tomó como base el análisis de la proyección de carga realizado por los ingenieros de EPMAPS (*Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento*), además se buscó cumplir con el reglamento de la empresa eléctrica local.

La máxima capacidad instalada de la subestación será de 40[MVA] ONAF (*Oil Natural Air Forced, Aceite Natural y Aire Forzado*), conformada por dos transformadores de 16/20 [MVA]. Esta capacidad asegurará una carga adecuada en los transformadores. Con la construcción de la subestación de 69 KVA surgió la necesidad de implementar el diseño de una línea de 69kv que pueda ofrecer confiabilidad al sistema dándole continuidad a la línea Songa, línea de 69kv, perteneciente a la parte sur de la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas en la Av. Las Esclusas, avenida principal del sector donde estará ubicada la subestación de tal manera que se obtenga un sistema flexible el cual permita realizar la transferencia de carga entre líneas de un mismo sistema.

1.2 Planteamiento del problema

La construcción de una de las obras de saneamiento más grandes del país, la planta de tratamientos de aguas residuales, “Las Esclusas” en el sur de la ciudad de Guayaquil y la excesiva demanda de energía eléctrica que

requieren los sectores aledaños a la planta llevaron a tomar al municipio la decisión de construir una nueva subestación que no sólo alimente a la planta, sino que también distribuya energía a los sectores aledaños para lo cual, se requiere del diseño de una nueva acometida que cumpla con todos los requisitos expuestos por el ARCONEL y por la empresa eléctrica local que es el ente regulador encargado de la aprobación de proyectos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar una acometida eléctrica de 69 KVA para una subestación de servicios de aguas residuales.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Analizar los conceptos teóricos que intervienen en la acometida eléctrica a 69KV.
- Relacionar las normas técnicas de diseño de acometida en alta tensión.
- Calcular y diseñar la acometida a 69KV.

1.4 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación se basa principalmente en el tipo teórico con cierto enfoque analítico y documental, adicional a este tipo de enfoque usa para complementar la investigación de este proyecto de titulación técnicas de investigación del tipo descriptivo, explicativo y de campo. Todas cumplen una función específica en cada parte del proyecto.

Tipo teórico porque el fin es elaborar el diseño del proyecto eléctrico sobre la base de un análisis documental en la que se considera el proceso

descriptivo de los elementos de las redes eléctricas en alta tensión. Es explicativo, ya que este tipo de investigación tiende a estudiar las causas de un hecho, fenómeno o situación mediante las leyes de la física, en el caso de este trabajo de titulación se pretende calcular los parámetros de diseño para una acometida de 69KV cumpliendo con todos los estándares de la normativa internacional. Es de campo porque el proyecto se convertirá en una realidad y no solo quedará en un diseño, sino que formará parte del nuevo proyecto de construcción de una subestación de aguas residuales está asociado a la inspección técnica en sitio para la determinación de las especificaciones técnicas.

1.5 Metodología

La metodología de investigación está relacionada con los procesos de indagación mediante la recopilación de la información técnica que permita armonizar los objetivos del proyecto para un análisis que contribuya a desarrollar las aportaciones para alcanzar la finalidad del mismo.

El primer paso para lograr lo propuesto es entrar en contacto y ambientarnos con el lugar en el cual se desarrollará dicho proyecto, la visita al campo para idealizar el diseño que se realizará y luego realizar la estructura del tema planteando objetivos alcanzables y analizar el problema. Se definen por medio del mismo las herramientas y técnicas para ir elaborando el estudio y posteriormente entrar a la fase constructiva una vez que todos los parámetros hayan sido analizados y certificados por especialistas en el área.

PARTE I MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 2

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE UNA ACOMETIDA DE 69 KV

Una acometida a 69 KV está conformada básicamente por los siguientes elementos:

- Los conductores
- Los aisladores
- Postes o estructuras
- Herrajes

En la figura 2.1 se puede observar los componentes de una acometida a este nivel de voltaje que estudiaremos a lo largo de este escrito.

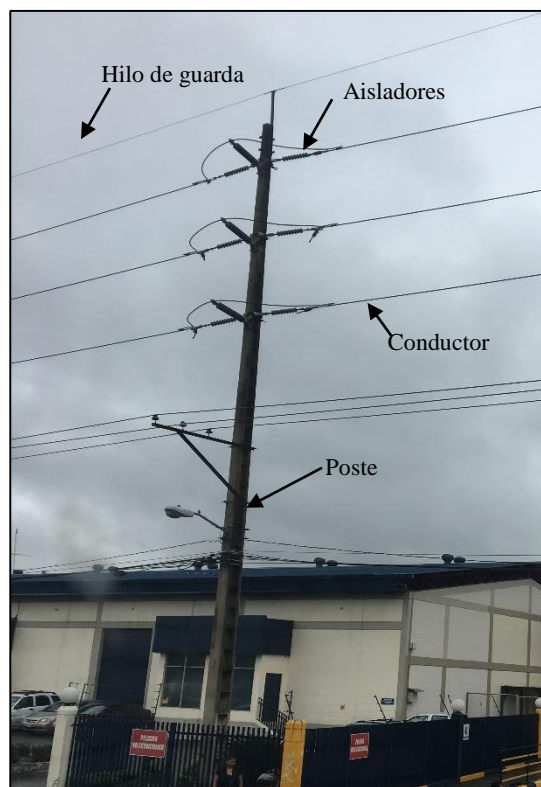


Figura 2.1 Vista real de una línea a 69kv
Fuente: El autor

2.1 Conductores

Cuando hablamos de líneas de alta tensión uno de los elementos básicos que forman parte del sistema son los conductores, la selección del conductor en este caso se debe a la continuidad que se debe dar a la línea que va hacia la planta songa y la cual debemos respetar el calibre que es el Hawk 477 MCM.



Figura 2.2 Conductor ACSR Hawk 477 MCM
Fuente: HUATONG Cables

Los conductores ACSR (*Conductor de Aluminio con Refuerzo de Acero- Aluminium Conductor, Steel Reinforced*) llevan ese nombre por estar conformador por un núcleo de alambre de acero rodeados por varias capas de alambres de aluminio.

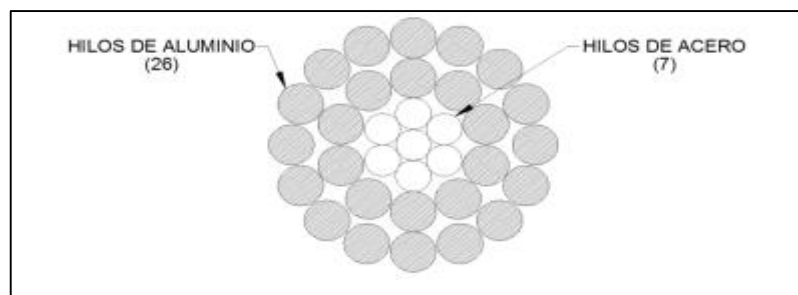


Figura 2.3 Conductor ACSR Hawk 477 MCM
Fuente: Especificaciones técnicas CNEL EP

En la tabla 2.1 se habla de la capacidad de conducción y en este caso la capacidad calculada para una temperatura del conductor de 75 °C, temperatura ambiente 25 °C, emisividad de 0.5, viento de 0.61 m/seg. y con efecto del sol (1033 watts/m²). Para este caso la máxima capacidad de

corriente que se espera en esta línea es de 65[A] más el consumo que este considerado para la planta Songa, siempre dejando un adicional de reserva para futuros aumentos de carga. Es decir que el conductor seleccionado podrá conducir de manera óptima la corriente máxima a nivel de 69 KV que es lo que solicitamos. («Normas Distribución Aérea Categ - Documents», 2015)

Tabla 2.1 Especificaciones técnicas del conductor para 69KV

| CARACTERÍSTICA | UNIDAD | NOMBRE/VALOR |
|----------------------------------|-----------------|--------------|
| Calibre | MCM | 477 |
| Material | - | ACSR |
| Número de hilos de acero | - | 7 |
| Número de hilos de aluminio | - | 26 |
| Sección de la aleación interna | mm ² | 9.29 |
| Sección de la aleación externa | mm ² | 241.70 |
| Resistencia eléctrica DC a 20° C | Ω/Km | 0.1175 |
| Capacidad de conducción | A | 659 |

Fuente: («Normas Distribución Aérea Categ - Documents,” 2015)

2.2 Cable de guarda con fibra óptica OPGW monomodo

El hilo de guarda con fibras ópticas OPGW (*OPTical Ground Wire*) tiene como función emular eléctrica y mecánicamente al cable de acero ¼” el mismo que es el que se ha utilizado durante los últimos años para este fin, deberá ser diseñado para garantizar el soporte de las cargas del cable OPGW en las estructuras de los postes. Así como los cables convencionales soportan corrientes de cortocircuito del mismo modo deberán hacerlos los cables OPGW sin causar perjuicios tanto a los equipos como a la transmisión de información. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

El cable a utilizarse en este nivel de voltaje será el OPGW-SM-11.9 24FO, está conformado por 24 fibras ópticas contenidas en una o más unidades ópticas dieléctricas que están cubiertas por un revestimiento metálico envuelto por hilos de metal en forma de capas concéntricas. El cable estará diseñado para soportar fuerzas de compresión, tensiones

mecánicas y así también las curvaturas esperadas durante el proceso de carga, acoplamiento, disposición y operación causados por los factores internos y externos.



Figura 2.4 Cable de guarda
Fuente: HUATONG Cables

- Composición del cable

La parte que conforma la fibra óptica de telecomunicaciones estará ubicada dentro del núcleo central cubierto por una pasta taponante que recubrirá el tubo de protección de material aluminio, el mismo que debe presentar una terminación industrial impecable libre de porosidades en la superficie. El conjunto de hilos metálicos con el tubo de aluminio tiene que ser óptimos para poder permitir que circule la corriente de corto circuito.

Los hilos de metal que son parte de la corona exterior deben tener una dimensión capaz de soportar todas las sollicitaciones mecánicas del cable de guarda convencional, también se debe asegurar la mínima resistencia necesaria para evitar las deformaciones en los cables de fibras ópticas. La superficie deberá ser completamente cilíndrica sin imperfecciones. Para estos cables los empalmes no son admitidos. («Memoria Técnica TAP de 69 kV a MUCHO LOTE.pdf», s. f.)

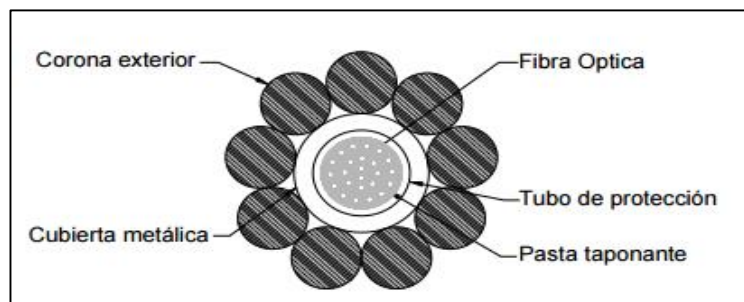


Figura 2.5 Composición del Cable de guarda
Fuente: Especificaciones Técnicas CNEL EP

A continuación, en la tabla 2.2 se detallan las características del cable de guarda, el mismo que se encuentra actualmente siendo utilizado en líneas de alta tensión brindadas por la Empresa CNEL EP que es el ente regulador para la aprobación de proyectos eléctricos.

Tabla 2.2 Características del hilo de guarda

| CARACTERÍSTICAS DEL CABLE | | UNIDAD | DESCRIPCIÓN/VALOR |
|--|----------------------------|----------------------|----------------------|
| Sección metálica | | mm ² | 82 |
| Diámetro exterior nominal | | mm | 11.9 |
| Paso | | mm | 170 |
| Carga de rotura nominal (UTS) | | kgf | 5,047 |
| Máxima tracción en las peores condiciones climáticas | | kgf | 2,019 |
| Peso nominal | | kg/km | 379 |
| Módulo de elasticidad | | kgf/mm ² | 10,032 |
| Coefficiente de dilatación lineal | | 10 ⁻⁶ /°C | 16.2 |
| Radio mínimo de curvatura | durante la instalación | mm | 400 |
| | en el dispositivo de freno | mm | 476 |
| | después de la instalación | mm | 238 |
| Clase de descarga atmosférica | | C | 50 |
| Máxima corriente de cortocircuito | | (kA) ² s | 40 |
| Ti=50°C ; Tf=180°C ; t=0.5s : Icc=8.9 kA (carga de tracción para teste 15% RMC) | | | |
| Resistencia eléctrica del cable en (CC @ 20°C) | | Ω /km | 0.519 |
| Coefficiente de corrección de la resistencia eléctrica con a temperatura del cable | | 10 ⁻³ /°C | 3.7 |
| Temperatura de operación | | °C | -30 |
| | | °C | +70 |
| Especificaciones del cable | | NBR14074 ; IEEE1138 | |
| Atenuación de las fibras ópticas | 1,550 nm | - | dB/km |
| | 1,310 nm | - | dB/km |
| PMD de las fibras ópticas | 90% de las fibras | - | ps/km ^{1/2} |
| | 100% de las fibras | - | ps/km ^{1/2} |

Fuente: Especificaciones Técnicas CNEL EP

2.2.1 Cruceta de cable de fibra óptica para reserva

La cruceta de cable para reserva fue elaborada para ser el acopio de toda la reserva del cable a lo largo de la línea de 69KV, de tal manera que el arreglo de la red cumpla la función de proteger al cable, siempre teniendo en consideración que serán de acero galvanizado. A través del soporte de fijación se realiza el posicionamiento en el poste, para poder ser adaptado a las diversas circunstancias que se puedan presentar en los postes en el periodo de instalación. Las crucetas de reserva deberán tener la capacidad de contener al menos 50 metros de cable OPGW y tiene que contar con los elementos apropiados de sujeción al poste. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

En las figuras 2.6 se muestran la vista frontal y la vista superior de la cruceta, las cuales deben contar con todas las sujeciones como lo indican las figuras para poder brindar mayor soporte al momento de la instalación, estas especificaciones son otorgadas por CNEL EP.

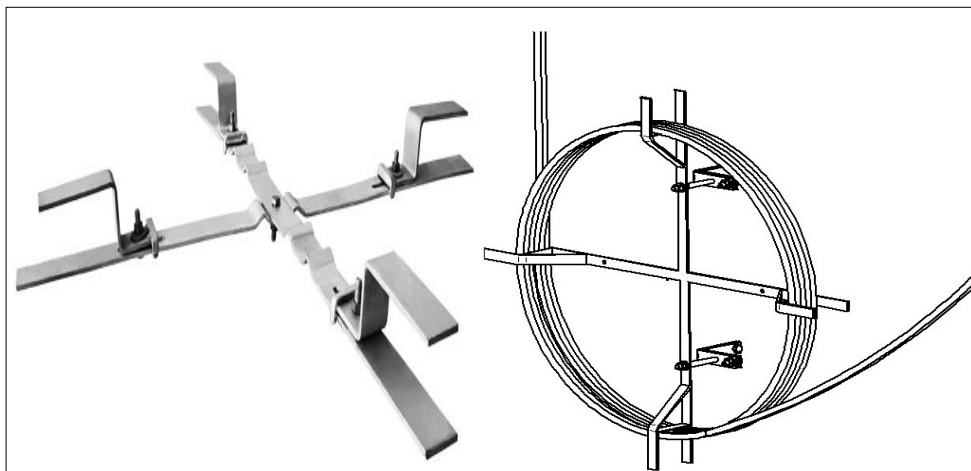


Figura 2.6 Detalle de cruceta
Fuente: CNEL EP

2.2.2 Cajas de empalme para cable fibra óptica

Las cajas de empalme de fibra óptica tienen como función principal permitir los empalmes mecánicos o de fusión que se realicen con este tipo

de cableado. Son múltiples las ventajas que presenta la caja de empalme, de las que podemos resaltar las siguientes:

- Mantener protegido el empalme.
- Proteger contra el impacto, la corrosión, etc.
- Permitir el cerrado de la caja durante la ejecución del empalme.
- Se pueden realizar varias configuraciones con los diversos tipos de cabezales.

Los componentes que deben tener las cajas de empalme para cables opgw son los siguientes:

- Barraje en acero de tracción.
- Tapas de acero inoxidable.
- Bandejas y organizadores para guardar la fibra óptica. (“Catálogo de equipos COIDEA S.A.,” n.d.)

En la figura 2.7 se observa un ejemplo de caja de empalme para cable opgw utilizado en las líneas de transmisión.



Figura 2.7 Cajas de empalme para cables de fibra óptica
Fuente: Catálogo de equipos COIDEA SA

2.3 Aisladores eléctricos

En el libro de diseño de subestaciones eléctricas de (HARPER, 2005), describe que los aisladores como su nombre lo indica, son los encargados de permitir que el cable conductor de energía no haga contacto con la estructura y no pueda producir un cortocircuito. Normalmente para líneas de alta tensión se fabrican en materiales como vidrio y porcelana, pero esto ya depende del fabricante.

Las principales funciones de los aisladores en las líneas de subtransmisión son: la primera y más importante función eléctrica es la de mantener aislado al conductor de la tierra, y la segunda función que cumple es la más importante mecánicamente hablando y es la de poder soportar el peso del conductor.



Figura 2.8 Aisladores eléctricos
Fuente: Global Electric

Pueden ser catalogados de acuerdo al diseño que se realice, clasificándolos en los siguientes grupos:

- Aisladores de soporte o rígidos (line post)
- Aisladores del tipo suspensión
- Aisladores de tipo pin, espiga o palillo

Para este diseño analizaremos solo los dos primeros grupos de aisladores.

2.3.1 Aislador polimérico de tipo suspensión para línea a 69 KV

El aislador polimérico tipo suspensión es usado para este nivel de voltaje por las características técnicas que presenta. Las especificaciones que debe cumplir el aislador son las solicitadas por la CNEL EP, las mismas que están descritas a continuación y son los que se usaron como referencia y como base principal para la elaboración de este proyecto, enumeramos las siguientes:

- Núcleo: El núcleo del aislador deberá estar libre de sustancias no reconocidas, burbujas producidas por el aire o fallas de fábrica, será de fibra de vidrio reforzada con resina epóxica de alta dureza para evitar la corrosión, tendrá resistencia con respecto a los ácidos por lo cual también será resistente a frágiles roturas; tendrá forma de cilindro y deberá soportar la carga mecánica que se aplica al aislador. (“Estudio definitivo de las líneas de transmisión,” 2015)
- Recubrimiento del núcleo: El revestimiento del núcleo de fibra de vidrio será hidrófugo en goma de silicón y será de una sola pieza aplicada por inyección o extrusión, el mismo que será uniforme, no deberá tener juntas de ningún tipo ni costuras, sin imperfección alguna y estará junto al núcleo; tendrá un espesor mínimo de 3 mm en todos sus puntos. La resistencia al desgarramiento de la goma de silicón deberá ser menor que la resistencia de la interface entre el recubrimiento de goma de silicón y el cilindro de fibra de vidrio, para cumplir con todos los requerimientos solicitados debe tener las características que se nombraron para obtener una garantía tanto del proveedor como del diseñador. (Suarez M, 2016)

- Aletas aislantes del aislador polimérico tipo suspensión: Al igual que el recubrimiento del núcleo las aletas aislantes también serán hidrófugas de goma de silicón, y estarán fuertemente unidas a la cubierta del cilindro de fibra de vidrio como parte fundamental de la cubierta; presentarán diámetros iguales o diferentes y tendrán, preferentemente, un perfil diseñado de acuerdo con las recomendaciones de la Norma IEC 815. La longitud de la línea de fuga requerida deberá lograrse con el necesario número de aletas. El recubrimiento y las aletas serán estrictamente de color gris. (IEC 60815, 2001)

En la figura 2.9 adjunta se muestra un esquema similar al aislador requerido por CNEL y deberá poseer las mismas características y contar la siguiente medida estándar, respetando todos los puntos descritos anteriormente en el presente subcapítulo:

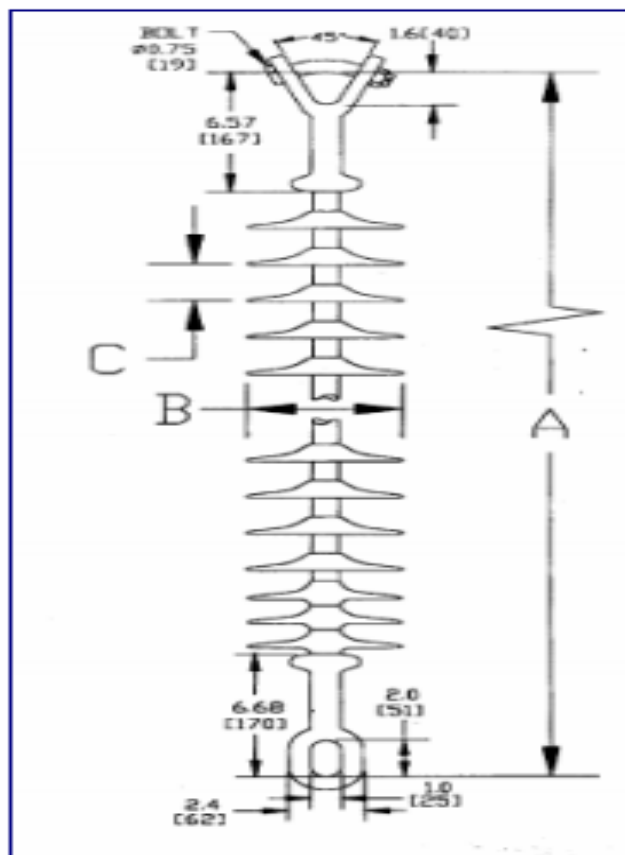


Figura 2.9 Aislador polimérico tipo suspensión
Fuente: CNEL EP

A continuación en la tabla 2.3 se muestran las especificaciones técnicas emitidas por CNEL EP para este tipo de aisladores.

Tabla 2.3 Especificaciones técnicas del aislador tipo suspensión 69kv

| | | |
|----------------------------------|---|--------|
| Material de fabricación | Goma de silicón | |
| Material de las faldas | Goma de silicón | |
| Núcleo | Varilla de vidrio recubierto de goma de silicón | |
| Voltaje de línea | 69 kv | |
| Voltaje de diseño | 72.5 kv | |
| Valor mínimo de descarga a 60 HZ | en seco | 369 Kv |
| | en húmedo | 333 Kv |
| Tensión de impulso positivo | 638 kv | |
| Tensión de impulso negativo | 680 kv | |
| Peso | 9.9 libras | |
| Distancia mínima de arco | 37.3 pulgadas | |
| Distancia mínima de fuga | 86.1 pulgadas | |
| Carga mecánica | 25000 libras | |

Fuente: Especificaciones Técnicas CNEL EP

2.3.2 Aislador polimérico del tipo line post para línea a 69 KV

El aislador line post recibe este nombre porque sirve como sujeción al momento de realizar algún tipo de puente entre dos aisladores que se encuentran separados por una distancia considerable, cuando se trabaja en este nivel de voltaje el aislador tipo line post a adquirir deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- Núcleo: El núcleo tendrá forma de cilindro y tendrá que soportar la carga mecánica que se vaya a aplicar al aislador. No deberá tener burbujas producidas por el aire, errores de fábrica o sustancias no conocidas y tendrá una parte superior externa de fibra de vidrio fortificada con resina epóxica que será resistente a los ácidos. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

- Recubrimiento del núcleo: El revestimiento del núcleo de fibra de vidrio será hidrófugo en goma de silicón y será de una sola pieza aplicada por inyección o extrusión, el mismo que será uniforme, no deberá tener juntas de ningún tipo ni costuras y estará junto al núcleo; tendrá un espesor mínimo de 3 mm en todos sus puntos. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

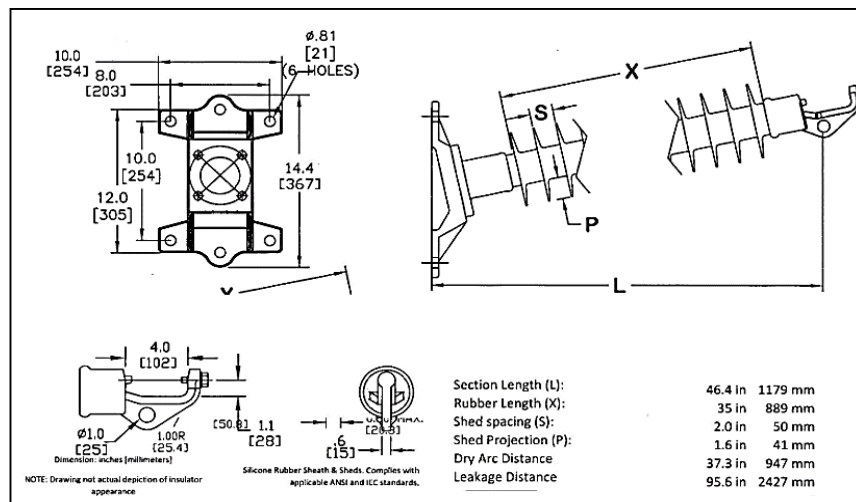


Figura 2.10 Detalle del aislador solicitado
Fuente: Especificaciones técnicas CNEL EP

A continuación en la tabla 2.4 se muestran las especificaciones técnicas emitidas por CNEL EP para este tipo de aisladores.

Tabla 2.4 Especificaciones técnicas del aislador tipo line post

| | | |
|---|-----------|---|
| Material de fabricación | | Goma de silicón |
| Núcleo | | Varilla de vidrio recubierto de goma de silicón |
| Voltaje de línea | | 69 kv |
| Valor mínimo de descarga a 60 HZ | en seco | 311 Kv |
| | en húmedo | 287 kV |
| Distancia mínima de arco | | 809 mm |
| Distancia mínima de fuga | | 2,305 mm |
| Carga de tensión | | 5000 libras |
| Longitud base a centro | | 1,034 mm |
| Distancia entre orificio interior y orificio superior | | 12 pulgadas |

Fuente: Especificaciones Técnicas CNEL EP

2.4 Postes

Los postes son elementos de la línea de subtransmisión los mismos que tienen que función principal servir de soporte para los conductores que transportan energía, los que se utilizarán en el proyecto serán de hormigón armado y vibrado.

2.4.1 Postes tipo “H” de hormigón armado para línea de 69 KV con aisladores fijos

Los postes tipo “H” de hormigón armado presentan una geometría externa del tipo tronco piramidal con alvéolos a lo largo de los mismos. La parte superior es de sección rectangular mientras que unos alveolos van en el resto del poste para aligerar el peso. Para esta estructura se toma 30° como ángulo de apantallamiento. (“CNEL EP.pdf,” n.d.).

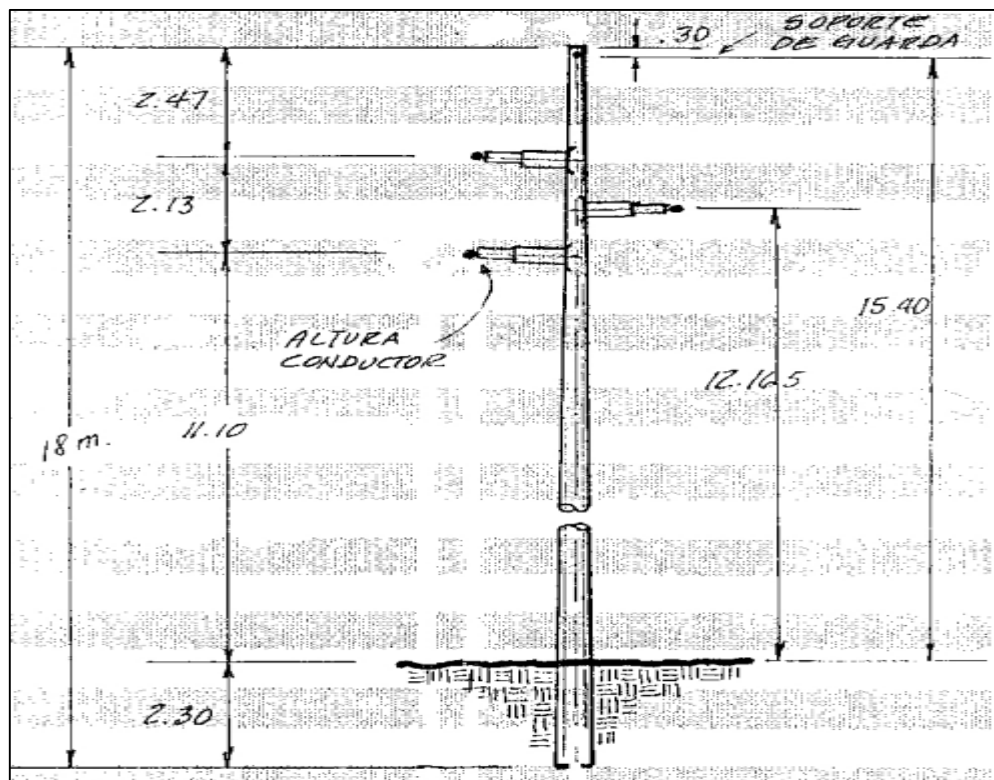


Figura 2.11 Secciones del poste
Fuente: Especificaciones técnicas CNEL EP

2.4.2 Estructura tipo "H" para línea de 69kv trifásica con aislador de suspensión.

Este tipo de estructuras se utiliza generalmente cuando se presentan vanos largos, algún cruce de quebradas o algún otro tipo de accidente, también se lo utiliza cuando se quiere ganar altura en algún vano normal o mejorar la seguridad de la línea. El ángulo de apantallamiento para el caso de las estructuras que tienen cables de guarda es de 30° y la distancia de fijación se toma con respecto a los conductores de tal manera que del ángulo mencionado.

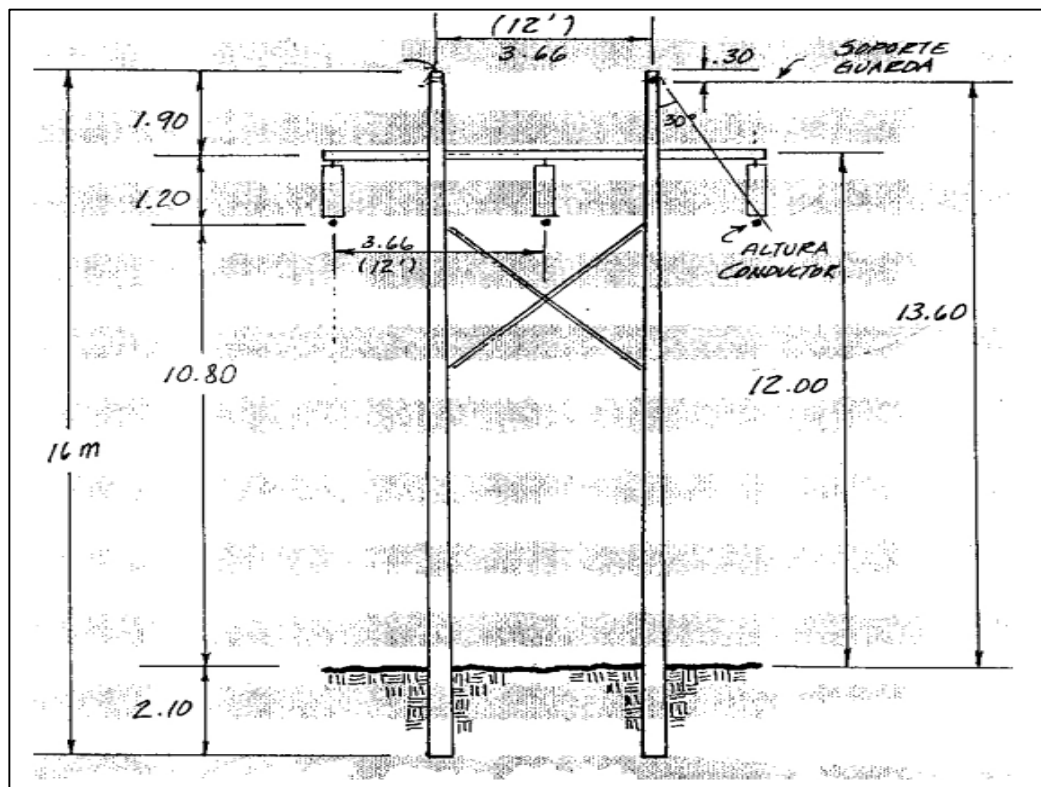


Figura 2.12 Estructura tipo H
Fuente: Especificaciones técnicas CNEL EP

2.4.3 Materiales para fabricación de postes

Los materiales que serán utilizados deben estar conforme con las normas INEN 1964, 1965, 1966 y 1967. ("CNEL EP.pdf," n.d.)

- Acero de refuerzo: Se usará varilla corrugada del tipo de acero de grado duro y se ubicará en el refuerzo longitudinal, la calidad está definida por las normas INEN 102, con esfuerzo a la fluencia de 4,200 kg/cm².

En cambio el refuerzo transversal deberá estar conformado por unos estribos de acero liso de grado medio con una fluencia de 2,800 kg/cm² y diámetro máximo de 6 mm (1/4"). Se regirá por la norma ASTM A 615. ("CNEL EP.pdf," n.d.). El diámetro mínimo que debe tener la varilla es 5,5 mm y el espaciamiento no puede exceder de 500 mm.

- Cemento: El cemento a utilizarse será Portland de fraguado normal, cuyas características cumplirán con lo especificado en la Norma INEN 152. ("CNEL EP.pdf," n.d.)
- Agua: De acuerdo con las especificaciones NTE INEN 1108 el agua tiene que estar limpia, exonerada de sustancias que puedan afectar la calidad del hormigón.

La tabla 2.5 es un resumen de los valores que deben tener los postes de hormigón armado que deben cumplir los postes para su construcción.

Tabla 2.5 Especificaciones técnicas del poste de hormigón armado

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE POSTES RECTANGULARES DE HORMIGÓN ARMADO | | | |
|--|---------------|--------------------|-------------------------------------|
| Para postes de 14m a 23m con cargas de rotura de 1000kgf a 3600 kgf | | | |
| Esfuerzos | Esfuerzo útil | cm | 20 |
| | Carga útil | kg | Carga de rotura/Factor de seguridad |
| Factor de seguridad | | | 2 |
| Carga de rotura | | kg | La solicitada |
| Resistencia del hormigón | | kg/cm ² | 350 |
| Acero de refuerzo | Longitudinal | | 4200 kg/cm ² ; INEN 102 |
| | Transversal | | 4201 kg/cm ² ; ASTM 615 |

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN

2.4.4 Instalación de postes

La colocación de los postes se llevará a cabo por personal de profesionales expertos encargados en la rama.

- Losetas inferiores

Una vez realizada la excavación y que haya concluido la elaboración del hueco, se instalará una loseta inferior con las medidas: 0.8 x 0.8 x 0.15 metros bajo todos los postes, la misma que tendrá una prefabricación y construcción de acuerdo a la normativa correspondiente.

- Excavación del hueco

La fiscalización tendrá la potestad de ordenar excavaciones un poco más profundas, si se diera el caso de que con la excavación del hueco se haya llegado a un estrato blando que no sea apto para la fundación, intercambiando el material por otro prestado, el mismo que puede ser cascajo, piedra bola, lastre, ripio, etc. (Palacios, 2016)

De la misma manera, una vez que el material obtenido de la excavación no sea apto para el relleno de la fundición del poste, fiscalización deberá ordenar el cambio del mismo con material prestado, que puede ser similar a los materiales de fundición del hueco, e incluso hormigón. El relleno que irá al rededor del poste debe tener un grado de compactación parecido o mayor al de la tierra adyacente que no haya sido removida. (Palacios, 2016)

- Pernos de puesta a tierra

Los postes llevan dos pernos de puesta a tierra, una en su parte superior y otra en la inferior (tuercas de métrica 12 de acero galvanizado). Los

postes llevaran los pernos de puestas a tierra a 1.2 m del borne superior a la punta y a 3.2 m del borne inferior a la base.

Los pernos de puesta a tierra serán soldados a la armadura principal, además el poste debe tener una platina con una tuerca soldada en cada extremo del poste, y deberá tener continuidad entre estas dos placas, superior e inferior con cable N° 2 AWG de cobre. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

Tabla 2.6 Datos técnicos del poste rectangular de hormigón armado

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE POSTES RECTANGULARES DE HORMIGÓN ARMADO | | |
|--|----|--|
| Para postes de 14m a 23m con cargas de rotura de 1000kgf a 3600 kgf | | |
| Hormigón | | Armado y vibrado |
| Sección | | Rectangular |
| Perforaciones | | De acuerdo a plano |
| PLACA DEL FABRICANTE | | |
| Tamaño de la placa | cm | 10*8 |
| Ubicación desde la línea de empotramiento | m | 1,8 |
| Nombre del fabricante | | ELECDOR |
| Nro del poste del fabricante | | SI |
| Altura del poste | | SI |
| Fecha de fabricación | | SI |
| Carga útil en kg | | SI |
| Tipo de cemento | | Portland 1; Norma INEN C150 |
| Agregados | | Según normas: INEN 694;695 Y 696; ASTM C33; C192 |
| Acabado color | | Uniforme, liso, sin porosidad |
| Color | | Natural del hormigón |

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana INEN

- Ubicación del código en bajo relieve en poste de hormigón

El código en los postes debe cumplir con las siguientes características generales:

- La parte que corresponde al propietario es la sigla EEPG la misma que debe cumplir con el tipo letra arial 8 de con 2cm de separación.

- La parte que corresponde al fabricante deberá tener tipo de letra arial 10 con 2cm de separación y esras llevarán el primer dígito del fabricante, ejemplo: D= Dermigón. E= Elecdor, Z= Zavato.
- La parte que corresponde al código que es la identidad del poste deberá tener tipo de letra arial 10 con 2cm de separación y su separación con las siglas EEPG deberá ser de 15cm.
- Tanto los números como las siglas se colorearan con pintura tipo esmalte y deberán estar en bajo relieve con una profundidad de por lo menos 0.8 cm, de manera legible sin presentar deformaciones. («Memoria Técnica TAP de 69 kV a MUCHO LOTE.pdf», s. f.)

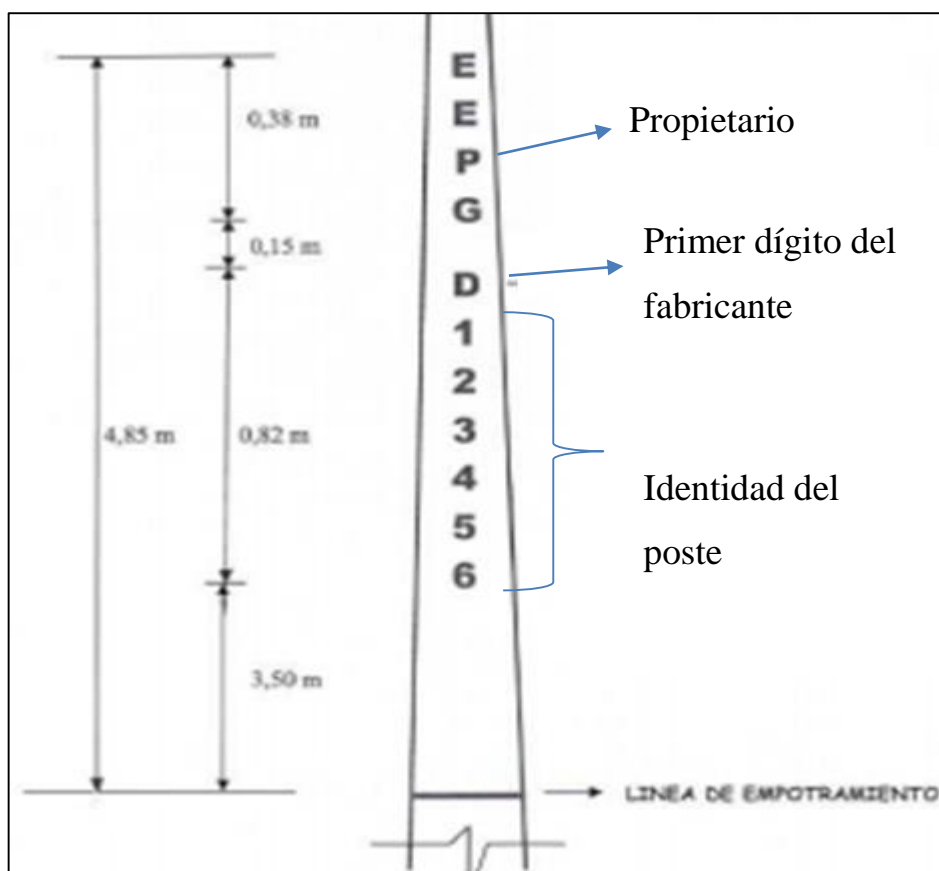


Figura 2.13 Código de postes
Fuente: CNEL EP

2.4.5 Tolerancias admitidas

Las tolerancias permitidas en las dimensiones de los postes serán las siguientes que se muestran a continuación:

En la longitud deberá tener una tolerancia de 0.05 m

En las secciones transversales deberá tener una tolerancia de 0.01 m

La tabla 2.7 hace referencia a las tolerancias de fabricación de los postes de hormigón. Esta tabla fue tomada de las especificaciones técnicas que la unidad de negocios CNEL EP usa para todos sus proyectos.

Tabla 2.7 Tolerancia de fabricación de postes

| TOLERANCIA DE FÁBRICA | |
|----------------------------------|---------------|
| Longitud | ± 1% |
| Curvatura longitudinal máxima | ± 5% longitud |
| Línea de empotramiento | L/10 + 50 cm |
| Espesor de las paredes del poste | ± 5 cm |

Fuente: Especificaciones técnicas CNEL EP

De acuerdo a las normativas de CNEL EP, describe que la flecha deberá ser medida comparándola con la cara exterior que presente más deformaciones en el poste y la máxima curvatura longitudinal de la superficie externa del poste deberá ser de 0.5 % de su total longitud. Está permitida una tolerancia en la parte de las perforaciones que tendrá que ser el ± 5 % de su separación y deberán respetarse los valores facilitados por la normativa pertinente. ("CNEL EP.pdf," n.d.)

2.4.6 Anclas

Se conoce con el nombre de anclas al punto de sujeción más bajo del poste que servirá para brindar mayor resistencia al tensor.

Serán de hormigón armado de 80x80x20 cm, las varillas serán de acero liso de ¾" de diámetro y 10pies de longitud con una fluencia de 2800 Kg/cm.

Se debe considerar como punto importante que el acabado de las piezas debe estar sin rugosidades y mostrar una superficie lisa, esto incluye al perno de ojo y su respectiva tuerca los mismos que deberán estar libres de traslapos, superficies irregulares y rebabas que interfieran en su correcta funcionalidad, todo perno deberá estar en óptimas condiciones para que la tuerca pueda recorrer toda la longitud de la rosca sin necesidad de usar herramientas externas. ("CNEL EP.pdf," n.d.)

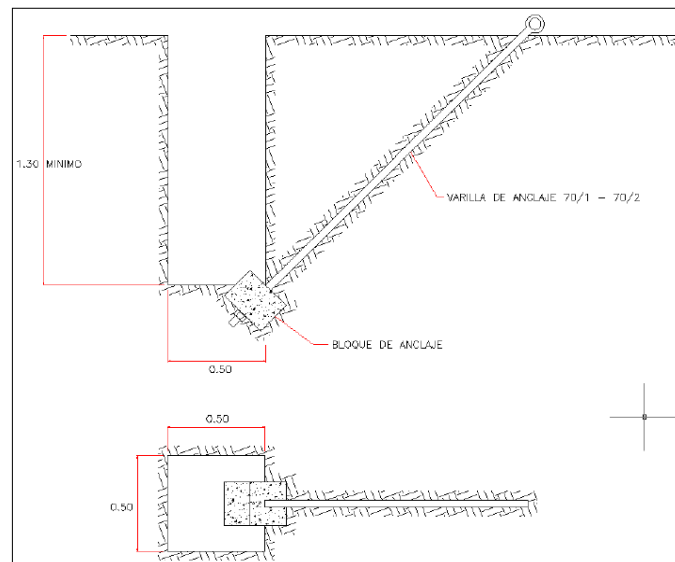


Figura 2.14 Anclaje de poste
Fuente: Especificaciones técnicas CNEL EP

La varilla de anclaje deberá ser galvanizada en caliente de acuerdo a las normas ASTM A-123 y ASTM A-153, poseerá un ojo de forma ovalada y deberá una arandela a un extremo.

Este ojo de forma ovalada deberá estar soldado contra la varilla y deberá tener en todos sus lados una costura corrida con el fin de garantizar su robustez mientras que deberá tener una sección roscada en el otro extremo de la varilla.

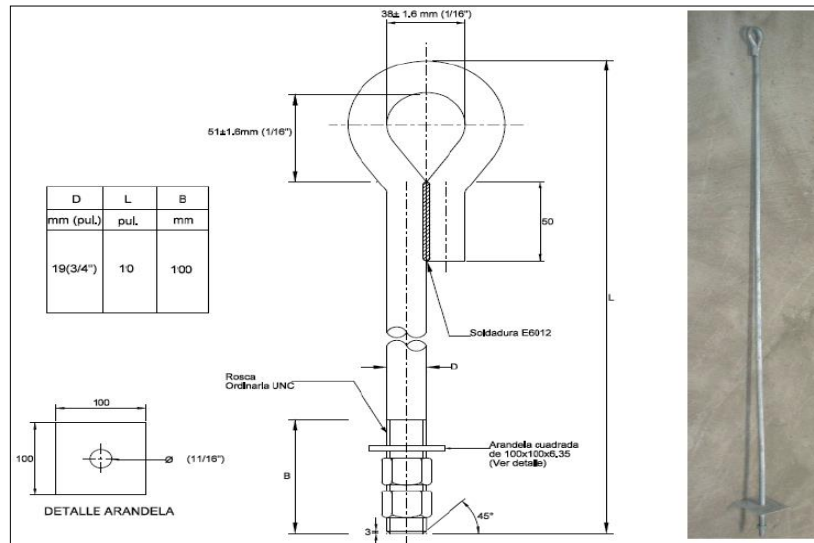


Figura 2.15 Varilla de anclaje y sus componentes
Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL EP

Como principal característica esta varilla incluirá en sus accesorios una tuerca hexagonal galvanizada con un diámetro de 19 mm (3/4 pulgadas) y una arandela cuadrada galvanizada de 100 mm de lado y 6.35 mm (1/4 pulgada) de espesor. Similar al que se muestra en la figura adjunta. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

Tabla 2.8 Especificaciones de la varilla de anclaje

| Descripción | Unidad | Detalle |
|-------------|--------|-------------------------|
| Material | | Hormigón armado |
| Medidas | cm | 80x80x20 |
| Diámetro | 3/4 | pulgadas |
| Fluencia | Kg/cm | 2800 |
| Normas | | ASTM A-123 y ASTM A-153 |

Fuente: CNEL EP

2.5 Herrajes en acometidas a 69kv

Los herrajes serán de hierro galvanizado por el método de inmersión en caliente, debiendo ser limpiados mediante baño de solución acida, la inmersión asegurará la formación de una capa continua y uniforme de zinc

sobre la pieza, la misma que deberá tener un peso aproximado de 0.20 gramos por centímetro cuadrado.

El hierro a utilizarse deberá tener un límite de fluencia de 2800 Kg/cm² como mínimo, según especificación ASTM A7-61T. Se clasifican en:

- Herrajes para fijar el aislador al poste
- Herrajes para la unión del extremo del aislador con el conductor
- Herrajes para protección del aislador
- Herrajes para el hilo de guarda

2.8.1 Herrajes para fijar los aisladores al poste

- Acople metálico de acero forjado (grillete de amarre)

Los acoples metálicos más conocidos como grilletes, se usan para unir el aislador al poste. Lo más usual es el uso de dos grilletes de manera opuesta en el amarre del lado del poste para acceder a la orientación del respectivo yugo y permitir el balance del conjunto de soporte. (“(Francisco M, 2007),” n.d.)

Tabla 2.9 Especificaciones técnicas del grillete

| | |
|------------------------------------|-------------------|
| Material del cuerpo | Acero galvanizado |
| Material del perno de la horquilla | Acero galvanizado |
| Chaveta | Acero inoxidable |
| Carga de rotura nominal | 25.000 lbs. |

Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL EP

En la figura 2.16 se observa el acople metálico o grillete visto en corte y visto de manera real.

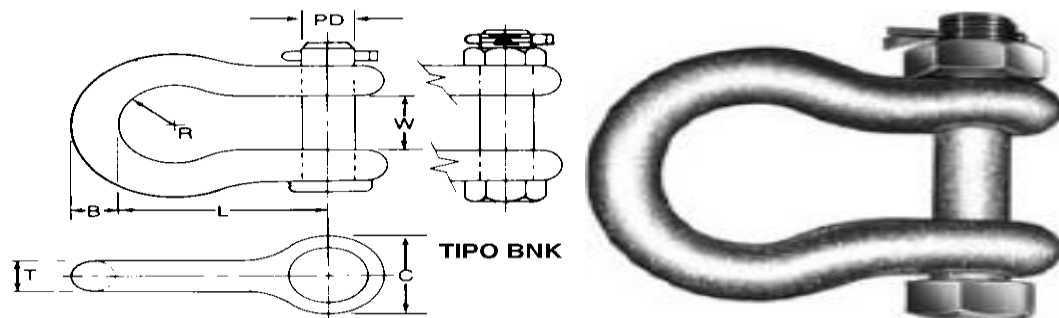


Figura 2.16 Grillete

Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL EP

- Collar de 10 ½” para líneas de 69kv

El collar está conformado por: abrazadera, tuercas y platina. La abrazadera tendrá un espesor de galvanizado mínimo de 80 micras y el diámetro de será de 10 ½ pulgadas, conformado también con una platina de acero estructural galvanizada en caliente de 1 ½ pulgadas de ancho por ¼ pulgadas de espesor, dotada de 2 pernos de rosca corrida de 5/8” de diámetro y 6” de longitud. Cada perno estará provisto de dos arandelas circulares y dos tuercas hexagonales galvanizadas. Las tuercas serán hexagonales y la superficie de contacto será perpendicular al eje de la tuerca. Esta abrazadera El collar deberá ser similar a la figura adjunta y las medidas están dadas en pulgadas: (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

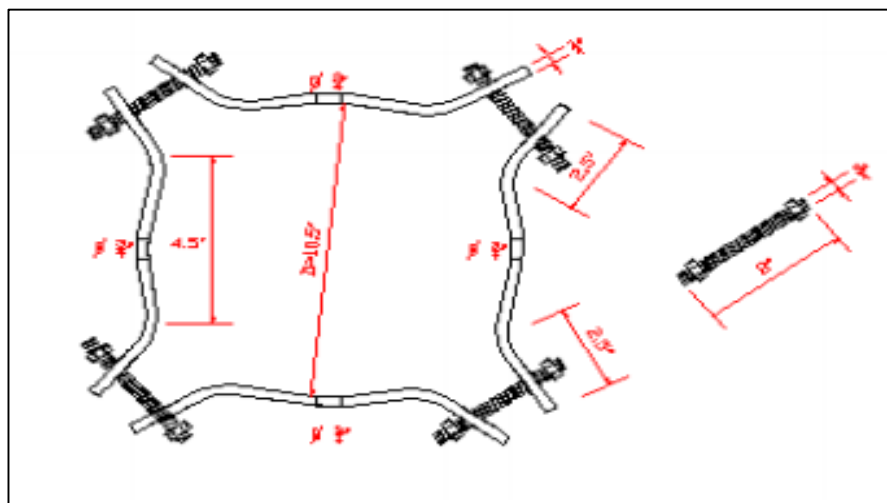


Figura 2.17 Collar de 10 ½” para líneas de 69kv

Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL EP

Las platinas serán fabricadas de acuerdo a las normas que son fabricados los collares y serán de hierro galvanizado con las siguientes medidas: 9 ½" x 3" x ¼".

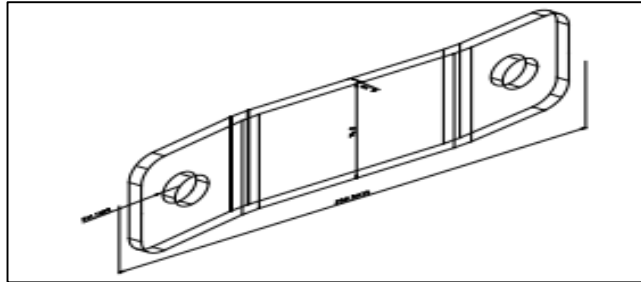


Figura 2.18 Platina
Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL EP

Una vista real de la forma que tiene un collar de 10 ½" empernado con el grillete para líneas de subtransmisión a este nivel de voltaje es como el que observamos en la figura 2.19 adjunta a continuación:

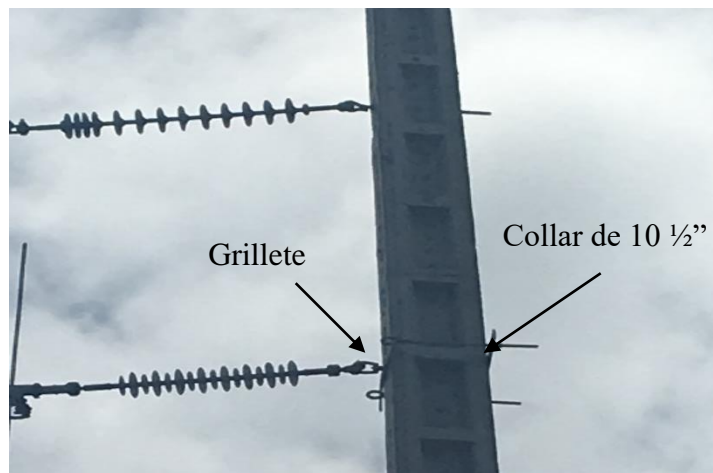


Figura 2.19 Herrajes en sitio
Fuente: El autor

2.8.2 Herrajes para la unión del extremo del aislador con el conductor

- Conector (grapa) de compresión de aluminio

Los conectores de compresión o grapas se usarán para realizar la unión entre los conductores en las estructuras de retención. La función

principal es conectar dos cables paralelos en combinaciones aluminio-aluminio y aluminio-cobre. La instalación se facilitará porque la fabricación constará de pestañas que pueden doblarse.

- Material: El material del cuerpo será de aleación de aluminio. De fábrica vendrá con inhibidor y empacada individualmente.
- Conectores de compresión:

Conectores para conductor: lado A # 300 a 556 AL ACSR 18/1

Conectores para conductor lado B # 300 a 556 AL ACSR 18/1

Los conectores de compresión se muestran en la figura 2.17 adjunta y tendrán características similares a las mostradas a continuación:

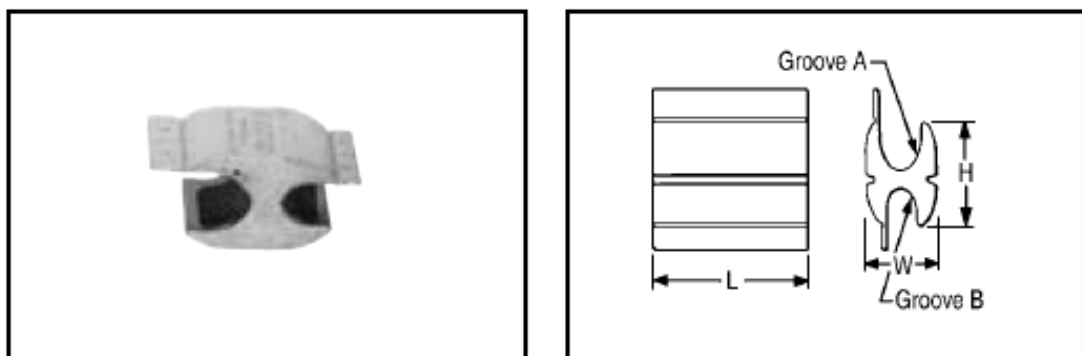


Figura 2.20 Conector de compresión de aluminio
Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL EP

2.8.3 Herrajes para la protección del aislador

- Abrazadera o grapa terminal 477 mcm

Se utilizarán abrazaderas terminal para conductores ACSR que permitan calibres con rango de 226.8 (26/7) a 556.5 (18/1) MCM con características similares a las presentadas a continuación: (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

Tabla 2.10 Especificaciones técnicas de la abrazadera

| | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Material del cuerpo | Aleación de aluminio 356-T6. |
| Material del sujetador | Aleación de aluminio 356-T6. |
| Órbita (rótula) y horquilla | Fundición maleable, galvanizadas. |
| chaveta | Acero inoxidable 30 |

Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL EP

La abrazadera o grapa terminal 477 mcm se muestra en la figura 2.22 adjunta donde se observa una vista real y una vista esquemática de la estructura de la misma la cual deberá tener características similares a las mostradas a continuación:

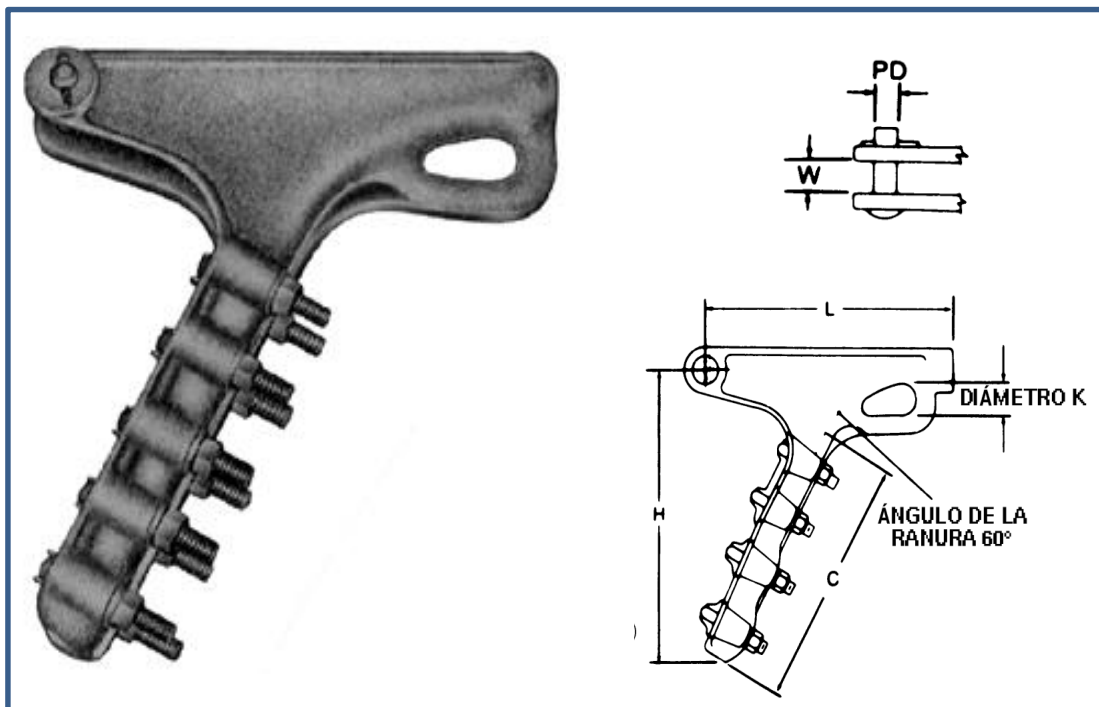


Figura 2.21 Grapa terminal

Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL EP

Las grapas varían de acuerdo al tipo de los conductores por lo cual se adjunta la tabla 2.11 en la que indica el rango de los conductores que se utilizan y la carga de rotura nominal para cada elemento.

Tabla 2.11 Especificaciones técnicas de la abrazadera

| RANGO DE CONDUCTORES | | | CARGA DE ROTURA NOMINAL Lbs. (Kg) | CABALLETES | | PESO Unitario Lbs. (Kg) |
|--|---|-------------------------|-----------------------------------|------------|-------------------------------------|-------------------------|
| ACSR Aluminio / Acero AWG/MCM (mm ²) | ALUMINIO AWG/MC M-hilos (mm ²) | Diámetro Pulgadas (mm) | | Cant. | Diámetro Pulgadas (mm) | |
| # ³ / ₀ - ⁶ / ₁ a 556- ²⁶ / ₇ (85 a 282) | ³ / ₀ -19 a 650-61 (85 a 329) | 0.46-0.94 (10.16-23.88) | 25,000 (11,340) | 4 | ¹ / ₂ (12.70) | 5.4 (2.45) |

Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL EP

2.8.4 Herrajes para el hilo de guarda

El cable de guarda estará aterrizado en todos los postes a través de la torre misma, por lo que los herrajes para cable OPGW serán capaces de manejar las corrientes indicadas para el cable.

Los elementos que forman los conjuntos de amarre estarán en contacto con el cable y deberán ser de acero recubierto de aluminio o aleación de aluminio, cualquiera es aceptada mientras que la capa externa sea de acero recubierto de aluminio, y de aleación de aluminio si la capa exterior es de este material.

Se deberá prestar especial atención en el sentido de torneado de las varillas preformadas u otros elementos, que debe ser compatible con el sentido en que se cablean los hilos conductores de la capa exterior de los cables de guardia (cables torneados hacia la izquierda). («Rodas, M. 2014», s. f.) . En el poste se colocará una pieza de sujeción que tendrá una selección conforme a la información planteada, pero puede variar en comparación con la solicitud que cada proyecto presente con respecto a lo mostrado en los gráficos de este capítulo.

La ductilidad de los materiales será tal que permita los siguientes alargamientos, medidos sobre una longitud de 50.8 mm:

El porcentaje del hierro maleable y nodular será 8%

El porcentaje del acero fundido será 15%

El porcentaje del acero forjado será 18%

El porcentaje de las piezas de aluminio fundido serán de 3%

2.3.3 Herraje conjunto amarre pasante

Los brazos extensores para el accesorio pasante deberán ser de al menos 25 cm de longitud y para el accesorio bajante deberán ser de al menos 45 cm de longitud, las tuercas y tornillos deberán ser de acero galvanizado en caliente. La presión sobre el cuerpo de la grapa de aluminio deberá obtenerse con la colocación de arandelas cónicas.

En las fijaciones de los pernos deberán preverse medios que eviten su aflojamiento debido a la vibración, empleando arandelas de presión, tuercas, contratuercas y otros dispositivos adecuados. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

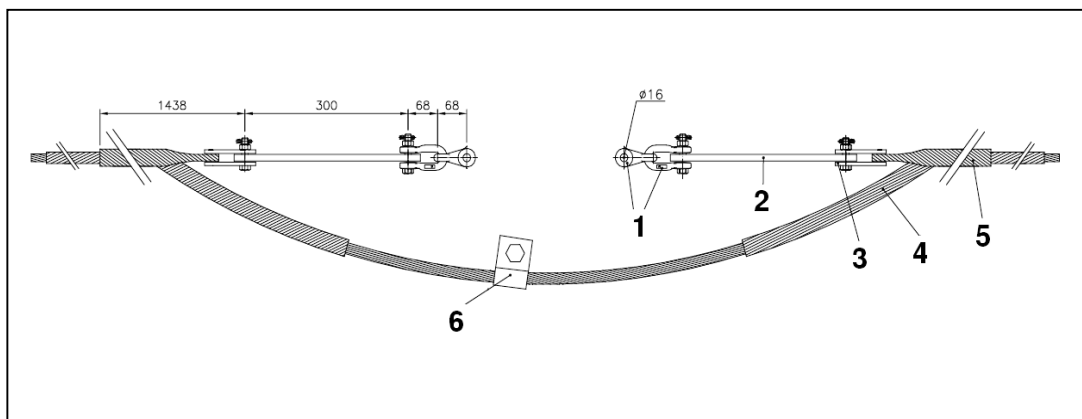


Figura 2.22 Herraje conjunto amarre pasante
Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL EP

El herraje conjunto amarre pasante para el cable de guarda está constituido por los siguientes elementos: (1) grillete recto, (2) tirante, (3)

horquilla guarda cabo, (4) empalme de protección, (5) retención preformada, (6) grapa de conexión al poste.

Para la puesta a tierra del cable de guarda, en todos los conjuntos de retención, se utilizarán grapas adecuadas y colilla con terminales para una buena conexión del cable de guarda a las estructuras, en este caso los postes. Todas las estructuras deberán realizar la conexión a tierra, lo que implica la conexión del punto de tierra de la estructura a la varilla de puesta a tierra.

2.5.1 Herraje para las cajas de empalme

Se ubicará las cajas de empalme o puntas de cable OPGW al lado de su cruceta respectiva ordenadora de cable. Destacamos que en este caso como se instalarán dos herrajes de retención pasante son necesarias también dos instalaciones de puestas a tierra.

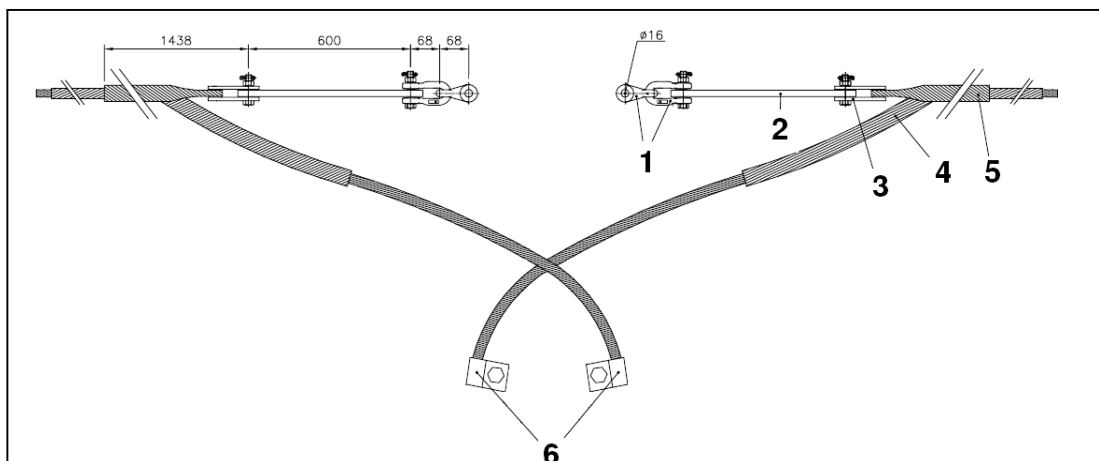


Figura 2.23 Herraje para las cajas de empalme
Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL EP

El herraje para las cajas de empalme del cable de guarda está constituido por los siguientes elementos: (1) grillete recto, (2) tirante, (3) horquilla guarda cabo, (4) empalme de protección, (5) retención preformada, (6) grapa de conexión al poste.

CAPÍTULO 3

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO UNA ACOMETIDA A 69KV

3.1 Sistema de puesta a tierra

Se considera sistema de puesta a tierra a cualquier conexión metálica que sea de forma directa, sin fusible ni alguna protección, entre varios elementos o segmentos de una instalación eléctrica y un electrodo o un grupo de electrodos enterrados en el piso, con el fin de lograr que en el conjunto de instalaciones no existan variaciones de potencial que puedan ser peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta o la de descargas de origen atmosférico. (“Instalaciones de Sistemas de puesta a tierra,” n.d.)

Los estudios de las instalaciones de puesta a tierra deben considerar lo siguiente:

- Seguridad de personas y animales: Debe asegurarse en el interior de las instalaciones y en sus proximidades, limitando los valores de tensión de paso y de contacto aplicada a valores no peligrosos, minimizando las tensiones transferidas por medio de las conexiones.
- Protección de las instalaciones: Permiten la difusión de las corrientes de desequilibrio y de las que circulan por los pararrayos que protejan los equipos de sobretensiones.
- Protección de equipos sensibles: Estos equipos están sometidos, por vía de acoplamiento electromagnético, a los efectos de sobretensiones en las instalaciones en función de sus propios circuitos de tierra. (Martínez Velasco, 2008)

Para este caso por tratarse de una acometida el sistema de puesta a tierra no requiere de la existencia de una malla, pero si de un aterrizamiento que se genera por medio de una varilla colocada de manera subterránea paralela al poste como se indica en la figura 3.1, donde:

- 1 Varilla copperweld de 3/4" x 10
- 2 Cable de cobre Nro 4
- 3 Perno de puesta a tierra
- 4 Conector de la varilla de tierra

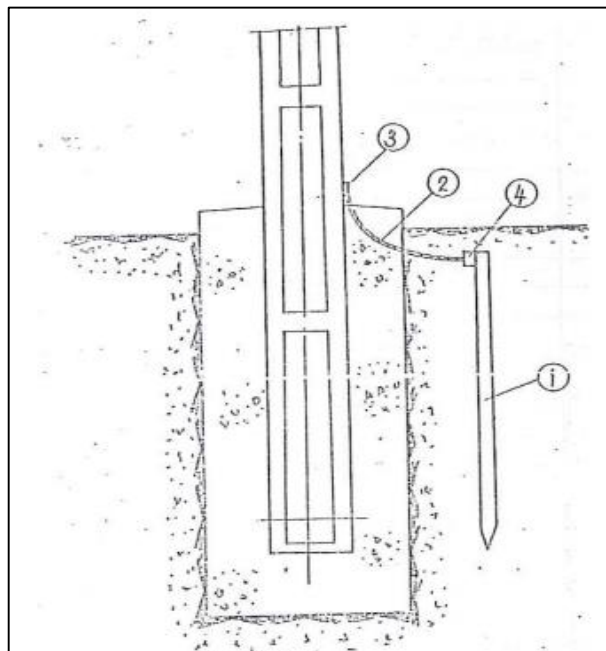


Figura 3.1 Sistema de puesta a tierra
Fuente: Eléctrica de Guayaquil

3.1.1 Medición de resistividad del terreno

Es el método más utilizado para diseños eléctricos no solo por su efectividad sino por su fácil implementación y formulación matemática. En 1915, el Dr. Frank Wenner del U.S. Bureau of Standards desarrolló el método de prueba con la teoría de medir la resistividad del suelo, para lo cual es necesario enterrar cuatro electrodos en el suelo.

Se colocan los cuatro electrodos a la misma profundidad de penetración y en línea recta, las mediciones de resistividad dependerán de la resistividad del terreno y la distancia entre electrodos, no dependen de manera sustancial del tamaño y del material de los electrodos pero sí dependen del tipo de contacto que se realice con la tierra, si no se da un buen contacto esto puede afectar significativamente las mediciones ya que no se obtendrán los resultados y el equipo indicará que existe un error.

Este método se basa en el principio básico de la inyectar una corriente directa o de frecuencia baja a través de la tierra entre los dos electrodos de los extremos a los que llamaremos C1 y C2 mientras que el voltaje que aparece se mide entre los dos electrodos del centro a los que llamaremos P1 y P2.

Todos los electrodos están enterrados a igual separación y en línea recta, respetando la separación para poder obtener los resultados deseados. La razón V/I es conocida como la resistencia aparente y es la que se pone en práctica para la medición de la resistividad aparente del terreno la misma que es una función de la geometría del electrodo y de esta resistencia.

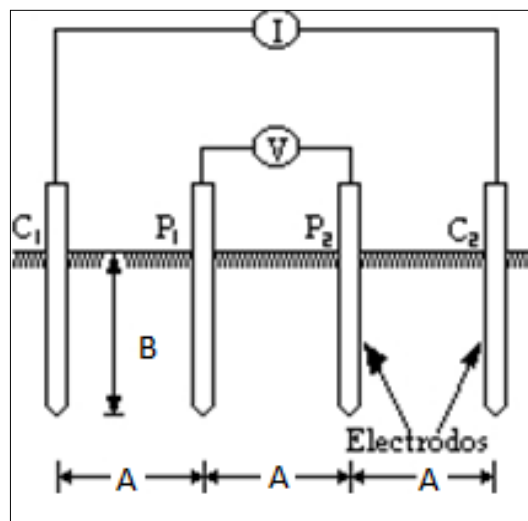


Figura 3.2 Principio del método de Wenner
Fuente: Libro "Sistemas de puesta a tierra"

En la figura 3.2 se observa la distribución de los electrodos, en donde el voltaje se mide a través de los electrodos ubicados en el centro y la corriente se inyecta a través de los electrodos ubicados en los extremos. La resistividad aparente está dada por la siguiente expresión, la misma que deberá ser aplicada en los cálculos:

$$\rho := \frac{4 \pi \cdot A \cdot R}{\left[1 + \frac{2 \cdot A}{(A^2 + 4B^2)^{0.5}} \right] - \frac{2 \cdot A}{(4A^2 + 4B^2)^{0.5}}}$$

Donde

ρ : Resistividad promedio a la profundidad (A) en ohm-m

A : Distancia entre electrodos en metros.

B : Profundidad de enterrado de los electrodos en metros

R : Lectura del terrómetro en ohms.

Si la distancia de separación (A) es grande comparada con la distancia enterrada (B). O sea $A > 20B$, se puede aplicar la siguiente fórmula simplificada:

$$\rho := 2 \cdot \pi \cdot A \cdot R$$

Como respuesta de las ecuaciones la resistividad obtenida para este caso representa la resistividad promedio a una profundidad en el terreno del 75% del valor de separación entre electrodos(A).

Por lo general se recomienda tomar lecturas en diferentes lugares y en distintos sentidos, no es obligatorio, pero si es una recomendación valedera, en la mayoría de los casos de preferencia a 90 grados unas de otras (si el terreno lo permite), para evitar que se afecten las estructuras metálicas subterráneas, para poder obtener el promedio con ellas. (Casas Ospina Favio, 2008)

3.2 Sistema de apantallamiento

Al basarse en la hipótesis de zonas de protección o ángulos se hace el diseño del apantallamiento de las líneas de transmisión aéreas; es decir que los hilos de guarda deben colocarse de tal manera que ni uno de los elementos de la línea queden fuera de la zona protegida contra descargas atmosféricas, es decir, que todos deben estar dentro esta zona, pues si bien las naturalezas de estas son variables, las misma impactarán al objeto más cercano dentro de su trayectoria y cubrirá hasta el lugar más alejado. (Martinez Velasco, 2008)

Las descargas atmosféricas que caen sobre las subestaciones o en los tramos de línea más cercanos pueden sufrir graves consecuencias ya que las sobretensiones producidas por descargas no son amortiguadas por la longitud de la línea. El apantallamiento en líneas se basa en las instalaciones de uno o dos cables de guarda, aunque se conocen tres opciones para proteger (Martinez Velasco, 2008):

- Instalar hilo de guarda
- Instalar puntas franklin
- Instalar los dos métodos

El hilo de guarda no solo sirve para el apantallamiento de la línea sino que también realiza otras funciones como las siguientes:

- Protege contra las descargas inducidas que son producidas cuando hay un incremento en la capacitancia entre la tierra y los conductores, reduciendo de esta forma la tensión entre los mismos.
- Distribuye la corriente de descarga en dos o varios caminos minimizando de tal manera la caída de tensión.
- Sirve como vía para las comunicaciones y transportación de datos.

3.2.1 Apantallamiento en líneas aéreas

Las líneas tanto de transporte como de distribución eléctrica tienen bastante probabilidad de caída de rayos, es decir, de descargas atmosféricas, siendo este el motivo más común del fallo del aislamiento. Si se da el impacto de un rayo en una línea, se produce una el cebado del aislador en caso de superar su nivel de aislamiento, en ese caso la sobrecorriente se descarga a tierra lo que implica una falla a tierra.

3.2.2 Distancia crítica

Es una variable que un rayo impacte sobre un conductor o el cable de guarda, esto puede relacionarse con la geometría del sistema, en este punto influyen factores como: altura y postura entre conductores y cable de guarda. El lugar geométrico de los puntos equidistantes es un círculo cuyo radio es función de la intensidad de pico de descarga (I_d), de manera que a mayor intensidad corresponde una mayor distancia crítica. La posibilidad de un impacto de un rayo a tierra depende de la corriente de pico de la descarga, de la distancia del conductor entre fases a tierra y de la localización del cable de guarda en función a los conductores de fase. La figura 3.3 adjunta presenta las distancias críticas del conductor de fase (r_c), del cable de guarda (r_s) y tierra (r_g).

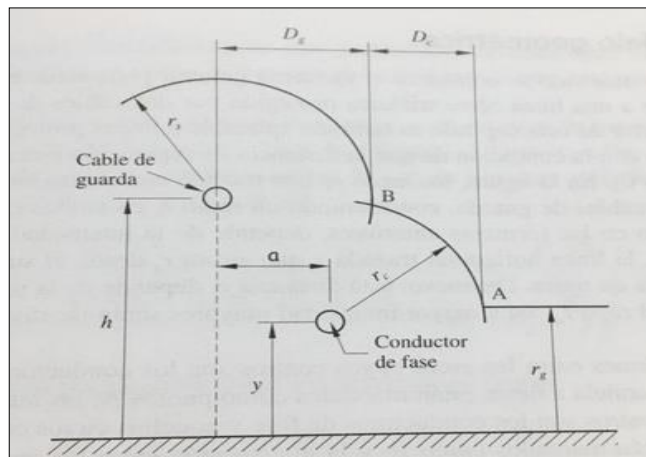


Figura 3.3 Distancias críticas del cable de guarda
Fuente: (Martínez Velasco, 2008)

Existen distintas ecuaciones propuestas en IEEE Std 998-1996 para determinar las distancias críticas, todas dependen del valor de la corriente pico de la descarga I medida en KA y suele expresarse en función de la distancia crítica a tierra (r_g) según la relación:

$$r_s = r_s \times r_g$$

$$r_c = r_c \times r_g$$

Los valores de los parámetros de acuerdo a la IEEE Std 998-1996, son:

$$r_s = 8 \times I^{0.65}$$

$$r_s = r_c = 1$$

3.3 Coordinación de aislamiento

La coordinación de aislamiento es la selección de la rigidez dieléctrica de un equipo en relación con las tensiones que pueden aparecer en el sistema en el cual operará el equipo, siempre tomando en cuenta las condiciones de servicio y la característica de los equipos de protección contra sobretensiones disponibles.

En este punto se analizarán varios componentes como: distancia mínima de fuga, BIL, nivel de contaminación, factores externos que puedan influir en gran parte en el desgaste de los componentes del sistema, tipo de zona donde se vaya a llevar a cabo la operación del sistema que queremos diseñar, entre otros que veremos a continuación. (Martínez Velasco, 2008)

En la actualidad existen medios técnicos más sofisticados y su empleo permite una mejor determinación de las sobretensiones que pueden aparecer en las instalaciones, así como también para algunos tipos de sobretensiones,

puede aparecer su valoración estadística. Es muy probable analizar el comportamiento de los aislamientos frente a situaciones dieléctricas.

3.3.1 Principios de la coordinación de aislamiento

La selección de las características de los equipos e instalaciones que deben reunir los aislamientos exige un conocimiento anticipado a las solicitudes dieléctricas a las cuales van a estar sometidos mientras brindan servicio como del comportamiento de los distintos tipos de aislamientos.

La coordinación de la metodología debe tener en cuenta de los siguientes factores:

- Polaridad de sobretensión: En aislamientos al aire, si el electrodo con mayor esfuerzo está cargado positivamente, la tensión de descarga en el intervalo será menor que si el electrodo con mayor esfuerzo está cargado negativamente, esto sucede porque la propagación del fenómeno ionizado sucede de manera más fácil bajo esfuerzo positivo que negativo.
- Forma de onda de sobretensión: Para los impulsos de frente de la rigidez del aislamiento externo depende más del frente del impulso que de la cola.
- Naturaleza del aislamiento: Generalmente el aislamiento externo es autorregenerable y el interno no autorregenerable. (Martínez Velasco, 2008)

3.3.2 Distancia mínima de fuga en aislamiento a 69k

Para determinar la distancia mínima de fuga en el aislamiento a 69K se ha elaborado la tabla 3.1 en la cual se dividen por zonas los tipos de ambiente y su debido valor nominal.

Tabla 3.1 Voltajes soportados estándares para $1 \text{ KV} \leq U_m \leq 242 \text{ KV}$

| Nivel de Contaminación | Ejemplos típicos de ambiente | Mínima distancia de fuga específica Nominal mm/kV (1) |
|------------------------|---|---|
| Zona I Ligera | <p>Zonas que no tienen industrias y poseen baja densidad de casas provistas con instalaciones que pertenecen a calefacción.</p> <p>Las áreas con baja densidad de industrias o casas, pero sometido a los vientos frecuentes y / o lluvias (Juárez Rubén, 2010)</p> <p>Zonas Agrícolas (2)</p> <p>Áreas Montañosas</p> <p>Todas estas áreas deberán estar situados mínimo a 10 km a 20 km del mar y no debe ser expuesto a los vientos directamente del mar (3) (Sánchez, 2016)</p> | 16 |
| Zona II Media | <p>Las zonas industriales sin producción de humo con densidad media de viviendas equipadas con instalaciones de calefacción.</p> <p>Las áreas con bastantes viviendas y/o zonas industriales, pero sometidas a vientos fuertes y/o lluvias frecuentes.</p> <p>Zonas expuestas al viento del mar, pero no demasiado cerca de las costas (al menos varios kilómetros de distancia) (3)</p> | 20 |
| Zona III Pesada | <p>Áreas con alta densidad de plantas que producen contaminación por calentamiento, Las áreas con alta densidad de industrias y suburbios de las grandes ciudades.</p> <p>Las áreas que se encuentran cerca al mar o en algún caso desplegadas a vientos sumamente fuertes provenientes del mar.</p> | 25 |

| | | |
|--|---|----|
| Zona IV Muy pesada | <p>Áreas en general de forma moderada, sometidas a polvos conductores y al humo de las industrias que producen depósitos conductores gruesos en la mayoría de los casos.</p> <p>Zonas desérticas, que se caracterizan por la escases de lluvia en extensos períodos, expuestos a vientos fuertes que llevan arena y sal, y sometido a condensación regular. (Cordova Lenin, 2016)</p> | 31 |
| <p>NOTA - Esta tabla se debe aplicar sólo para aislamiento de vidrio o porcelana, y no cubre algunas situaciones ambientales tales como la nieve y el hielo en una fuerte contaminación, fuertes lluvias, las zonas áridas, etc.</p> <p>1) Según la norma IEC 815, la distancia mínima de fuga de los aisladores entre tierra y fase están asociados al voltaje más alto del sistema (fase a fase). (ITC-LAT, 2008) +A29</p> <p>2) El uso de fertilizantes por aspersión, o la quema de residuos de los cultivos puede dar lugar a un nivel más alto debido a la contaminación dispersa por el viento.</p> <p>3) Las distancias de la costa del mar depende de la topografía de la zona costera y en las condiciones de viento extremas. (IEC, 1993)</p> | | |

Fuente: Norma IEC 60071-2

La tabla 3.2 muestra además del BIL, los valores de tensión de ensayo a frecuencia industrial o voltajes resistidos que debe soportar el nivel de aislamiento. En la mayoría de los casos para un determinado voltaje máximo se muestran dos o varios voltajes resistidos, y dos o más niveles de BIL. Esto quiere decir que cualquiera de ellos se considera válido de acuerdo a la norma que se está aplicando. Estos se deben seleccionar de acuerdo a las necesidades del sistema, ya que cada sistema posee requerimientos diferentes y al criterio de los operarios del mismo. La CNEL EP ha estandarizado para sus equipos a nivel de 69 KV, la tensión de ensayo a frecuencia industrial de 140 KV y el BIL de 350 KV. No se muestran los valores de BSL para este caso, ya que las sobretensiones producidas por

conmutación de disyuntores, son considerados depreciables para voltajes inferiores a 242 KV. Esto de acuerdo a las normas internacionales antes mencionadas. (Martinez Velasco, 2008)

Tabla 3.2 Voltajes soportados estándares para $1 \text{ KV} \leq U_m \leq 242 \text{ KV}$

| Voltaje máximo del sistema (fase - fase) U_m KV,rms | Voltaje Soportado a 60 Hz (fase-tierra) KV,rms | BIL (fase - fase) KV,rms |
|---|--|--------------------------|
| 1.2 | | 30 |
| | | 45 |
| 5 | | 60 |
| | | 75 |
| 15 | 34 | 95 |
| | | 110 |
| 26.2 | 50 | 150 |
| 36.2 | 70 | 200 |
| 48.3 | 95 | 250 |
| 72.5 | 95 | 250 |
| | 140 | 350 |
| 121 | 140 | 350 |
| | 185 | 450 |
| | 230 | 550 |
| 145 | 185 | 450 |
| | 230 | 550 |
| | 275 | 650 |
| 169 | 230 | 550 |
| | 275 | 650 |
| | 325 | 750 |
| 242 | 275 | 650 |
| | 325 | 750 |
| | 360 | 825 |
| | 395 | 900 |
| | 480 | 975 |
| | | 1050 |

Fuente: Norma IEC 60071-2

- Cálculo de las distancias eléctricas en elementos fijos basados en el BIL

Las distancias eléctricas serán determinadas basadas en el BIL. Tanto la norma IEEE Std. 1427 así como la IEC 60071-2, no discriminan entre las distancias fase a tierra y la distancia de fase a fase. (Martinez Velasco, 2008). La tabla 2 es basada en la norma IEEE Std. 1427 y aplica la siguiente fórmula:

$$S = \frac{BIL}{526}$$

Tabla 3.3 Distancias mínimas según norma IEEE 1427

| BIL (fase - fase) U_m KV,rms | Distancias mínimas fase a tierra basadas en el BIL (m) |
|--------------------------------|--|
| 30 | 0.057 |
| 45 | 0.086 |
| 60 | 0.114 |
| 75 | 0.143 |
| 95 | 0.181 |
| 110 | 0.209 |
| 150 | 0.285 |
| 200 | 0.380 |
| 250 | 0.475 |
| 350 | 0.665 |
| 450 | 0.856 |
| 550 | 1.046 |
| 650 | 1.236 |
| 750 | 1.426 |
| 825 | 1.568 |
| 900 | 1.711 |
| 975 | 1.854 |
| 1050 | 1.996 |

Fuente: Norma IEEE 1472

En la tabla 3.3 se resalta el valor de distancias mínimas para un BIL de 350 KV, valor escogido para el nivel de 69 KV. En la norma IEC 60071-2 no se manejan los mismos voltajes máximos que en la norma americana de la

IEEE. Este último hecho no impide que se revisen las distancias propuestas por la norma IEC, ante valores de BIL cercanos a los seleccionados para este proyecto. Las distancias mínimas entre fase y fase, según ambas normas deben ser las mismas que las de fase a tierra. Esto para el caso de voltajes menores a 242 KV. Sin embargo, la norma IEEE 1427 recomienda que la distancia entre fase y fase sea la mayor. Esto lleva a la norma a extender la distancia entre fases un 10% por encima de la de fase a tierra. En este caso estos valores serían de 630 mm para 69 KV. (Martinez Velasco, 2008)

Tabla 3.4 Distancias mínimas según norma IEC 60071-2

| Voltaje máximo del sistema (fase - fase) V _m KV.rms | Voltaje Soportado a 60 Hz (fase-tierra) KV.rms | BIL (fase - fase) KV.rms | Distancias mínimas fase a tierra basadas en el BIL (mm) |
|---|---|-----------------------------|---|
| 12 | 28 | 60 | 90 |
| | | 75 | 120 |
| | | 95 | 160 |
| 26.2 | 50 | 95 | 160 |
| | | 125 | 220 |
| | | 145 | 270 |
| 36.2 | 70 | 145 | 270 |
| | | 170 | 320 |
| 72.5 | 140 | 325 | 630 |
| 145 | 230 | 550 | 1100 |
| | 275 | 650 | 1300 |
| 245 | 360 | 850 | 1700 |
| | 395 | 950 | 1900 |
| | 460 | 1050 | 2100 |

Fuente: Norma IEC 60071-2

3.4 Flecha y vano

- Flecha: Se denomina flecha a la distancia máxima formada entre el conductor y la línea recta que se forma con el trazado del mismo. La curva formada por el peso uniforme de un conductor entre un punto A y un punto B sujeto por un apoyo recibe el nombre de catenaria. El punto más cercano al nivel del suelo, ubicado en la parte central de la curva

entre los puntos A y B, que en la imagen se lo denomina como distancia “f” tiene el nombre de flecha. Como lo indica la figura 3.3. (DÍAZ & VEGA, n.d.)

- Vano: Es el nombre que se le da a la distancia entre dos puntos contiguos separados, en la figura 3.3 la denominamos como “a” que es la distancia entre el punto A y el punto B. Como indica (ENTRENA, 2013)

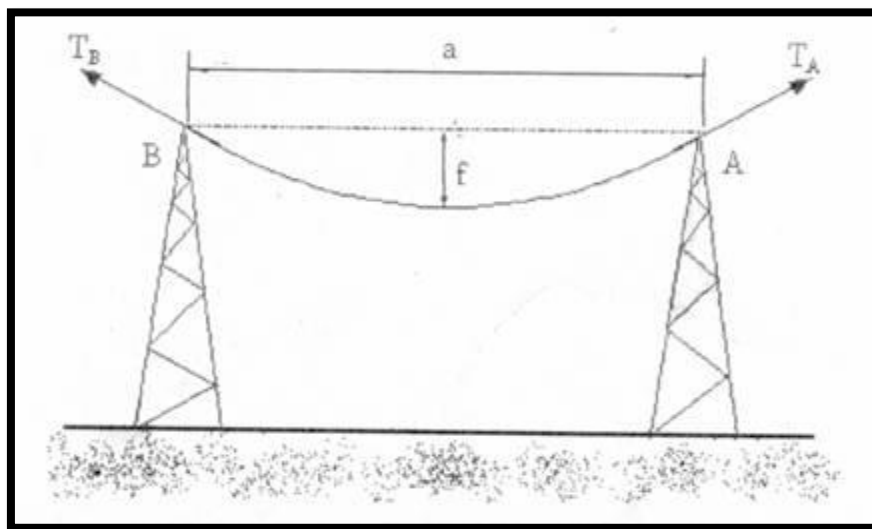


Figura 3.4 Esquema de catenaria con todos sus componentes.
Fuente: (“TECUN, 2013,” n.d.)

3.4.1 Tensiones mecánicas de los conductores

El cálculo mecánico de los conductores de una línea eléctrica consiste en determinar las condiciones máximas de flechas y tensiones, a fin de proveer las distancias mínimas tanto entre ellos como al suelo. Para ello es necesario realizar el análisis para condiciones de trabajo de inicio a fin.

Tomando como punto de partida las condiciones de inicio se calculan con las características mecánicas del conductor luego de someterlo a tensiones por el espacio de una hora. Las condiciones finales se calculan con

las características mecánicas del conductor, luego de haber trabajado por espacio de 10 años aproximadamente, tomando este número como base para todos los estudios que se realizaran y donde entre el cálculo mecánico de los conductores. (Martínez Velasco, 2008)

3.4.2 Tensiones mecánicas de tendido

En condiciones normales de montaje (sin considerar los elementos adicionales que intervienen en el cálculo mecánico de los conductores de una línea de transmisión como son: viento, hielo etc.), la altura del conductor con respecto al suelo en el centro del vano será menos que en el poste (o torre) que lo soporta; esta diferencia de alturas se la conoce como flecha del conductor. Su conocimiento es importante en los distintos sectores de una línea de transmisión.

El escritor Martínez Velasco describe que la flecha depende de la tensión mecánica que se le aplique al conductor durante el montaje. Así para un vano constante, a mayor tensión mecánica que se aplique al conductor, menor será su flecha; sin embargo, la tensión que se le aplique tiene un límite, dado tanto por el poste que lo sostiene como por el mismo conductor, lo cual se debe tener muy en cuenta para evitar fallas mecánicas, no solo durante la construcción de la línea misma, sino en su operación. (Martínez Velasco, 2008)

La tensión de tendido de los conductores, se determina mediante la aplicación de la ecuación de cambio de estado, partiendo de un estado conocido se llega a determinar nuevas condiciones que correspondan a las del momento de montaje. Este cálculo se puede efectuar utilizando el método de las catenarias (exacto) o el de la parábola (aproximado). Nosotros hemos utilizado el de la parábola, porque siendo esta una línea corta, la diferencia de los resultados entre los dos métodos es mínima.

Tabla 3.5 Tensiones Admisibles en Servicio

| Condición | Temperatura (°C) | Presión (Kg/cm ²) | Viento |
|--------------------|---------------------|-------------------------------|------------|
| Temperatura mínima | 5 | 0 | Sin viento |
| Temperatura media | 15 | 20 | 60 Km/h |
| Temperatura normal | 22 | 0 | Sin viento |
| Temperatura máxima | 60 | 0 | Sin viento |

Fuente: Coordinación de aislamiento en redes

CAPÍTULO 4

NORMATIVAS DE CONSTRUCCIÓN

El presente capítulo tiene como objeto fundamental la identificación de términos, regulaciones y especificaciones que sirvan para lograr extender los criterios basados en normativas existentes que ayudan a la elaboración de un correcto diseño eléctrico de acometidas en alto voltaje.

Este diseño está acorde a normativas internacionales, y a las Normas de Líneas de Subtransmisión para el Suministro de Energía de la empresa eléctrica y ex-inecel. También se cumple con la regulación del Arconel 001-15, que especifica que se debe seccionar la línea de la cual se vaya a derivar la alimentación a la subestación a través de disyuntores.

4.1 Normas de diseño eléctrico

La teoría tomada en este diseño se basó en las siguientes normas, siempre cumpliendo con los parámetros establecidos por las mismas:

- IEC 60071 1-2 (Insulation Coordination).
- IEC 60099 4-5 (Surge Arresters).
- IEEE STD 1313.1-1996 (Standard for Insulation Coordination - Definitions, Principles, and Rules).
- Normas de líneas de subtransmisión de la CATEG.
- Normas de líneas de subtransmisión de ARCONEL.

4.2 Normas de diseño de estructuras

El diseño de estructuras se basa en las especificaciones ASTM A7-61T donde indica todas las características de las secciones y los perfiles que se

utilizarán en la fabricación de herrajes los cuales serán de hierro. Las perforaciones se realizarán únicamente con taladro.

El doblado de los elementos podrá ser realizado en frío o en caliente como se solicite, pero en cualquier caso las superficies quedarán sin defectos y grietas y se ajustarán a la forma del material solicitado. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

- Empotramiento del poste

Los postes pueden ser empotrados de manera directa en el terreno cuando se ha determinado que la característica es admisible. Aplicando la norma L/10 se ha obtenido esta longitud de empotramiento agregándole + 0.50 metros. Todos los postes en la sección de empotramiento llevarán una marca. Una vez se encuentre plantado el poste se verificará la correcta verticalidad del mismo y se admitirán desplomes que se encuentren dentro de una tolerancia de los 4mm/m de altura. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

4.3 Normas de diseño de aisladores.

Los aisladores a ser utilizados en este proyecto debido a los requerimientos del nivel de voltaje al cual estamos trabajando y debido a las solicitudes expuestas por la empresa eléctrica local deberán ser los aisladores poliméricos tipo suspensión y tipo line post y deberán cumplir con lo dispuesto en las siguientes normas:

- Norma ANSI C29.11: Estándar nacional americano para aisladores de suspensión compuestos para líneas de transmisión.
- Norma IEC 1109: Aisladores para líneas AC giratorias con voltajes nominales mayores de 1000 V.
- Norma IEC 815: Guía para la selección de aisladores con respecto a las condiciones contaminadas.

Sin embargo, el constructor tendrá la potestad de proponer el uso de normas distintas a las señaladas, pero deberá presentar una copia de estas para la respectiva evaluación. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

4.4 Alcance y reformas de las normas

En la reforma de la regulación 001/15 aprobada el 09 de marzo del 2016 por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad se consideró lo siguiente: “La distribuidora atender la solicitud de clientes en alto voltaje que requieran conectarse a una línea de subtransmisión existente, a través de una derivación, con el respectivo seccionamiento, tal como se muestra en la figura”. (“Regulacion-No-ARCONEL-001-15-Reformada.pdf,” n.d., pp. 5–6)

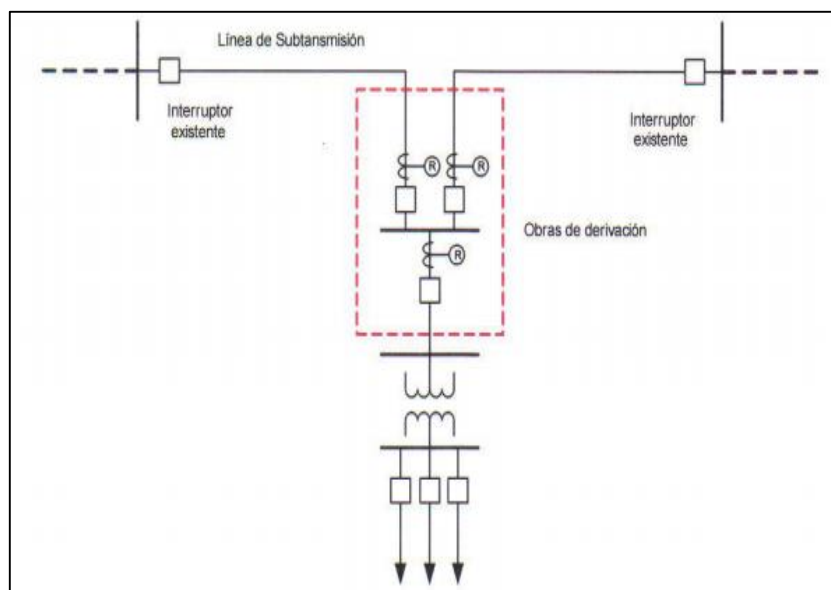


Figura 4.1 Esquema de derivación para nuevos consumidores
Fuente: ARCONEL

4.5 Requerimientos de la empresa eléctrica

Una vez culminada la obra, habiendo seguido los lineamientos escritos en la memoria técnica y habiendo cumplido con la compra de los elementos solicitados con las especificaciones descritas, el usuario podrá solicitar al distribuidor el arranque de la subestación.

En caso de no ser cumplido lo dispuesto en los documentos el distribuidor y el diseñador no se hará responsable de los resultados.

Para la aprobación del proyecto la Empresa Eléctrica de Guayaquil solicita dos juegos de planos y memorias técnicas correspondientes, adicional un oficio de manera escrita solicitando la revisión del mencionado. La solicitud va por parte de la empresa contratista encargada de la elaboración completa del estudio eléctrico.

A continuación, se detallan las solicitudes elaboradas por la empresa eléctrica local:

- Ubicación geográfica del terreno.
- Plano de implantación general.
- Plano de la subestación que se alimentará.
- Plano de las estructuras de arranque.
- Plano de las estructuras de llegada.
- La memoria técnica debe poseer información clara y no debe ser escueta.
- Todos los cálculos deben ser bajo normativa.
- Las especificaciones de los elementos deben ser tomadas de los documentos de la CNEL EP.

4.6 Requerimientos de calidad de los aisladores

El mayor requerimiento de calidad que el sistema debe mantener es que el fabricante tiene que cumplir con los requerimientos de la Norma ISO 9001, el mismo que deberá ser comprobado y verificado por un certificado que será otorgado por una entidad certificada reconocida en el país del fabricante. El equipo deberá llevar una copia del certificado y deberá entregarse junto con la oferta propuesta al cliente para realizar la construcción del proyecto en mención. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

4.6.1 Pruebas de los aisladores

Los aisladores de suspensión poliméricos, sean del tipo line post o del tipo suspensión tendrán que cumplir con las pruebas: tipo, muestreo y la prueba de rutina expuestas en la norma IEC 1109:

- Pruebas de tipo: La norma IEC – 1109 indica que para los aisladores poliméricos tipo suspensión existen los siguientes requisitos:

Las pruebas tipo deben comprender:

- Con respecto a los rayos se debe presentar una prueba que indique la tensión crítica al impulso tipo rayo.
- Con respecto a las condiciones climáticas variables debe presentar una prueba de tensión a una frecuencia industrial simulando bajo lluvia.
- Con respecto al soporte debe presentar una prueba mecánica que indique la relación carga vs tiempo.
- Con respecto al tipo de ambiente debe presentar una prueba de resistencia del núcleo a la carga por motivo de corrosión.

Se deberá presentar los respectivos reportes de las pruebas realizadas a unidades parecidas a las ofertadas, las mismas que deben justificar los parámetros que garantiza. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

- Pruebas de muestreo: Los aisladores poliméricos, tanto de suspensión como los line post de un grupo seleccionado serán sometidos de manera aleatoria a las pruebas de muestreo especificadas en la norma IEC – 1109, las mismas que se indican a continuación:
 - Verificar las dimensiones del aislador

- Probar el sistema de bloqueo
 - Verificar la carga mecánica especificada (SML).
 - Realizar la prueba de galvanizado (“CNEL EP.pdf,” n.d.)
- Pruebas de rutina: La norma IEC – 1109 describe las pruebas de rutina que tendrán que ser realizadas, sin excepción alguna todos los aisladores fabricados son las siguientes:
 - Identificar cuáles son los aisladores poliméricos
 - Verificar visualmente los equipos
 - Realizar una prueba mecánica a cada uno.

(«Estudio definitivo de las líneas de transmisión», 2015)

4.6.2 Marcas de los aisladores

Los aisladores poliméricos tipo suspensión y tipo line post de 69KV deberán ser fabricados por marcas que garanticen la durabilidad de los mismos y deberán tener la siguiente información:

- Datos del fabricante
- Año en el que fue fabricado el equipo
- Especificar la carga mecánica en la unidad KN. (“Estudio definitivo de las líneas de transmisión,” 2015)

PARTE II APORTACIONES

CAPÍTULO 5 UBICACIÓN DEL PROYECTO ELÉCTRICO

5.1 Introducción

El proyecto línea de subtransmisión PTAR-LAS ESCLUSAS fue concebido como parte del proyecto de la subestación eléctrica del mismo nombre de 5/6.25 [MVA]. El presente documento tiene como principal objetivo ser la base técnica para la implementación de la línea PTAR-LAS ESCLUSAS de 69[Kv] con una longitud aproximada de 135[m]. Esta línea servirá para proveer de energía eléctrica a la subestación eléctrica “PTAR-LAS ESCLUSAS” perteneciente a INTERAGUA de la ciudad de Guayaquil.

Para el diseño de la línea se tomó como base la topografía y georreferenciación ya establecida en los diseños de la planta de tratamiento. Se tomó en consideración una línea a 69[Kv] en construcción que pasa por el frente de la planta que va hacia la planta Songa, de esta línea se conectará la línea de la cual es el presente diseño y de la cual realizaremos todos los cálculos pertinentes.

5.2 Ubicación del proyecto

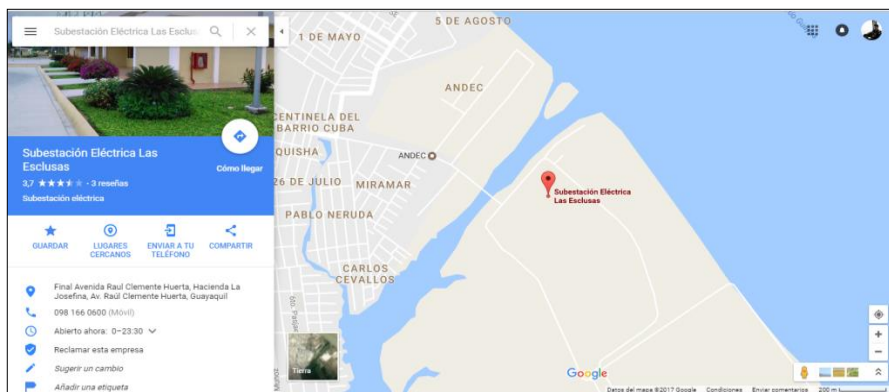


Figura 5.1 PTAR – Las Esclusas
Fuente: Google MAP

El proyecto de acometida de 69 KV para la subestación las Esclusas se encuentra ubicado en el cantón Guayaquil de la provincia Guayas. Su punto de partida es la línea Songa proveniente de la subestación Guasmo ubicada al sur de la ciudad en la Av Las Esclusas.

5.3 Selección de la ruta

Para la selección de la ruta se tomó en consideración no solo la parte económica sino también el punto de vista técnico y ambiental. Disponiendo de las cartas topográficas, en primer lugar, se reconocieron las posibles disyuntivas para las rutas sean las adecuadas.

Luego, se ejecutó una verificación en la zona que estaba prevista para realizar el proyecto de las rutas preseleccionadas, hasta determinar la más adecuada para la construcción de la línea.

Esta actividad fue ejecutada tomando en cuenta criterios de un grupo de profesionales pluridisciplinarios en ingeniería civil, eléctrica, medio ambiente y componente social.

5.4 Punto de inicio de la línea

Este punto es el primer tramo crítico pues de aquí parte el origen de nuestro sistema. Se determinaron varias opciones durante la selección de la ruta las cuales fueron estudiadas de manera más rigurosa llegando a establecer que la mejor opción era derivarse de la línea a 69K Guasmo proveniente de la Subestación eléctrica Trinitaria, ruta más cercana que nos ofrece mayor confiabilidad y estabilidad del sistema, tomando como referencia la normativa correspondiente, en este caso la regulación ARCONEL, de la cual hay que partir para la selección y diseño de las nuevas rutas.

5.5 Punto de llegada de la línea

La entrada a la subestación “Las Esclusas” (aún no está construida) propiedad de Interagua corresponde el segundo tramo crítico. Para este caso, la ruta va por Av Esclusas de la ciudad como se indica en el plano E-01, donde se observa la implantación general, con planos georreferenciados que indican su ubicación exacta, tanto de la línea como de la subestación en mención.

5.6 Descripción del trazado de la línea

La línea en diseño contará con dos tramos, uno de entrada y otro de salida, ambos con dos vanos que llegarán hasta las instalaciones de la subestación, esto con el fin de cumplir con la regulación del ARCONEL 001/15. El tramo de ida, que tiene dos vanos, tendrá un vano aproximado de 58 [m] y el segundo vano un aproximado de 77 [m], desde la estructura guía, estarán las estructuras a una altura inferior a la normal ya que en esta trayectoria pasa transversalmente una línea aérea de 230[Kv] perteneciente a Transelectric, lo cual impide tener la estructura a las mismas dimensiones que la de arranque por el tema de distancias de seguridad. El detalle de las distancias a la cual se intersectan las líneas se lo puede observar en el plano E-07, en dicho plano se verificará el cumplimiento de las distancias mínimas solicitadas por CNEL para este tipo de cruces.

La presente línea de Subtransmisión a 69kV, ha sido diseñada bajo criterios técnicos establecidos para la elaboración de proyectos de líneas y redes trifásicas con tensiones nominales de 69 KV. En la determinación de las distancias mínimas de aislamiento se han tomado en cuenta cálculos con distancias reducidas entre fase y fase, de tal forma que se asegure un correcto funcionamiento de la línea ante diversos tipos de contingencias. Esto también contribuye a mejorar los índices de calidad de servicio en el sistema en el sistema eléctrico de PTAR-LAS ESCLUSAS.

5.7 Tabla resumen

En la tabla 5.1 se hace una síntesis de todo el capítulo donde se plasman los datos más importantes del proyecto a presentarse.

Tabla 5.1 Resumen del Capítulo

| | |
|----------------------------|---|
| Propietario | Interagua |
| Ubicación | Sur de Guayaquil, Guayas, Ecuador |
| Subestación que alimentará | Las Esclusas |
| Nivel de voltaje | 69kv |
| Punto de partida | Línea Guasmo proveniente de S/E Trinitaria |
| Nro. de vanos | 2 |
| Distancia de vano 1 | 58 m |
| Distancia de vano 2 | 77 m |
| Recorrido | Pasará a lo largo de la Av Esclusas ubicada al sur de la ciudad. |
| Normas | Líneas de subtransmisión para el suministro de energía eléctrica Normas del ex inecel Regulación ARCONEL 001/15 |

Fuente: Autor

CAPÍTULO 6

CÁLCULO Y DISEÑO DE LA ACOMETIDA DE 69KV

6.1 Cálculos eléctricos

La parte de cálculos eléctricos corresponde a los estudios realizados en cuanto a los parámetros para permitir la selección de los equipos que conllevan a usar un nivel de corriente o voltaje determinado.

6.1.1 Estudio de cortocircuito

Los parámetros de estudio de cortocircuito son otorgados, bajo una solicitud, por la empresa eléctrica local al solicitante para que pueda realizar los cálculos respectivos para los estudios requeridos.

- Parámetros de estudio de cortocircuito en barra de 69 KV con mínima generación.

Para realizar un estudio de cortocircuito a este nivel de voltaje, es necesario conocer los parámetros base para poder realizar todos los estudios y cálculos pertinentes. (IEEE, 2006)

Potencia de base: 100.00 [MVA]

Frecuencia fundamental: 60.00 [hz]

Protocolo de estudio: Ansi

Barra con defecto SINTERESC69

$Z_{eq(+)} = 1.7052 +j 8.6621$ (Ohms) 69.0000 kV base 100.0000 MVA base

$Z_{eq(+)} = 0.0358151 +j 0.1819389$ (p.u.) X/R= 5.0799

$Z_{eq(0)} = 3.0637 +j 25.0981$ (Ohms) 69.0000 kV base 100.0000 MVA base

$$Z_{eq}(0) = 0.0643506 + j 0.5271595 \text{ (p.u.)}$$

En la tabla 6.1 se muestran los valores otorgados por la empresa eléctrica local, en este caso Cnel Guayaquil, obtenidos en la base de datos que posee la misma para realizar sus estudios en subestaciones, se muestran los datos obtenidos con el estudio de la mínima generación.

Tabla 6.1 Parámetros de cortocircuito en barra de 69KV con mínima generación

| Barra de falla | UNIDAD | SINTERESC69 | SINTERESC69 | SINTERESC69 | SINTERESC69 |
|-------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Prefalla | KV | 69 | 69 | 69 | 69 |
| Ángulo | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tipo falla | | LLL | LG | LL | LLG |
| Potencia de falla | MVA | 539 | 333 | 467 | 489 |
| Ia | KA | 4,512 | 2,785 | 0 | 0 |
| Ia | Deg | -78,864 | -81,323 | 0 | 0 |
| Ib | KA | 4,512 | 0 | 3,908 | 3,975 |
| Ib | Deg | 161,1 | 0 | -168,9 | 176,5 |
| Ic | KA | 4,512 | 0 | 3,908 | 4,095 |
| Ic | Deg | 41,14 | 0 | 11,14 | 25,33 |
| In | KA | 0 | 2,785 | 0 | 2,013 |
| In | Deg | 0 | -81,3 | 0 | 97,6 |

Fuente: Datos obtenidos por la Cnel. Guayaquil

- Parámetros de estudio de cortocircuito en barra de 69 KV con máxima generación.

En este caso se realizará el estudio de cortocircuito con la máxima generación calculada para el soporte de la cargabilidad calculada, pero en este caso por tratarse de una cometida y no de una subestación no es necesario mostrar los cálculos.

Potencia de base: 100.00 [MVA]

Frecuencia fundamental: 60.00 [hz]

Protocolo de estudio: Ansi

Barra con defecto SINTERESC69

$Z_{eq(+)} = 1.6348 + j 7.8709$ (Ohms) 69.0000 kV base 100.0000 MVA base

$Z_{eq(+)} = 0.0343370 + j 0.1653210$ (p.u.) $X/R = 4.8147$

$Z_{eq(0)} = 3.0637 + j 25.0981$ (Ohms) 69.0000 kV base 100.0000 MVA base

$Z_{eq(0)} = 0.0643506 + j 0.5271595$ (p.u.)

En la tabla 6.2 se muestran los valores otorgados por la empresa eléctrica local, en este caso CNEL Guayaquil, obtenidos en la base de datos que posee la misma para realizar sus estudios en subestaciones, se muestran los datos obtenidos con el estudio de la mínima generación.

Tabla 6.2 Parámetros de cortocircuito en barra de 69KV con máxima generación

| Barra de falla | UNIDAD | SINTERESC6 9 | SINTERESC6 9 | SINTERESC6 9 | SINTERESC6 9 |
|-------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Prefalla | KV | 69 | 69 | 69 | 69 |
| Ángulo | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Tipo falla | | LLL | LG | LL | LLG |
| Potencia de falla | MVA | 592 | 346 | 513 | 536 |
| Ia | KA | 4,956 | 2,892 | 0 | 0 |
| Ia | Deg | -78,267 | -81,185 | 0 | 0 |
| Ib | KA | 4,956 | 0 | 34,292 | 4,339 |
| Ib | Deg | 161,7 | 0 | -168,3 | 178,2 |
| Ic | KA | 4,956 | 0 | 4,292 | 4,482 |
| Ic | Deg | 41,73 | 0 | 11,73 | 24,85 |
| In | KA | 0 | 2,892 | 0 | 2,04 |
| In | Deg | 0 | -81,2 | 0 | 97,6 |

Fuente: Datos obtenidos por la CNEL Guayaquil

6.1.2 Sistema de apantallamiento

El nivel isocerámico de la zona donde se piensa construir la línea es de 30, utilizando la fórmula encontramos que por lo que el número de descargas eléctricas por año hacia tierra es:

$$N^{\circ} = CNI$$

Donde:

N° ∴ Densidad de descargas a tierra

C ∴ Constante para región determinada ($0.1 < C < 0.2$). Para nuestro caso escogimos 0.15

NI ∴ Descargas por km^2 por año

$N^\circ = 0.15(30) = 4.5$ Descargas/ km^2 /año

En base a estas consideraciones se ha dispuesto un cable de guarda de acero de 5/16" tipo OPGW de 24 fibras a lo largo de toda la línea, dicho cable es el especificado por CNEL para este tipo de instalaciones. Se considerará un ángulo fijo de protección dado por este hilo de guarda, ante descargas atmosféricas. De acuerdo al estándar IEEE Standard 998:1996 este sería de 30°. (Romero Escobar, 2014)

6.1.3 Características de los conductores

Con esto se determinan las condiciones finales de los conductores de acuerdo a las hipótesis de carga señaladas en numerales anteriores, partiendo de la condición de tensiones admisibles de servicio a 20°C.

Tabla 6.3 Conductor 477 mcm – 26/7

| | |
|--------------------|---|
| Naturaleza | Aluminio reforzado con acero |
| Composición | 26 hilos de aluminio - 7 hilos de acero |
| Sección total | 281.10mm ² |
| Diámetro exterior | 21.80 mm |
| Peso | 974.90 Kg/Km |
| Carga de rotura | 8842 Kg |
| Resistencia a 20°C | 0.1170 Ω /Km |

Fuente: El autor

6.1.4 Coordinación de aislamiento

Con los datos obtenidos mediante la tabla 3.3 de la Norma IEC 6001 la distancia mínima de fase a tierra basadas en el BIL deberá ser 0.665 metros, por lo tanto:

Estructura de arranque: En la estructura de arranque podemos observar que se cumplen las distancias solicitadas, la distancia de fase a fase es de 1.5 metros y la distancia entre conductor e hilo de guarda es de 1.5 metros, por lo tanto, se estaría cumpliendo con lo que la norma solicita.

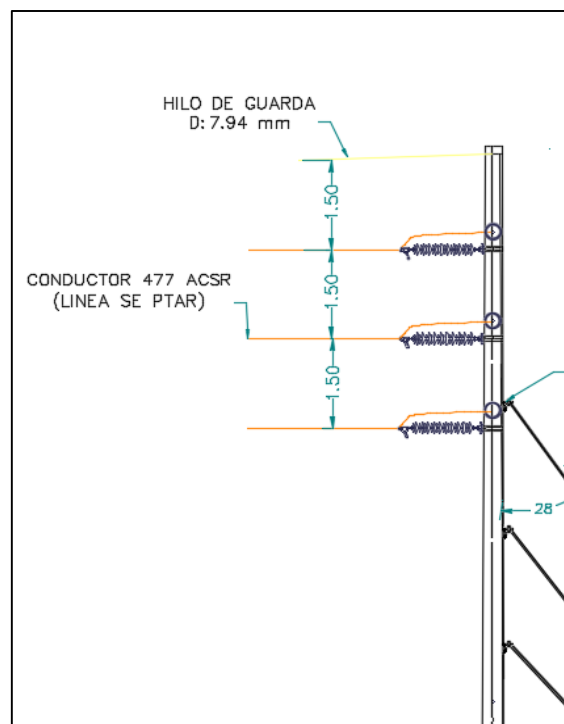


Figura 6.1 Distancias entre conductores
Fuente: El autor

Estructura de salida de la línea: Las distancias en la estructura de salida son las siguientes: 1.5m entre hilo de guarda y fase, 0.70m entre fase y fase del puente, 1.50 entre fase y fase de conductores.

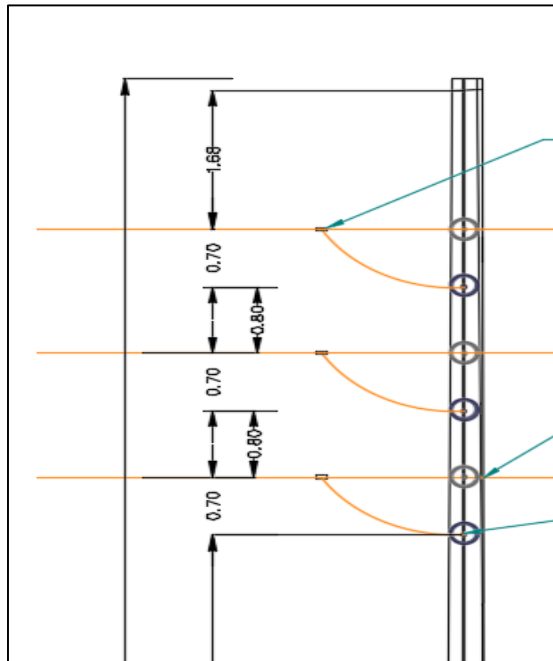


Figura 6.2 Distancias entre conductores
Fuente: El autor

Estructura de llegada y salida a la subestación: La distancia entre fases de conductores es de 1.5 metros.

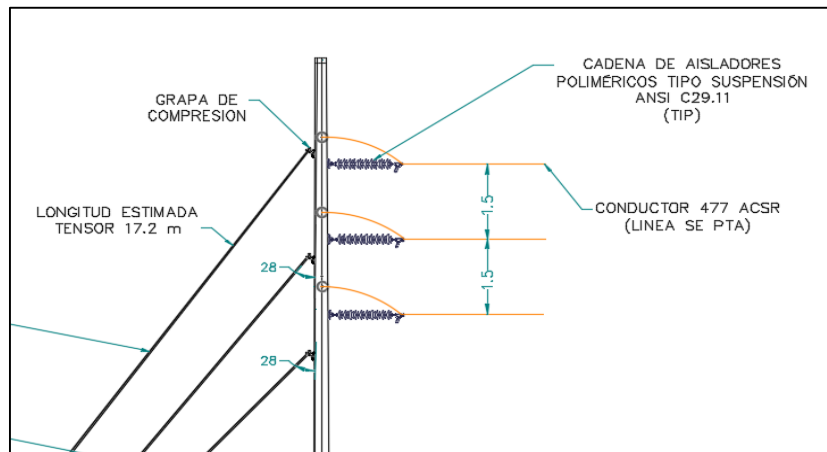


Figura 6.3 Distancias entre conductores
Fuente: El autor

Estructura guía tipo H: La distancia entre el hilo de guarda y el conductor es de 3.7 metros mientras que la distancia entre fases de conductores es de 3.23 metros.

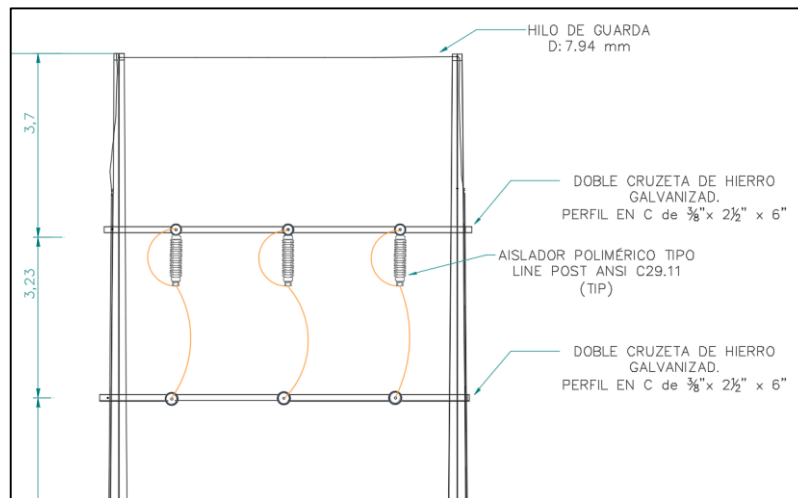


Figura 6.4 Distancias entre conductores
Fuente: El autor

Como se observa en las figuras adjuntas todas las estructuras cumplen con las distancias de aislamiento solicitadas. Las distancias de todos los componentes de las estructuras podrán ser verificadas en los planos.

- Cálculo de la distancia mínima de fuga en aislamiento a 69kv

Se trata del camino más corto (y, por tanto, el más probable), que podría recorrer una descarga entre conductores eléctricos cargados, o entre un conductor cargado y tierra, sobre el aislante interpuesto entre dichos elementos.

Acorde a la clasificación de la zona se selecciona la mínima distancia de fuga especificada nominal 25 mm/kV. La norma IEC 60071-2 especifica que se debe considerar el máximo voltaje fase - fase del sistema (72.5 kV), en función de estos datos se puede determinar la distancia mínima de aislamiento nominal.

De acuerdo a la norma IEC 60071-2 la distancia de fuga del aislamiento será determinada por el nivel de contaminación del ambiente. Estos niveles van de menor a mayor (I al IV), y se los denominan: Ligero, medio, pesado y

muy pesado. La Tabla 3.1 muestra “Los niveles de contaminación y distancias de fuga”, de donde se determinó que las características de la zona donde se instalará la Subestación PTAR – LAS ESCLUSAS, corresponden a la zona III “Pesada”. Esto se lo hizo considerando que este sector se encuentra en una zona costera e industrial, y expuesto a constante contaminación por material particulado. Con ello, de acuerdo a la tabla 3.1 de la norma, la distancia soportada por potencial deberá ser de 25 mm/KV.

Para realizar el cálculo de la distancia mínima de fuga primero de debe determinar el máximo voltaje fase-fase del sistema.

$$U_{F-F} = U_{\max}$$
$$U_{F-F} = 72.5 \text{ KV}$$

Determinar la distancia de fuga requerida.

$$d_f = U_{F-F} * d_{\min}$$
$$d_f = 72.5 \text{ KV} * 25 \frac{\text{mm}}{\text{KV}}$$
$$d_f = 1812.5 \text{ mm}$$

Considerando las condiciones ambientales de instalación: cercanía a la costa y una zona de contaminación considerable, se ha clasificado a la zona de instalación como zona III, según la norma IEC 60071-2, como resultado de este análisis se ha determinado que la distancia de fuga mínima nominal debe ser de al menos 1812.5 mm.

6.1.5 Aisladores seleccionados

Todas las estructuras aquí descritas utilizarán aisladores ANSI C29.11 tipo line post y aisladores tipo suspensión que son los adecuados para este nivel de voltaje y son los que cumplen con las distancia de fuga mínimas requeridas para operar de manera factible sin riesgo a fallos eléctricos.

El aislador polimérico tipo suspensión a 69kv es el indicado para el diseño de la acometida y deberá ser similar a la figura 6.5, este se usará para comunicar los extremos de los cables que forman parte de las estructuras de inicio, estructura tipo H, estructura de entrada y de salida de la subestación.

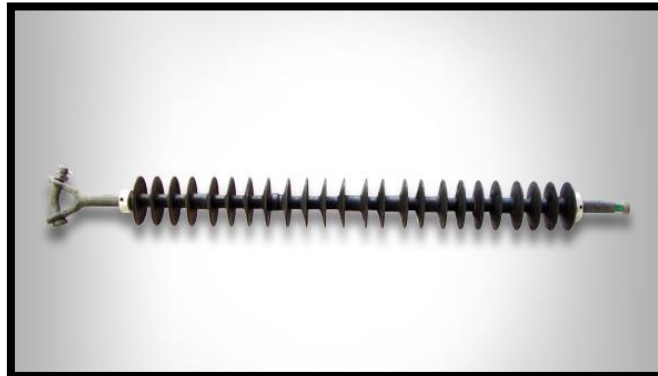


Figura 6.5 Aislador polimérico tipo suspensión
Fuente: Catálogo de DIRESA

El aislador polimérico tipo line post a 69kv será como el indicado en la figura 6.6 y se usará como puente en la estructura tipo H y en la estructura de salida de la línea.



Figura 6.6 Aislador polimérico tipo line post
Fuente: Catálogo de DIRESA

6.1.5 Sistema de puesta a tierra

La norma establece que la resistencia a tierra en la base del poste debe ser como mínimo 20 ohmios. Dependiendo de la resistividad encontrada en

el suelo se tienen que efectuar una serie de trabajos para alcanzarla, lo cual se relaciona con la utilización de varillas de puesta a tierra. Al utilizarse 1 varilla de toma de tierra, se calcula la resistencia de puesta a tierra de la siguiente forma:

$$R = \frac{r \operatorname{Ln}^2 \left(\frac{l}{a-1} \right)}{2\pi l}$$

Donde,

r ∴ Resistividad del terreno (Ω -m) [2.33 Ω -m]

l ∴ Longitud de la varilla (m) [2.44m]

a ∴ Radio de la varilla (m) [0.007937]

$$R = \frac{2.33 \operatorname{Ln} \left(\frac{2.44}{0.007937 - 1} \right)^2}{2 * \pi * 2.44}$$

$$R = 0.27 [\Omega]$$

La varilla que se utiliza debe ser de 5/8" de diámetro por 8 pies de largo. La máxima resistividad del terreno no debe superar los 70 (Ω -m). Si no se logra alcanzar los valores deseados con este método se debe emplear contrapesos o tratamiento químico del terreno. La medición de la toma de tierra se debe hacer desconectando la conexión del cable de guardia, ya que este tiene por objeto apantallar la línea contra descargas atmosféricas. (Checa Luis Maria, 1998)

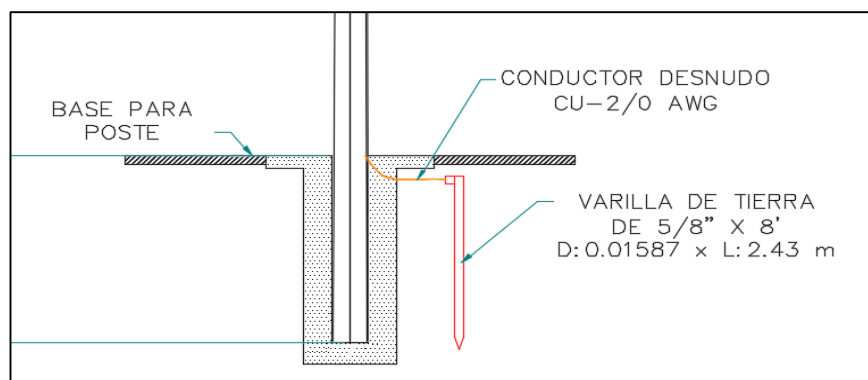


Figura 6.7 Sistema de puesta a tierra a utilizarse
Fuente: El autor

6.2 Cálculo mecánico

La parte de cálculos mecánicos corresponde a los estudios realizados en cuanto a los parámetros físicos para la instalación de los postes y los tensores que formarán parte de la red.

6.2.1 Presiones debido al viento

De acuerdo a los criterios del INECEL, para este análisis se puede considerar que este proyecto se encuentra en la zona 1 (hasta 1000 m. s. n. m.). En esta zona se estima tener vientos de hasta 32 Km/h, se considera vientos máximos de 60 Km/h. El viento ejerce una presión sobre las superficies cilíndricas y planas de conductores y herrajes. Esta se puede calcular con la siguiente expresión:

$$P = KV^2, [Kg/m^2]$$

Donde,

V :Velocidad del viento (Km/h)

K :Constante que depende de la forma de la superficie así:

Para las superficies cilíndricas $K = 0.0048$

Para las superficies planas $K = 0.0076$

Si calculamos esta presión sobre la superficie cilíndrica de los conductores de fase, para una velocidad de viento de 60 Km/h, que es la velocidad promedio, tenemos como resultado 17,28 Kg/m², por lo que podemos normalizar esta presión en 20 Kg/m², para este proyecto en el cual se manejan pequeños vanos se considera despreciable esta presión. (Checa Luis María, 1998)

6.2.2 Tensiones mecánicas de los conductores

Se realizarán los cálculos teniendo en consideración las condiciones climáticas y criterios técnicos abajo descritos en la tabla 6.4 adjunta. Para este caso en particular por ser un tramo relativamente corto, debido a la cercanía de la línea ya existente y donde se prevé tener vano flojo, los cálculos serán efectuados considerando las condiciones máximas para obtener la flecha máxima para el diseño de toda la catenaria a lo largo de la acometida. (Checa Luis María, 1998)

Tabla 6.4 Condiciones de cálculo

| Variables de cálculo | Temperatura máxima | Unidad |
|-----------------------------|--------------------|--------|
| Temperatura | 60 | °C |
| Viento | 0 | km/h |
| Tensión de Rotura (Inicial) | 40 | % |
| Tensión de Rotura (Final) | 33.3 | % |

Fuente: El autor

6.2.3 Tensiones admisibles en servicio

El porcentaje máximo admisible de la tensión de rotura para los conductores de esta línea según tablas mostradas a continuación, es lo siguiente, estos valores suponen el empleo de amortiguadores y de grapas de suspensión basculantes.

Tabla 6.5 Tensiones Admisibles en Servicio

| Tipo de conductor | % Inicial | % Final |
|-------------------|-----------|---------|
| De aluminio | 25 | 20 |
| De acero | 20 | 17 |

Fuente: El autor

6.2.4 Tensiones máximas de conductores y cables de guardia

Se calcula bajo las siguientes condiciones, descritas en la tabla 6.6 donde se muestran los valores de temperatura, presión y viento.

Tabla 6.6 Tensiones Admisibles en Servicio

| Condición | Temperatura (°C) | Presión (Kg/cm ²) | Viento |
|--------------------|------------------|-------------------------------|------------|
| Temperatura mínima | 5 | 0 | Sin viento |
| Temperatura media | 15 | 20 | 60 Km/h |
| Temperatura normal | 22 | 0 | Sin viento |
| Temperatura máxima | 60 | 0 | Sin viento |

Fuente: El autor

Los vientos de 60 Km/h se supone que producen una presión efectiva sobre la superficie diametral de los conductores de 20 Kg/m² como se lo indica en la tabla.

Tabla 6.7 Máximo admisible de la tensión mecánica de rotura

| Condición | % Inicial | % Final |
|--------------------------------|-----------|---------|
| Conductores a base de aluminio | 40 | 33.3 |
| Cables de acero | 35 | 30 |

Fuente: El autor

6.2.5 Flechas máximas y mínimas

El parámetro de localización de estructuras debe ser el correspondiente al de las flechas máximas para el vano regulador adoptado de cada serie de los existentes entre los apoyos de retención.

- La flecha mínima inicial del conductor se calculará para 5°C de temperatura sin la presencia del viento.

- La flecha máxima se la determina para las condiciones finales de los conductores a 60°C de temperatura y sin viento.

6.2.6 Tensiones de tendido

Las principales fórmulas utilizadas para estos cálculos son:

$$T = \frac{C}{F * S}$$

Donde,

T ∴ Tensión de tendido (Kg/mm²).

C ∴Carga de ruptura del conductor. (8842 [Kg])

F ∴Factor de seguridad. (6)

S ∴Sección transversal del conductor. (241.70 [mm²])

Reemplazando los valores se tiene:

$$T = \frac{8842}{6 * 241.70}$$

$$T = 6.09 [Kg/mm^2]$$

La flecha se la calcula a partir de la siguiente ecuación

$$f = \frac{Fr \cdot Lt^2}{8T}$$

Donde,

Fr ∴. Peso de conductor incluyendo factores de viento no de hielo porque no lo tenemos en el sector (Kg/m*mm²).

Lt ∴ Longitud del vano (m).

T ∴ Tensión de tendido (Kg/mm²).

Reemplazando los valores para el tramo uno se tiene:

$$f = \frac{0.97699}{241.70} \cdot 58^2$$

$$f = 0.28 [m]$$

De estas ecuaciones y de los datos del conductor se calculan las flechas máximas a prever en cada tramo de línea:

Tabla 6.8 Flechas máximas esperadas en cada línea

| Tramo | Longitud Tramo (m) | Flecha Máxima (m) |
|-------|--------------------|-------------------|
| 1 | 58 | 0,28 |
| 2 | 77 | 0,49 |

Fuente: El autor

Estas distancias se las puede verificar en el plano 1

6.2.7 Especificaciones de los postes seleccionados

Los postes a lo largo de la estructura deberán tener orificios adecuados para la fijación mediante pernos pasantes a los diversos elementos de las estructuras. Para esta acometida los postes a instalar serán los siguientes:

Tabla 6.9 Resistencia Postes de Hormigón

| Poste de hormigón rectangular | |
|-------------------------------|-------------------------|
| Metros | Resistencia a la rotura |
| 18 | 2,400 kg |
| 21 | 2,400 kg |

Fuente: Datos obtenidos por la CNEL Guayaquil

Los postes serán de hormigón de 21x2400 Kg c.r. (carga de rotura) y 18x2400 Kg c.r. El acero utilizado para el refuerzo longitudinal será varilla corrugada de acero con esfuerzo a la fluencia de 4200 Kg/cm², INEN 102 (longitudinal), ASTM 615 (transversal), de acuerdo a las normas de la empresa eléctrica. Se utilizarán anillos helicoidales de grado medio de acero liso con una cedencia de 4200 Kg/cm² para el refuerzo transversal. Las perforaciones

para la sujeción de aisladores de suspensión estarán regidas por las normas de construcción de líneas a 69KV editado por el ARCONEL. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

- Dimensiones de la base y la punta de los postes

Las dimensiones la punta y de la base de los postes de 21 m serán similares o aproximadas a las descritas en la figura adjunta. (“CNEL EP.pdf,” n.d.)

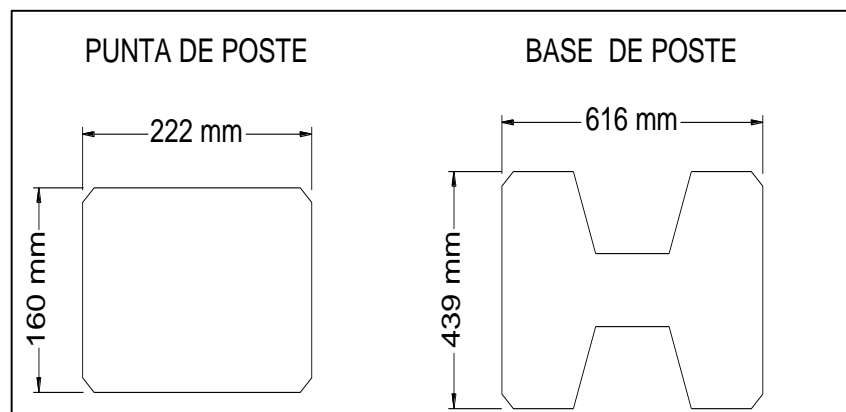


Figura 6.8 Punto y base de poste
Fuente: Especificaciones técnicas CNEL EP

- Empotramiento del poste

Las estructuras presentadas en el diseño de la acometida para la subestación de tratamiento de aguas residuales serán formadas con postes de hormigón armado vibrado de 21[m], 18[m] y de 2400[Kgf] cada uno. La longitud de empotramiento de los postes estará basada en la expresión mostrada a continuación:

$$L_e = 10\%L + 0.5$$

Donde:

L_e : Longitud de poste a ser enterrada.

L: Longitud total del poste.

Para postes de 21 [m]

$$L_e = (0.1 * 21) + 0.5$$

$$L_e = 2.6[m]$$

Para postes de 18 [m]

$$L_e = (0.1 * 18) + 0.5$$

$$L_e = 2.3[m]$$

Las longitudes de empotramiento de los postes deberán ser las siguientes:

Tabla 6.10 Distancia de empotramiento de postes

| TIPO | EMPOTRAMIENTO |
|---------------------|---------------|
| Postes de 21 metros | 2.60 m |
| Postes de 18 metros | 2.30 m |

Fuente: El autor

6.3 Especificaciones de los elementos de la red

El diseño total de la línea consta de 3 estructuras, para cada tramo de línea:

- Estructura de arranque

La estructura de arranque cuenta con 9 aisladores poliméricos tipo suspensión ANSI C29.11 ubicados trifásicamente, dos grupos a los lados y un grupo de manera frontal, el primer grupo de aisladores, ubicados al lado izquierdo del poste forman parte de la llegada de las líneas provenientes de la línea CNEL, el grupo de aisladores ubicados al lado derecho del poste forman parte de la conexión entre postes para dar continuidad a la línea

principal en caso de presentarse alguna falla en la S/E. El grupo de aisladores ubicados en la parte frontal forman parte del tramo que llevará la energía eléctrica a la subestación de tratamiento de aguas residuales y se une con la estructura de guía.

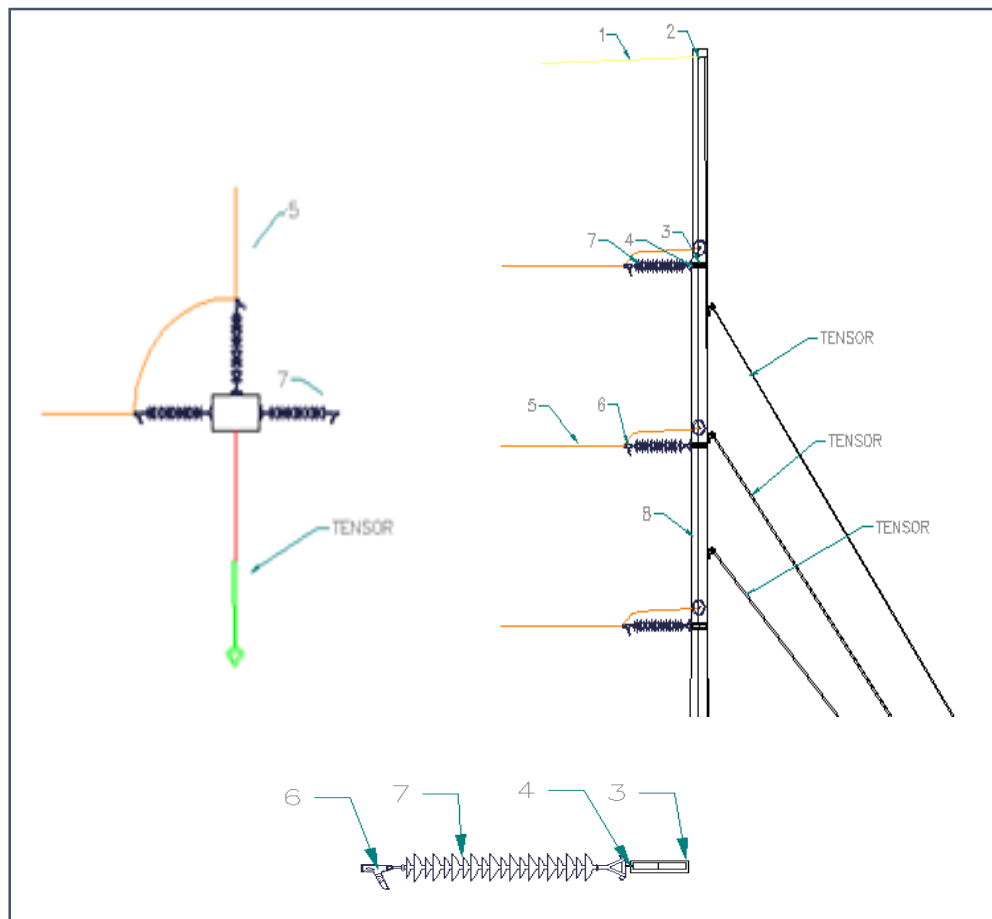


Figura 6.9 Estructura de arranque
Fuente: El autor

Estas estructuras poseen además varios elementos no solo para la correcta sujeción de los aisladores, sino también para la correcta y oportuna colocación de los postes, el hilo de guarda, los conductores de fase, sistemas de puesta a tierra, base para los postes.

La tabla 6.11 hace una breve descripción de todos los elementos que forman parte de la estructura de arranque. En el plano 3 se indican los detalles de todos los elementos para la correcta construcción y funcionamiento del

sistema que se procederá construir para brindar un servicio confiable a los moradores del sector.

Tabla 6.11 Descripción de los elementos de la figura 6.9

| ITEM | DESCRIPCIÓN |
|------|---|
| 1 | Cable opgw |
| 2 | Conjunto de herraje amarre terminal |
| 3 | Collar de 10 ½" para líneas de 69kv |
| 4 | Platina de hierro galvanizado de 9 ½" x 3 ¼" |
| 5 | Conductor #477 mcm 26/7 acsr |
| 6 | Grapas (sujetadores) de retención para cable 477 mcm 26/7 ACSR |
| 7 | Aisladores poliméricos tipo suspensión para 69kv con horquilla y ojal |
| 8 | Poste tipo "HC" o escalera de hormigón armado |

Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL

- Estructura de guía a la subestación

La estructura de guía es un poste tipo H doble cruceta que cuenta con 6 aisladores poliméricos tipo suspensión ANSI C29.11 y 3 aisladores poliméricos tipo line post ANSI C29.11 ubicados trifásicamente, los aisladores tipo suspensión están separados por dos grupos, uno a cada lado de la estructura y sirven para dar continuidad a la línea que lleva la energía a la subestación, mientras que los aisladores tipo line post sirven para brindar sujeción y aislamiento al sistema

Esta estructura posee además varios elementos no solo para la correcta sujeción de los aisladores, sino también para la correcta y oportuna colocación de los postes, el hilo de guarda, los conductores de fase, la varilla de puesta a tierra, la construcción de la base de los postes, la separación entre conductores de fase a fase, separación entre aisladores, separación del hilo

de guarda con el primer elemento que se observa de la línea esto está referencia en el plano 4 estructura tipo H.

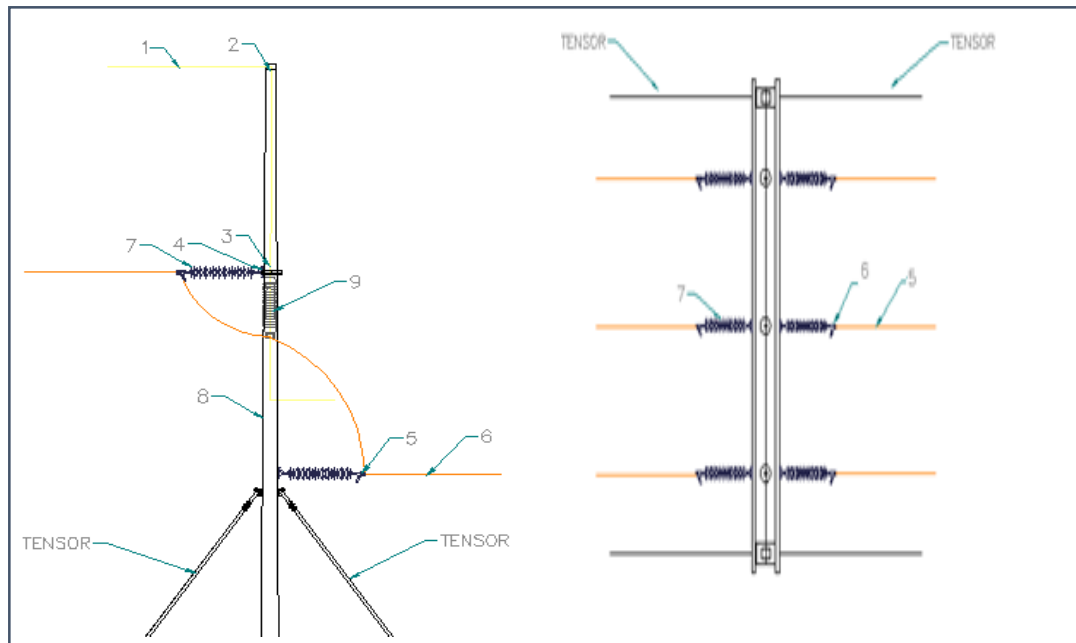


Figura 6.10 Vista de planta y lateral de la estructura guía
Fuente: Autor

La tabla 6.12 hace una breve descripción de todos los elementos que forman parte de la estructura guía. En el plano 4 se indican los detalles de todos los elementos para la correcta construcción y funcionamiento del sistema que se procederá a formar.

Tabla 6.12 Descripción de los elementos de la figura 6.10

| ITEM | DESCRIPCIÓN |
|------|---|
| 1 | Cable opgw |
| 2 | Conjunto de herraje amarre terminal |
| 3 | Collar de 10 ½" para líneas de 69kv |
| 4 | Platina de hierro galvanizado de 9 ½" x 3 ¼" |
| 5 | Conductor #477 mcm 26/7 ACSR |
| 6 | Grapas (sujetadores) de retención para cable 477 mcm 26/7 ACSR |
| 7 | Aisladores poliméricos tipo suspensión para 69kv con horquilla y ojal |
| 8 | Poste tipo "HC" o escalera de hormigón armado |
| 9 | Aislador poliméricos tipo line post para 69kv |

Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL

- Estructura de entrada a la barra:

La estructura de entrada a la barra cuenta con 3 aisladores poliméricos tipo suspensión ANSI C29.11 y 3 aisladores poliméricos tipo line post ANSI C29.11 ubicados trifásicamente, los aisladores tipo suspensión conectan a la línea con la estructura guía y los aisladores tipo line post son los que llegan a la subestación con el cable conductor.

Esta estructura posee además varios elementos no solo para la correcta sujeción de los aisladores, sino también para la correcta y oportuna colocación de los postes, el hilo de guarda, los conductores de fase, la varilla de puesta a tierra, la construcción de la base de los postes, la separación entre conductores de fase a fase, separación entre aisladores, separación del hilo de guarda con el primer elemento que se observa de la línea esto está referencia en el plano 5.

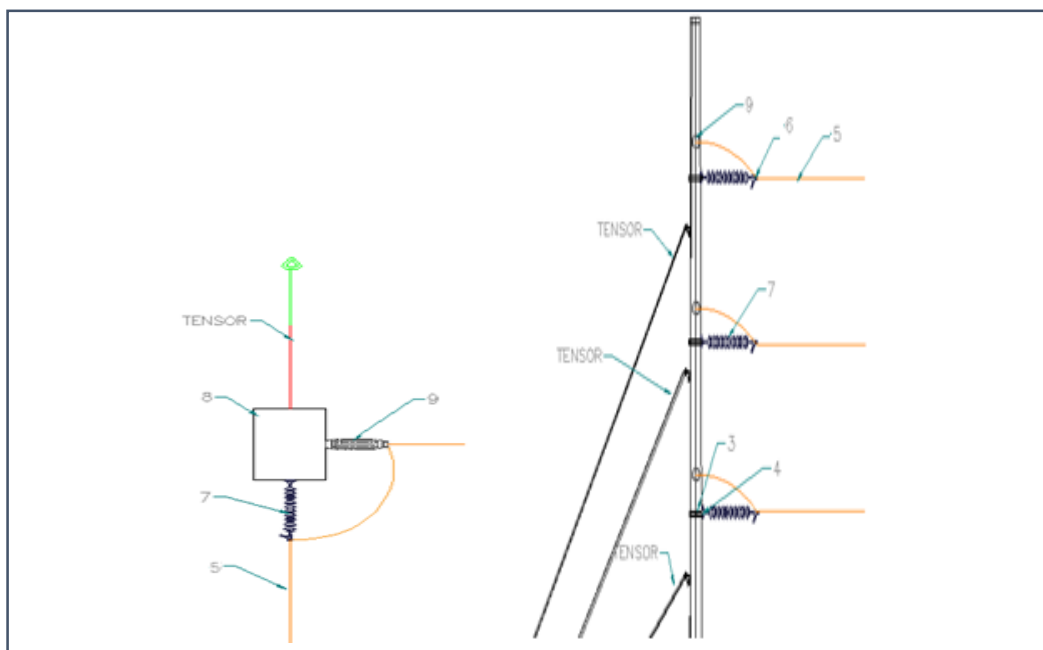


Figura 6.11 Vista de planta y lateral de la estructura de entrada a la barra
Fuente: Autor

La tabla 6.13 hace una breve descripción de todos los elementos que forman parte de la estructura de entrada a la barra.

Tabla 6.13 Descripción de la figura 6.11

| ITEM | DESCRIPCIÓN |
|------|---|
| 1 | Cable opgw |
| 2 | Conjunto de herraje amarre terminal |
| 3 | Collar de 10 ½" para líneas de 69kv |
| 4 | Platina de hierro galvanizado de 9 ½" x 3 ¼" |
| 5 | Conductor #477 mcm 26/7 ACSR |
| 6 | Grapas (sujetadores) de retención para cable 477 mcm 26/7 ACSR |
| 7 | Aisladores poliméricos tipo suspensión para 69kv con horquilla y ojal |
| 8 | Poste tipo "h" o escalera de hormigón armado |
| 9 | Aislador poliméricos tipo line post para 69kv |

Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL

En el plano 4 se indican los detalles de todos los elementos para la correcta construcción y funcionamiento del sistema que se procederá a formar.

- Estructura de retención de salida

La estructura de salida cuenta con 3 aisladores poliméricos tipo suspensión ANSI C29.11 y 3 aisladores poliméricos tipo line post ANSI C29.11 los aisladores tipo suspensión conectan a la línea con la estructura guía y los aisladores tipo line post son los que mantienen la continuidad de la línea Songa de CNEL EP.

Esta estructura posee además varios elementos no solo para la correcta sujeción de los aisladores, sino también para la correcta y oportuna colocación de los postes, el hilo de guarda, los conductores de fase, la varilla de puesta a tierra, la construcción de la base de los postes, la separación entre conductores de fase a fase, separación entre aisladores, primer elemento que se observa de la línea esto está referencia en el plano 6.

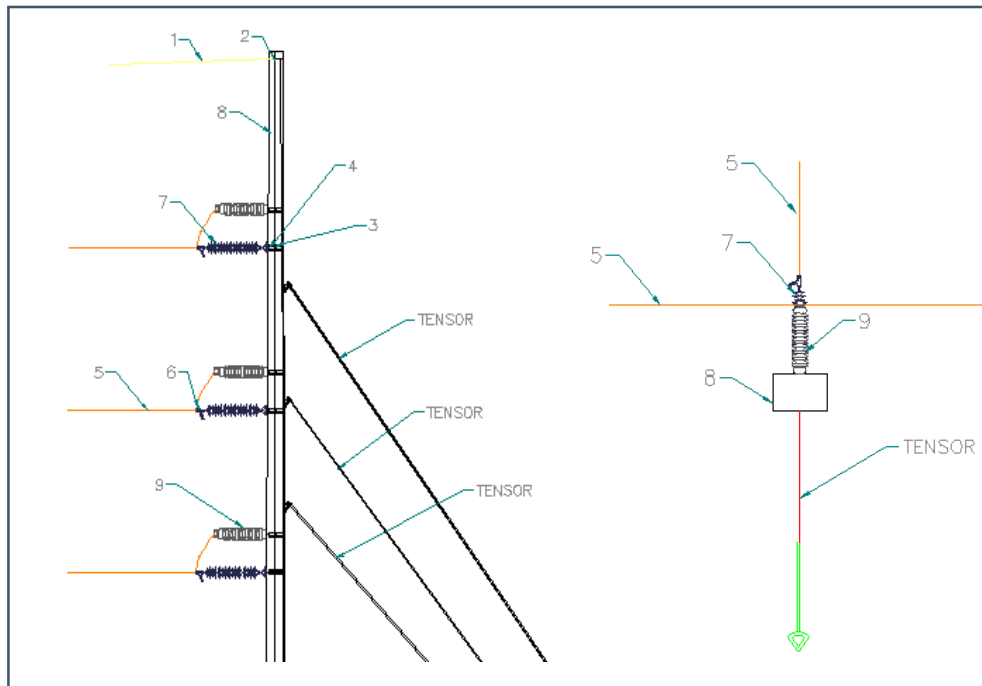


Figura 6.12 Vista lateral de la estructura de salida
Fuente: Autor

La tabla 6.14 hace una breve descripción de todos los elementos que forman parte de la estructura de salida.

Tabla 6.14 Descripción de la figura 6.12

| ITEM | DESCRIPCIÓN |
|------|---|
| 1 | Cable opgw |
| 2 | Conjunto de herraje amarre terminal |
| 3 | Collar de 10 ½" para líneas de 69kv |
| 4 | Platina de hierro galvanizado de 9 ½" x 3 ¼" |
| 5 | Conductor #477 mcm 26/7 ACSR |
| 6 | Grapas (sujetadores) de retención para cable 477 mcm 26/7 ACSR |
| 7 | Aisladores poliméricos tipo suspensión para 69kv con horquilla y ojal |
| 8 | Poste tipo "h" o escalera de hormigón armado |
| 9 | Aislador poliméricos tipo line post para 69kv |

Fuente: Especificaciones técnicas de CNEL

CAPÍTULO 7

PLANOS DEL PROYECTO ELÉCTRICO

La estructura de arranque estará situada entre las estructuras 43 y 44 de la línea Songa, donde se realizará la derivación hasta la estructura de guía con un vano aproximado de 58 [m], de ahí la línea llegará a la estructura de entrada de la barra con un vano aproximado de 77 [m], una vez que entra a la subestación, así mismo saldrá hacia una estructura similar a la de entrada y viajará por un vano aproximado de 58 [m] hasta la estructura de guía y después recorrerá los 77 [m] hasta un poste de arranque similar al primer tramo, para después continuar hasta la planta Songa. Los planos se encuentran ordenados de la siguiente manera:

- Plano 1: Perfil de la acometida, vista lateral de la acometida con todas las estructuras.
- Plano 2: Implantación general, este plano muestra de manera georreferenciada la ubicación exacta del proyecto mencionado.
- Plano 3: Estructura de arranque, esta es la estructura de arranque de la línea, es el punto de inicio del proyecto.
- Plano 4: Estructura tipo H, este plano corresponde a la estructura de guía tipo H, la misma que sirve de conector entre las dos estructuras RAD.
- Plano 5: Estructura de llegada, estructura de entrada a la subestación.
- Plano 6: Estructura de salida, es el punto de interconexión con la línea Songa.

7.1 Plano 1. Perfil de la acometida de 69KV

| ESTRUCTURA #1 | | | |
|--------------------------|----------|----------|------------|
| Descripción | Peso(kg) | Cantidad | Peso Total |
| Cadena de aisladores | 30 | 6 | 180 |
| Conductor 477 | 38,62 | 6 | 231,72 |
| Poste de 21 mts(2400kgf) | 6076 | 1 | 6076 |
| Peso de estructura(Kg) | | | 6487,72 |

ESTRUCTURA 1 (RAD)

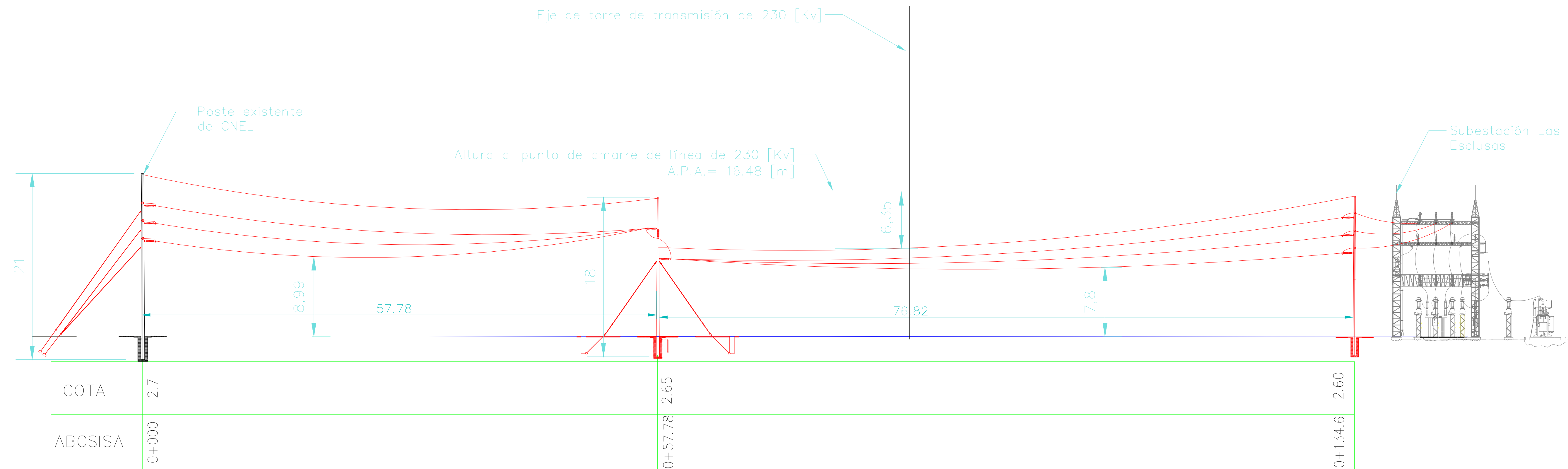
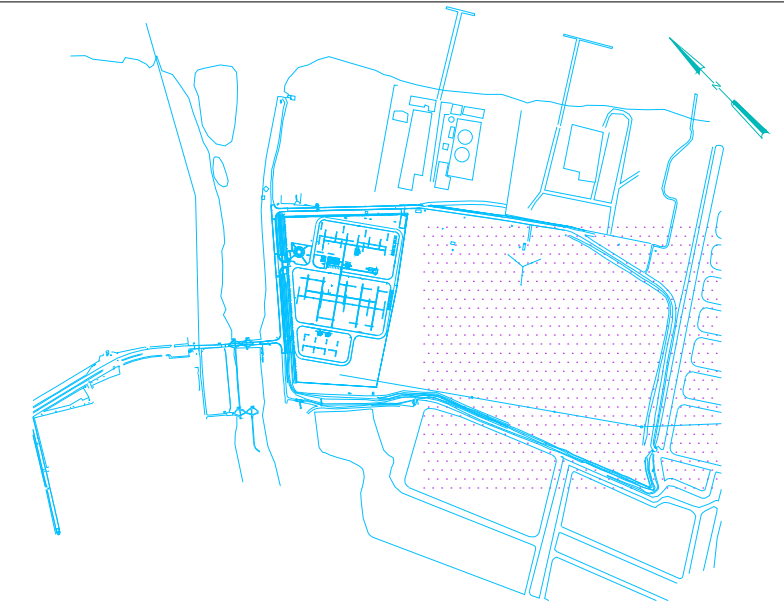
| ESTRUCTURA #2 | | | |
|---------------------------|----------|----------|------------|
| Descripción | Peso(kg) | Cantidad | Peso Total |
| Cadena de aisladores | 30 | 6 | 180 |
| Aisladores tipo line post | 25 | 3 | 75 |
| Conductor 477 | 38,62 | 6 | 231,72 |
| Poste de 18 mts(2400kgf) | 4937 | 2 | 9874 |
| Peso de estructura(Kg) | | | 10360,72 |

ESTRUCTURA 2 (RHGL)

| ESTRUCTURA #3 | | | |
|---------------------------|----------|----------|------------|
| Descripción | Peso(kg) | Cantidad | Peso Total |
| Cadena de aisladores | 30 | 3 | 180 |
| Aisladores tipo line post | 25 | 3 | 75 |
| Conductor 477 | 38,62 | 6 | 231,72 |
| Poste de 18 mts(2400kgf) | 6076 | 1 | 6076 |
| Peso de estructura(Kg) | | | 65621,72 |

ESTRUCTURA 3 (RAD)

REFERENCIA:



NOTAS:

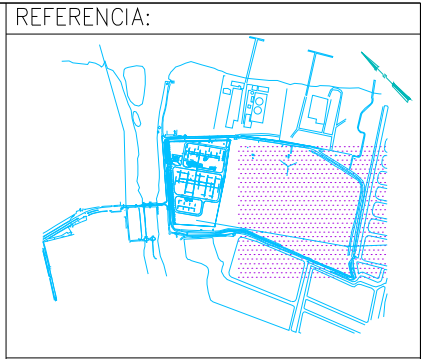
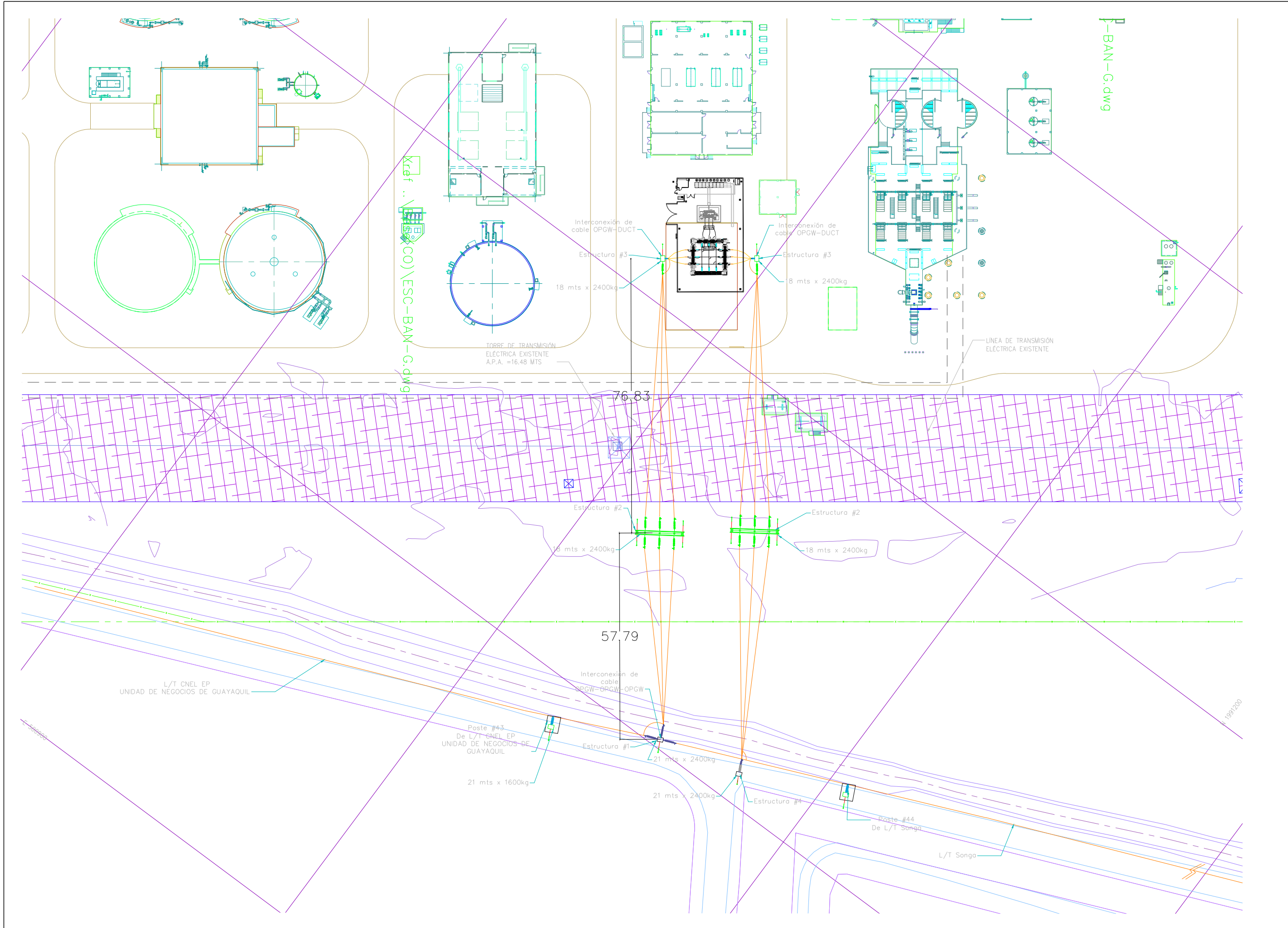
1. MEDIDAS EN METROS (m)
2. LA ESCALAS SE INDICAN EN CADA DIBUJO

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS

CONTIENE:

PERFIL LONGITUDINAL DE LA LINEA DE 69KV

7.2 Plano 2. Ubicación Geográfica



NOTAS:

1. MEDIDAS EN METROS (m)
2. LA ESCALAS SE INDICAN EN CADA DIBUJO

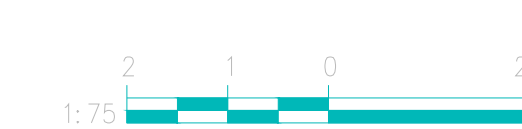
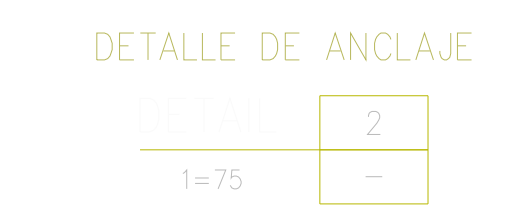
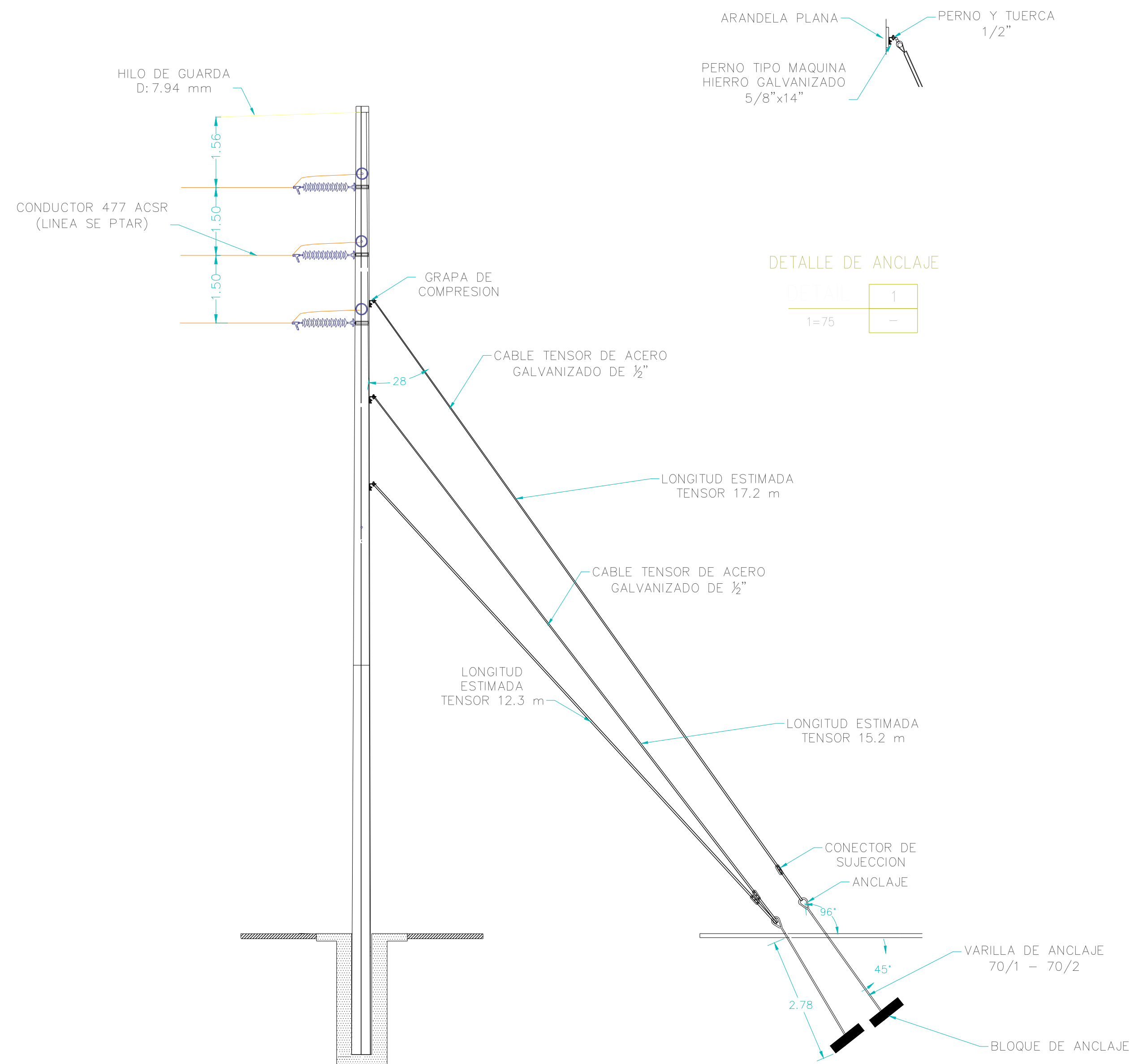
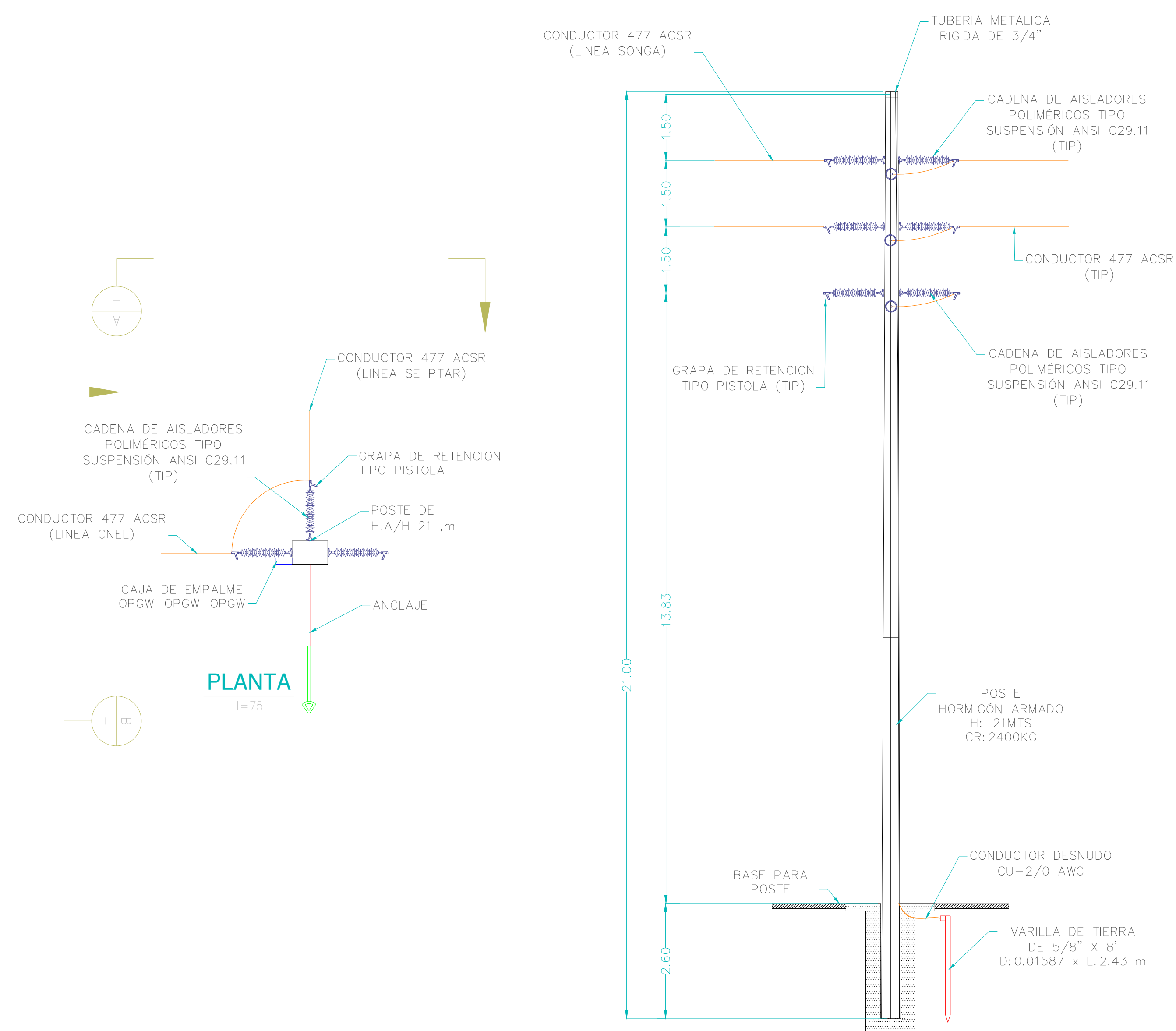
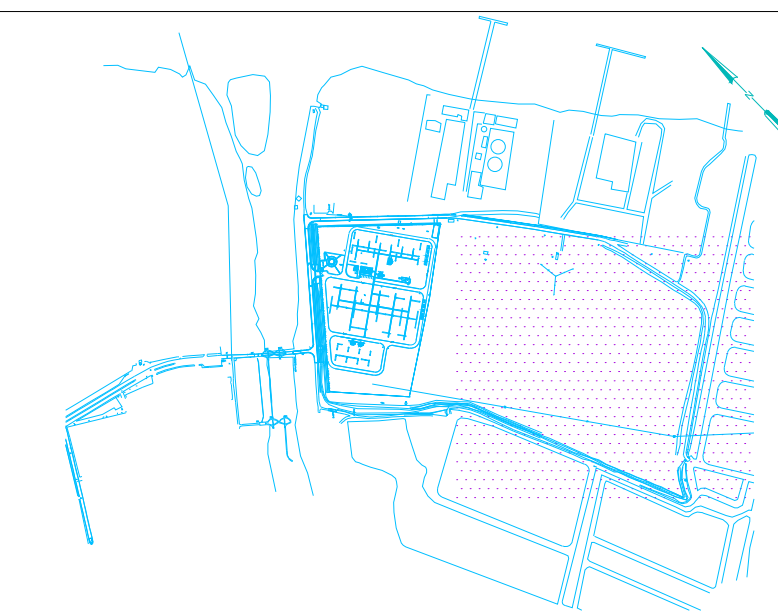
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS

CONTIENE:

UBICACIÓN DE LA ACOMETIDA A LA SUBESTACIÓN

7.3 Plano 3. Estructura de arranque

REFERENCIA:



NOTAS:

1. MEDIDAS EN METROS (m)
2. LA ESCALAS SE INDICAN EN CADA DIBUJO

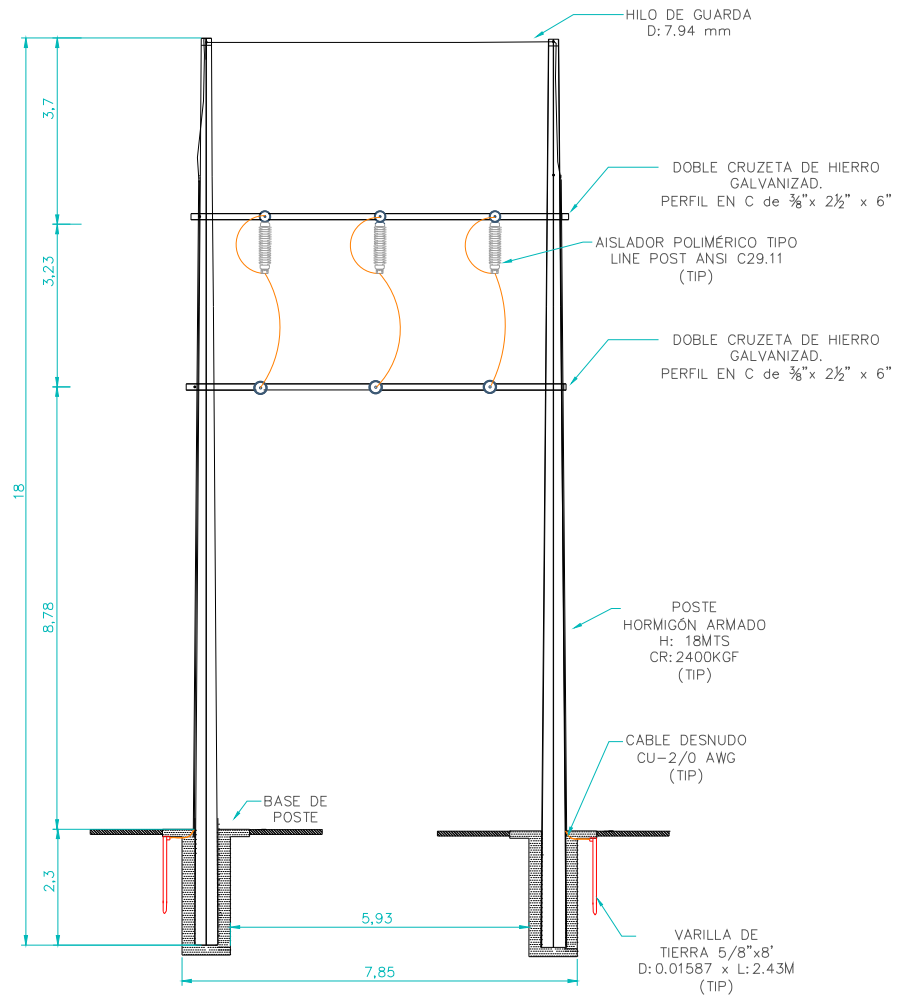
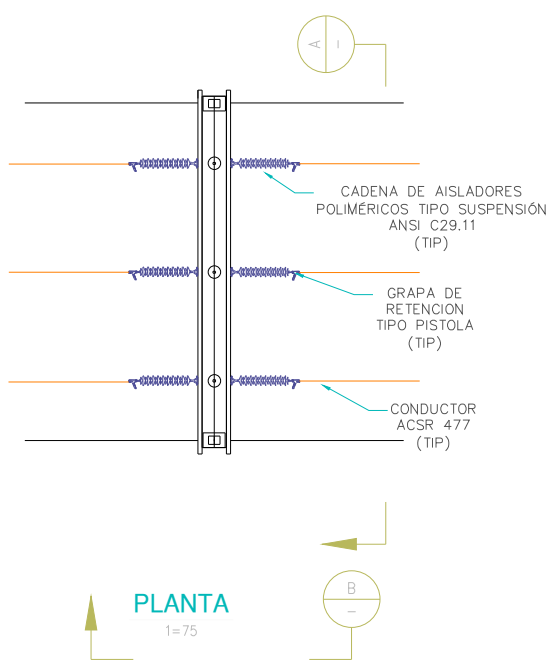
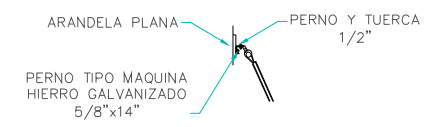
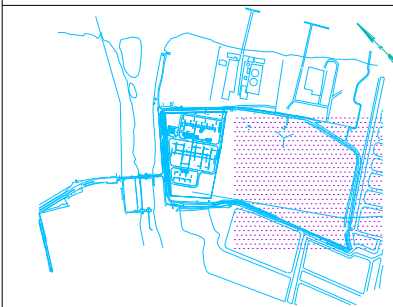
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS

CONTIENE:

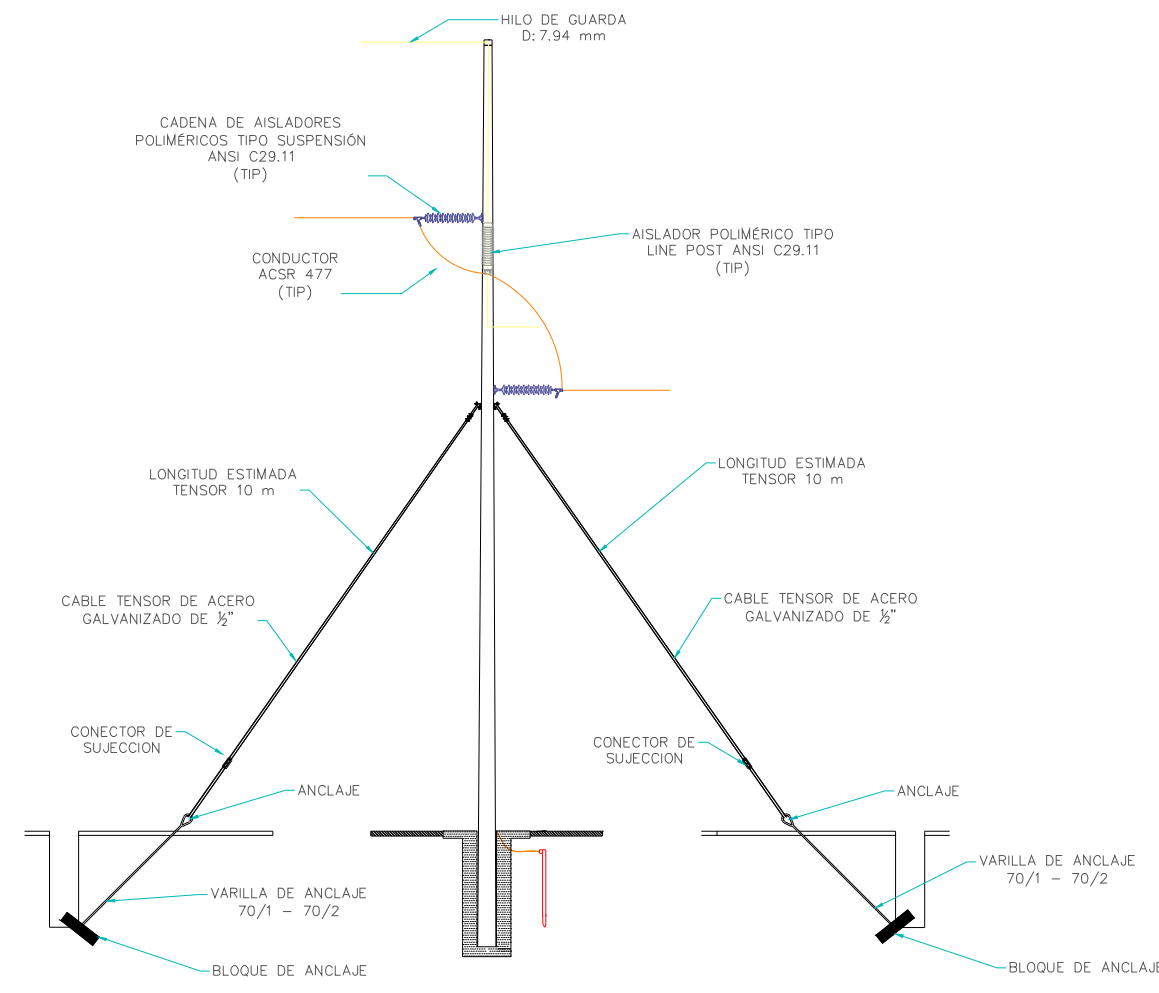
DETALLE ESTRUCTURA DE ARRANQUE #1

7.4 Plano 4. Estructura tipo H

REFERENCIA:



SECCIÓN A
1=75



SECCIÓN B
1=75

- NOTAS:
1. MEDIDAS EN METROS (m)
 2. LA ESCALAS SE INDICAN EN CADA DIBUJO

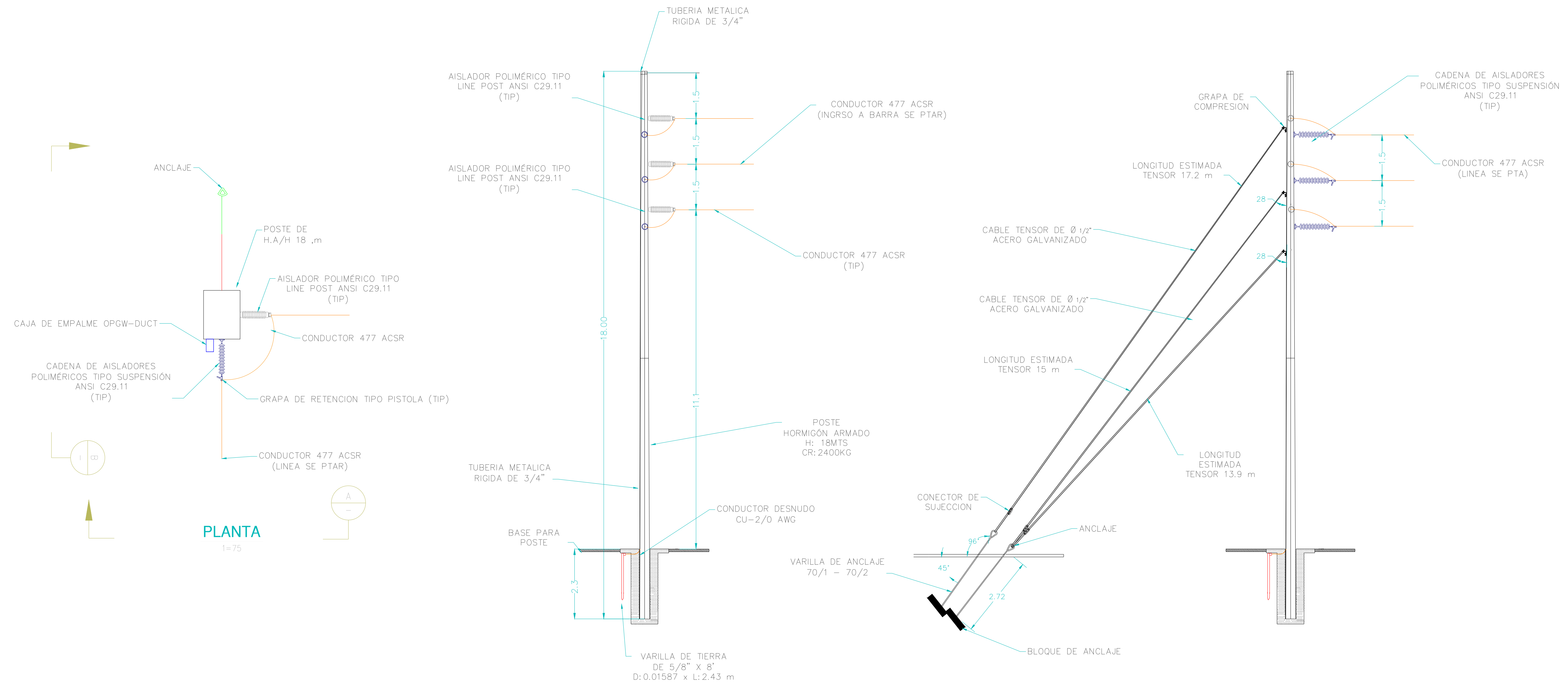
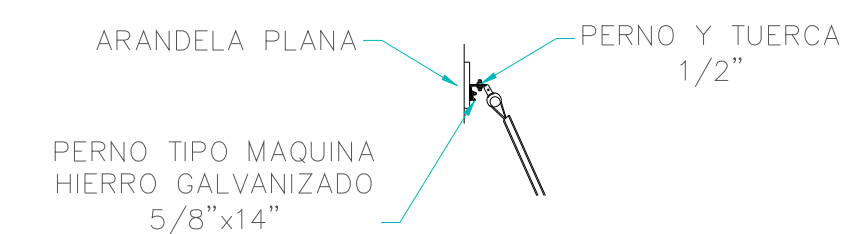
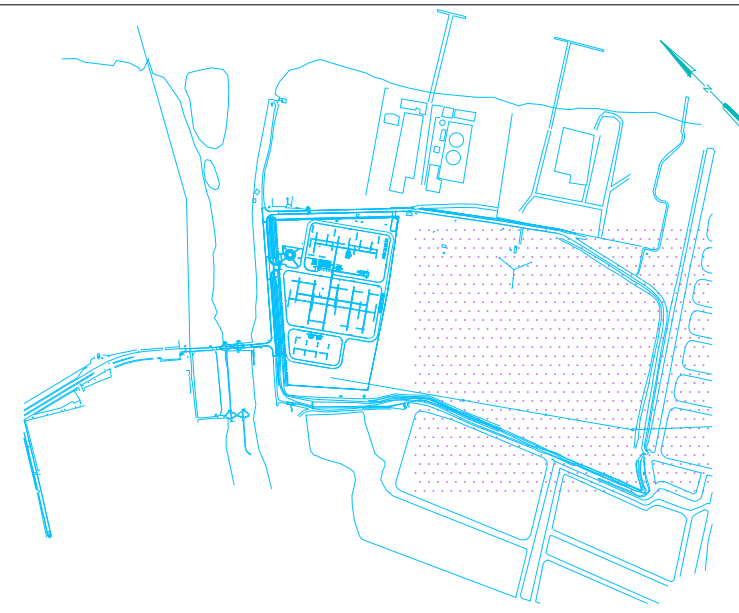
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS

CONTIENE:
DETALLE ESTRUCTURA GUÍA #2



7.5 Plano 5. Estructura de llegada a la subestación

REFERENCIA:

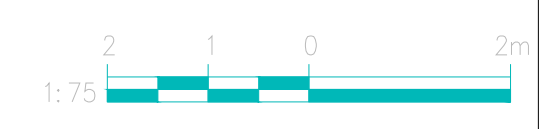


PLANTA
1=75

SECCION A
1=75

DETALLE DE ANCLAJE
1=75

SECCION B
1=75



NOTAS:

1. MEDIDAS EN METROS (m)
2. LA ESCALAS SE INDICAN EN CADA DIBUJO

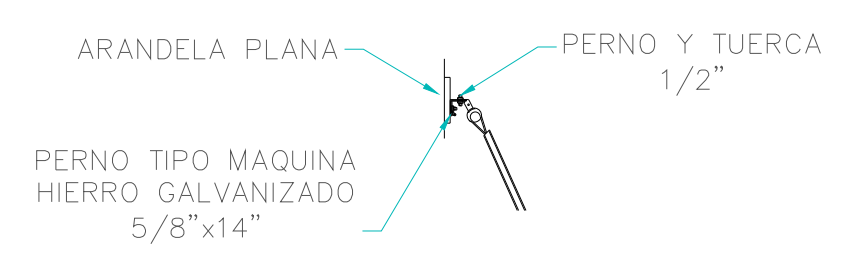
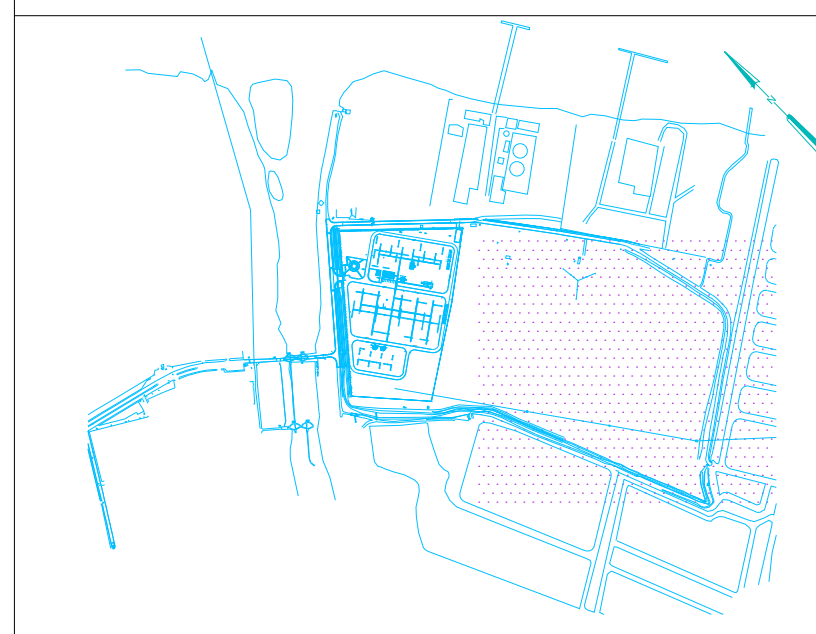
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS

CONTIENE:

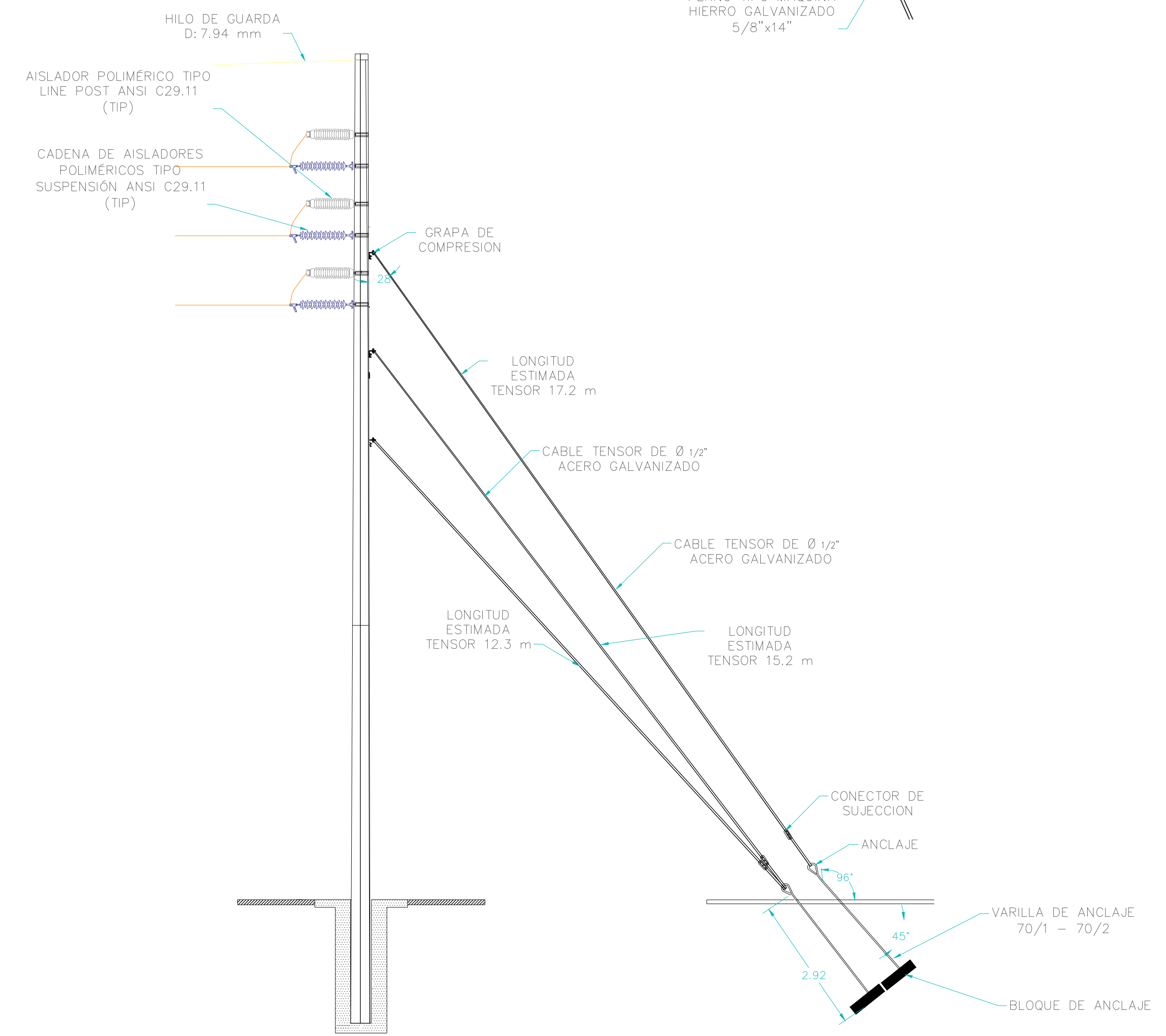
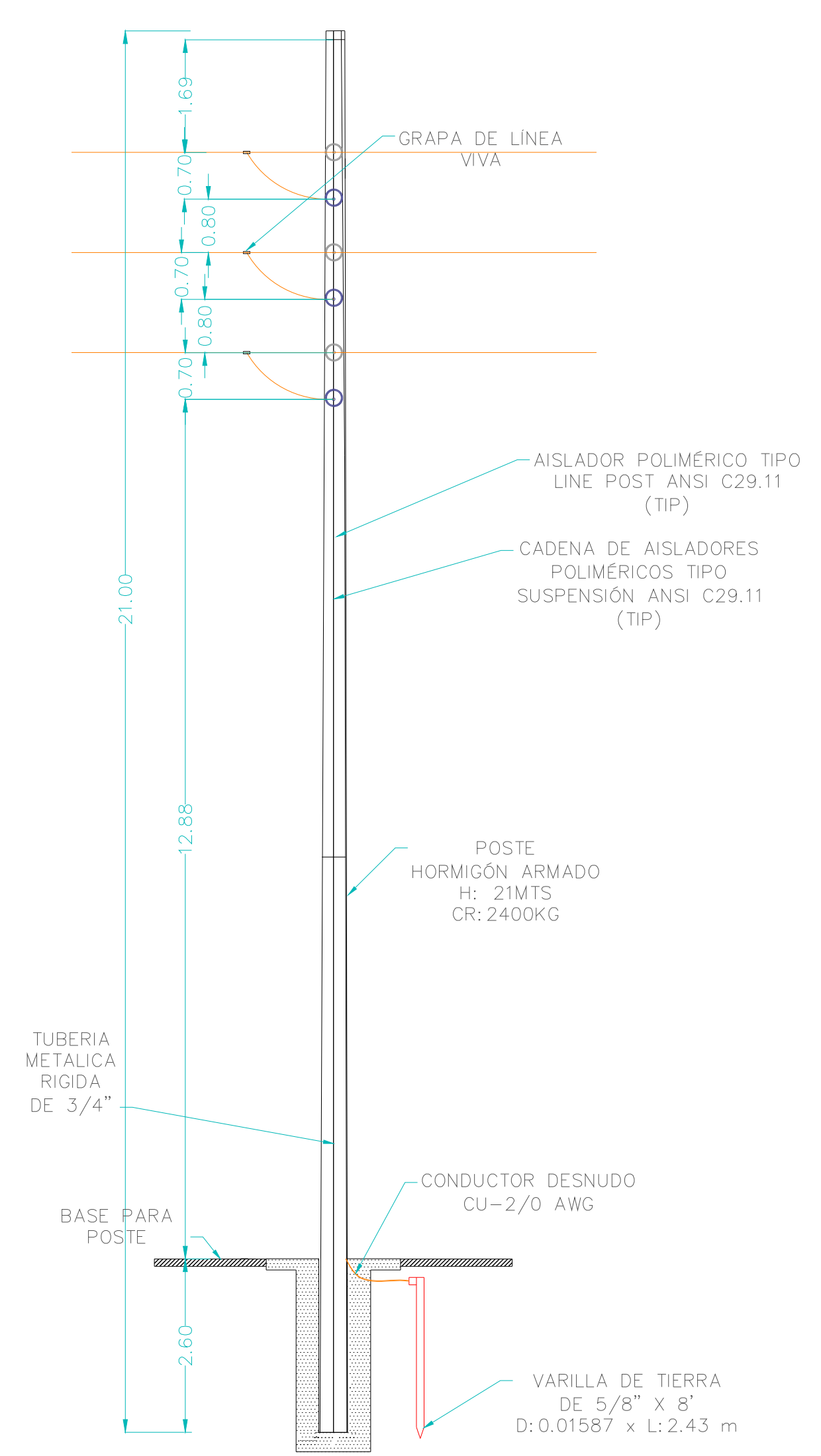
DETALLE ESTRUCTURA DE LLEGADA A LA SUBESTACION #3

7.6 Plano 6. Estructura de salida

REFERENCIA:

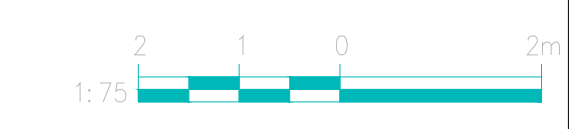


PERNO TIPO MAQUINA
HIERRO GALVANIZADO
5/8"x14"



DETALLE DE ANCLAJE

| | |
|---------|---|
| DETALLE | 2 |
| 1=75 | - |



NOTAS:

1. MEDIDAS EN METROS (m)
2. LA ESCALAS SE INDICAN EN CADA DIBUJO

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS ESCLUSAS

CONTIENE:

DETALLE ESTRUCTURA DE SALIDA #4

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

En lo que respecta a los conceptos teóricos cabe recalcar que el punto más sobresaliente es la selección que se realiza de los elementos a instalarse los cuales deben cumplir con los requerimientos mínimos establecidos.

Los parámetros determinados garantizan la continuidad de la línea, siempre basándose en la normativa local y la normativa internacional que son la base de la ingeniería eléctrica al momento de realizar proyectos de este tipo.

Con la elaboración de este trabajo de investigación, se concluye la gran complejidad que conlleva un óptimo y seguro transporte de la energía eléctrica del país, ya que los trabajos que están relacionados con la gestión de la energía y en especial con el diseño, construcción y montaje de acometidas a este nivel de voltaje, requiere un alto conocimiento de ingeniería pues hay que elegir una configuración adecuada, para que esta pueda operar sin incurrir en notables pérdidas ni cortes no deseados.

Con los cálculos obtenidos en el diseño se entiende que no representaría un significativo refuerzo en el Sistema Nacional Interconectado (SNI), ya que no es perceptible eléctricamente.

8.2 Recomendaciones

Todos los cálculos que vayan a realizarse para trabajar con este nivel de voltaje deben ser obligatoriamente realizados bajo normativa.

Se recomienda que cuando se está ejecutando proyectos de diseño y construcción de acometidas eléctricas, estos estén bajo la supervisión de un jefe del departamento de ingeniería que este instruido y capacitado en el tema para que pueda dirigir personal técnico que ejecute el trabajo físico, de esta manera se garantiza que el proyecto va poder operar sin ningún inconveniente.

Todo el material que se va implementar y montar durante el proyecto debe cumplir los estándares de seguridad de operación ya que se va trabajar con voltajes de alta tensión.

ANEXOS

Anexo 2.1: Tabla de datos técnicos del aislador polimérico tipo suspensión.
("CNEL EP.pdf," n.d.)

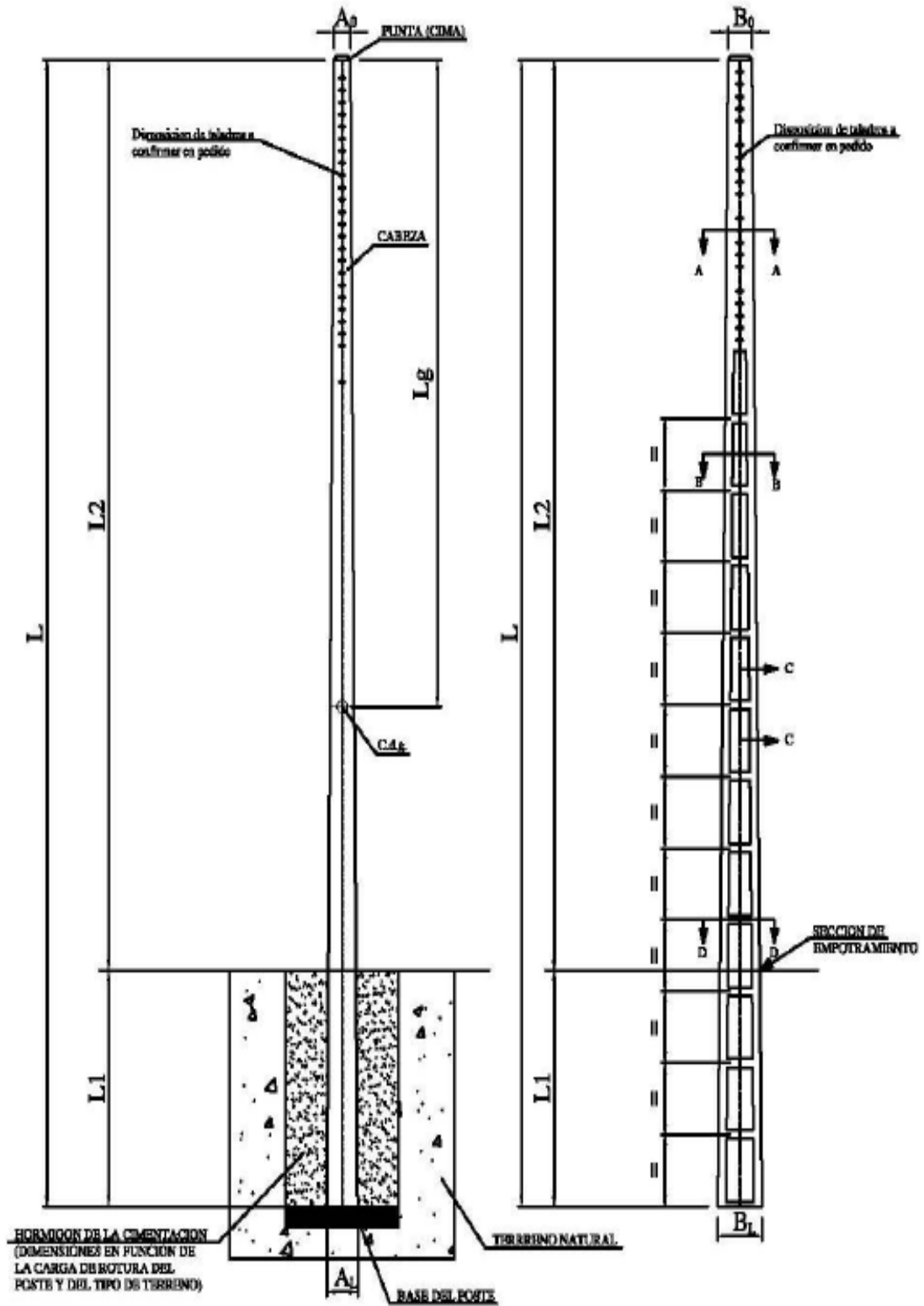
| TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS AISLADOR POLIMÉRICO TIPO SUSPENSIÓN 72.5 KV | | | | |
|---|---------------------------------------|--------|--|-------------------|
| Nº | CARACTERÍSTICA | UNIDAD | VALOR REQUERIDO | VALOR GARANTIZADO |
| 1.0 | FABRICANTE | | | |
| 2.0 | MODELO O NÚMERO DE CATÁLOGO | | | |
| 3.0 | PAIS DE FABRICACIÓN | | | |
| 4.0 | NORMAS APLICABLES IEC-1109 | | IEC-1109 ANSI – 29.11 | |
| 5.0 | TENSIÓN DE DISEÑO | kV | kV 72.5 | |
| 6.0 | MATERIAL DEL NÚCLEO | | FIBRA DE VIDRIO | |
| 7.0 | MATERIAL DEL RECUBRIMIENTO DEL NÚCLEO | | GOMA DE SILICON HIDROFUGO | |
| 8.0 | MATERIAL DE LAS CAMPANAS | | GOMA DE SILICON HIDROFUGO | |
| 9.0 | HERRAJES | | | |
| 9.1 | MATERIAL DE LOS HERRAJES | | ACERO FORJADO O HIERRO MALEABLE | |
| 9.2 | NORMA DE GALVANIZACIÓN | | ASTM 153 | |
| 9.3 | HERRAJE EXTREMO DE ESTRUCTURA | | HORQUILLA EN "Y" | |
| 9.4 | HERRAJE DEL EXTREMO DE LÍNEA | | OJO | |
| 9.5 | ACOPLAMIENTO | | IEC 16 | |
| 10.0 | DIMENSIONES Y MASA | | | |
| 10.1 | LONGITUD DE LÍNEA DE FUGA | mm | 1600 | |
| 10.2 | DISTANCIA DE ARCO EN SECO | mm | | |
| 10.3 | LONGITUD TOTAL | mm | | |
| 10.4 | DIÁMETRO MÍNIMO DEL NÚCLEO | mm | | |
| 10.5 | NÚMERO DE CAMPANAS | mm | | |
| 10.6 | DIÁMETRO DE CADA CAMPANA | mm | | |
| 10.7 | ESPACIAMIENTO ENTRE CAMPANAS | mm | | |
| 10.8 | MASA TOTAL | | | |
| 11.0 | VALORES DE RESISTENCIA MECÁNICA | | | |
| 11.1 | CARGA MECÁNICA GARANTIZADA | kN | 70 | |
| 11.2 | CARGA MECÁNICA DE RUTINA (RTL) | kN | 35 | |
| 12.0 | TENSIONES ELÉCTRICAS DE PRUEBA | | | |
| 12.1 | TENSIÓN CRÍTICA DE FLAMEO AL IMPULSO | | | |
| | - POSITIVA kV 450 | kV | 450 | |
| | - NEGATIVA kV 450 | kV | 450 | |
| 12.2 | TENSIÓN DE FLAMEO A BAJA FRECUENCIA | | | |
| | - EN SECO kV 170 | kV | 170 | |
| | - BAJO LLUVIA kV 140 | kV | 140 | |

Anexo 2.2: Tabla de datos técnicos del aislador polimérico tipo line post
("CNEL EP.pdf," n.d.)

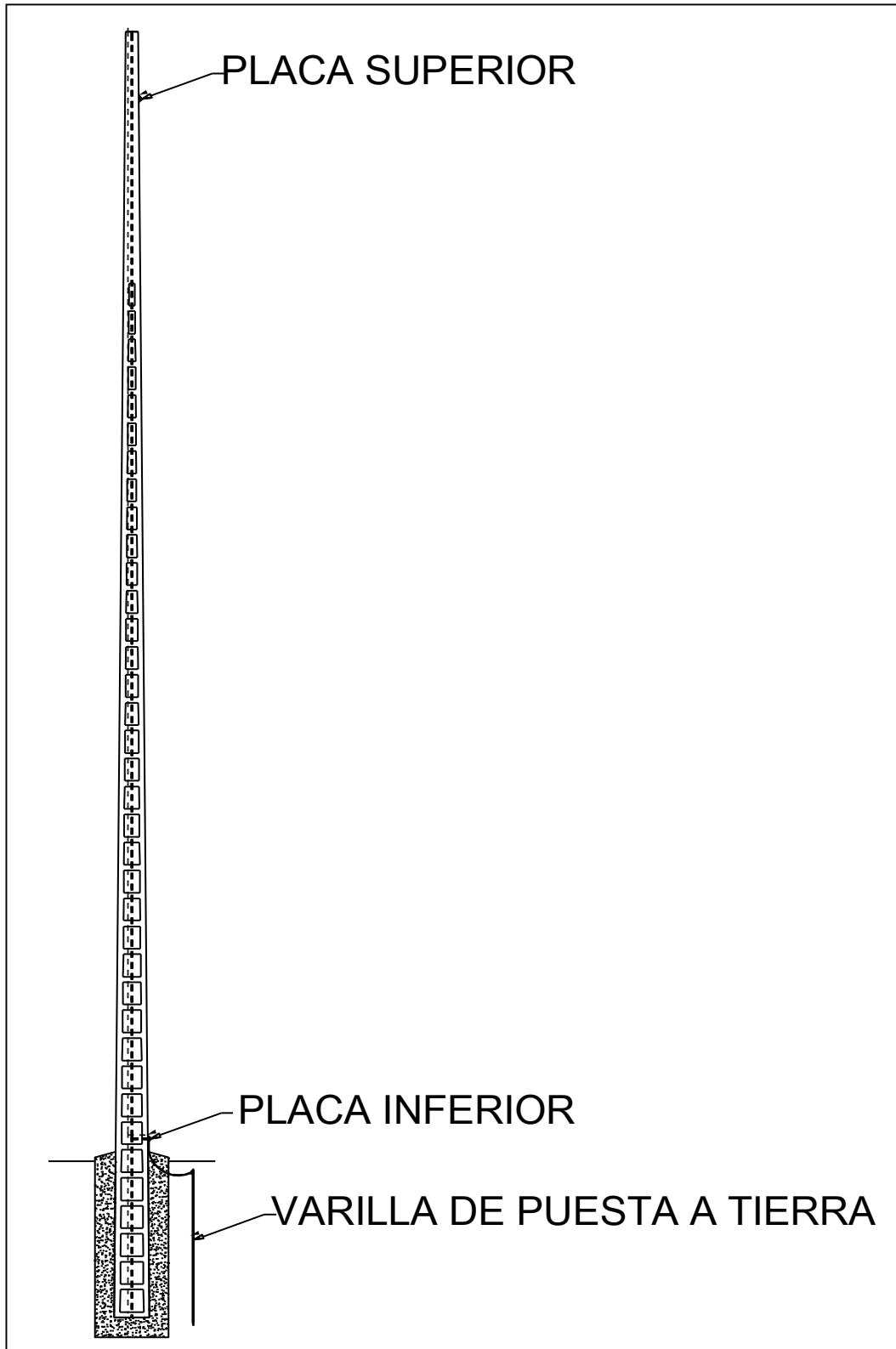
| TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS AISLADOR POLIMÉRICO TIPO LINE POST 72.5 Kv | | | | |
|--|---------------------------------------|--------|--|-------------------|
| Nº | CARACTERÍSTICA | UNIDAD | VALOR REQUERIDO | VALOR GARANTIZADO |
| 1.0 | FABRICANTE | | | |
| 2.0 | MODELO O NÚMERO DE CATÁLOGO | | | |
| 3.0 | PAIS DE FABRICACIÓN | | | |
| 4.0 | NORMAS APLICABLES IEC-1109 | | IEC-1109 ANSI – 29.11 | |
| 5.0 | TENSIÓN DE DISEÑO | kV | kV 72.5 | |
| 6.0 | MATERIAL DEL NÚCLEO | | FIBRA DE VIDRIO | |
| 7.0 | MATERIAL DEL RECUBRIMIENTO DEL NÚCLEO | | GOMA DE SILICÓN HIDROFUGO | |
| 8.0 | MATERIAL DE LAS CAMPANAS | | GOMA DE SILICÓN HIDROFUGO | |
| 9.0 | HERRAJES | | | |
| 9.1 | MATERIAL DE LOS HERRAJES | | ACERO FORJADO O HIERRO MALEABLE | |
| 9.2 | NORMA DE GALVANIZACIÓN | | ASTM 153 | |
| 9.3 | HERRAJE EXTREMO DE ESTRUCTURA | | ACERO FORJADO O HIERRO MALEABLE | |
| 9.4 | HERRAJE DEL EXTREMO DE LÍNEA | | ALEACIÓN DE ALUMINIO | |
| 9.5 | ACOPLAMIENTO | | IEC 16 | |
| 10.0 | DIMENSIONES Y MASA | | | |
| 10.1 | LONGITUD DE LINEA DE FUGA | mm | 1600 | |
| 10.2 | DISTANCIA DE ARCO EN SECO | mm | | |
| 10.3 | LONGITUD TOTAL | mm | | |
| 10.4 | DIÁMETRO MÍNIMO DEL NÚCLEO | mm | | |
| 10.5 | NÚMERO DE CAMPANAS | mm | | |
| 10.6 | DIÁMETRO DE CADA CAMPANA | mm | | |
| 10.7 | ESPACIAMIENTO ENTRE CAMPANAS | mm | | |
| 10.8 | MASA TOTAL | | | |
| 11.0 | VALORES DE RESISTENCIA MECÁNICA | | | |
| 11.1 | CARGA MECÁNICA GARANTIZADA | kN | 5 | |
| 11.2 | CARGA MECÁNICA DE RUTINA (RTL) | kN | | |
| 12.0 | TENSIONES ELÉCTRICAS DE PRUEBA | | | |
| 12.1 | TENSIÓN CRÍTICA DE FLAMEO AL IMPULSO | | | |
| | - POSITIVA kV 450 | kV | 450 | |
| | - NEGATIVA kV 450 | kV | 450 | |
| 12.2 | TENSIÓN DE FLAMEO A BAJA FRECUENCIA | | | |
| | - EN SECO kV 170 | kV | 170 | |
| | - BAJO LLUVIA kV 140 | kV | 140 | |

Anexo 2.3: Detalle de los postes (“Memoria Técnica TAP de 69 kV a MUCHO LOTE.pdf,” n.d.)

POSTES DE HORMIGON TIPOS "H" y "HC"



Anexo 2.4: Detalle de los postes (“Memoria Técnica TAP de 69 kV a MUCHO LOTE.pdf,” n.d.)



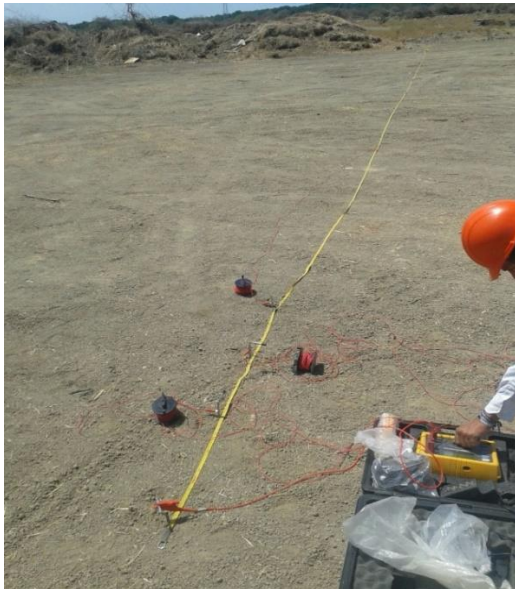
Anexo 3.1: resistividad del terreno



Medicion de resistividad



Equipo fluke motrando resultados

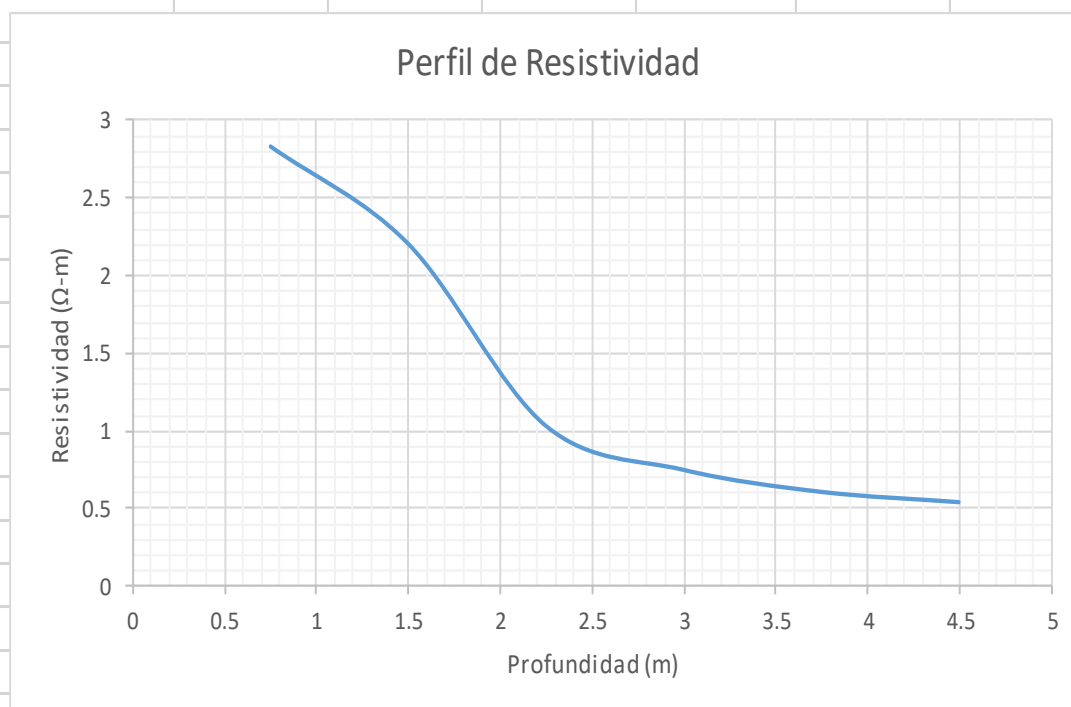


Metodo de wenner aplicado para encontrar la resistividad del terreno

Anexo 3.2: Datos de estudio de resistividad

Estudio de Resistividad del Suelo

| Sitio: | Esclusas | | Estado del Terreno | | Seco | |
|--------------------------------|----------------|--------------------------|--------------------|-----------------------|------------|-----------------------|
| Ciudad: | Guayaquil | | Color del Suelo | | Café Claro | |
| Cliente: | Interagua | | Método de Medición | | Wenner | |
| Profundidad de Exploración (m) | Separación (m) | Resistencia (Ω) | | ρ (Ω -m) | | ρ (Ω -m) |
| | | N - S | E - O | N - S | E - O | Promedio |
| 0.75 | 1 | 0.45 | 0.451 | 2.827433388 | 2.83371657 | 2.830574981 |
| 1.5 | 2 | 0.17 | 0.181 | 2.136283004 | 2.27451308 | 2.205398043 |
| 2.25 | 3 | 0.054 | 0.056 | 1.01787602 | 1.05557513 | 1.036725576 |
| 3 | 4 | 0.029 | 0.031 | 0.728849496 | 0.77911498 | 0.753982237 |
| 3.75 | 5 | 0.019 | 0.02 | 0.596902604 | 0.62831853 | 0.612610567 |
| 4.5 | 6 | 0.014 | 0.015 | 0.527787566 | 0.56548668 | 0.546637122 |



Responsable de la Medición: Ing. Byron Erazo

GLOSARIO

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad.

CNEL: Corporación Nacional de Electricidad

INECEL: Instituto Ecuatoriano de Electrificación.

Tracción: Esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la acción de dos fuerzas opuestas que tienden a alargarlo.

Extrusión: Dar forma a una masa metálica, plástica, etc., haciéndola salir por una abertura especialmente dispuesta.

Arandela: pieza generalmente circular, fina y perforada, que se usa para mantener apretados una tuerca o un tornillo, asegurar el cierre hermético de una junta o evitar el roce entre dos piezas.

Traslapo: Parte de una cosa cubierta por otra.

Galvanizada: Aplicar una capa de metal sobre otro mediante una corriente eléctrica

Hidrófugo: Material que evita filtraciones y la humedad.

Epóxica: Incremento de resistencia ante la corrosión y abrasión producida por los químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Casas Ospina Favio. (2008). Soporte de la Seguridad Electrica (Cuarta edición).

Catálogo de equipos COIDEA S.A. (n.d.). Retrieved February 16, 2017, from http://www.coideasa.com/preformados_para_lineas_de_transmision.html

Checa Luis María. (1998). Líneas de transporte de energía.

CNEL EP.pdf. (n.d.). Retrieved from <http://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/ESPECIFICACIONES-TECNICAS-2-1.pdf>

DÍAZ, M. M., & VEGA, A. M. (n.d.). UF0700 - Trabajos de infraestructuras forestales. Ediciones Paraninfo, S.A.

Estudio definitivo de las líneas de transmisión. (2015, February). Retrieved February 12, 2017, from <http://documents.mx/documents/rochazv.html>

(Francisco M, 2007). (n.d.). Retrieved from http://fglongatt.org/OLD/Archivos/Archivos/LT_1/Cap1LT1-2007.pdf

IEC 60815. (2001). IEC 60815: Guide for the selection and dimensioning of high-voltage (Tercera edición).

IEEE. (2006). IEEE Calculo de cortocircuito.

Instalaciones de Sistemas de puesta a tierra. (n.d.). Retrieved from http://www.upv.es/electrica/material_tecno/Transparencias_PDF/T3/tema3.pdf

Martínez Velasco, J. A. (2008). Coordinación de aislamiento en redes eléctricas de alta tensión (Primera edición).

Memoria Técnica TAP de 69 kV a MUCHO LOTE.pdf. (n.d.). Retrieved from http://www.electricaguayaquil.gob.ec/images/pdf/bid/LINEAS_DE_SUBTRANSMISION_DE_LOS_TAP/TAP%20A%20SE%20MUCHO%20LOTE/Memoria%20Tecnica%20TAP%20de%2069%20kV%20a%20MUCHO%20LOTE.pdf

Normas Distribución Aérea Categ - Documents. (2015). Retrieved February 13, 2017, from <http://docslide.us/documents/normas-distribcion-aerea-categ.html>

Palacios, M. (2016). ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEFINITIVO Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LA LÍNEA DE SUBTRANSMISIÓN A 69 KV OTAVALO-COTACACHI 29. Retrieved from http://www.academia.edu/9760961/ESTUDIO_DE_IMPACTO_AMBIENTAL_DEFINITIVO_Y_PLAN_DE_MANEJO_AMBIENTAL_DE_LA_L%C3%8DNEA_DE_SUBTRANSMISI%C3%93N_A_69_KV_OTAVALO-COTACACHI_29

Regulacion-No-ARCONEL-001-15-Reformada.pdf. (n.d.). Retrieved from <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Regulacion-No-ARCONEL-001-15-Reformada.pdf>

(Rodas, M. 2014). (n.d.). Retrieved from <http://www.energiaeolica.gub.uy/uploads/leasing%20operativo/21K44875C10A.pdf>

Romero Escobar, J. C. (2014). Diseño de subestaciones eléctricas (Primera Edición).

Suarez M. (2016). EXPEDIENTE FINAL PEQUEÑAS AMPLIACIONES ELECTRICAS - 2012 - Documents. Retrieved February 12, 2017, from

<http://myslide.es/documents/expediente-final-pequenas-ampliaciones-electricas-2012.html>

TECUN, 2013. (n.d.). Retrieved from http://www.frio-industrial.com/wp-content/uploads/2017/01/electricida-_c%C3%A1lculo-_lineas-_el%C3%A9ctricas-.pdf



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **(ARÉVALO ERIQUE MAYRA ALEJANDRA)**, con C.C: # **(0704634559)** autor/a del trabajo de titulación: **(“Diseño de proyecto eléctrico para acometida de 69KV en subestación para servicios de tratamiento de aguas residuales”.)** previo a la obtención del título de **(INGENIERA EN ELÉCTRICO MECÁNICA)** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 17 de marzo de 2017

f. _____

ARÉVALO ERIQUE MAYRA ALEJANDRA

C.C: 0704634559



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

| | | | |
|--|---|------------------------|-----|
| TÍTULO Y SUBTÍTULO: | "Diseño de proyecto eléctrico para acometida de 69KV en subestación para servicios de tratamiento de aguas residuales". | | |
| AUTOR(ES) | Mayra Alejandra Arévalo Erique | | |
| REVISOR(ES)/TUTOR(ES) | Ing. Luis Vicente Vallejo Samaniego, M.SC | | |
| INSTITUCIÓN: | Universidad Católica de Santiago de Guayaquil | | |
| FACULTAD: | Educación Técnica Para El Desarrollo | | |
| CARRERA: | Ingeniería En Eléctrico Mecánica | | |
| TÍTULO OBTENIDO: | Ing En Eléctrico Mecánica | | |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: | 17 de marzo de 2017 | No. DE PÁGINAS: | 131 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: | Distribución eléctrica | | |
| PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS: | Subestación, alta tensión, acometida eléctrica, confiabilidad, regulación, cálculo. | | |
| RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): | | | |
| <p>Este proyecto se basa en el diseño de una acometida eléctrica de 69KV lo cual no es usual para este nivel de voltaje y se da sólo en casos especiales en el sector eléctrico por lo que se basó en principios fundamentales para el desarrollo del diseño eléctrico de líneas de alta tensión, recopilando conceptos de energía en potencia donde se pone en práctica no simplemente la teoría basada en libros de líneas de transmisión sino también de las normativas internacionales y sobre todo de la normativa de la empresa eléctrica nacional a las cuales nos regimos para poder elaborar el proyecto eléctrico.</p> <p>Consta de dos partes, la parte teórica y la parte de cálculo y diseño. En la primera, se aclaran todos los conceptos básicos que se usarán para posteriormente realizar los cálculos, se especifican cada uno de los elementos que forman la acometida a ese nivel de voltaje y la normativa que debe ser usada. En la sección de aportaciones se muestran los cálculos y diseño con todos los datos obtenidos en base a estudios, algunos brindados</p> | | | |

por CNEI unidad de negocios Guayaquil, y los obtenidos en base a los cálculos realizados.

| | | |
|--|---|--|
| ADJUNTO PDF: | <input checked="" type="checkbox"/> SI | <input type="checkbox"/> NO |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: | Teléfono: +593-4-944096/0979167 135 | E-mail: mayra_arevaloe@hotmail.com |
| CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):: | Nombre: Philco Asqui, Luis Orlando | |
| | Teléfono: (04) 2 20933 ext 2007 | |
| | E-mail: Luis.philco@cu.ucsg.edu.ec / ute@cu.ucsg.edu.ec | |
| SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA | | |
| Nº. DE REGISTRO (en base a datos): | | |
| Nº. DE CLASIFICACIÓN: | | |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | | |