



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

CARRERA:

Ingeniería Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial

TEMA:

**“Diseño de una acometida aérea de 69KV para la subestación de la
planta FERTISA S.A, ubicada en la ciudad de Guayaquil”**

AUTOR:

Lema León, Carlos Luis

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de

Ingeniero Eléctrico-Mecánico con Mención en Gestión Empresarial Industrial

TUTOR:

Ing. Ricardo Xavier Echeverría Parra, M.Sc.

Guayaquil, Ecuador

21 de Septiembre del 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA:

Ingeniería Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial
Industrial

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Carlos Luis Lema León, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniero en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial.

TUTOR

Ing. Ricardo Xavier Echeverría Parra, M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Miguel Armando Heras Sánchez, M.Sc.

Guayaquil, a los 21 del mes de Septiembre del año 2017



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

CARRERA:

Ingeniería Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial
Industrial

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Lema León Carlos Luis**

DECLARO QUE:

El trabajo de titulación “**Diseño de una acometida aérea de 69KV para la subestación de la planta FERTISA S.A, ubicada en la ciudad de Guayaquil**” previo a la obtención del Título de Ingeniero 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 21 del mes de Septiembre del año 2017

EL AUTOR

Lema León, Carlos Luis



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

CARRERA:

Ingeniería Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial

AUTORIZACIÓN

Yo, Lema León Carlos Luis

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: “**Diseño de una acometida aérea de 69KV para la subestación de la planta FERTISA S.A, ubicada en la ciudad de Guayaquil**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 21 del mes de Septiembre del año 2017

EL AUTOR

Lema León, Carlos Luis

REPORTE URKUND

The screenshot displays the URKUND software interface. The top section shows document metadata: 'Documento: TESIS LEMA 30 AGOSTO.pdf (D303900114)', 'Presentado: 2017-08-30 17:46 (-05:00)', 'Presentado por: orlandophilco_7@hotmail.com', 'Recibido: orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com', and 'Mensaje: TESIS PDF Y EN WORD Mostrar el mensaje completo'. A summary indicates '3% de estas 41 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.' The right sidebar lists sources, including 'ta3arevalo0102017.pdf' and several 'yumpu.com' links. The main window shows a comparison between a document snippet and an external source. The document snippet includes mathematical text: 'O L T P x y 2 2 ? Si ahora se considera el punto A correspondiente al amarré del cable en vez del punto C, se tendrá: $2 a x f y$? ? Por lo tanto, al sustituirse: $70 O a T P f 6 2 ?$ Ec. 2.1 Se despeja el valor de la tensión T O y se tiene que: $f P T a O 8 2 ?$ La ecuación (2.1) relaciona la flecha f en función de la tensión T O, del peso unitario del conductor P y de la longitud del vano a. Si se compara esta ecuación de la parábola con la de la catenaria: ? ? ? ? ? ? ? 1 2 $\cosh O O T a P P T f$ (Ec. 2.1) Se podrá observar la complejidad de ésta, y como se demostrará más adelante, los resultados serán prácticamente iguales. Interesa ocuparse con la tensión TA en lugar de la empleada hasta ahora TO. Obsérvese el triángulo de fuerzas compuesto por TO, TA y PL en la figura 4.7. Figura 4.7 Triángulo de fuerzas Fuente: (Jiménez & Cantu, 2006)'. The external source snippet shows the same text with a highlighted match: 'y sustituyendo esta expresión en la fórmula anterior del valor de y resulta: (2.4)'. The interface also shows a toolbar with options like 'Reiniciar', 'Exportar', and 'Compartir'.

Reporte Urkund del Trabajo de Titulación; ‘Diseño de una acometida aérea de 69KV para la subestación de la planta FERTISA S.A, ubicada en la ciudad de Guayaquil’ del estudiante Lema León Carlos Luis, al 3% de coincidencias.

Atentamente.

MSc. Orlando Philco Asqui

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis Padres Carlos y Cecilia. A mis hermanas Mariuxi, Daisy y mi hermano Andrés, por el apoyo incondicional, comprensión y aliento para culminar con éxito mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por la salud y fortaleza que me ha brindado para mantenerme constante y sin desmayo.

A mi familia, amigos y a la iglesia Centro de Adoración Hebrón, por sus oraciones en el momento crítico de mi vida y que ahora se plasma al llegar a la meta de mi carrera universitaria.



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

CARRERA:

Ingeniería Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial
Industrial

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

MSC. ARMANDO HERAS SÁNCHEZ
DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

MSC. RAÚL MONTENEGRO TEJADA
COORDINADOR DE ÁREA

MSC. LUIS VALLEJO SAMANIEGO
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT	XVII
CAPÍTULO I.....	2
INTRODUCCIÓN	2
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivo General	4
1.4 Objetivos Específicos.....	5
1.5 Hipótesis.....	5
1.6 Metodología	5
PARTE I: MARCO TEÓRICO.....	8
CAPÍTULO II	8
ESPECIFICACIONES EN ACOMETIDAS DE 69KV	8
2.1 Acometida de 69 KV	8
2.2 Erección de Postes.....	14
2.3 Especificaciones Técnicas de Abrazaderas (Grapas).....	15
2.4 Terminales.....	17
2.5 Empalmes de compresión para líneas aéreas	18
2.6 Aisladores.....	20

2.6.1 Aisladores poliméricos tipo suspensión para línea a 69 KV	20
2.7 Especificaciones Técnicas de Cables	25
2.7.1 Conductor HAWK 477 MCM 26/7 ACSR para Línea a 69 KV.....	25
2.8 Especificaciones Técnicas de Puesta a Tierra	27
2.8.1 Consideraciones del estudio de suelo.....	27
2.8.2 Conductores de conexión a tierra.....	30
2.8.2.1 Sistema de apantallamiento.....	31
2.9 Coordinación de aislamiento.....	32
2.9.1 Principios de la coordinación de aislamiento.....	33
2.9.2 Distancia mínima de fuga en aislamiento a 69kV.....	33
2.10 Zona de Servidumbre	36
PARTE II: APORTACIONES	38
CAPÍTULO III.....	38
UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	38
3.1 Puerto Multipropósito FERTISA	38
3.1.1 Características de contenedores	39
3.2 Área del Terreno para subestación.....	40
3.3 Ruta de la línea de Transmisión.....	42
CAPÍTULO IV.....	45
CÁLCULO DE LA ACOMETIDA 69KV	45
4.1 Distancias eléctricas en elementos fijos basados en el BIL	45
4.2 Criterios de Flecha y Vano en proyectos de Acometida.....	47
4.2.1 Tensiones mecánicas de los conductores	49

4.2.2 Criterios de cálculo mecánico de los conductores	49
4.2.3 Criterios para cálculo de tensión y de la flecha.....	52
4.3 Dimensionamiento Mecánico del conductor.....	56
4.3.1 Cálculo de flecha.....	59
4.4 Métodos para el Cálculo de la Catenaria.....	60
4.4.1 Esfuerzos sometidos a apoyos en líneas de acometida aérea	61
4.4.2 Coordinación de Aislamiento.....	64
4.5 Características Técnicas de materiales a utilizarse en la instalación	65
4.6 Criterios mecánicos del conductor e hilo de guarda	66
4.7 Puesta a Tierra para Acometida Eléctrica de Fertisa	67
4.8 Medición de demanda eléctrica en empresa FERTISA	69
4.9 Planteamiento de Factibilidad de Subestación 69 KV	69
4.9.1 Registro Planilla de Fertisa	69
4.9.2 Análisis de la Demanda.....	71
4.9.3 Tomas para muelle FERTISA	72
4.10 Sistema de distribución a 13.800 Voltios.....	74
4.11 Descripción del trazado de línea de 69 Kv.....	75
CAPÍTULO V	80
PLANOS DEL DISEÑO DE LA ACOMETIDA 69 KV	80
5.1 Recorrido o ruta de acometida	80
CAPÍTULO VI.....	93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
6.1 Conclusiones	93

6.2 Recomendaciones.....	95
Anexos.....	96
Bibliografía	110
Glosario	112

ÍNDICE FIGURAS

Figura 2. 1 Clasificación de estructuras para acometida.....	9
Figura 2. 2 Estructura Tipo: Suspensión SU-1-G y Estructura Tipo: Retención RU.	10
Figura 2. 3. Estructura Tipo: Retención TU-1-G, Estructura Tipo: Suspensión BA- 1-G y Estructura Tipo: Suspensión SESU.	11
Figura 2. 4 Tipos de postes para la acometida en media y baja tensión	12
Figura 2. 5 Variantes del poste de hormigón tipo H.....	13
Figura 2. 6 Desde izquierda; Tensor triple a tierra y Tensor farol doble a tierra..	13
Figura 2. 7 Abrazadera terminal 477 MCM.....	15
Figura 2. 8. Abrazadera (grapa) de suspensión para aislador tipo poste.....	16
Figura 2. 9. Abrazadera (grapa) de suspensión para desvíos	17
Figura 2. 10. Abrazadera (grapa) de suspensión.....	17
Figura 2. 11 Terminales para acometida.....	18
Figura 2. 12 Empalmes de compresión para líneas aéreas.....	19
Figura 2. 13. Aisladores de porcelana y vidrio	20
Figura 2. 14 Aislador y características técnicas.....	23
Figura 2. 15 Grillete.....	24
Figura 2. 16. Conductor para acometida de aluminio reforzado7acero galvanizado	26
Figura 2. 17 Poste con puesta a tierra	30
Figura 2. 18 Sistema de puesta a tierra	31
Figura 2. 19 . Distancia en franja de servidumbre	37
Figura 3. 1 Puerto multipropósito de FERTISA	38

Figura 3. 2 Plano de subestación eléctrica con acometida 69 KV para FERTISA	41
Figura 3. 3 Ruta de acometida 230 kV	42
Figura 3. 4 Vista lateral del poste 69 kV Trinitaria (punto de interconexión).....	43
Figura 3. 5 Alternativa 1 acometida aérea en puerto Fertisa	44
Figura 3. 6 Alternativa 2 acometida aérea en puerto Fertisa	44
Figura 4. 1 Esquema de catenaria con todos sus componentes.....	47
Figura 4. 2 Vano y sus distancias.....	49
Figura 4. 3. Parábola para cálculo de flecha	60
Figura 4. 4 Esfuerzos en apoyo de acometida aérea	61
Figura 4. 5 Flecha para calcular la catenaria.....	62
Figura 4. 6 Distancias y puntos para catenaria	62
Figura 4. 7 Triángulo de fuerzas	64
Figura 4. 8 Esquema de derivación para nuevo consumidor en puerto FERTISA	72
Figura 5. 1 Plano de acometida 69 kV para Fertisa	81
Figura 5. 2 Vistas de estructuras y detalle de poste	83
Figura 5. 3 Ubicación de equipos en subestación eléctrica	85
Figura 5. 4 Disposición de Tableros	87
Figura 5. 5 Estructura metálica de subestación eléctrica de 69 kV	89
Figura 5. 6. Diagrama unifilar detallado.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Carga nominal de rotura del poste (Kg fuerza), según la longitud en metros.....	14
Tabla 2. 2 Datos Técnicos del aislador polímero para 72 KV	24
Tabla 2. 3. Datos del conductor para acometida 69 KV	26
Tabla 2. 4 Resistividad del suelo, según tipo de terreno.....	27
Tabla 2. 5 Voltajes soportados estándares para $1 \text{ KV} \leq U_m \leq 242 \text{ KV}$	34
Tabla 2. 6 Voltajes soportados estándares para $1 \text{ KV} \leq U_m \leq 242 \text{ KV}$	35
Tabla 4. 1 Distancias mínimas, según norma IEEE 1427	45
Tabla 4. 2 Distancias mínimas, según norma IEC 60071-2.....	46
Tabla 4. 3 Características del conductor	52
Tabla 4. 4 Estados climáticos y la tensión del conductor	53
Tabla 4. 5 Calculo de las Flechas.....	54
Tabla 4. 6 Tiros máximos	55
Tabla 4. 7 Tensiones mecánicas (en Newton/mm ²).....	56
Tabla 4. 8. Registros de Planillas y Datos Tomados directamente del Medidor de la Empresa Eléctrica	69
Tabla 4. 10 Demanda de energía de algunos tipos de contenedores*	74
Tabla 4. 11 Tarifas en Media y Alta Tensión	75
Tabla 4. 12 Parámetros y características del proyecto.....	76
Tabla 4. 13 Vanos y flechas entre postes	79

RESUMEN

Actualmente la empresa FERTISA ubicada al sur de Guayaquil, administra un muelle multipropósito para embarque o desembarque de contenedores de hasta 40 pies y que cuentan con sistema de refrigeración, pero no se cuenta con tomas eléctricas para la energización a dichos contenedores. Los mismos que mientras esperan proceso de gestión para exportación, y otros relacionados con tiempos de espera que superan 24 horas no deberían sentir la ausencia de la energía eléctrica en los predios del muelle de FERTISA. Por lo regular la carga que debe ser refrigerada necesita de la energía para opere el sistema de climatización, refrigeración o calefacción. Se diseña una acometida aérea que cumpla con los parámetros establecidos por las normas eléctricas. La Subestación eléctrica de Media Tensión (MT) que posee la empresa podría suministrar tomacorrientes con voltaje de hasta 460 voltios.

La metodología es descriptiva, y empírica, se detalla la infraestructura de una subestación eléctrica convencional en media tensión, así mismo se efectuará recolección de información y se delinearán planos eléctricos para conexiones a contenedores refrigerados.

Palabras claves: Media Tensión; acometida aérea; energía eléctrica; contenedores refrigerados; normas eléctricas; subestación.

ABSTRACT

Currently the company FERTISA located in the south of Guayaquil manages a multipurpose dock for loading or unloading containers up to 40 feet and that have a cooling system, but there are no electrical outlets for energizing these containers, which are waiting Management process for export, and others related to waiting times that exceed 24 hours should not feel the absence of electric power in the grounds of the pier of FERTISA. As a rule the load to be refrigerated needs the energy to operate the air conditioning, refrigeration or heating system. An aerial connection will be designed that complies with the parameters established by the electrical standards. The medium voltage electrical substation (MV) owned by the company could supply outlets with voltage up to 460 volts.

The methodology is descriptive, and empirical, details the infrastructure of a conventional electric substation in medium voltage, as well as gathering information and drawing electrical drawings for connections to refrigerated containers.

Key words: Medium voltage; Airlift; Electric power; Refrigerated containers; Electrical standards; Substation

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El compromiso del sistema eléctrico en el Ecuador, tanto en la demanda como en la oferta de electricidad, se incrementa cada año y los diseños eficientes de subestaciones eléctricas son esenciales para cubrir las demandas, tanto en sector público como privado. Sin embargo, en el Ecuador, el Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) creado por la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE), comenzó a ejercer sus actividades el 20 de noviembre de 1997 y es el ente encargado de delegar las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2015).

Bajo este antecedente la empresa privada FERTISA (Fertilizantes, Terminales y Servicios S.A), empresa agroindustrial del país, ofrece servicios portuarios privados a través de un muelle multipropósito que permite la transferencia de carga en contenedores y más de 150 000 toneladas métricas de fertilizantes. Fertisa Terminal Portuario ha experimentado un aumento del 70 % en el volumen de TEU (contenedor estándar de 20 pies) de 2014 a 2015 y actualmente planea almacenar 80 000 TEU en 2015 y alcanzar los 35 movimientos por hora. Para asegurar la eficiencia y seguridad de sus procesos cuenta con un sistema de calidad certificado bajo la Norma ISO 9001:2008, para la importación, almacenamiento, manipulación y comercialización de fertilizantes simples y compuestos.

Por aquello la empresa debe diseñar e implementar una subestación eléctrica de (5MVA) Media Tensión con una acometida aérea de 69 para cubrir la demanda que necesitará el proyecto de venta de energía eléctrica en racks para contenedores refrigerados. Esta acometida estará conectada a la línea de transmisión de 69 KV subestación Trinitaria 225 MVA. El aporte del presente trabajo de titulación es el diseño o esquema del circuito eléctrico de la acometida para la subestación de FERTISA, pues, se aplicarán cálculos y parámetros que exige la Empresa Eléctrica de Guayaquil.

Una acometida eléctrica exterioriza el tramo de unión eléctrica entre la red pública y la instalación propia del edificio. Por tanto, es la parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la caja o cajas generales de protección

El diseño de la nueva acometida de 69 KV y la subestación se toma como base de la regulación ARCONEL 001/15- Reformada en el punto denominado " Punto de entrega y condiciones técnicas y financieras para la prestación del servicio público de energía eléctrica a consumidores del servicio eléctrico". En esta regulación se define los nuevos esquemas de alimentación a las subestaciones y puntos de interconexión de 69 KV desde las líneas de transmisión de las empresas distribuidoras.

1.1 Planteamiento del Problema

Actualmente la capacidad máxima que tiene la FERTISA es de 1000 KW y para cubrir la demanda futura en el servicio de transporte y carga de mercadería refrigerada tanto de importación como de exportación en contenedores, llevaron a la decisión de diseñar una subestación que no solo cubra la demanda de la planta, sino también la venta de energía eléctrica a clientes comerciales que tienen contenedores refrigerados y que pueden utilizar el servicio eléctrico de 460 voltios a ubicarse en el muelle. Ante esta decisión, se necesita diseñar una acometida de 69KV, cumpliendo con los requisitos que exigen la ARCONEL y las normativas a favor del medio ambiente.

1.2 Justificación

En vista de conocer y estar familiarizados con todas las formas de energía conocidas, tales como: la mecánica, térmica o solar, los cuales son las más empleadas para los negocios y progreso de cualquier país y en especial, la de nuestro. Pues, no hay duda de que la energía eléctrica establece el pilar fundamental del desarrollo social e industrial de todos los países; así como el componente esencial para el desarrollo tecnológico y financiero. A su vez, una red eléctrica determina el conjunto de elementos necesarios para conducir y transformar la electricidad para su empleo en las maquinarias para su utilización final.

El comportamiento del sistema eléctrico en el Ecuador, tanto en la demanda como en la oferta de electricidad, se incrementa cada año y por lo antes mencionado, el proyecto de diseño de una acometida de 69 KV es una parte fundamental en la construcción de una subestación de 5 MVA en la planta de FERTISA S.A., para cubrir la demanda que necesitara el proyecto de venta de energía eléctrica en racks para contenedores refrigerados. Esta acometida estará conectada a la línea de transmisión de 69 KV subestación Trinitaria 225 MVA, el esquema del circuito eléctrico de la acometida será realizado en este trabajo y se aplicará los parámetros que exige la Empresa Eléctrica de Guayaquil. Por lo tanto, cabe mencionar que las Terminales Portuarias de Contenedores de FERTISA, son entornos dinámicos, difíciles y peligrosos, por lo que el diseño y montajes de tomacorrientes para contenedores refrigerados, deben cumplir normas eléctricas para brindar la Seguridad, Calidad y el Valor Agregado. Contar con racks de tomacorrientes modulares con interbloqueo de seguridad (módulos) proporciona conexiones seguras y fiables para los contenedores refrigerados. Estos módulos también permiten un fácil mantenimiento y minimizan el tiempo, fuera de servicio.

El diseño de la nueva acometida de 69 KV y la subestación se toma como base de la regulación Arconel 001/15- Reformada en el punto denominado " Punto de entrega y condiciones técnicas y financieras para la prestación del servicio público de energía eléctrica a consumidores del servicio eléctrico". En esta regulación se define los nuevos esquemas de alimentación a las subestaciones y puntos de interconexión de 69 KV desde las líneas de transmisión de las empresas distribuidoras.

1.3 Objetivo General

Elaborar el diseño de una acometida aérea de 69 KV para el suministro de energía dotada con una tensión de 460 voltios que servirá para satisfacer la demanda futura de los nuevos puntos eléctricos destinados para conectar los contenedores refrigerados ubicados en el patio de muelle en la planta Fertisa S.A. ubicada en el sector sur de la ciudad de Guayaquil.

1.4 Objetivos Específicos

1. Realizar un estudio de la demanda actual con proyecciones a futura de la planta que producirán los contenedores refrigerados.
2. Aplicar los conceptos teóricos que se emplean en la acometida de 69 KV.
3. Diseñar y calcular la acometida a 69 KV a la planta Fertisa S.A.

1.5 Hipótesis

La acometida aérea con rack de tomacorriente de 480 voltios mejorará procesos de conservación frigorífica de contenedores de 20" y 40 pulgadas refrigerados del muelle multipropósito (embarque y desembarque) de FERTISA.

1.6 Metodología

El trabajo de investigación corresponde al "método analítico, documental, descriptivo y de campo". Es 'analítico documental' porque se realizará una indagación sistemática y de recolección de información de varias fuentes bibliográficas (libros, manuales, artículos indexados, paper, etc.), sobre el diseño de una acometida aérea de 69KV para la subestación de la planta FERTISA S.A, para posteriormente, organizar, seleccionar y analizar dichos datos para el trabajo mencionado.

Es 'investigación descriptiva' porque pretende describir y caracterizar el objeto de estudio, el cual consiste en aplicar los conceptos teóricos que se emplean en la acometida de 69 KV., para lograr de esa manera, cumplir con uno de los objetivos específicos planteados. Además, es 'investigación de campo' porque se realizará una investigación in situ en el sitio, observando y verificando el lugar (planta y avenida), para posteriormente realizar el diseño y montaje que permitirá al sistema eléctrico de la Planta FERTISA S.A. satisfacer la demanda futura y de esa manera cumplir con los objetivos del estudio.

Se describen con más detalles sobre los métodos escogidos en el estudio:

Método Analítico

Este método permite conocer más sobre el objeto de estudio, con lo cual se puede explicar, interpretar, hacer analogías y comprender mejor sobre demanda actual con proyecciones a futura de la planta que producirán los contenedores refrigerados. Pues, se aplicará esta técnica para describir los datos y cálculos que se utilizaran para que el diseño de la acometida no presente errores en su dimensionamiento eléctrico a futuro y en la línea de transmisión. (Hernández, Fernández , & Baptista, 2010).

Método Documental

La investigación documental es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos. (Alfonso, 1995) & (Morales, 2015, pág. 2)

Se utilizará todo tipo de fuentes bibliográficas o documentales como libros, enciclopedias, etc. y así se obtendrá más datos e información que se considere relevante de lo cual contribuirá con el análisis e interpretación del tema a realizar a través de las fuentes.

Método Descriptivo

Este método tiene como finalidad, describir, definir y caracterizar el objeto de estudio, el cual consiste en aplicar los conceptos teóricos que se emplean en la acometida de 69 KV. Además, se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Sampieri, 2014, p 92)

Mediante esta técnica se identifica el origen del problema, como así, los componentes que intervienen en el diseño de la acometida a 69 KV. Una vez obtenida la información se procederá a describir cada uno de las circunstancias y a través de este estudio se permitirá el diseño y montaje que permitirá al sistema eléctrico de la Planta FERTISA S.A. satisfacer la demanda futura.

Investigación de Campo

En este tipo de investigación se realiza una observación in situ, es decir, que el investigador va al lugar o sitio para verificar y/o corroborar (planta y avenida), para posteriormente realizar el estudio de diseño y montaje que permitirá al sistema eléctrico de la Planta FERTISA S.A. satisfacer la demanda futura.

Además, se realizará levantamiento de información, en sitio (planta) para presentar el diseño de acometida aérea con los datos y cálculos que se utilizaran para que el diseño de la acometida de 468 Voltios no presente errores en su dimensionamiento eléctrico a futuro y en la línea de transmisión/distribución.

PARTE I: MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

ESPECIFICACIONES EN ACOMETIDAS DE 69KV

La selección de los diferentes tipos de estructuras y sus disposiciones básicas se efectúa en base a las Normas del CONELEC y los criterios que se utilizan en la construcción de líneas a 69 kV son similares, adaptándolas a los requerimientos específicos de esta línea dentro de los límites de utilización previstos, considerando las condiciones topográficas de la línea, sus limitaciones y en función del diseño electromecánico de los conductores.

2.1 Acometida de 69 KV

Estará configurada por los siguientes elementos, los cuales se detallan más adelante:

- Punto de Interconexión
- Estructura
- Aisladores
- Herrajes
- Conductores
- Cable de Guarda

Punto de Interconexión:

Tiene por objeto indicar el sitio exacto donde se hará la conexión del arranque de la acometida al Transformador o Subestación. Este punto de interconexión será una sugerencia que se hará en este proyecto, esto significa que puede ser aceptado u objetado por la EEE, si es objetado se analiza juntamente con la EEE, el punto de interconexión más conveniente.

Estructura:

Las estructura serán las responsables de sostener o soportar a los elementos o accesorios y conductores que conforma una línea de transmisión eléctrica: aisladores, crucetas, cables y su finalidad es de distanciar a los conductores del suelo para evitar arcos o electrocución, las estructura debe estar diseñada para soportar las fuerza y dirección de los vientos y a su vez las fuerzas de compresión y flexión que es el efecto longitudinal, transversal y vertical ejercida por los conductores y cables a los que estarán sometidos en el trayecto.

Ver en la figura 2.1 una clasificación de estructuras de postes

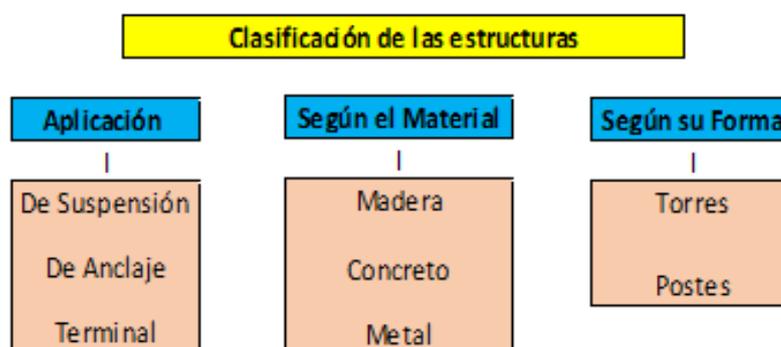


Figura 2. 1 Clasificación de estructuras para acometida
Fuente: (Arévalo, 2017)

Las estructuras deberán soportar con los debidos coeficientes de seguridad los 3 conductores de aluminio y el respectivo cable de guardia; también mantendrán a los conductores una distancia suficiente para cumplir con los espaciamientos normalizados en líneas de transmisión de 69 KV y los postes a utilizar son de hormigón armado. En proyectos de acometida en alta y media tensión se utilizan los siguientes tipos de estructuras para acometida aérea.

Véase las figuras 2.2 y 2.3.

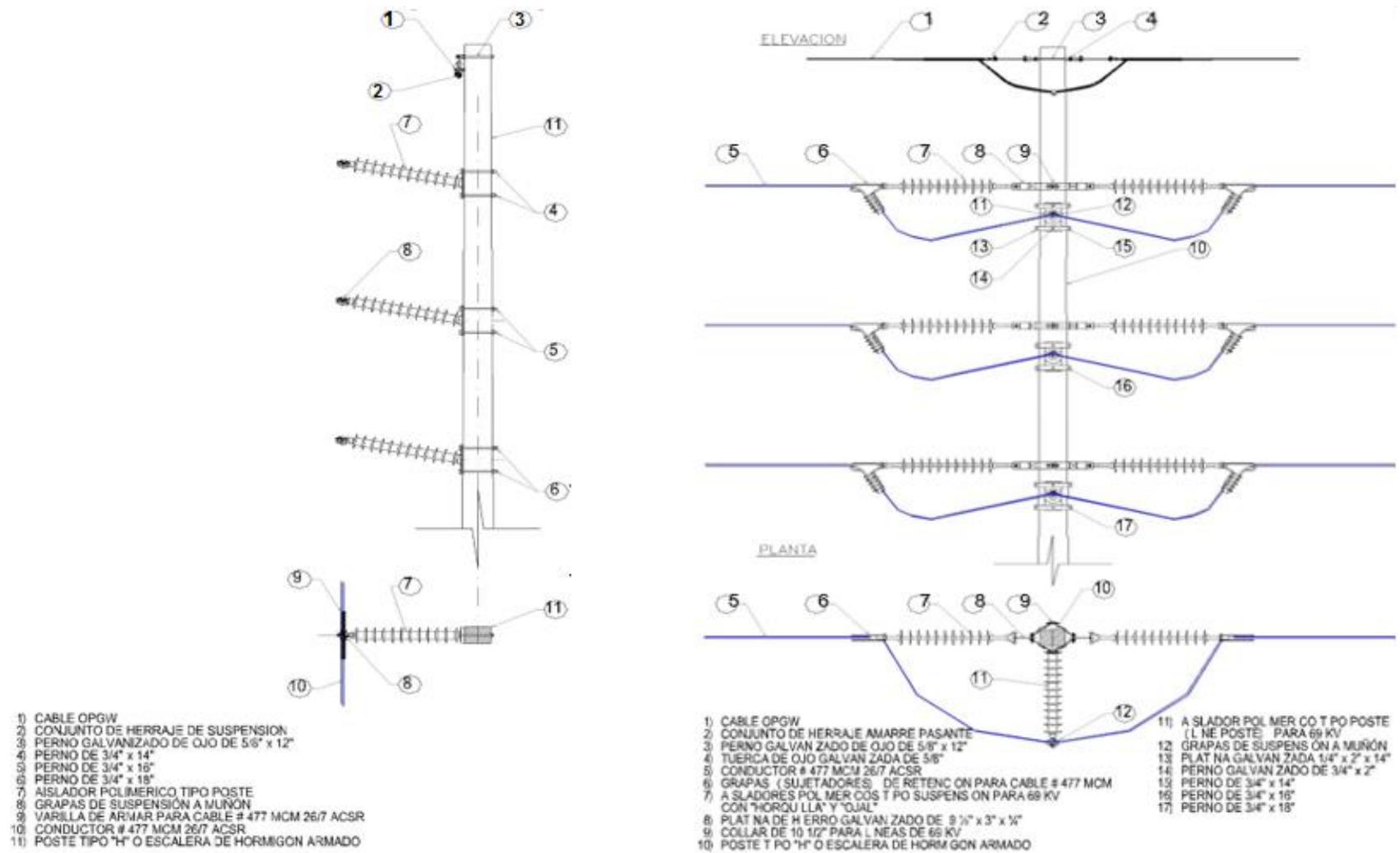


Figura 2. 2 Estructura Tipo: Suspensión SU-1-G y Estructura Tipo: Retención RU.
 Fuente: (CNEL-EP, 2016)

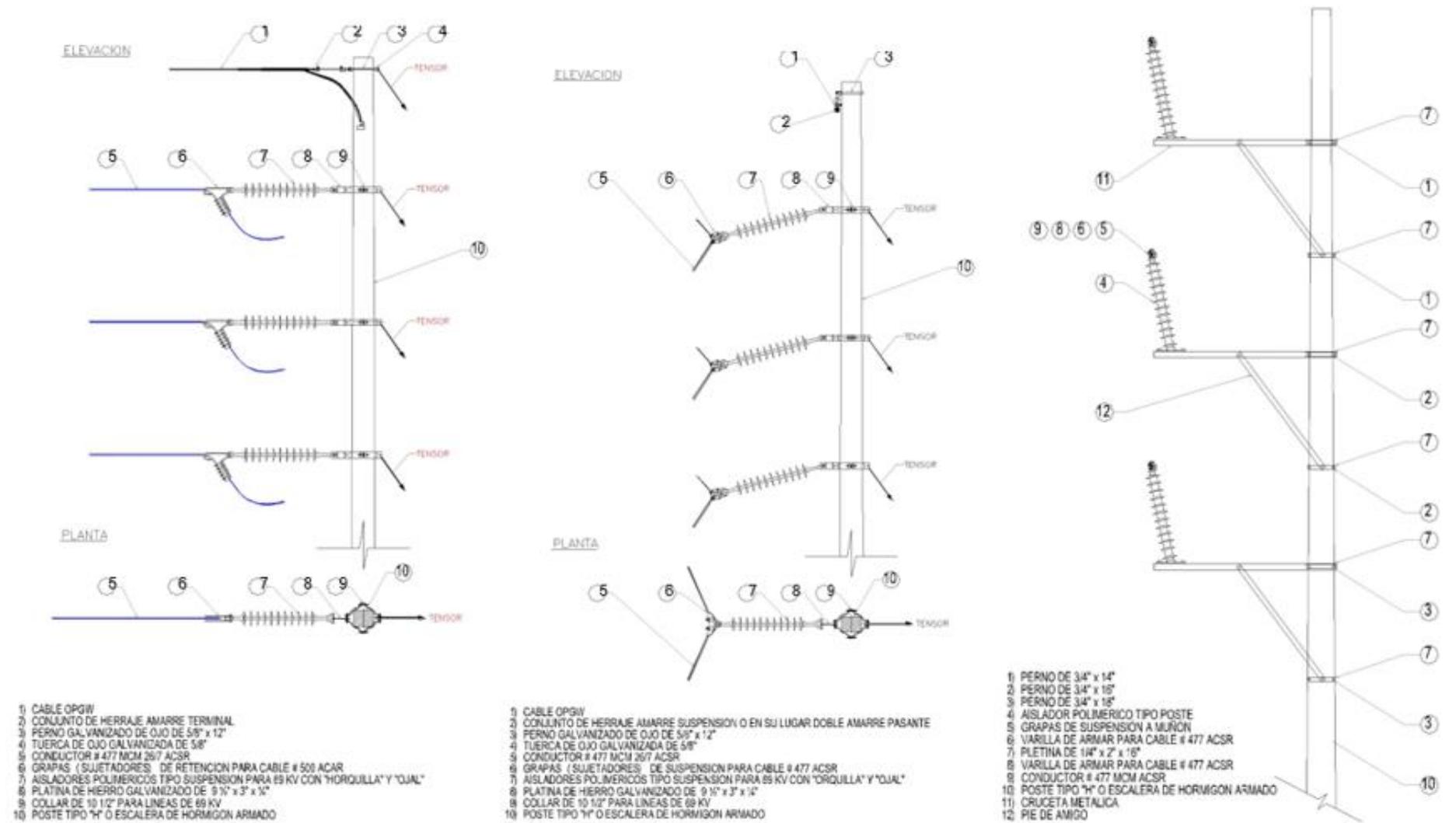


Figura 2. 3. Estructura Tipo: Retención TU-1-G, Estructura Tipo: Suspensión BA-1-G y Estructura Tipo: Suspensión SESU.

Fuente: (CNEL-EP, 2016)

Las figuras 2.2 y 2.3 especifican las estructuras de la postería para diseño de tendido de subtransmisión eléctrica, entre los principales tipos de estructura constan:

- Estructura en postes de hormigón de Suspensión (SU-1-G)
- Estructura en postes de hormigón de Retención Angular (AU-1-90 -G)
- Estructura en postes de hormigón de Retención (RU-1-G)
- Estructura en postes de hormigón de Retención Terminal (TU-1-G)
- Estructura en postes de hormigón de Suspensión en bandera (BA-1-G)
- Estructura en poste de hormigón de Suspensión en cruceta (SESU-1-G)

En la figura 2.4 se muestra diferentes tipos de poste para la acometida en media y baja tensión.

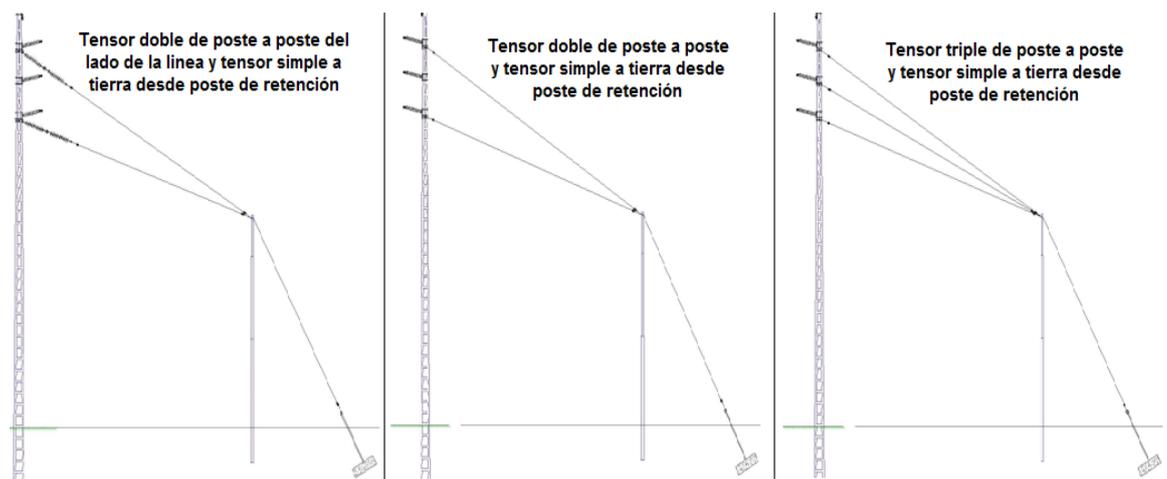


Figura 2. 4 Tipos de postes para la acometida en media y baja tensión
Fuente (CNEL-EP, 2016)

Se aprecian en las figuras 2.5 y 2.6 variantes del poste de hormigón tipo H, un aspecto del poste de hormigón es la Fisuración, los postes o estructuras deben cumplir con los siguientes valores mínimos:

- Carga de fisuración: 20 % de la carga nominal de rotura
- Carga límite de abertura de fisuras: 30% de la carga nominal.

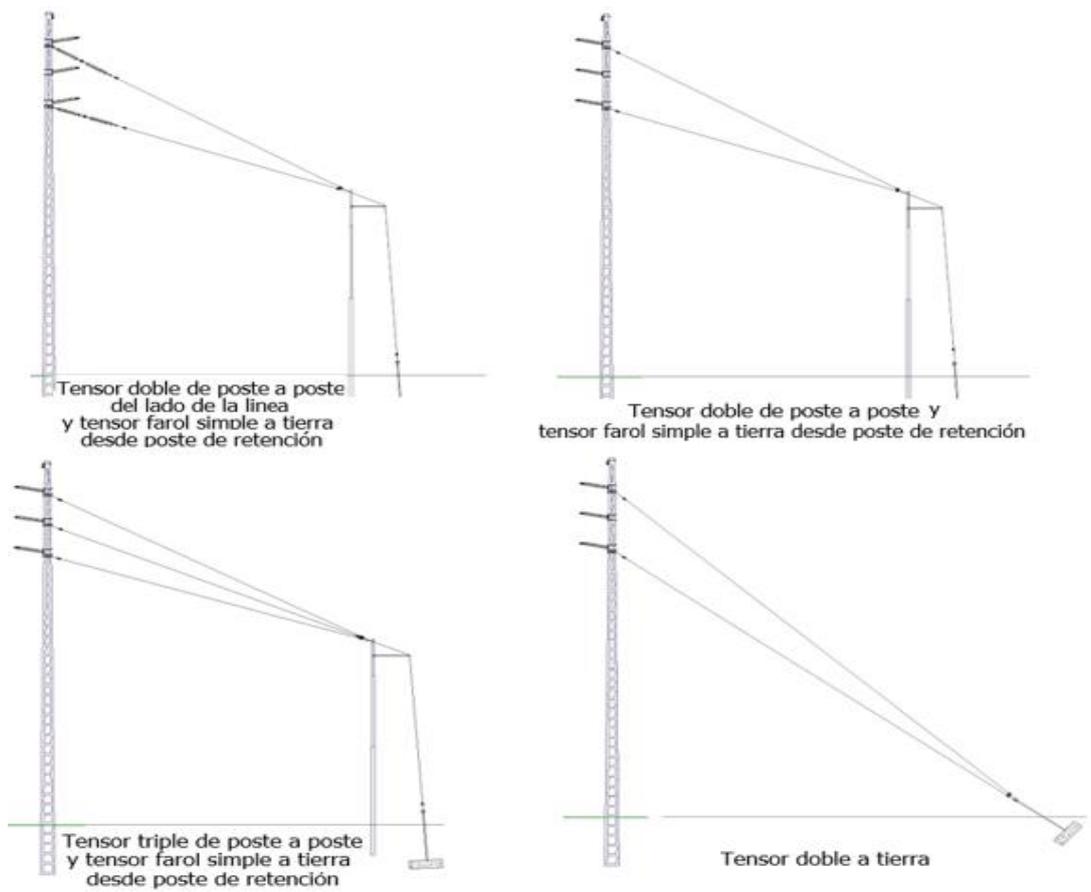


Figura 2. 5 Variantes del poste de hormigón tipo H
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

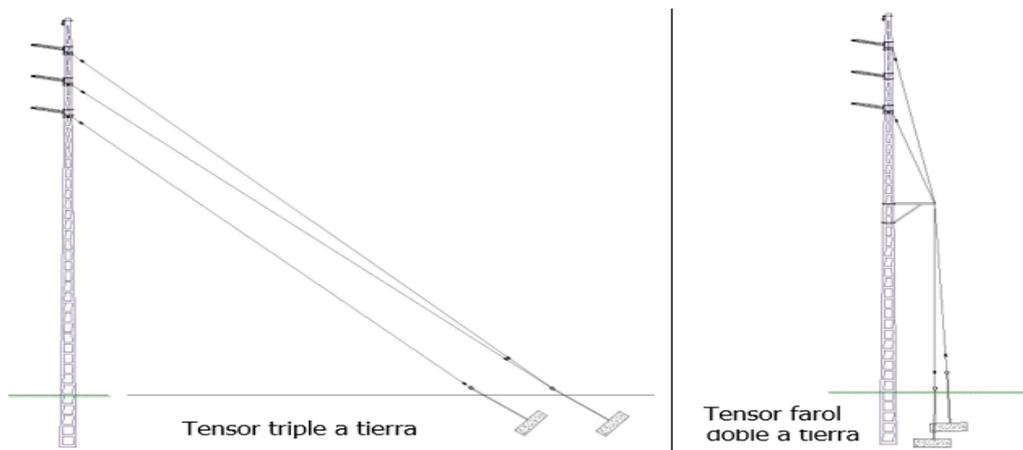


Figura 2. 6 Desde izquierda; Tensor triple a tierra y Tensor farol doble a tierra
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

En cuanto al aspecto Carga de Rotura del poste de hormigón, estos deben soportar cargas de rotura que deben ser múltiplos de 50 kgf. En la tabla 2.1, se detallan la carga nominal, según longitud.

Tabla 2. 1 Carga nominal de rotura del poste (Kg fuerza), según la longitud en metros

Longitud del poste L (m)			Carga nominal de rotura mínima Pnr min. (kgf)	
			Armado	Preesforzado
	L	≤ 8	200	200
8,5	< L	< 10	300	300
10,5	< L	< 12	400	400
12,5	< L	< 14	600	900
14,5	< L	< 16	1000	1200
16,5	< L	< 18	1200	1500
18,5	< L	< 20	1400	1800
20,5	< L	< 22	1600	2200
22,5	< L	< 24	1800	2500
24,5	≤ L		2000	2800

Fuente: NTE-INEN, 1995

2.2 Erección de Postes

La excavación para la erección del poste tendrá una profundidad de 1/10 de la longitud del poste, más cincuenta centímetros ($L/10+0.5$). La sección de la excavación será de 1.20*1.20 metros, luego se limpiará la vegetación que está cerca para que el material que sea desalojado pueda ser utilizado en el relleno de lo cavado. El procedimiento de erección de los postes deberá realizarlo mínimo 2 grúas de altura y capacidad suficiente para realizar los movimientos previo al relleno de la excavación.

- Fisuras

Antes de la erección de los postes en el sitio, obligatoriamente se verificará la existencia de fisuras en la superficie del poste, para determinar si el mismo no ha sufrido daños en el manipuleo.

- Fundición de las losetas inferiores

Después de realizada la excavación y terminado el hueco se asentará la loseta inferior de medidas y estructura normalizadas de 0.8 * 0.8 * 0.15 mts.

2.3 Especificaciones Técnicas de Abrazaderas (Grapas)

Abrazadera (grapa) terminal 477 mcm.: es una grapa (sujetadores) de retención en ángulo a caballetes para servicio pesado aluminio. Se utilizarán abrazaderas terminales 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:

- Diseñadas para líneas de subtransmisión de servicio pesado con conductores de Aluminio, Aleación de Aluminio o ACSR.
- Material: Cuerpo y Sujetador—aleación de aluminio 356-T6.
- Herrajes de acero galvanizado.
- Órbita (Rotula) y Horquilla—fundición maleable, galvanizadas.
- Chaveta de acero inoxidable #30. Ver figura 2.7 sobre la abrazadera terminal 477 MCM.

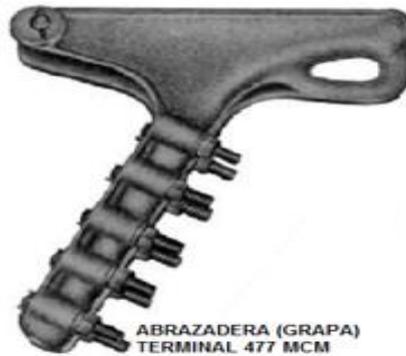


Figura 2. 7 Abrazadera terminal 477 MCM
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

Abrazadera (grapa) de suspensión para aislador tipo poste: es una grapa de suspensión a muñón aluminio. Diseñadas para líneas de transmisión de servicio normal con conductores de Aluminio, Aleación de Aluminio o ACSR. Se aplican en suspensiones de alineación en combinación con aisladores de tipo rígido en disposición vertical u horizontal.

El sujetador es reversible aceptando así un amplio rango de conductores.

- Material: Cuerpo y Sujetador—aleación de aluminio 356-T6.
- Herrajes: acero, galvanizados.
- Muelle Anti Estática: acero inoxidable 302.

Véase la figura 2.8 sobre la abrazadera (grapa) de suspensión para aislador tipo poste.



ABRAZADERA (GRAPA) DE SUSPENSIÓN
PARA AISLADOR TIPO POSTE

Figura 2. 8. Abrazadera (grapa) de suspensión para aislador tipo poste.
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

Abrazadera (grapa) de suspensión para desvíos: es una grapa de suspensión para desvíos. Diseñada para utilizar en la construcción de desvíos con conductores de Aluminio, ACSR o Aleación de Aluminio. Posee una Horquilla de Acople en “Y” que le permite ser utilizada en desvíos compuestos por ángulos horizontales y verticales en líneas urbanas y residenciales.

- Material: Cuerpo y Apretador
- Aleación de Aluminio 356-T6
- Herrajes: Acero galvanizado
- Chaveta: Acero Inoxidable #302.

En la figura 2.9 muestra una abrazadera (grapa) de suspensión para desvíos.



Figura 2. 9. Abrazadera (grapa) de suspensión para desvíos
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

Abrazadera (grapa) de suspensión: es una grapa de suspensión aluminio como opción para desvíos. Diseñadas para líneas de transmisión de servicio normal con conductores de Aluminio, Aleación de Aluminio o ACSR.

- Material: Cuerpo y Sujetador—aleación de aluminio 356-T6.
- Herrajes: acero, galvanizados.
- Órbita y Horquilla: fundición maleable, galvanizadas.
- Chaveta: acero inoxidable #302.

En la figura 2.10 se observa una abrazadera (grapa) de suspensión.



Figura 2. 10. Abrazadera (grapa) de suspensión
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

2.4 Terminales

Son terminales a tornillos un cable a superficie plana bronce. Se utilizarán para fijar el conductor al switch o seccionador. Estos terminales de aleación de bronce poseen tornillos de ajuste de 3 /8" con cabeza hexagonal y, se utilizan para conectar un cable de cobre a una superficie plana de cobre. La ‘lengua’ de contacto es lateral permitiendo que el cable quede por sobre el nivel de la conexión. Poseen un

encastre hexagonal para la cabeza de los tornillos lo cual permite utilizar sólo una bocallave. Véase la figura 2.11.



Figura 2. 11 Terminales para acometida
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

Los agujeros de la placa están espaciados según NEMA.

- Material: Cuerpo y Apretador—aleación de bronce.
- Herrajes—acero inoxidable o bronce silíceo.

Pernos de conexión

Los pernos de conexión, sus cabezas serán hexagonales y centradas, con superficie perpendicular al eje del perno, el hilo será redondo y libre de puntas en toda la longitud del perno.

Tuercas

Obligatoriamente deben ser hexagonales y de las dimensiones adecuadas para desarrollar un ajuste perfecto a los pernos, La superficie de contacto será perpendicular al eje de la tuerca.

2.5 Empalmes de compresión para líneas aéreas

Para tensión plena para conductores ACSR

Estos conjuntos de empalme para ACSR están constituidos por un cuerpo de Aluminio y dos bujes para sujeción del alma del conductor. Los empalmes se

entregan rellenos con compuesto inhibidor y tapones en el extremo de cada cañón con su borde protegido por film plástico.

Los bujes para el núcleo se entregan en una bolsa plástica con su identificación.

Material: Cuerpo—aleación de aluminio.

Bujes de Sujeción—aleación de aluminio

- Fabricadas con aluminio de alta conductividad.
- Centro sólido asegura inserción correcta del cable.
- Conector relleno con compuesto inhibidor.
- Marcado con número de catálogos, tamaños de conductor y dados de referencia.

Para tensión mínima o parcial

Estos empalmes para puentes de interconexión vienen rellenos con compuesto inhibidor y tapones en el extremo de cada cañón con su borde protegido por un ‘film’ de plástico.

Material: Cuerpo—aleación de aluminio.

- Fabricadas con aluminio de alta conductividad.
- Centro sólido asegura inserción correcta del cable.
- Conector relleno con compuesto inhibidor.

Véase en la figura 2.12 los empalmes de compresión para líneas aéreas.

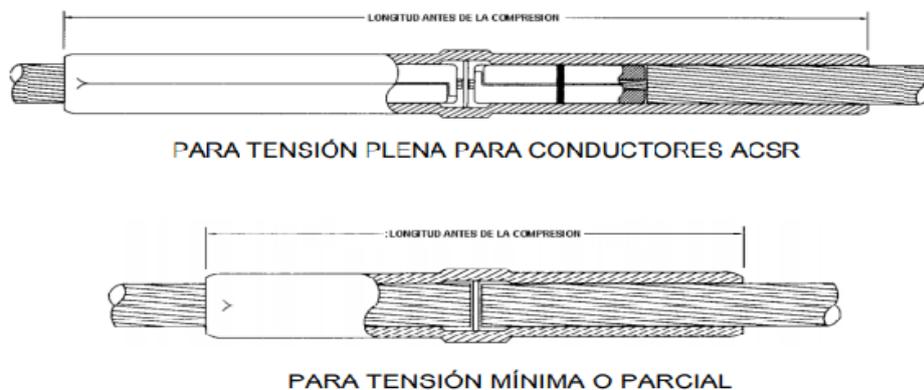


Figura 2. 12 Empalmes de compresión para líneas aéreas
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

2.6 Aisladores

Son los elementos encargados de sostener los conductores en las estructuras bajo condiciones de viento y contaminación ambiental y estos son fabricados de piezas de material aislante, como vidrio, porcelana y en polimérico ya que tiene que brindar gran resistencia a las condiciones ambientales. Además, se utiliza como soporte de un conductor eléctrico y permiten mantener las distancias de seguridad entre los conductores y la estructura de la línea de transmisión.

Los aisladores en las líneas de transmisión sirven fundamentalmente para sujetar a los conductores de manera que estos no se muevan en sentido longitudinal o transversal y como su nombre lo indica deben evitar la derivación de la corriente de la línea hacia tierra, ya que un aislamiento defectuoso acarrea pérdidas de energía y también cumplen la función de sujetar mecánicamente los conductores a las estructuras que los soportan asegurando el aislamiento eléctrico entre estos dos elementos. (González, 2007, pág. 7).

2.6.1 Aisladores poliméricos tipo suspensión para línea a 69 KV

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas de fabricación, pruebas y entrega de aisladores poliméricos tipo suspensión para utilizarse en líneas de transmisión. Es un tipo de aislador empleado tanto en líneas eléctricas de transmisión y distribución, como en subestaciones, y se caracterizan por estar constituidos por un núcleo central de material sólido, usualmente fibra de vidrio, y una cubierta exterior aislante de material polimérico y la flexibilidad es lo que lo caracteriza y diferencia a los de porcelana, vidrio o cerámica. En la figura 2.13 se puede ver los aisladores fabricados de porcelana y de vidrio.



Figura 2. 13. Aisladores de porcelana y vidrio
Fuente: (GRANTEL LTDA., 2015)

La principal ventaja de los aisladores mencionados es su resistencia mecánica frente a golpes derivados de su flexibilidad y mejor comportamiento ante la contaminación que se tendrá en el trayecto de la línea a la planta Fertisa, ya que estará cerca al estero salado de Guayaquil.

Normas Aplicables

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

- ANSI C29.11 American National Standard for composite Suspension insulators for overhead transmission lines tests
- IEC 1109 Composite insulators for a. c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 v – definitions, test methods and acceptance criteria.
- IEC 815 Guide for selection of insulators in respect of Polluted conditions
- ASTM A153 Specification for zinc coating (hot dip) on iron and steel hardware.

Características Técnicas del Núcleo

El núcleo será de fibra de vidrio reforzada con resina epóxica de alta dureza, resistente a los ácidos y, por tanto, a la rotura frágil; tendrá forma cilíndrica estará destinado a soportar la carga mecánica aplicada al aislador. El núcleo deberá estar libre de burbujas de aire, sustancias extrañas o defectos de fabricación.

Recubrimiento del núcleo

El núcleo de fibra de vidrio tendrá un revestimiento hidrófugo de goma de silicón de una sola pieza aplicado por extrusión o moldeo por inyección. Este recubrimiento no tendrá juntas ni costuras, será uniforme, libre de imperfecciones y estará firmemente unido al núcleo; tendrá un espesor mínimo de 3 mm en todos sus puntos. La resistencia de la interface entre el recubrimiento de goma de silicón

y el cilindro de fibra de vidrio será mayor que la resistencia al desgarramiento (tearing strength) de la Goma de silicón.

Aletas aislantes

Las aletas aislantes serán también hidrófugas de goma de silicón y estarán firmemente unidas a la cubierta del cilindro de fibra de vidrio por moldeo como parte 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 de color gris.

Herrajes extremos

Los herrajes extremos para los aisladores de suspensión estarán destinados a transmitir la carga mecánica al núcleo de fibra de vidrio. La conexión entre los herrajes y el núcleo de fibra de vidrio se efectuará por medio de compresión radial, de tal manera que asegure una distribución uniforme de la carga alrededor de este último.

Los herrajes para los aisladores tipo suspensión deberán ser de acero forjado o hierro maleable. El galvanizado corresponderá a la clase “C” según la norma ASTM A153. Por el nivel de voltaje el aislador a adquirir tendrá características iguales o similares a las siguientes:

Componente: El aislador está fabricado sobre un núcleo de varilla de fibra de vidrio recubierta de goma de silicón. Véase la figura 2.14.

- Voltaje de línea: 69kV
- Tensión de diseño: 72.5 kV
- Valor mínimo de voltaje de descarga a 60 Hertz (seco): 369 kV.
- Valor mínimo de voltaje de descarga a 60 Hertz (húmedo): 333 kV.
- Valor mínimo de voltaje de descarga a tensión de impulso positiva (CIFO): 638 kV.
- Valor mínimo de voltaje de descarga a tensión de impulso negativa (CIFO):

680 kV.

- Tipo de soporte para sujetar al poste (Tower End Fitting): Y-Clevis de acero.
- Tipo de soporte para sujetar la grapa Terminal (Line End Fitting): Ojo.
- Peso estimado: 9.9 libras ó 4.5 kilos.
- Mínima distancia de arco en seco (Dry Arcdistance): 37.3 pulgadas ó 947mm.
- Mínima distancia de fuga (Leakage distance): 86.1 pulgada ó 2,185 mm.
- Carga mecánica especificada, SML (Specified Mech. Load): 25,000 Lbs ó 111.2 kN
- Carga de prueba de rutina, RTL (Routine Test Load): 12,500 Lbs ó 55.6 kN

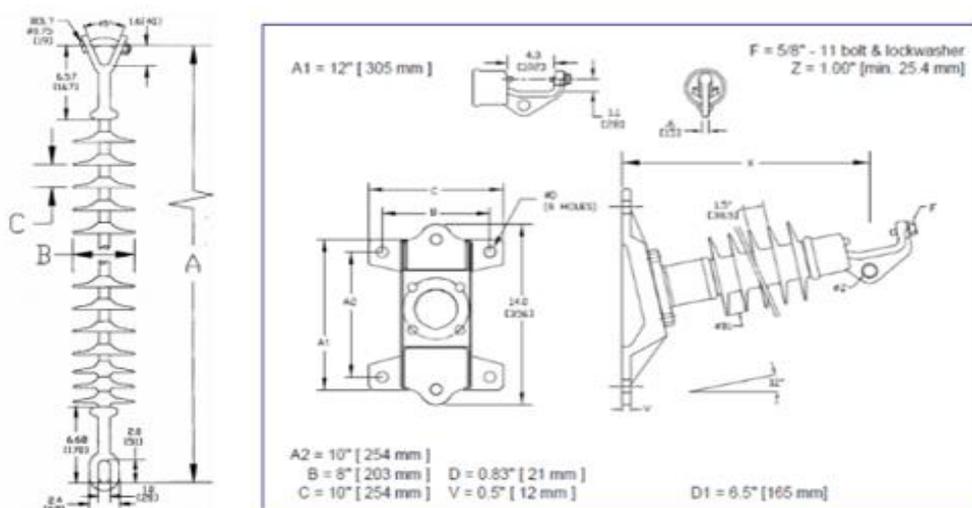


Figura 2. 14 Aislador y características técnicas
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

Un tipo de Herraje para aisladores encargado de fijar o sujetar las cadenas de los aisladores hacia las estructuras del proyecto, es el grillete éste consta de dos partes: el cuerpo, formado por una barrera de acero cilíndrica doblada en forma de “U” con dos agujeros en sus extremos, en donde se introduce un pasador que lo sujeta a la torre. El pasador puede trancarse con distintos grados de seguridad: con pasador de seguridad, con tornillo y tuerca y con pasador de seguridad, tornillo y tuerca al mismo tiempo.

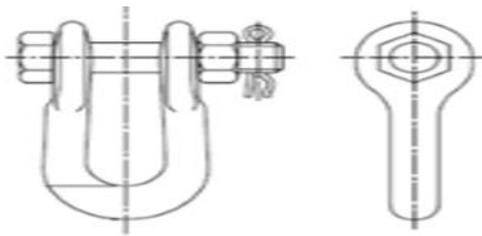


Figura 2. 15 Grillete
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

La tabla 2.2 muestra datos del aislador polímero tipo suspensión.

Tabla 2. 2 Datos Técnicos del aislador polímero para 72 KV

DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS			
AISLADOR POLIMÉRICO TIPO SUSPENSIÓN 72.5 KV			
CARACTERÍSTICA	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO
FABRICANTE			
MODELO O NÚMERO DE CATÁLOGO			
PAIS DE FABRICACIÓN			
NORMAS APLICABLES IEC-1109		IEC-1109 ANSI - 29.11	
TENSIÓN DE DISEÑO	kV	kV 72.5	
MATERIAL DEL NÚCLEO		FIBRA DE VIDRIO	
MATERIAL DEL RECUBRIMIENTO DEL NÚCLEO		GOMA DE SILICON HIDROFUGO	
MATERIAL DE LAS CAMPANAS		GOMA DE SILICON HIDROFUGO	
HERRAJES			
MATERIAL DE LOS HERRAJES		ACERO FORJADO O HIERRO MALEABLE	
NORMA DE GALVANIZACIÓN		ASTM 153	
HERRAJE EXTREMO DE ESTRUCTURA		HORQUILLA EN "Y"	
HERRAJE DEL EXTREMO DE LÍNEA		OJO	
ACOPLAMIENTO		IEC 16	
DIMENSIONES Y MASA			
LONGITUD DE LÍNEA DE FUGA	mm	1600	
DISTANCIA DE ARCO EN SECO	mm		
LONGITUD TOTAL	mm		
DIÁMETRO MÍNIMO DEL NÚCLEO	mm		
NÚMERO DE CAMPANAS	mm		
DIÁMETRO DE CADA CAMPANA	mm		
ESPACIAMIENTO ENTRE CAMPANAS	mm		
MASA TOTAL			
VALORES DE RESISTENCIA MECÁNICA			
CARGA MECÁNICA GARANTIZADA	kN	70	
CARGA MECÁNICA DE RUTINA (RTL)	kN	35	
TENSIONES ELÉCTRICAS DE PRUEBA			
TENSIÓN CRÍTICA DE FLAMEO AL IMPULSO			
- POSITIVA kV 450	kV	450	
- NEGATIVA kV 450	kV	450	
TENSIÓN DE FLAMEO A BAJA FRECUENCIA			
- EN SECO kV 170	kV	170	
- BAJO LLUVIA kV 140	kV	140	

Fuente: (CNEL-EP, 2016)

En el dimensionamiento del calibre del conductor, se ha considerado que por tratarse de una línea de subtransmisión principal con posibilidades de interconexión esta debe tener la suficiente capacidad para este propósito.

2.7 Especificaciones Técnicas de Cables

2.7.1 Conductor HAWK 477 MCM 26/7 ACSR para Línea a 69 KV

El conductor de aluminio desnudo reforzado con acero tipo ACSR (*Aluminum Conductor Steel Reinforced*) será utilizado para la construcción de la línea de subtransmisión a nivel de 69 kV. Este conductor deberá ofrecer una resistencia a la tracción o esfuerzo de tensión mecánico óptimo para el diseño de esta línea.

El alma de acero de este conductor está disponible en diversas formaciones, de acuerdo al esfuerzo de tensión deseado, sin sacrificar la capacidad de corriente del conductor.

Especificaciones

Los conductores de aluminio desnudo a utilizarse deberán cumplir con las especificaciones y normas, descritas a continuación:

ASTM B-230: Alambres de aluminio, aleación 1350-H19 para propósitos eléctricos.

ASTM B-231: Conductores trenzados de aluminio tipo 1350-H19 en capas concéntricas.

ASTM B-232: Conductores trenzados de aluminio reforzados con acero (ACSR).

ASTM B-498: Alambres de acero zincado (galvanizado) para conductores de aluminio reforzados con acero (ACSR).

ASTM B-500: Cable de acero zincado (galvanizado) para conductores de aluminio reforzado con acero (ACSR).

Construcción

Los conductores de aluminio desnudo ACSR, son cableados concéntricamente con alambre de aleación 1350-H19, sobre un alma de acero que puede ser un alambre o un cable de acero con galvanizado clase A, B o C (de acuerdo al tipo o código del cable escogido).

Su forma de embalaje son carretes en longitudes de acuerdo a las necesidades establecidas en el proyecto (CNEL-EP, 2016). Véase la figura 2.16.



Figura 2. 16. Conductor para acometida de aluminio reforzado7acero galvanizado
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

A continuación, en la tabla 2.3 se detalla las características del conductor, construcción, resistencia, capacidad y otros aspectos técnicos.

Tabla 2. 3. Datos del conductor para acometida 69 KV

CÓDIGO		Merlin	Hawk	
Calibre (AWG o kcmil)		336.40	477.00	
Sección transversal (mm ²)		170.45	241.70	
Construcción	No. de hilos	Aluminio	18	26
		Acero	1	7
	Diámetro de hilos (mm)	Aluminio	3.472	3.440
		Acero	3.472	2.680
Diámetro del conductor (mm)		17.36	21.80	
Peso Total (kg/km)		542.09	973.45	
Carga de Ruptura (kg)		4.060	8.820	
Resistencia a C.C. a 20°C ohm/km		0.1686	0.1175	
Capacidad de Corriente (Amp)		519	659	

Fuente: (CNEL-EP, 2016)

2.8 Especificaciones Técnicas de Puesta a Tierra

Para el cálculo de la resistencia de pie de estructura se ha considerado que el nivel isoceraúnico medio de la zona es de 15 días de tormenta al año y de acuerdo a las recomendaciones de las normas del exINECEL, se admite la posibilidad de 2 fallas de aislamiento por descargas atmosféricas por cien kilómetros de línea y por año. Sin embargo es primordial realizar adecuado estudio del suelo para proyectos como acometidas y subestaciones eléctricas

2.8.1 Consideraciones del estudio de suelo

El estudio de suelo permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir la humedad, la profundidad, el tipo de cimentación más adecuado para la obra a construir y los asentamientos de la estructura en la relación al peso que va a soportar.

Un estudio de suelo, también conocido como Estudio Geotécnico, es un conjunto de actividades que nos permiten obtener la información de un determinado terreno. Este estudio se refiere a la medición de resistividad de terreno en el sitio donde el sistema de la red de tierra deba ser localizado, con el propósito de determinar la resistividad en sus condiciones naturales y calcular la resistividad definitiva del terreno; siendo esto la base para el diseño de la red de tierra de la subestación eléctrica de distribución.

La tabla 2.4, desarrollada por Rudenberg, indica los valores representativos de resistividad para diferentes tipos de terreno, lo cual se muestra a continuación:

Tabla 2. 4 Resistividad del suelo, según tipo de terreno

Resistividad del terreno	
Tipo de tierra	Resistividad del terreno Ω - m
Terreno orgánico mojado	10
Terreno húmedo	10^2
Terreno seco	10^3
Cama de piedra	10^4

Fuente: (Sanz, Duque, & Gómez, 2010)

Estudios geotécnicos

Tienen como objetivo conocer las características físicas y mecánicas del subsuelo en donde se pretenda proyectar y construir la subestación eléctrica de distribución.

Los estudios geotécnicos son indispensables y de primordial importancia para la elaboración del proyecto de obra civil de la subestación eléctrica de distribución, con el objeto de conocer la resistencia mecánica que ofrecerá el subsuelo a los cimientos de las estructuras desplantadas, garantizando su estabilidad, obteniendo así, un proyecto adecuado y una construcción confiable.

Para la obtención de dichos estudios, es necesario realizar trabajos de campo y de laboratorio que permitan conocer y evaluar las características que presenten los diferentes estratos que componen el subsuelo.

Adicional a los datos que contiene el informe geotécnico derivado del estudio en cuestión, el laboratorio encargado de los trabajos debe incluir la información necesaria para proyectar las terracerías y pavimentos, debiendo proporcionar como mínimo, los siguientes:

- Clasificar el tipo de material que va a ser utilizado en rellenos o terraplenes, debiendo agregar las especificaciones técnicas que resulten necesarias para lograr la compactación del material recomendada.
- Ubicación del banco de préstamo para rellenos o terraplenes no compensados (recomendable).
- Espesor de la capa y grado de compactación recomendable.
- Valor relativo de soporte (VRS) para el diseño de pavimentos.

Con base en los resultados obtenidos en el informe geotécnico de los sondeos exploratorios, se procede a determinar el tipo de cimentación que resulte más adecuada para las estructuras mayores, menores y diferentes edificaciones, de acuerdo con la especificación CFE JA100-65 Cimentaciones para estructuras de subestaciones eléctricas.

Entre los datos más relevantes que se obtienen a través del estudio geotécnico, son:

- Profundidad de desplante (D_f), en metros.
- Ancho y tipo de zapata (B), en metros.
- Capacidad de carga del terreno (q_u), en ton/m²
- Estratigrafía del terreno para definición de cimentaciones tipo.

Estudio topográfico

Tienen por objeto conocer los desniveles que presenta el terreno, verificar su geometría y localización., de esta manera se debe asegurar la siguiente información planimétrica del terreno:

- Ubicación de coordenadas geodésicas.
- Superficie del predio.
- Cuadro de construcción (rumbos, distancias, ángulos, proyecciones y superficies).
- Indicación del norte.
- Localización general.
- Colindancias.

Por lo que la información faltante, debe obtenerse a través del levantamiento topográfico en mención:

- Un banco de nivel inamovible o catastro entre otros según sea el caso.
- Escurrimiento pluvial natural.
- Tipo de suelo.
- Colindancias del terreno a levantar.

Los estudios del suelo sirven para se determine el adecuado sistema de puesta a tierra. 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, 2008) & (Arévalo, 2017, pág. 14)

2.8.2 Conductores de conexión a tierra

Los conductores de conexión a tierra serán de cobre No. 4 AWG y las varillas de puesta a tierra serán de $\frac{3}{4}$ " x 10'. El cable de tierra será de acero galvanizado, diámetro $\frac{1}{4}$ ", 7 hilos, recubrimiento galvanizado Clase B, grado High Strength, 0.300 Kg/m y 3,630 Kg. de carga de rotura.

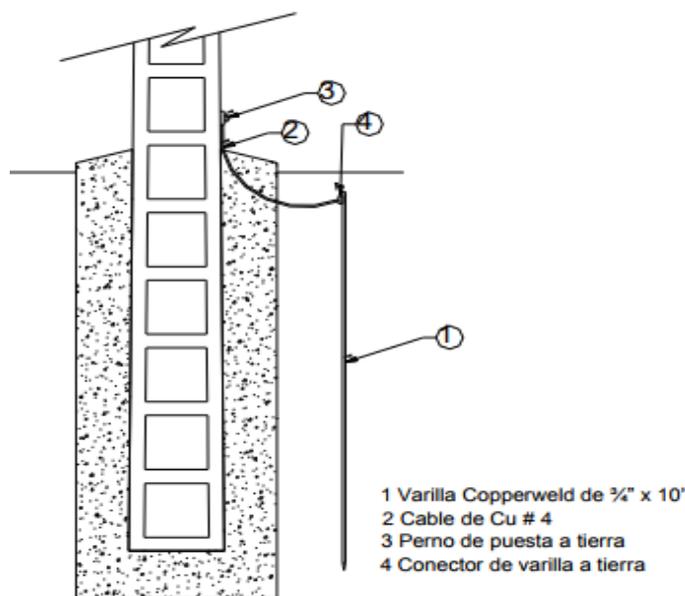


Figura 2. 17 Poste con puesta a tierra
Fuente: (CNEL-EP, 2016)

Para el caso de una acometida, el sistema de puesta a tierra no necesita la presencia de una malla, pero sí de un aterrizamiento que se genera a través de una varilla colocada de manera subterránea, paralela al poste, como muestra en la figura 2.18, 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

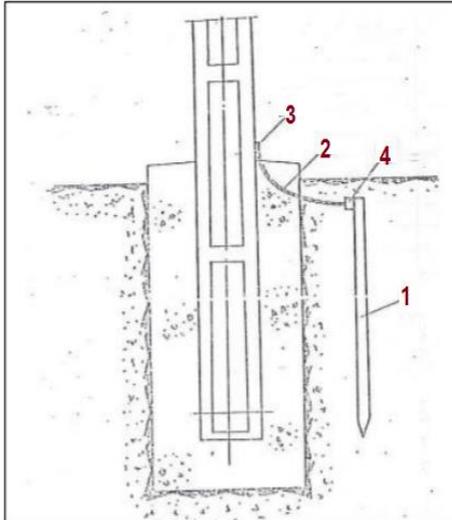


Figura 2. 18 Sistema de puesta a tierra
Fuente: (Atencio & Palacio, 2008)

2.8.2.1 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. (Martínez Velasco, 2008) & (Arévalo, 2017, pág. 38)

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 (Martínez Velasco, 2008) & (Arévalo, 2017, pág. 38)

1. Instalar hilo de guarda
2. Instalar puntas franklin
3. 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:

1. 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.
2. Distribuye la corriente de descarga en dos o varios caminos minimizando de tal manera la caída de tensión.
3. Sirve como vía para las comunicaciones y transportación de datos. (Arévalo, 2017, pág. 38)

Apantallamiento en líneas aéreas

Tanto las líneas de transporte como la de distribución eléctrica tienen muchas probabilidades de caída de rayos; es decir, de descargas atmosféricas, los cuales son las causas más comunes del fallo del aislamiento. Por tanto, 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 sobre corriente se descarga a tierra lo que implica una falla a tierra. (Arévalo, 2017, pág. 39).

2.9 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 aspecto se analizarán varios componentes, tales como: distancia mínima de fuga, BIL (Basic Impulse Level nivel de aislamiento eléctrico que permite soportar sobretensiones impulsivas similares a las descargas atmosféricas), 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 se quiere diseñar, entre otros, los cuales se verá a continuación. (Martínez Velasco, 2008) & (Arévalo, 2017)

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.

2.9.1 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. (Arévalo, 2017, pág. 41)

La coordinación debe tener en consideración 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) & (Arévalo, 2017, pág. 41).

2.9.2 Distancia mínima de fuga en aislamiento a 69kV

La tabla 2.5 muestra distancias mínimas de fuga en aislamiento a 69kV dividida por zonas, tipos de ambiente y su valor nominal.

Tabla 2. 5 Voltajes soportados estándares para $1 \text{ KV} \leq U_n \leq 242 \text{ KV}$

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</p> <p>Áreas Montañasas</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)</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)</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 escasez de lluvia en extensos períodos, expuestos a vientos fuertes que llevan arena y sal, y sometido a condensación regular.</p>	31

Fuente: Norma IEC 60071-2 & (Arévalo, 2017, págs. 42-43)

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.

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

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.

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)

La tabla 2.6 muestra a parte 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 significa que cualquiera de ellos se considera válido de acuerdo con 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, 2015) 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. (Martínez Velasco, 2008) & (Arévalo, 2017, pág. 44)

Tabla 2. 6 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
		95
15	34	110
		150
26.2	50	200
36.2	70	250
48.3	95	350
72.5	95 140	250 350
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 & (Arévalo, 2017, pág. 44)

2.10 Zona de Servidumbre

La zona de servidumbre o zona de seguridad eléctrica de una línea de transmisión es una franja de terreno que se deja a lo largo de la línea para garantizar que bajo ninguna circunstancia se presenten accidentes con personas o animales, haciéndose necesaria y obligatoria su delimitación.

El derecho de servidumbre no es una compra ni expropiación, es solo una limitación en el uso de la zona por donde pasa la línea, pero el propietario sigue ejerciendo su derecho de dueño del terreno.

Según el Registro Oficial Nro. 41 Libro VI, Anexo 10 (Norma Técnica Ambiental) recogido en el documento de CELEC-EP (2015) la distancia mínima es de 12,5 metros por cada lado de la estructura que sostiene la línea de transmisión (69 kV).

Toda zona de servidumbre es muy importante en todo tipo de diseño de acometida eléctrica sea esta de 13.8 kv, 69 kv y 230 kv y también Coca Codo Sinclair de 500 kv.

Por tal motivo se respetará estos parámetros al momento de diseñar la acometida de 69 kv para la subestación de la planta FERTISA S.A, ubicada al sur de la ciudad de Guayaquil

La figura 2.19 muestra la distancia entre franja de servidumbre, según tensiones.

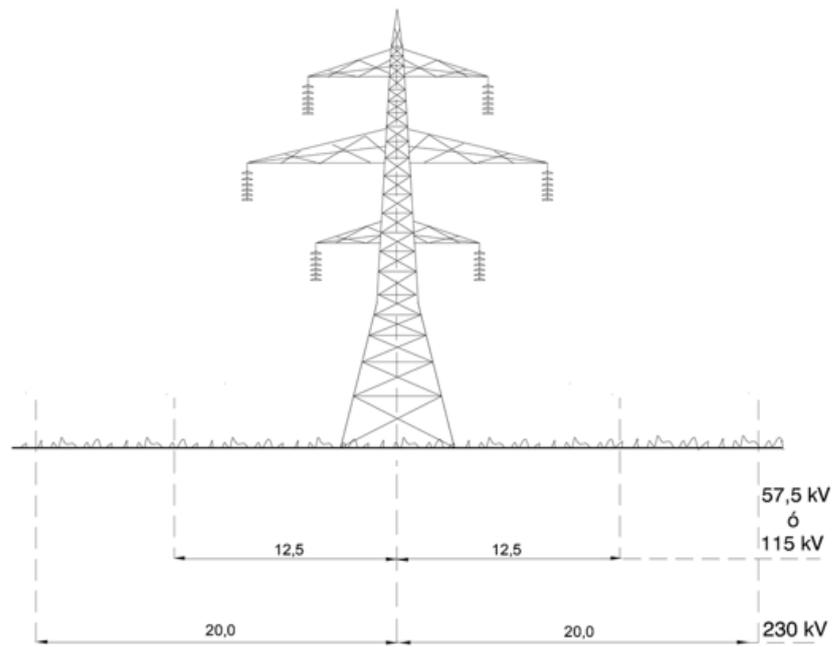


Figura 2. 19 . Distancia en franja de servidumbre
Fuente: (CELEC, 2015)

Sin embargo, una normativa internacional acerca de la Radiación No Ionizante, indica que la franja de servidumbre debería ser 16 metros a cada lado de la torre.

PARTE II: APORTACIONES

CAPÍTULO III UBICACIÓN DEL PROYECTO

3.1 Puerto Multipropósito FERTISA

Las imágenes de la figura 3.1 muestran la playa del puerto multipropósito Fertisa y se observa la grúa que se utiliza en operaciones de embarque y desembarque de contenedores.



Figura 3. 1 Puerto multipropósito de FERTISA
Fuente: El autor

Las características del puerto multipropósito de FERTISA, son las siguientes:

- *Profundidad del Canal de Acceso:*

Dragado al 10.5 m garantizado a 10.0 MLWS (Mean Low Water Spring, es un plano del nivel medio de las Bajamares de Sicigia) Batimetría dada por el INOCAR).

- *Largo del Muelle:*

Posee 300 m. con 2 dolphins de amarre (Pilote u otra estructura contra la que queda acomodado un buque) a 50 m. en cada extremo del muelle.

- *Zona de Viraje:*

Diámetro de 227 metros a la cota 10.50 m. a la marea más baja; tiene dos boyas de señalización para delimitar el borde del canal o veril 5.

- *Área en m² disponible:*

- Patio Norte: 25,000 m²

- Muelle: 14,000 m²

- Patio Muelle: 8,000 m²

- Total: 47,000 m²

- *Capacidad de Almacenaje:*

- 5,5000 TEUs (Twenty-foot Equivalent Unit, que significa Unidad Equivalente a Veinte Pies).

- Funcionalidad del Muelle, Flexibilidad para utilizar grúas de tierra:

- Delantal de 100 m. Resistencia del pavimento del muelle de 5.5 Mega Pascales x cm² ó 6TM. por m².

3.1.1 Características de contenedores

Los contenedores están dados de diversas clases y tamaños, estos incluyen refrigerados en ciertos usos de mercancías dependiendo de su naturaleza, como concentrados de frutas, alimentos perecibles, entre otros, los cuales brindan protección para la mercancía al momento de su transportación; esto facilita al momento del desembarque y embarque para lograr una prima más económica para los riesgos que se prevén en comparación a la carga suelta.

Entre las clases de contenedores más utilizados hay:

- Contenedor de 20 pies: utilizan para la carga sólida, su medida es 6mts de largo x 2,4 mts de ancho.
- Contenedor de 40 pies (Forty-foot Equivalent Unit, FEU): utilizan para la carga sólida y su medida es de 12 mts. de largo x 2,4 mts. de ancho.

- **Tank Container:** Es un contenedor con una cisterna de 20 pies que equivale alrededor de seis metros que son de uso para el transporte de líquidos y su medida es de 2,4 mts de ancho y 2,6 mts de altura.

Flat Rack: Contenedores planos plegables, trata de una plataforma plana que cuenta con extremos previstos de bisagras que deben ser colocados verticalmente para formar el módulo del contenedor. Además, puede utilizarse para carga de maquinaria pesada y de cajas extra dimensionadas.

Reefer Container: Contenedores refrigerados que varían entre TEUS y FEUS que cuentan con puertas en un extremo y una unidad de refrigeración incorporada en el fondo del contenedor que cumplen con el proceso de refrigeración y de mantener la carga en buen estado.

Capacidad de carga de los contenedores:

- 20 pies: 44.800 libras (20.320kgs)
- 40 pies: 67.200 libras (30.480kgs)

3.2 Área del Terreno para subestación

El terreno que se seleccione para la construcción de la subestación deberá tener acceso desde el exterior y deberá permitir el ingreso de la línea de 69 kV de la empresa distribuidora.

El área aproximada, considerando la nueva regulación del ARCONEL, es de 22 x 20 metros. Véase la figura 3.2.

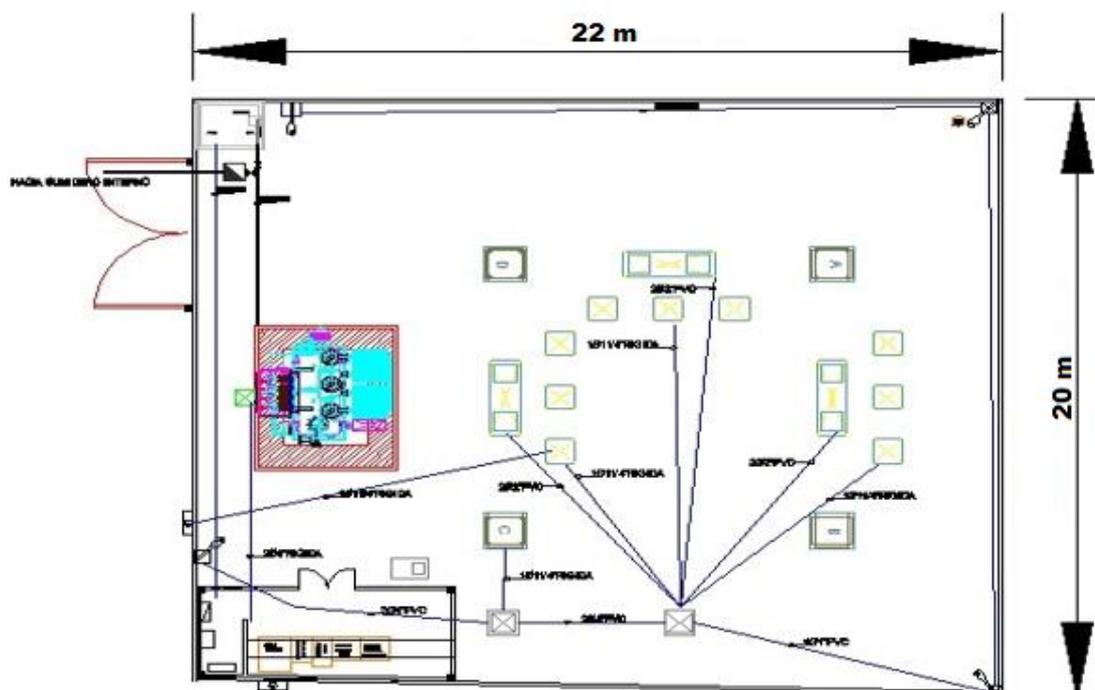


Figura 3. 2 Plano de subestación eléctrica con acometida 69 KV para FERTISA
Fuente: El autor

Un aspecto a tomar en consideración en el proyecto de Fertisa, es que su planta está circundada por una línea de transmisión de Transelectric que impide el ingreso de cualquier línea de subtransmisión de 69 kV hacia el interior de la empresa. Por lo que el terreno adecuado para la construcción de la subestación deberá estar hacia afuera de la línea de transmisión. En un recorrido por las instalaciones de Fertisa las alternativas para el terreno de la subestación pueden ser el terreno que actualmente está destinado para los parqueos o la compra de varias casas de los vecinos adyacentes a la empresa.

La acometida tendrá una longitud de aproximadamente 472 metros y para puntualizar que la ruta de la acometida sea técnicamente viable y minimizar los impactos al medio ambiente durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento o cambio a futuro, se consideraran aspectos fundamentales, como:

- Ubicar el trazado propuesto en el plano que sea lo más cercano a las vías existentes, lo que facilitara acceder al sitio donde se instalaran las estructuras con los materiales, herramientas y equipos.

- Prescindir en lo posible que la línea atravesase zonas pobladas o sobre viviendas.
- Evitar en lo posible que la línea pase por áreas con bosques nativos o plantados, a fin de minimizar el desbroce de los árboles, por el derecho de servidumbre para la construcción y mantenimiento.
- Seleccionar la ruta de forma que los puntos de implantación de los postes sean sitios de geología estables, evitando cruzar por zonas de posibles deslizamientos.
- Disminuir al máximo los cruces con la línea de transmisión existente a 230 kV Las Esclusa – Trinitaria que circundan a la empresa de manera que se eviten los cortes prolongados durante la etapa de construcción de la nueva línea.

3.3 Ruta de la línea de Transmisión

La L/T tomaran en su ruta la vereda sur de la Av. Don Bosco (calle 54 S) y seguirá hasta girar a la izquierda de la calle N cubriendo en su recorrido una longitud de 472 metros y a su vez no coincidir con la línea de transmisión de Las Esclusas – Trinitaria 230 kV en su punto de inicio y punto final. En la figura 3.3 se puede ver la ruta las esclusas-trinitaria 230 Kv.



Figura 3. 3 Ruta de acometida 230 kV
Fuente: Google Earth

Punto de Interconexión

En este poste de la línea de 69 kV Trinitaria, se va a sugerir a la EEE para iniciar con la acometida a la Empresa Fertisa y con las normativas de la ARCONEL se diseñará y se cumplirá porque es un punto importante para el diseño planteado en este Trabajo de titulación. En la figura 3.4 muestra una vista lateral del poste 69 kV Trinitaria.

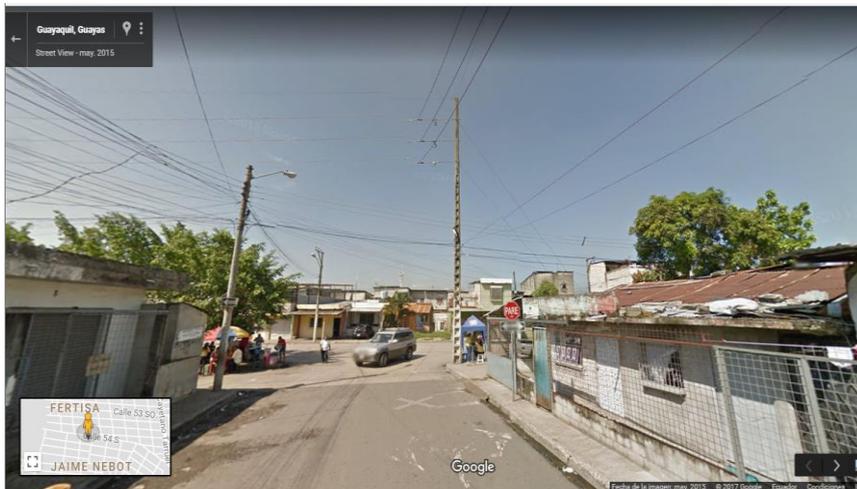


Figura 3. 4 Vista lateral del poste 69 kV Trinitaria (punto de interconexión)
Fuente: Google Earth

Además, en las figuras 3.5 y 3.6 se pueden observar dos opciones con trazado de ruta de la acometida aérea para llevar la energía eléctrica a tomas dentro del muelle del puerto de Fertisa.



Figura 3. 5 Alternativa 1 acometida aérea en puerto Fertisa
Fuente: Google Earth

La línea color verde es la línea de 69 KV y en color azul la línea de retorno, ambas a construirse, la línea de color naranja muestra la ubicación donde se construiría la subestación eléctrica.



Figura 3. 6 Alternativa 2 acometida aérea en puerto Fertisa
Fuente: Google Earth

En el siguiente capítulo, se detalla lo que indican las normas para la acometida 69 kV. Además, de especificar el método para el cálculo del diseño de dicha acometida.

CAPÍTULO IV

CÁLCULO DE LA ACOMETIDA 69KV

En este apartado se detallan criterios y uso de fórmulas para determinar el cálculo de distancias eléctricas en componentes fijos del BIL (Basic Impulse Level), que corresponde a un nivel de aislamiento eléctrico que permite soportar sobretensiones impulsivas similares a las descargas atmosféricas nivel de aislamiento.

4.1 Distancias eléctricas en elementos fijos basados en el BIL

Las distancias eléctricas serán determinadas mediante el BIL. La tabla 4.1 está basada en la norma IEEE Std. 1427 y aplica la siguiente fórmula:

$$S = BIL/526$$

Tabla 4. 1 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 & (Arévalo, 2017, pág. 45)

Tanto la norma IEEE Std. 1427 como la IEC 60071-2, no discriminan entre las distancias fase a tierra y la distancia de fase a fase. (Martínez Velasco, 2008) & (Arévalo, 2017, pág. 45).

La tabla 4.1 destaca 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, no dificulta que se revisen las distancias propuestas por la norma IEC, ante valores de BIL cercanos a los seleccionados para este trabajo.

Sin embargo, las distancias mínimas entre fase y fase, según ambas normas deben ser las mismas que las de fase a tierra. Esto es para el caso de voltajes menores a 242 KV. Por lo tanto, la norma IEEE 1427 recomienda que la distancia entre fase y fase sea la mayor. (Martínez Velasco, 2008) & (Arévalo, 2017, pág. 46).

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.

En la tabla 4.2 se observa las distancias mínimas según norma IEC 60071-2

Tabla 4. 2 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 & (Arévalo, 2017, pág. 46)

4.2 Criterios de Flecha y Vano en proyectos de Acometida

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 4.1. (Díaz & Vega) & (Arévalo, 2017, págs. 46-47).

Vano: Se refiere a la distancia entre dos puntos contiguos separados. En la figura 4.1 está denominado como “a” que es la distancia entre el punto A y el punto B.

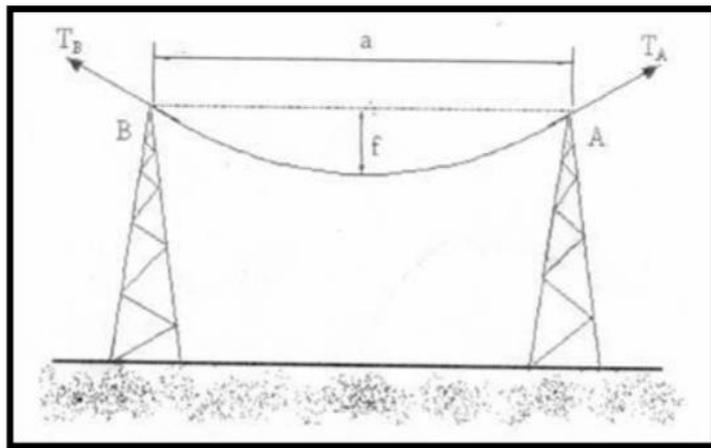


Figura 4. 1 Esquema de catenaria con todos sus componentes
Fuente. (Jiménez & Cantú, 2006)

Tipos de Vanos

El vano es la distancia horizontal entre los elementos de los cuales el conductor esta libremente suspendido o apoyado y para los propósitos del diseño, el vano se toma como distancia horizontal entre dos apoyos verticales adyacentes.

A continuación, se definen varios vanos, que se detallan a continuación:

Vano Individual

Es la distancia horizontal entre dos apoyos adyacentes cualesquiera de la línea.

Vano Básico o Normal

Es la distancia horizontal entre apoyos adyacentes con lo cual se obtiene la mayor economía en la construcción de la línea en terreno plano. Este vano se determina a partir del aislamiento mínimo permisible a tierra para el voltaje considerado.

Vano Promedio

Es la distancia horizontal equivalente al promedio aritmético de las longitudes de los vanos que constituyen el tramo respectivo de la línea.

Vano regulador

Es un vano equivalente o ficticio que nos ayuda a obtener la tensión promedio en los vanos de un tramo de la línea, comprendidos entre dos apoyos de retención. En el diseño de la línea sirve para determinar la longitud de vano representativo para escoger las tensiones a diferentes temperaturas. El vano regulador es más largo que el vano promedio y menor que el vano máximo.

Vano de Peso

Es la distancia horizontal entre los puntos más bajos de un conductor a lado del apoyo y se usa para el cálculo de las cargas verticales en los apoyos.

Vano del Viento

Es aquel en el cual se supone que actúa la fuerza del viento sobre los conductores y se toma igual a la suma de las mitades de los vanos y lado de la estructura.

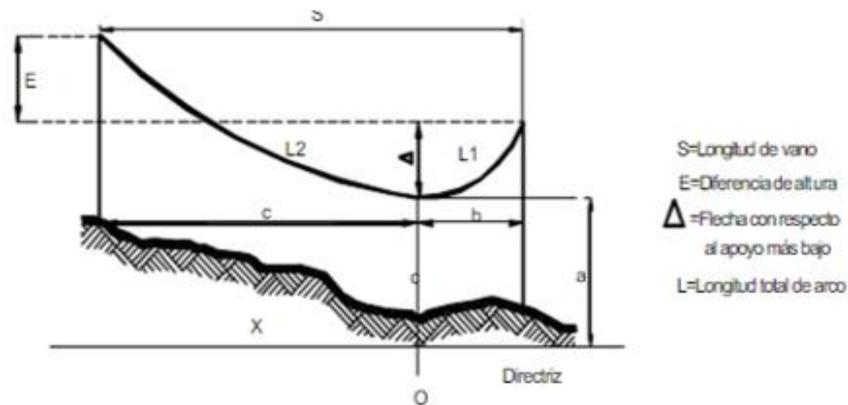


Figura 4. 2 Vano y sus distancias
Fuente: (IEEC-UNED, 2013)

4.2.1 Tensiones mecánicas de los conductores

El cálculo mecánico de los conductores de una línea eléctrica se basa en establecer las condiciones máximas de flechas y tensiones, con la finalidad de proveer las distancias mínimas, tanto entre ellos como al suelo. Para la misma, es importante realizar el análisis para condiciones de trabajo, de inicio a fin.

Teniendo como punto de partida las condiciones de inicio, se calculan con las características mecánicas del conductor después de someterlo a tensiones por el espacio de una hora. Las condiciones finales se calculan con las características mecánicas del conductor, después de haber trabajado cerca de 10 años. Teniendo en cuenta este número como base para todos los estudios que se realizaran y donde entre el cálculo mecánico de los conductores (Martínez Velasco, 2008) & (Arévalo, 2017, págs. 47-48).

4.2.2 Criterios de cálculo mecánico de los conductores

Un hilo o cable flexible o conductor, con sus extremos fijos, sometido a la acción de su propio peso y eventuales sobrecargas repartidas adopta la forma de una catenaria (función coseno hiperbólico) (Rifaldi & Sirabonian, 2007)

La flecha del hilo se mide por la distancia del punto más bajo que forma la curva a la traza de la recta que une los puntos de suspensión.

La longitud del hilo (l) es lógicamente mayor que el vano (a), pero como la flecha es pequeña respecto del vano se puede aceptar que la forma que asume el hilo es una parábola (primer término del desarrollo en serie del coseno hiperbólico).

Puede demostrarse que con vanos de hasta 700- 800 m la determinación de la flecha empleando la ecuación de la parábola en lugar de la catenaria lleva a errores insignificantes a los fines prácticos.

Según (Rifaldi & Sirabonian, 2007), aplicando la ecuación de igualdad de momentos en el amarre se tiene: Véase la figura 2.12.

$$P * a / 4 = f * T$$

Dónde

P: Parábola de la catenaria; $P = p * a / 2$

p = peso por unidad de longitud

a: longitud del vano

f : Fuerza

T: Tensión del conductor

$$f = p * a^2 / (8 * T)$$

La tensión en el amarre es mayor, y se obtiene de la composición vectorial de la fuerza horizontal y vertical.

La longitud de la traza del hilo es aproximadamente:

$$l = a * (1 + 8 * f^2 / (3 * a^2))$$

Esta longitud se tiene en condiciones de equilibrio, con cierta tensión mecánica, y con cierta temperatura del conductor, el hilo tiene cierta longitud l0 en reposo y

a temperatura de referencia (0 grados, por ejemplo), con cierto estado de tensión T, y cierta temperatura teta se tiene:

$$l = l_0 * (1 + T / E) * (1 + \alpha * teta)$$

Dónde

E = módulo elástico

alfa = coeficiente de dilatación

Despreciando términos de segundo orden de ambas ecuaciones se obtiene:

$$l_0 = a * (1 + 8 * f^2 / (3 * a^2) - T / E - \alpha * teta)$$

La longitud en reposo (T = 0) y a temperatura de referencia (teta = 0) es una característica del hilo, invariante.

Si el vano es fijo entonces se escribe la ecuación de estado de los cables:

$$C = 8 * f^2 / (3 * a^2) - T / E - \alpha * teta)$$

Dónde

C: Estado de los cables

a: longitud del vano

f : Fuerza

T: Tensión del conductor

E = módulo elástico

alfa = coeficiente de dilatación

Esta ecuación corresponde a un determinado estado de equilibrio, el conductor está sometido a cambios de temperatura y sobrecargas que modifican su estado de equilibrio. (Rifaldi & Sirabonian, 2007)

Los distintos estados satisfacen la ecuación del cambio de estado, se debe elegir un estado de referencia, para el que se calcula la constante C, y luego para cada par sobrecarga, temperatura, teniendo en cuenta que:

$$f / a^2 = p / (8 * T)$$

Se determina el par tensión mecánica, flecha, verificando que en ninguna condición se supere la tensión mecánica máxima que se ha fijado como límite, si se da esa situación se adopta este estado como base y se reinicia la tarea respetando la tensión mecánica máxima.

La condición de máxima tensión depende del valor del vano, si el vano es reducido la condición de máxima tensión del conductor se presenta para la temperatura mínima, si en cambio el vano es grande se tendrá para el viento máximo, para cierto valor de vano la condición crítica se tendrá en ambos casos, a este vano se lo llama crítico.

Algunos calculistas prefieren determinar el vano crítico, y con él decidir cuál es la condición climática que debe usarse como básica para desarrollar las tablas de tendido. A veces, las condiciones climáticas y distintas tensiones límites para cada una hacen que se presenten más vanos críticos, que de todos modos se utilizan en igual forma. (Rifaldi & Sirabonian, 2007) & (López, 2017).

4.2.3 Criterios para cálculo de tensión y de la flecha

Los conductores serán de igual capacidad de transporte, que se ha fijado en más de 400 A, y estarán con los distintos materiales comúnmente usados, la tabla 4.3 incluye las alternativas posibles. De esta manera se han elegido secciones eléctricas equivalentes para los conductores. (Rifaldi & Sirabonian, 2007)

Tabla 4. 3 Características del conductor

Material	Sección mm ²	Diámetro mm	Corriente A	Resistencia ohm/km
Cobre	120	14.25	440	0.153
Aleación de aluminio	150	15.75	425	0.234

Aluminio acero	140	14.60	410	0.237
Aluminio	150	15.75	455	0.194

Fuente: (Rifaldi & Sirabonian, 2007) & (IEEC-UNED, 2013)

Los vanos a estudiar se han fijado en 50, 100, 200, 400 metros, representativos de líneas de baja hasta altísima tensión. En la tabla 4.4 se han fijado condiciones climáticas que delimitan valores cuando está desplegado tendido eléctrico.

Tabla 4. 4 Estados climáticos y la tensión del conductor

Estado	Temperatura grados C.	viento km/h	hielo mm	tensión kg/mm ²
Eds	16	0	0	20 % rotura
viento máximo	10	130	0	límite 0.2
Temperatura mínima	-7	30	0	límite 0.2
Temperatura máxima	80	0	0	

Fuente: (Rifaldi & Sirabonian, 2007) & (IEEC-UNED, 2013)

Según Rifaldi & Sirabonian (2007), el estado eds (every day stress) representa la tensión de todos los días, y se recomienda una tensión mecánica relativamente reducida. El conductor tensado tiende a vibrar a causa de los torbellinos de Von Karman, que se desprenden de su superficie, este fenómeno se presenta con vientos modestos, y a la tensión debida al tiro se le suma la tensión de flexión que causa la fatiga de los alambres del cable, este efecto se reduce disminuyendo la tensión debida al tiro.

En condiciones de viento máximo, o temperatura mínima se trata de no superar el límite (0.2) elástico del conductor, evitándose así las deformaciones permanentes.

Viento máximo, y temperatura mínima son representativos de condiciones extremas que se pueden presentar en la vida de la obra (una vez en 50 años, por ejemplo).

Para cada tipo de conductor y cada vano se calculan las condiciones de tiro y flecha que se presentan, y los valores de flechas obtenidos se reúnen en la tabla 2.5.

La condición de temperatura máxima, que conduce a la máxima flecha, es dimensionante de la altura de las torres, el punto de suspensión del conductor estará a altura suficiente para que en esa condición la distancia al suelo no impida la libre circulación. La máxima flecha también es dimensionante de la distancia horizontal entre conductores, que finalmente define el cabezal de la torre (Rifaldi & Sirabonian, 2007).

Tabla 4. 5 Cálculo de las Flechas

Vano m	50	100	200	400
Flecha en condición eds (m)				
COBRE	0.36	1.43	5.72	22.87
ALEACION	0.12	0.48	1.93	7.72
AL/AC	0.18	0.73	2.92	11.67
ALUMINIO	0.21	0.84	3.38	13.5
flecha con temperatura máxima (m)				
COBRE	0.86	2.25	6.82	24.13
ALEACION	0.67	1.59	4.03	11.18
AL/AC	0.76	1.78	4.65	14.07
ALUMINIO	0.96	2.16	5.43	16.22
flecha con temperatura mínima (m)				
COBRE	0.24	1.13	5.28	22.40
ALEACION	0.09	0.35	1.45	6.50
AL/AC	0.12	0.51	2.31	10.74
ALUMINIO	0.12	0.53	2.58	12.44

Fuente: (Rifaldi & Sirabonian, 2007) & (IEEC-UNED, 2013)

La flecha a temperatura mínima define la posición del cable de guardia, que en alguna medida debe mantener el paralelismo con los conductores (o al menos no reducir la distancia a ellos que arriesgue la aislación).

En la tabla 4.5 se observa la enorme importancia que toma la flecha a medida que el vano aumenta, para vanos de 200 m o más, la altura de la torre es notablemente influenciada por la flecha, se observa que el cobre exige las mayores alturas de torres, que la aleación de aluminio es más conveniente que el aluminio, y que para vanos de 400 m la aleación de aluminio es sin duda más conveniente que el aluminio con alma de acero (representa 3 m menos de torre) (Rifaldi & Sirabonian, 2007).

A continuación, en la tabla 4.6 muestra las solicitaciones mecánicas, tiros y cargas verticales que se presentan en los casos estudiados. Al observar los tiros máximos se nota que con conductores de aleación de aluminio hemos alcanzado mayores tiros que con otros materiales, pero debemos tener presente la menor altura de la torre, que compensa el mayor tiro.

Tabla 4. 6 Tiros máximos

Vano m	50	100	200	400
Tiros máximos en kg (ver nota)				
COBRE	-1419	-1215	+1248	+1266
ALEACION	-1495	-1476	+1579	+1951
AL/AC	-1269	-1212	+1419	+1658
ALUMINIO	-1043	+979	+1191	+1387
Peso vertical del conductor en kg				
COBRE	55	110	220	440
ALEACION	20	40	80	160
AL/AC	24.5	49	98	196
ALUMINIO	20.5	41	82	164

Fuente: (Rifaldi & Sirabonian, 2007) & (IEEC-UNED, 2013)

Nota: el signo - (menos) que precede al tiro indica que este se presenta con la temperatura mínima, el + con viento máximo

La comparación correcta de las torres se debe plantear considerando todas las condiciones de proyecto. Las torres de retención, terminales y angulares soportan el tiro de los conductores, por lo que su peso (y costo) aumenta al aumentar el tiro, y la altura, pero el peso crece más que proporcionalmente con la altura (la base de la torre es más fuerte), parece más conveniente reducir altura que tiro (Rifaldi & Sirabonian, 2007).

Las torres de suspensión soportan el empuje del viento sobre los conductores, que depende del diámetro del conductor, y de la altura, el empuje del viento sobre la misma torre, para las torres de suspensión, es muy importante, y también para estas la reducción de altura influye en modo notable el peso y costo.

Otro elemento que influye en el dimensionamiento de la torre, es el peso vertical de los conductores, sabiendo que aluminio y aleación son más livianos que el aluminio, acero y más aún que el cobre. (Rifaldi & Sirabonian, 2007)

4.3 Dimensionamiento Mecánico del conductor

Según Rifaldi & Sirabonian (2007) ingeniero de la UNLP (Universidad Nacional de la Plata) cátedra Calculo y Diseño de Maquinas Eléctricas, señala que el conductor está sometido a distintas condiciones de carga y en cada condición no se debe superar cierto límite de tensión mecánica. Véase la tabla 4.7.

Tabla 4. 7 Tensiones mecánicas (en Newton/mm²)

Material	Tensión admisible	Tensión máxima	Media admisible	Prolongada admisible
Aluminio	70		30	120
Aleación de aluminio	140		44	240
Cobre	175		85	300
Acero	160 - 550		120 - 150	320 - 1100
Aluminio acero	240 - 120 - 80		90 - 56 - 35	401 - 208 - 130

Fuente: (Rifaldi & Sirabonian, 2007) & (IEEC-UNED, 2013)

La componente horizontal de la tensión de tracción no debe superar la máxima tensión de tracción admisible, como se describe en las siguientes condiciones:

- Temperatura - 5 gr C. y cargas adicionales normales (hielo)
- Temperatura - 20 gr C. sin cargas adicionales ni viento.
- Temperatura + 5 gr C. y carga del viento

Debe verificarse que la tensión de tracción en el punto de suspensión del conductor no supere el valor máximo admisible en más del 5% (esto se presenta con flechas menores del 4%). Se debe respetar la máxima tensión de tracción prolongada en los siguientes casos:

- Temperatura - 5 gr C. y 3 veces la carga adicional normal o 2 veces la carga adicional incrementada.
- Temperatura - 5 gr C. y carga adicional normal con carga de viento.
- Temperatura + 5 gr C. y carga adicional incrementada con carga de viento.

La carga adicional (del hielo) normal es $(5 + 0.1 d)$ Newton/m siendo d el diámetro del conductor en mm. (Rifaldi & Sirabonian, 2007). Cuando se dice, carga adicional incrementada se aplica un factor (múltiplo), para determinar este factor se toman en consideración observaciones históricas de las condiciones topográficas y meteorológicas en la zona de la línea. La carga adicional en los aisladores es 50 N/m de cadena, para otros elementos se supone una capa de 1 cm con hielo de 0.0075 N/cm^3

La carga del viento sobre conductores es:

$$W = C_f * d * L * V^2 / 1600$$

Dónde:

C_f: coeficiente aerodinámico

d: diámetro

L: vano

V: velocidad del viento.

Para vanos mayores de 200 m, el vano a los fines del viento se considera reducido según la siguiente expresión: $80 + 0.6 * L$ Por ejemplo un vano de 500 m queda de 380 m. La norma fija la presión dinámica en función de la altura, el valor característico para líneas hasta 40 m de altura es 0.53 KN/m^2 , que corresponde a 29.1 m/s, 105 km/h. El máximo para 200 m de altura es 0.95 KN/m^2 , 140 km/h. (Rifaldi & Sirabonian, 2007).

Para la temperatura media anual (10 gr C) y sin viento la componente horizontal de la tensión de tracción no debe superar la tensión de tracción media de la tabla, en casos aislados el valor se puede superar en hasta un 25% dependiendo de la conformación de los puntos de suspensión y de la efectividad de los dispositivos anti vibrantes

Las corrientes de aire laminares inducen vibraciones en los conductores que pueden conducir finalmente a rotura por fatiga del conductor, la frecuencia e intensidad de las vibraciones dependen del material, formación y sección del conductor, el valor de la tensión de tracción en el estado de temperatura media anual, de las condiciones locales de terreno y viento, de la conformación de los puntos de apoyo y de los accesorios utilizados, magnitud del vano y altura del conductor sobre el terreno. (López, 2017) & (Rifaldi & Sirabonian, 2007)

Respetando la tensión de tracción media (e.d.s. tensión de todos los días) se minimiza el riesgo de daños al conductor, cuando además las condiciones ambientes no son extremas y la conformación de los puntos de suspensión es adecuada.

Cuando se presentan vibraciones se pueden utilizar dispositivos anti vibrantes adicionales, los conductores de tipo aluminio o aleación de aluminio (material homogéneo) o de aluminio acero con reducido porcentaje de acero, con diámetros mayores de 25 mm, y con vanos mayores de 500 m presentan mayor tendencia a las vibraciones.

Cuando la tendencia a las vibraciones es muy probable, se debe elegir una adecuada forma constructiva de los puntos de apoyo y/o prever dispositivos anti vibrantes.

Configuración Vertical: Aquella en la cual los conductores se instalan en el mismo plano vertical y a diferentes alturas, en una o dos caras del poste, dependiendo del ángulo de deflexión de la línea. (López, 2017) & (Rifaldi & Sirabonian, 2007)

4.3.1 Cálculo de flecha

Un conductor es suspendido libremente entre dos apoyos adquiere una forma o curva características, en virtud de la distribución de esfuerzos verticales (peso distribuido) y horizontales a lo que se encuentra sometido.

Los conductores aéreos son cables compuestos por varios hilos y si son del mismo material como acero se presenta una homogeneidad en el material, pero en el caso de cables de aluminio-acero el material en conjunto es heterogéneo, el cálculo mecánico de esfuerzos de estos últimos se realiza con parámetros como módulo de elasticidad y coeficiente de dilatación.

Hay que recordar que en los conductores como cable de guarda se encuentran bajo la influencia de variaciones de temperatura ambiente y la acción del viento o sobre cargas, pero en toda condición se deben cumplir limitantes como la tensión máxima admisible, flechas y distancia de seguridad.

Forma General para el diseño:

- Determinación de las características de los conductores y condiciones ambientales y vanos del pre diseño de la línea.
- Determinación matemática de la curva a utilizar ya sea mediante cálculo exacto o aproximado.
- Determinación del lugar geométrico de las tensiones y las flechas para las diferentes condiciones de vanos y temperaturas.

Fórmula de la parábola para cálculo de las flechas

Esta fórmula de la parábola sirve para el cálculo de flechas y tensiones de longitud inferior a 300 metros. En la figura 4.3. se aprecia las distancias para determinar cálculos de flechas.

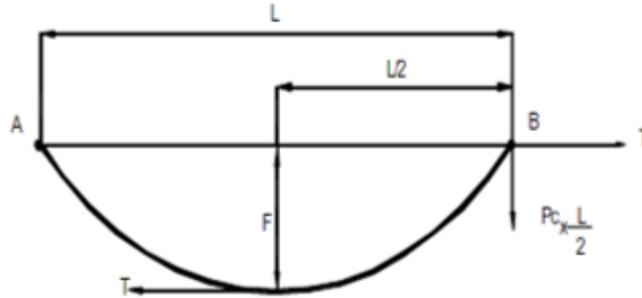


Figura 4. 3. Parábola para cálculo de flecha
Fuente: (IEEC-UNED, 2013)

La ecuación de la flecha para vanos con apoyo a nivel es la siguiente:

$$F = \frac{Pc \times l^2}{8 \times t}$$

Dónde:

F: Flecha en el centro del vano en metros

Pc: Peso por unidad de longitud, en KG/Mtrs.

L: Longitud del vano en Mtrs.

t: Componente horizontal de la tensión en el conductor, en KG.

4.4 Métodos para el Cálculo de la Catenaria

Tal como se ha mencionado previamente, se denomina flecha a la distancia entre la línea recta que pasa por las puntas de sujeción de un conductor en dos apoyos consecutivos y el punto más bajo de éste mismo conductor. La curva que estimula el cable se llama catenaria, es decir, es la curva que forma un conductor colgado de dos puntos.

4.4.1 Esfuerzos sometidos a apoyos en líneas de acometida aérea

Los apoyos para acometidas del tipo aéreo son sometidos a disímiles clases de esfuerzos, entre ellos se diferencian:

- Esfuerzos verticales: Son aquellos debidos al peso de los conductores y sobrecargas en los conductores.
- Esfuerzos longitudinales: Provocados en los apoyos de principio o final de línea, por la tracción longitudinal de los conductores.
- Esfuerzos transversales: Son debidos a la acción del viento sobre los apoyos, o a la acción resultante de los conductores cuando están formando ángulo.

En la figura 4.4 se aprecia los diversos tipos de esfuerzos sometidos a apoyos en acometida de tipo aérea.

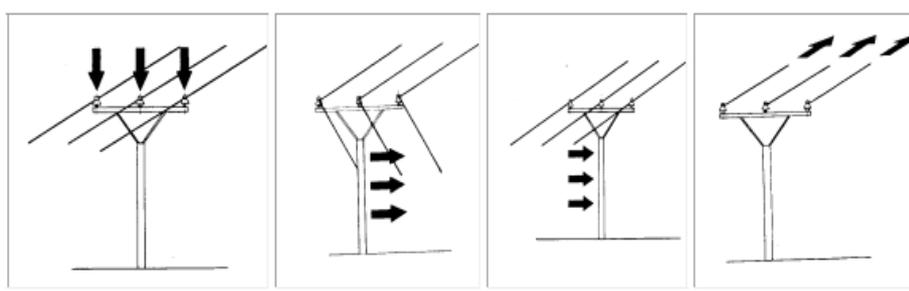


Figura 4. 4 Esfuerzos en apoyo de acometida aérea
Fuente: (Jiménez & Cantú, 2006)

La ecuación de la flecha para el cálculo de catenaria

Un conductor de peso uniforme, sujeto entre dos apoyos por los puntos A y B situados a la misma altura, forma una curva llamada catenaria. La distancia f entre el punto más bajo situado en el centro de la curva y la recta AB, que une los apoyos, recibe el nombre de flecha. Se llama vano a la distancia " a " entre los dos puntos de amarre A y B. Véase la figura 4.5.

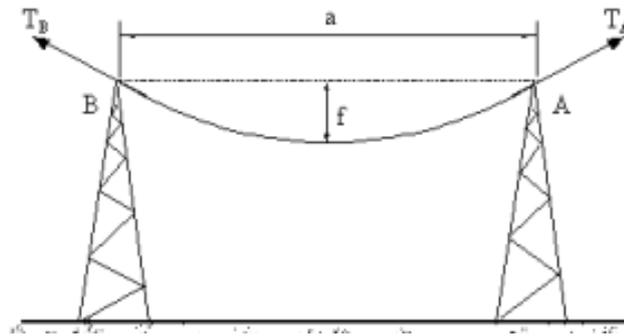


Figura 4. 5 Flecha para calcular la catenaria
Fuente: (Jiménez & Cantú, 2006)

Los postes deberán soportar las tensiones T_A y T_B que ejerce el conductor en los puntos de amarre. La tensión $T = T_A = T_B$ dependerá de la longitud del vano, del peso del conductor, de la temperatura y de las condiciones atmosféricas. Para vanos de hasta unos 500 metros se puede equiparar la forma de la catenaria a la de una parábola, lo cual ahorra unos complejos cálculos matemáticos, obteniendo, sin embargo, una exactitud más que suficiente.

La catenaria deberá emplearse necesariamente en vanos superiores a los 1000 metros de longitud, ya que cuanto mayor es el vano menor es la similitud entre la catenaria y la parábola. Véase la figura 4.6.

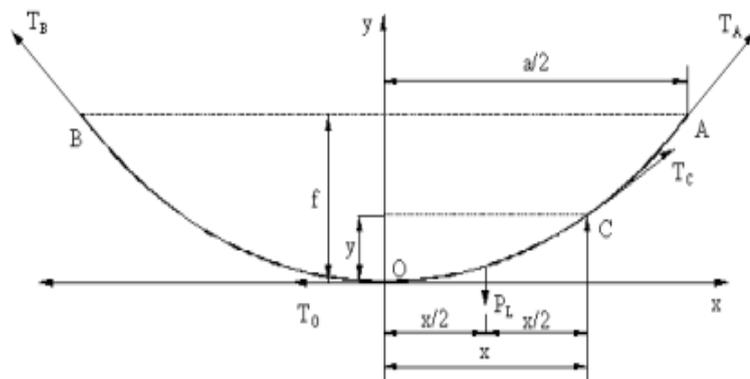


Figura 4. 6 Distancias y puntos para catenaria
Fuente: (Jiménez & Cantú, 2006)

A continuación, se calcula la relación que existe entre la flecha y la tensión. Para ello se representa el conductor de un vano centrado en unos ejes de coordenadas:

Se considera un trozo de cable OC que tendrá un peso propio P_L aplicado en el punto medio y estará sometido a las tensiones T_O y T_C aplicadas en sus extremos.

Tomando momentos respecto al punto C se tendrá:

$$P_L \frac{x}{2} = T_O y$$

Por lo tanto, el valor de y será:

$$y = \frac{xP_L}{2T_O}$$

Si llama P al peso unitario del conductor, el peso total del conductor en el tramo OC, que se ha llamado P_L , será igual al peso unitario por la longitud del conductor, que cometiendo un pequeño error se denominará x .

Por lo tanto, aceptando que:

$$P_L = Px$$

Y sustituyendo esta expresión en la fórmula anterior del valor de y resulta:

$$y = \frac{x^2 P}{2T_O}$$

Si ahora se considera el punto A correspondiente al amarre del cable en vez del punto C, se tendrá:

$$y = f \quad \therefore \quad x = \frac{a}{2}$$

Por lo tanto, al sustituirse :

$$f = \frac{P a^2}{8T_O} \quad \text{Ec. 2.1}$$

Se despeja el valor de la tensión T_O y se tiene que:

$$T_O = \frac{P a^2}{8f}$$

La ecuación [2.1] relaciona la flecha f en función de la tensión T_0 , del peso unitario del conductor P y de la longitud del vano a . Si se compara esta ecuación de la parábola con la de la catenaria:

$$f = \frac{T_0}{P} \left(\cosh \frac{aP}{2T_0} - 1 \right) \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Se podrá observar la complejidad de ésta, y como se demostrará más adelante, los resultados serán prácticamente iguales. Interesa ocuparse con la tensión T_A en lugar de la empleada hasta ahora T_0 . Obsérvese el triángulo de fuerzas compuesto por T_0 , T_A y P_L en la figura 4.7.

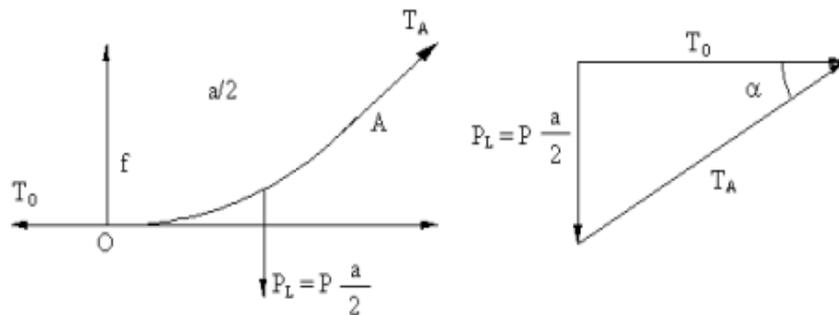


Figura 4. 7 Triángulo de fuerzas
Fuente: (Jiménez & Cantú, 2006)

4.4.2 Coordinación de Aislamiento

El procedimiento de coordinación de aislamiento de una línea debe efectuarse considerando los voltajes que pueden aparecer como son los transitorios en el sistema eléctrico al que está conectada. El concepto coordinación de aislamiento, es el balance entre los esfuerzos eléctricos sobre el aislamiento, que son los sobre voltajes por descargas o maniobras así como otras sobretensiones temporales como inducciones o contactos accidentales con otras líneas y el propio voltaje que soporta el aislamiento por su diseño.

Para los propósitos de coordinación de aislamiento se clasifica a las líneas de subtransmisión por sus voltajes máximos de diseño en la categoría B, se define que las sobretensiones que más afectan a estos voltajes son las de origen por descargas

atmosféricas, despreciando los de maniobras. Derivado de su trazo, las líneas de subtransmisión pueden cruzar zonas con topografía difícil o accidentada y regiones con altos índices de densidad de rayos a tierra, éstas son las líneas que por lo general presentan más fallas por descargas atmosféricas.

Para reducir el número de salidas por esta causa, deben ser observados ciertos parámetros y muy particularmente se tienen que controlar los siguientes:

- La longitud de la cadena de aisladores
- El ángulo de blindaje, verificando el diseño de las estructuras.
- El sistema de conexión a tierra

Para entender la coordinación de aislamiento, es necesario establecer el concepto de Tensión Crítica de Flameo (TCF), el cual se obtiene de la curva de probabilidades de flameo, la TCF se determina con pruebas de aplicación de voltajes y corresponde a aquel voltaje con el cual el aislamiento soporta con un 50% de probabilidad, el producir rompimiento de su dieléctrico.

A partir de este concepto se define el Nivel Básico de Aislamiento al Impulso por Rayo (NBAI), como el voltaje en que se espera un 10% de probabilidad de flameo, considerando una desviación estándar del 3 %, con lo que resulta la expresión: $NBAI = 0,961TCF$.

4.5 Características Técnicas de materiales a utilizarse en la instalación

Se detallan los principales materiales en la acometida de 69kV.

- **Ductos**

Se usarán ductos empotrados en mampostería del tipo EMT conduit y PVC enterrados en piso área de jardines.

- **Breakers de Protección**

Todos sin excepción, los circuitos derivados para alumbrado o tomacorriente tendrán protección térmica contra sobrecorriente y cortocircuito, de acuerdo al

detalle de la planilla respectiva, los breakers de protección serán del tipo termomagnético enchufables en panel de igual característica.

- **Herrajes**

Serán galvanizados por el proceso de inmersión en caliente. Sujetándose a las normas de INECEL la selección de cantidades y tipos a utilizarse en cada estructura.

- **Puesta a Tierra Acometida Media Tensión**

Se la hará con varilla de Cooperweld de 5/8 x 8' de longitud. Se usará cable # 2 para conectar la varilla de tierra con el conductor neutro Union Cadweld.

Se instalará un tubo PVC de 3/4" para proteger el cable de puesta a tierra. Este tubo deberá ir debidamente sujeto al poste por medio de grapas, o suncho Ericsson de 3/4".

- **Conductores de los Circuitos en Baja Tensión**

Serán de cobre con aislamiento tipo THHN para calibres inferiores al #10 y Tw para calibres superiores.

En ningún caso se utilizarán conductores de calibre inferior al #14 AWG en circuitos de servicio.

4.6 Criterios mecánicos del conductor e hilo de guarda

De acuerdo a la metodología establecida por la ex INECEL y empleada en los diseños de las líneas de transmisión del sistema Nacional de Transmisión SNT, para el diseño mecánico de los conductores se ha considerado cuatro estados climatológicos básicos.

- **Estado de todos los días**

Dada la condición de tener una línea de transmisión por el sector urbano de la ciudad de Guayaquil, se ha realizado una investigación sobre la tensión máxima de conductores en este estado y se ha partido de un valor de 12 por ciento de su

tensión mecánica de rotura del conductor en la condición de 25 C de temperatura del conductor y sin viento.

- **Estado de mínima temperatura**

La condición de temperatura ambiente es de 5 grados sin viento y los conductores no deben sobrepasar del 17 por ciento de la tensión de rotura.

- **Estado de Máxima carga mecánica**

La condición de temperatura ambiente es de 18 grados y con una presión causada por un viento a una velocidad de 90 Km/h. Los conductores no deben sobrepasar del 17 % de la tensión de rotura.

- **Estado de máxima Temperatura**

La temperatura ambiente será de 60 Grados y sin presión debida al viento.

- **Cable de Guarda OPGW**

En todas las condiciones mecánicas anteriores el cable de guarda debe tener una flecha inferior al 90% de la flecha del conductor en condiciones iniciales.

Tomar en cuenta el efecto del Viento, una presión de viento correspondiente a una velocidad de 90 Km/h actuando sobre los conductores y cables de guardia modificado por la superficie aerodinámica del conductor. Esta presión actual a lo largo del vano y el viento de la estructura. A la presión señalada se sumará la presión de actuante sobre los aisladores y herrajes.

4.7 Puesta a Tierra para Acometida Eléctrica de Fertisa

El conductor neutro del sistema será puesto a tierra tanto en alta tensión como en baja tensión, de igual manera se colocará a tierra los siguientes puntos de la instalación:

- En el área de la subestación se instalarán 4 varillas conectadas entre sí por cable #2/0 desnudo de cobre y unión electrosoldada.

- La barra de neutro del tablero y los conductores neutros de la acometida.
- Todos los herrajes.
- Todos los Tableros Eléctricos.
- Las Estructuras tumbado
- La toma de tierra del medidor de energía

Para el efecto se instalarán varillas de cobre de 5/8" x 8' en los siguientes sitios:

- Subestación: Malla formada por 4 varillas conectadas entre sí por cable # 2/0 cobre desnudo
- Tablero de Distribución General, una varilla.
- Áreas de instalación de los Paneles de Distribución de los diferentes Centros de Carga
- 1 varilla en cada sitio.

Varillas de Acero Enchapado con Cobre (Copperweld o equivalente)

Serán de acero de alta resistencia, cubiertas de cobre y de sección circular, terminando en una punta cónica maquinada en uno de sus extremos y con un chaflán en el otro para montaje del respectivo conector varilla-cable. El cobre se aplicará de tal manera que se tenga una capa sellante a prueba de herrumbre será lisa, continua y uniforme, con un espesor mínimo de cobre de 0.4445 mm.

Las varillas tendrán una resistencia mecánica a la tensión de 483 mega-pascales (10 Newtons/m²) (70 000 Psi) como mínimo.

Las varillas serán de tipo Copperweld o su equivalente, el cable de conexión debe enterrarse al menos 50 cm por debajo del suelo. Se puede también utilizar varillas galvanizadas de 3/4" x 10 pies.

A continuación, se realiza el levantamiento de demanda actual y futura de la empresa FERTISA, estos datos sirven para conocer de forma cuantitativa la demanda actual y proyección de demanda si el Puerto Fertisa energiza al menos 100 contenedores refrigerados.

4.8 Medición de demanda eléctrica en empresa FERTISA

En el Anexo 4 se muestran los valores determinados por mediciones para la demanda eléctrica en la empresa Fertisa; demanda del área Administrativa, demanda de la Planta de Producción, demanda del Terminal Portuario, demanda Alumbrado Perimetral Norte y demanda Alumbrado High Mast Muelle.

Según los valores medidos de la demanda actual medida (16KW), el valor estimado es de 35 KW.

A mediano o largo plazo será el periodo en el cual sería necesario incrementar la demanda superando el límite de servicio de la EEE para Media Tensión esto es 1000 KW.

4.9 Planteamiento de Factibilidad de Subestación 69 KV

Debido a que la proyección de crecimiento superaría los 1000 KW de Demanda, que es el límite de la EEE para suministrar servicio en Media Tensión (13.8 KV), y que la demanda esperada llegaría a 2700 KW de demanda, será necesario construir una Subestación de transformación de 69 KV a 13.8 KV de 5 MVA.

El lugar para la ubicación de dicha subestación, según las condiciones actuales, es el sector del actual parqueadero ubicado al lado derecho, antes de entrar a la planta.

4.9.1 Registro Planilla de Fertisa

En la tabla 4.8 se muestran Registros de Planillas y Datos tomados directamente del Medidor de la Empresa Eléctrica de FERTISA en tres rangos horarios: 8h00 a 18h00, 18h00 a 22h00 y 22h00 a 8h00, desde enero del 2014 hasta octubre del 2015.

Tabla 4. 8. Registros de Planillas y Datos Tomados directamente del Medidor de la Empresa Eléctrica

AÑO	INICIO	FINAL	8:00-18:00 HR	18:00-22:00 HR	22:00-8:00 HR	18:00-22:00 SDF	D. MAXIMA	OBSERVACIONES				
			KW	KW	KW	KW	KW					
2015	3 de Octubre		418	417	371	298	417	VALORES TOMADOS EL 3 DE OCTUBRE DE 2015				
2015	10 de abril	12 de Mayo	501	567	480	480	567	VALOR TOMADO DE PLANILLA EMPRESA ELECTRICA				
2015	11 de marzo	10 de abril	396	403	392	301	403	VALOR TOMADO DE PLANILLA EMPRESA ELECTRICA				
2015	9 de febrero	11 de marzo	392	357	308	322	392	VALOR TOMADO DE PLANILLA EMPRESA ELECTRICA				
2015	10 de enero	9 de febrero	361	361	361	305	361	VALOR TOMADO DE PLANILLA EMPRESA ELECTRICA				
2014	10 de diciembre	10 de enero	312	333	329	259	333	VALOR TOMADO DE PLANILLA EMPRESA ELECTRICA				
2014	10 de noviembre	10 de diciembre	431	441	427	445	445	VALOR TOMADO DE PLANILLA EMPRESA ELECTRICA				
2014	9 de octubre	10 de noviembre	431	441	427	445	445	VALOR TOMADO DE PLANILLA EMPRESA ELECTRICA				

LAS LECTURAS TOMADAS DEL MEDIIDOR DE LA EEE SE MULTIPLICAN POR 350 PARA OBTENER LA MEDIDA REAL

LECTURA	FACTOR	KW
1,16	350	406
DEMANDA DE 8:00 A 18 :00 HS		



LECTURA	FACTOR	KW
1,19	350	416,5
DEMANDA DE 18:00 A 22 :00 HS		



LECTURA	FACTOR	KW
1,06	350	371
DEMANDA DE 22:00 A 8 :00 HS		



LECTURA	FACTOR	KW
0,86	350	301
DEMANDA DE 18:00 A 22 :00 HS SDF		



En el Anexo 1, se muestran en detalle los datos promedio de las lecturas de medidores instalados

Del análisis de los datos se concluye que la máxima demanda de la empresa se produjo en enero del 2014 con un valor de 605,5 kW entre las 18h00 hasta las 22h00.

Considerando los últimos 6 meses la demanda máxima se produjo en mayo del 2015 entre las 18h00 y las 22h00 con un valor de 567 kW.

En el mes de octubre del 2015 el valor máximo de la demanda fue de 416,5 kW entre las 18h00 y las 22h00.

4.9.2 Análisis de la Demanda

La Demanda actual de la planta es de 520 kW y podría crecer 470 kw más hasta mantenerse inferior a los 1000 kW que es el límite permitido por la EEE para proveer energía a nivel de Media Tensión 13.8 KV. Del análisis de la demanda máxima registrada que corresponde al mes de enero del 2014 (605,5 kW) se concluye que actualmente la empresa FERTISA no tiene la obligación de instalar una subestación de 69 kV.

Sera necesario construir una Subestación eléctrica de 69 KV, que es el nivel de voltaje al cual la Empresa eléctrica da servicio cuando se supera el límite máximo permitido de Demanda. Además, como el crecimiento de demanda es mayor a la capacidad en transformadores existentes en planta será necesario instalar nuevos transformadores en los Centros de Carga donde se haya proyectado el crecimiento de la demanda.

La Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP Unidad de Negocio Guayaquil exigirá la instalación de la subestación cuando la demanda de la empresa Fertisa se incremente a valores superiores a 1.000 kW, lo cual se producirá cuando se incremente la carga por la sustitución de los generadores de emergencia por transformadores de distribución de 13.800/460 voltios para abastecer el consumo de energía eléctrica de contenedores refrigerados.

La carga máxima que Fertisa podrá incrementar es aproximadamente de 400 kW sin necesidad de hacer la inversión en una subestación de 69 kV.

Situación Futura: condiciones que deben ser consideradas cuando se instale la subestación de 69 KV; por consiguiente, la Nueva Regulación ARCONEL 001/15: El 18 de marzo del 2015 aprobó la regulación denominada “Punto de entrega y condiciones técnicas y financieras para la prestación del servicio público de energía eléctrica a consumidores del servicio eléctrico”. En esta regulación se define los nuevos esquemas de alimentación a las subestaciones de 69 kV desde las líneas de subtransmisión de las empresas distribuidoras.

El esquema que se muestra en la figura 4.8 es una derivación futura para la empresa FERTISA.

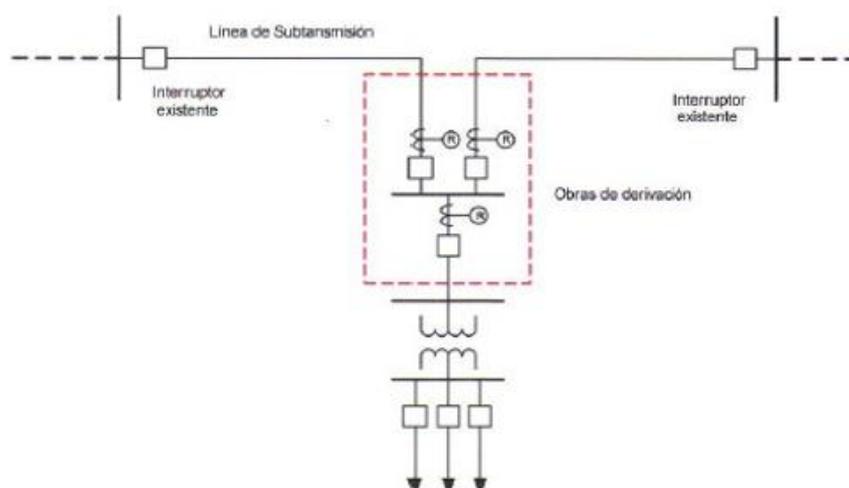


Figura 4. 8 Esquema de derivación para nuevo consumidor en puerto FERTISA
Fuente: El autor

4.9.3 Tomas para muelle FERTISA

Como en todo proyecto de diseño e implementación se debe realizar cálculos preliminares para que las dimensiones de los elementos sean estructurales y también eléctricos teniendo la capacidad necesaria para la protección de la acometida.

Se hace el cálculo para 80 tomas con tensión de 400 voltios, así también se puede proyectar a 100 tomas de energía. En la tabla 4.12 se muestra valores calculados

Tabla 4.9: Demanda Total con Incremento de Demanda 80 Tomas

SUBESTACION DE TRANSFORMADORES	KVA	SERVICIO	V _{AB}	V _{BC}	V _{CA}	I _A	I _B	I _C	FP	VOLTAJE PROMEDIO	CORRIENTE PROMEDIO
			V	V	V	AMPS	AMPS	AMPS		VOLT.	AMPS
3X167KVA Y-Δ 13200V-440V	501	PRODUCCION PLANTA	475	476	471	136	113	113	0,94	474	121
250KVA Δ-Y 13200V-220V	250	EDIF. RRHH - DISPENSARIO MEDICO	221	222	220	379	361	374	0,95	221	371
3X250KVA Y-Δ 13200V-440V	750	TERMINAL PORTUARIO	473	471	470	302	300	292	0,95	471	298
MONOFASICO 50KVA	50	ALUMBRADO PERIMETRAL NORTE	249	...	...	157	151	...	0,93	249	154
MONOFASICO 25KVA	25	ALUMBRADO HIGH MAST(MUELLE)	255	...	...	74	74	...	0,87	255	74

CALCULO DE LA DEMANDA DE FERTISA

SUBESTACION DE TRANSFORMADORES	KVA	SERVICIO	DISY.	CONDUCTOR	(KW)	FACTOR DE POTENCIA MEJORADO	KVA	PORCENTAJE DE LA DEMANDA MAXIMA DE LA PLANTA	RESERVA ACTUAL DEL TRAFIO
3X167KVA Y-Δ 13200V-440V	501	PRODUCCION PLANTA	3P-630A	3F#500MCM + N#350MCM	93	0,94	98,9	10,5%	19,74%
250KVA Δ-Y 13200V-220V	250	EDIF. RRHH - DISPENSARIO MEDICO	3P-800A	3(3F#350MCM)+	135	0,95	142,2	15,3%	56,86%
3X250KVA Y-Δ 13200V-440V	750	TERMINAL PORTUARIO	3P-600/1200	3(3F#500MCM)+	624	0,95	657,1	70,8%	87,62%
MONOFASICO 50KVA	50	ALUMBRADO PERIMETRAL NORTE	2P-150A	2F#2/0+ N#1/0+T#6	36	0,93	38,3	4,0%	76,68%
MONOFASICO 25KVA	25	ALUMBRADO HIGH MAST(MUELLE)	2P-125A	2F#1/0+ N#2+T#4	16	0,87	18,8	1,9%	75,15%

SUMA DEMANDAS PARCIALES EN BAJA TENSION	904 KW
FACTOR DE POTENCIA MEJORADO	0,94
DEMANDA EN KVA	962 KVA
FACTOR DE COINCIDENCIA	0,95
Perdidas en transformadores	23 KW
TOTAL DEMANDA KW	882 KW

Fuente: El autor

Los trafos correspondientes para 300 tomas en el área de Muelle (sector Sur Galpón Bananero) y 100 tomas eléctricas.

La Demanda de estos equipos se muestra en la tabla 4.13 y con detalles en el anexo 2

Tabla 4. 9 Demanda de energía de algunos tipos de contenedores*

Descripción	Consumos	Cantidad		%
Termoking	Entre 6 – 10 A	100	20	
Carrier cool	Entre 7 – 12 A	100	20	
Carrier Tipo 2	Entre 12-14 A	210	42	
High Efficient	Entre 3. 6 A	90	18	

***440 V TRIFÁSICO**

TIPO	VOLTAJE	AMPS PROM	K W	C ANT	TOTAL KW
TERMOKING	440	8	,16	10	609
CARRIEL COOL	440	9	,96	10	685
CARRIER TIPO 2	440	13	,99	21	2078
HIGH EFFICIENC	440	4	,03	90	274

SUMA DE POTENCIAS DE LAS 500 TOMAS 3646 K W

FACTOR DE COINCIDENCIA 0,6

DEMANDA	2187,7 K W
---------	------------

Fuente: El autor

4.10 Sistema de distribución a 13.800 Voltios

El sistema de distribución de 13.800 V que se derive de la subestación de 69 kV deberá constar de un interruptor principal y de un conjunto de celdas de media tensión que alimentarán a los diferentes transformadores de distribución de 460 y 220 voltios. Es importante planificar las nuevas inversiones en el sistema de distribución de 13.800 voltios de tal forma que se acoplen con la futura subestación de 69 kV, en caso de que sea necesario construirla por los incrementos de carga.

En la tabla 4.11 se propone costos de las tarifas en media y alta tensión.

Tabla 4. 10 Tarifas en Media y Alta Tensión

	Tarifa en Media Tensión 13.800 Voltios	Tarifa en Alta Tensión 69.000 Voltios
DEMANDA \$/Kw	4,003	3,93
ENERGIA 8H00- 18H00 \$/KW-H	0,072	0,066
ENERGIA 18H00- 22H00 \$/KW-H	0,084	0,077
ENERGIA 22H00- 8H00 \$/KW-H	0,058	0,057
ENERGIA 18H00- 22H00 SABADO, DOMINGO – FERIADO \$/KW-H	0,072	0,066

Fuente: El autor

La tabla 4.11 es una propuesta o referencia de la tarifa, un análisis costo vs. beneficios de esta propuesta de acometida 69KV para poner en funcionamiento 80 tomacorrientes trifásicos de 32 amperios, 480 voltios, para contenedores refrigerados agrupados en un rack de 5 pisos, a ubicarse junto a la subestación Terminal Portuario de la Planta FERTISA, se encuentra con más detalle en el anexo 3.

4.11 Descripción del trazado de línea de 69 Kv

El diseño de la acometida de 69 kV para la empresa FERTISA contará con los siguientes elementos:

- 11 Postes de Hormigón Armado,
- 66 Aisladores Poliméricos Tipo line post
- 1.416 Mtrs de conductor 477 ACSR.

En la tabla siguiente se muestra características generales del proyecto de acometida 69 kV.

Tabla 4. 11 Parámetros y características del proyecto

PARAMETROS	CARACTERISTICAS TECNICAS
Voltaje	69 KV
Numero de circuitos	2
Conductor	477 ACSR
Material del Conductor	Aleación de aluminio con acero ACSR
Cable de Guarda	OPGW 7,94 mm
Aislamiento	Cadena de aisladores Polimérico Tipo ANSI C29,11
Longitud	450 MTRS
Estructuras	Estructura Hormigón Armado

Fuente: El autor

Conductor

Se utilizará conductor de aluminio desnudo reforzado, diámetro de calibre 21.80 mm, composición de 26 cables de aluminio y 7 hilos de acero, con carga de rotura de 8.820 Kg.

Cable de Guarda

El cable de guarda utilizado en esta acometida será de fibra óptica OPGW de 7.94mm de espesor, longitudinalmente sellado contra agua, está compuesto por fibras ópticas para telecomunicaciones, protegidos por un revestimiento metálico que, a su vez, es envuelto por hilos metálicos

Aislamiento

Las estructuras implantadas en el diseño utilizaran aisladores con la norma Nema ANSI C29.11 ya que por sus características y el nivel de voltaje a utilizarse son los requeridos para que no existan fallas eléctricas en el circuito.

Estructura

Los postes que se usaran en la acometida eléctrica de 69 Kv para la empresa Fertisa, tienen orificios para sujetar mediante los pernos pasantes los elementos a utilizarse (aisladores poliméricos).

Los postes serán de hormigón armado con altura de 21 Mtrs y una carga de rotura de 2.400 Kg y cumplir a su totalidad las referencias, definiciones y requisitos de la

norma técnica ecuatoriana (NTE INEN 1965), para que el proyecto sea aprobado por la ARCONEL.

Longitud de Empotramiento

La longitud de empotramiento que se realizara a los postes de 21 Mtrs en el trayecto implantado en el plano de acometida eléctrica de 69 Kv se realizara con la siguiente formula:

$$L_1 = \frac{1}{10} L + 500 \text{ mm}$$

Dónde:

L1: Longitud de poste a ser enterrada

L: Longitud total del poste

$$L1: (0.1 * 21) + 500 \text{ mm}$$

$$L1: 2.6 \text{ Mtrs}$$

Realizada la fórmula, se tiene como resultado que la longitud de empotramiento en cada poste de la acometida eléctrica de 69 kV para la empresa FERTISA debe ser: 2.6 Mtrs.

Cálculo del número de Aisladores

Los siguientes datos son los que se deben considerar a la hora de calcular el número de aisladores a utilizarse en una línea de transmisión:

- Voltaje Nominal
- Altura sobre el nivel del mar
- Numero de estructuras
- Temperatura Ambiente
- Nivel cerámico
- Longitud de la línea de Transmisión
- Resistencia de puesta a tierra

Vanos de la línea 69 kV FERTISA

De acuerdo al levantamiento realizado y a la ubicación de estructuras implantadas en el diseño con la línea de 69 KV, resultan vanos para las rutas de la línea con un promedio de 41 metros por vano. Este vano promedio será presentado a la CNEL EP – Unidad de Negocio Guayaquil, EP de ubicar los postes cada 40 a 50 metros.

Apantallamiento de la línea 69 Kv

En vista de que ninguna de las estructuras o postes de hormigón armados a ser utilizadas no supera los 28 metros de altura en el diseño de la acometida de 69 Kv a la Empresa Fertisa y de acuerdo a las recomendaciones técnicas estándares, se utilizará un ángulo de apantallamiento que no supere los 35 grados.

Cálculo de tensión mecánica en línea de acometida 69 Kv

La fórmula utilizada para este cálculo de la tensión mecánica del circuito de acometida eléctrica para la empresa es:

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

Dónde:

T: Tensión de tendido (Kg/mm²)

C: Carga de ruptura del conductor (8842 (Kg))

F: Factor de seguridad (6)

S: Sección transversal del conductor

$$T = \frac{8842}{6 * 421.70} = 6.09 \text{ Kg} / \text{mm}^2$$

Cálculo de flechas en circuito de 69 Kv

La fórmula que se utilizará para calcular y diseñar las flechas que estarán en los postes de la acometida es:

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

Dónde:

Fr: Peso de conductor incluyendo factores de viento ($\text{Kg/m} \cdot \text{mm}^2$). (0.97699/241.7)

Lt: Longitud de vano (m)

T: Tensión de tendido (Kg/mm^2) = 6,09

Utilizando la fórmula que se expresó anteriormente y con los datos que se tiene y plasmado en el plano se procede a revisar las medidas de las flechas que estarán en los diferentes vanos de la acometida de 69 Kv para la empresa Fertisa. En la tabla 4.15 se puede ver al respecto.

Tabla 4. 12 Vanos y flechas entre postes

Numero Poste	Vano	Flecha
P1 - P2	15,67	0,10 Mtrs
P2 - P3	49,93	0,33 Mtrs
P3 - P4	47,23	0,31 Mtrs
P4 - P5	43,99	0,29 Mtrs
P5 - P6	14,71	0,97 Mtrs
P6 - P7	50	0,33 Mtrs
P7 - P8	50,66	0,34 Mtrs
P8 - P9	50,14	0,33 Mtrs
P9 - P10	49,99	0,33 Mtrs
P10 - P11	50,14	0,33 Mtrs
P11- PE	50	0,33 Mtrs

Fuente: El autor

CAPÍTULO V

PLANOS DEL DISEÑO DE LA ACOMETIDA 69 KV

5.1 Recorrido o ruta de acometida

Los siguientes planos eléctricos nos mostrarán la ruta, la ubicación de los vanos en la línea de 69 KV para la empresa Fertisa ubicada al sur de la ciudad de Guayaquil, estos tienen un promedio de 41m por vano.

Adicional se visualizará la ubicación puntual georeferenciada del proyecto, las vistas de estructuras de los elementos que sostienen la línea de transmisión la disposición de tableros, la estructura metálica y el diagrama unifilar, todos estos planos son parte del aporte al presente trabajo de titulación del diseño de una acometida aérea de 69 kv para la subestación de la planta FERTISA S.A, ubicada en la ciudad de Guayaquil.

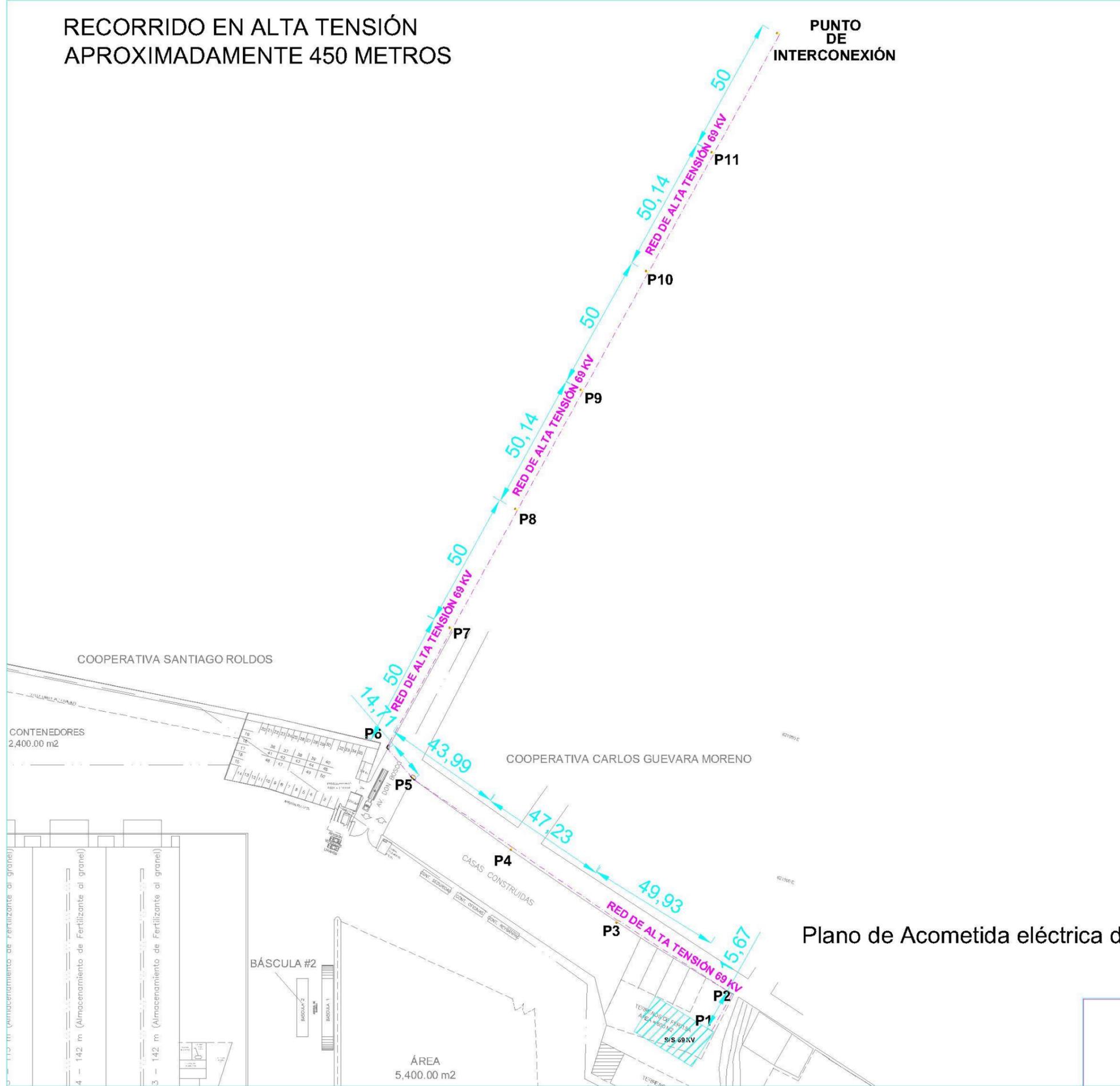
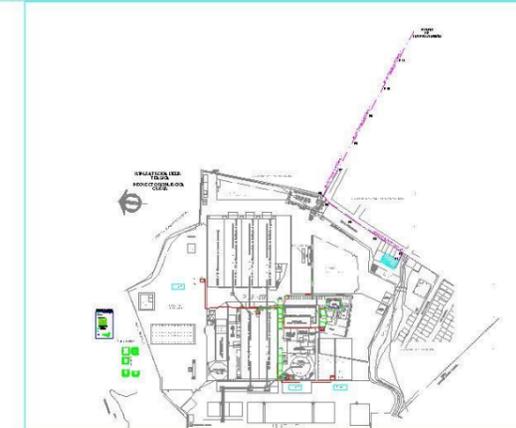
Los planos se encuentran ordenados de la siguiente manera:

- Plano de acometida 69 kV para Fertisa
- Plano de implantación general, esto muestra de manera georreferenciada la ubicación puntual del proyecto indicado.
- Plano de la ubicación de equipos en subestación eléctrica
- Planos eléctrico de la subestación eléctrica donde se encuentra la disposición de tableros
- Planos de la estructura metálica de subestación eléctrica de 69 kV

Figura 5. 1 Plano de acometida 69 kV para Fertisa

RECORRIDO EN ALTA TENSIÓN
APROXIMADAMENTE 450 METROS

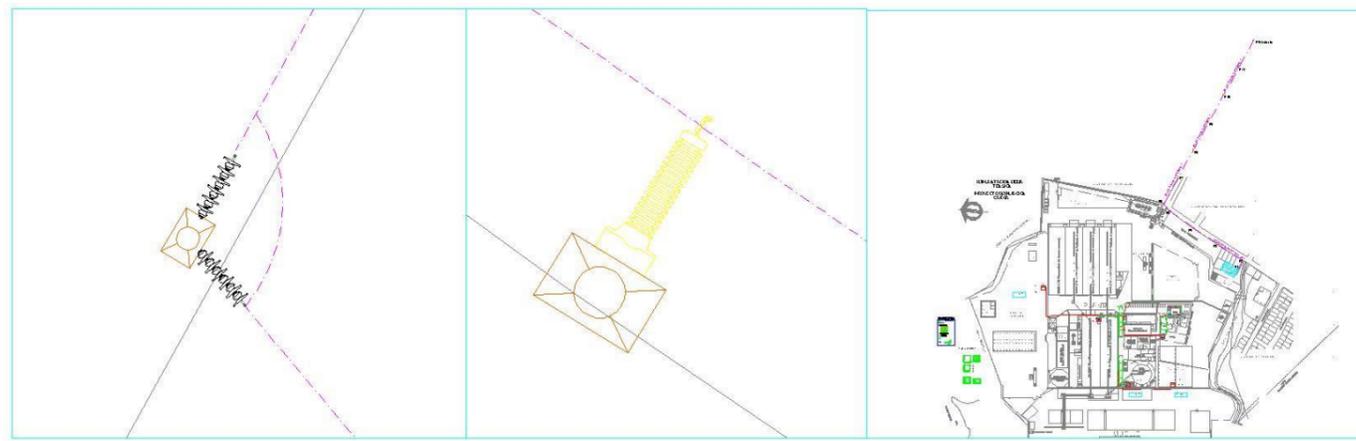
PUNTO DE INTERCONEXIÓN



Plano de Acometida eléctrica de 69 Kv

<p>fertisa FERTILIZANTES TERMINALES I SERVICIOS S.A</p>	<p>DISEÑADO POR: CARLOS LEMA</p>
--	---

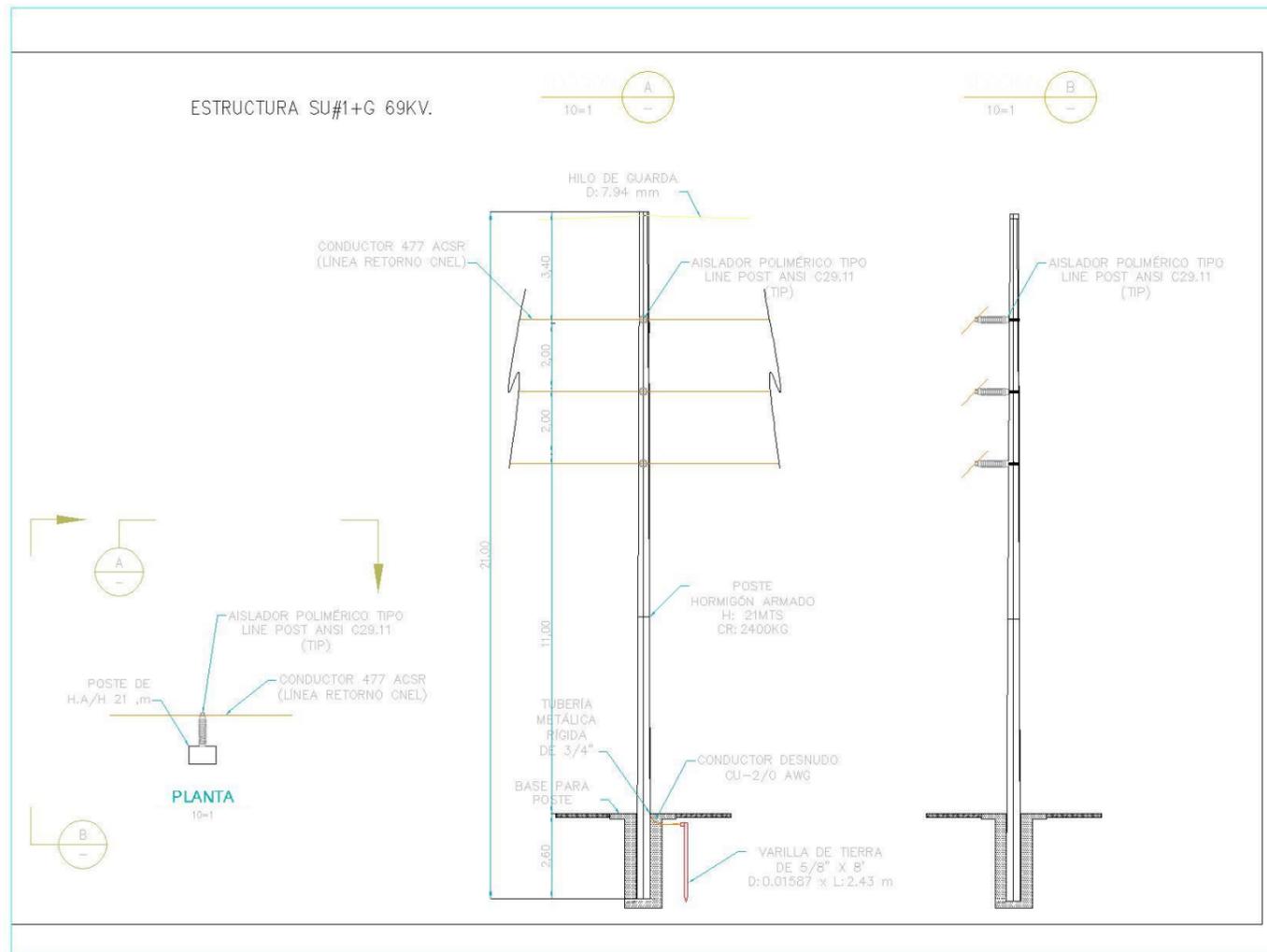
Figura 5. 2 Vistas de estructuras y detalle de poste



VISTA DE ESTRUCTURA
AU#1 69KV

VISTA DE ESTRUCTURA
SU#1 69KV
VER DETALLE 1

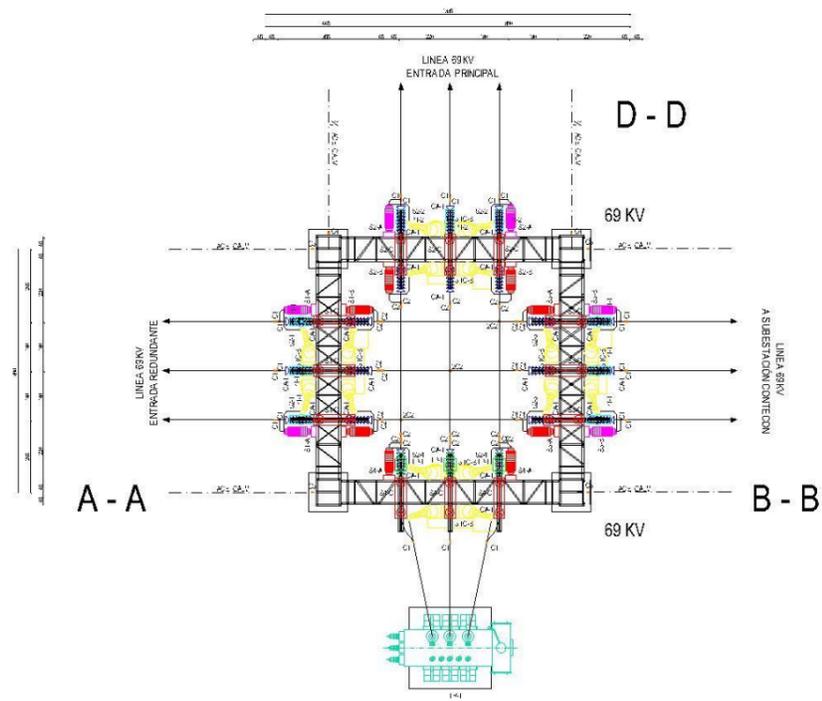
IMPLANTACIÓN
GENERAL



DETALLE DE POSTE Y ESTRUCTURA 69 KV

<p>fertisa FERTILIZANTES TERMINALES I SERVICIOS SA</p>	<p>DISEÑADO POR: CARLOS LEMA</p>
---	---

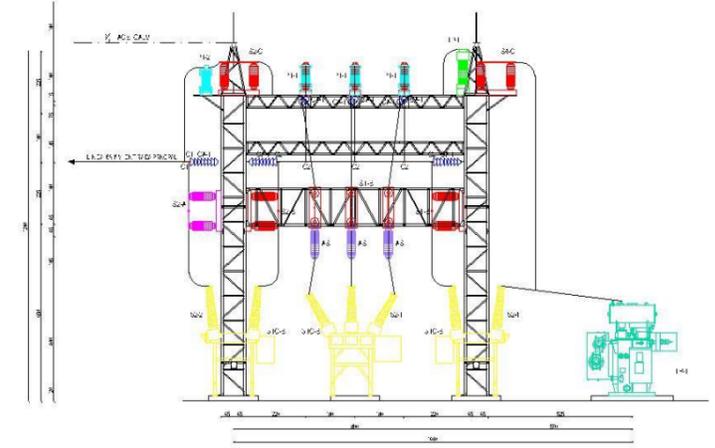
Figura 5. 3 Ubicación de equipos en subestación eléctrica



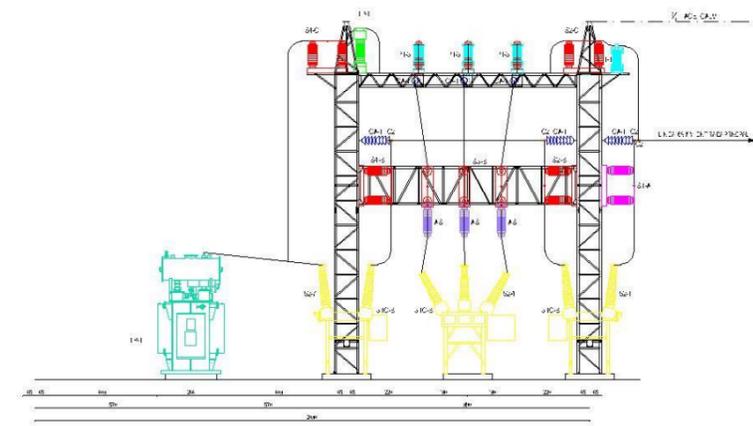
C - C
PLANTA

- LEYENDA:**
- CA1 CADENA DE AISIADORES PARA 69 KV
 - C1 CONECTOR "T" 477 MCM A CSR A 477 MCM AA
 - C2 CONECTOR "T" 477 MCM AA A 477 MCM AA
 - C3 GRAPA DE RETENCION PARA HILDE DE GUARDA,
 - C4 GRAPA DE RANURAS PARA LEJAS PARA CABLE A.C. GALV.
 - S2 - N INTERRUPTOR AUTOMATICO N°
 - TR - 1 TRANSFORMADOR DE POTENCIA
 - P1 - N PARARRAYOS CLASE 69 KV
 - TP1 TRANSFORMADORES DE POTENCIA L4025-0116 KV
 - S - NR SECCIONADOR TRIPOLAR 69 KV No. CONDUCTILAS A TIERRA
 - S - NB SECCIONADOR TRIPOLAR 69KV No.
 - S - NC SECCIONADOR TRIPOLAR 69KV No. DE BYPASS

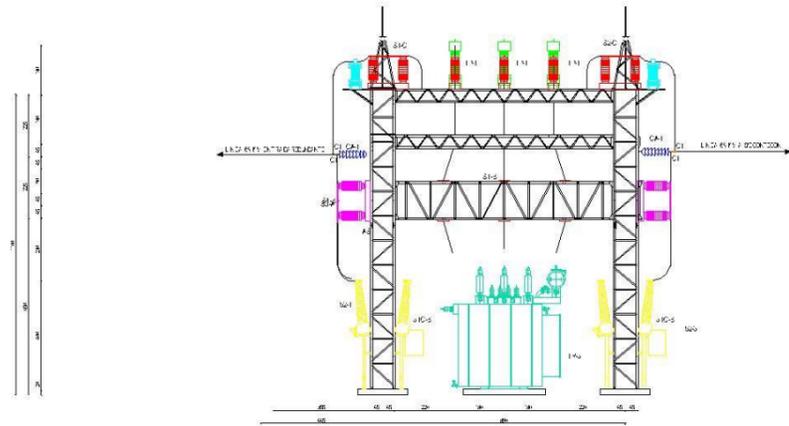
NOTAS:
1.- DIMENSIONES EN CENTIMETROS



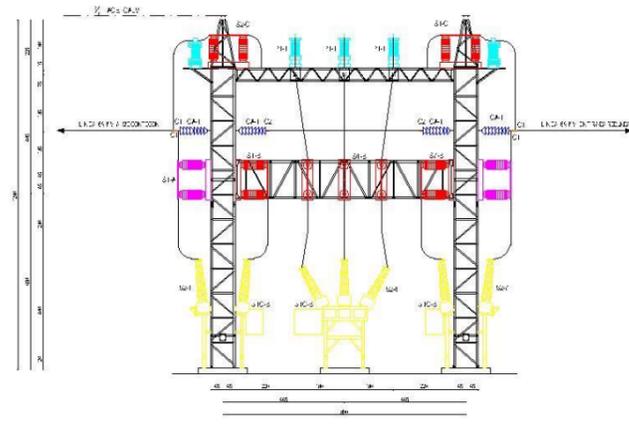
SECCION A - A



SECCION B - B



SECCION C - C

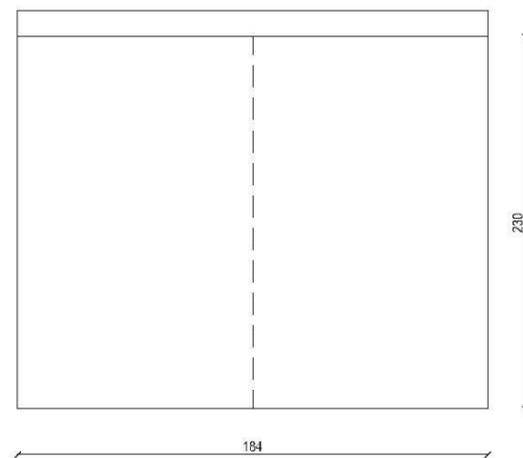
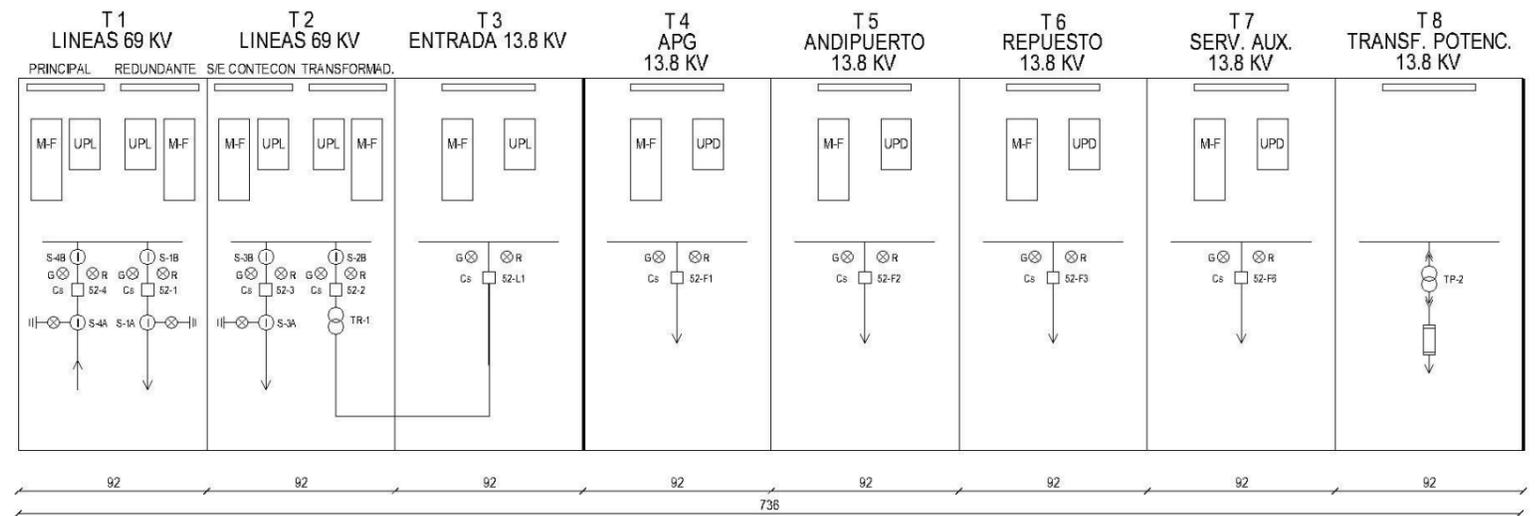


SECCION D - D

<p>FERTILIZANTES TERMINALES I SERVICIOS S.A.</p>	DISEÑADO POR:	<p>CARLOS LEMA</p>	ESCALA	1:800
			FECHA	SEPTIEMBRE /2017
			LÁMINA	1/1

Figura 5. 4 Disposición de Tableros

TABLEROS DE 13.8 KV Y DE CONTROL PATIO 69 KV VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

LEYENDA:

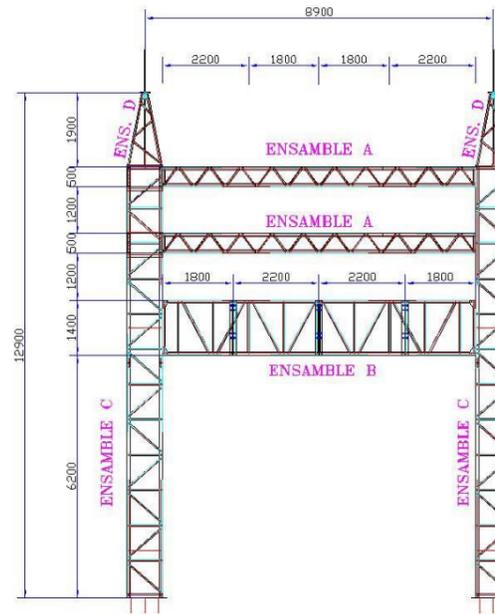
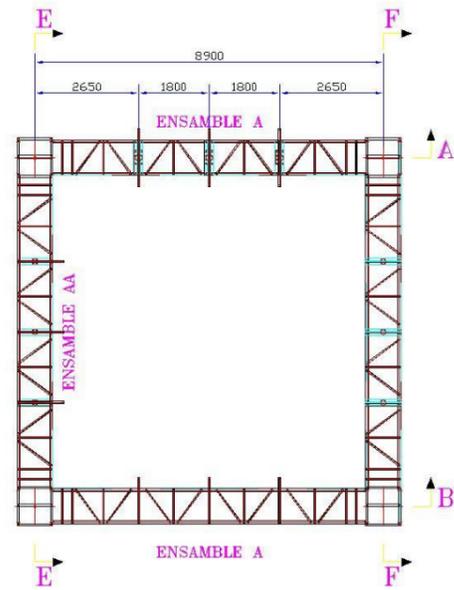
- | | |
|--------|---------------------------------------|
| M - F | MEDIDOR MULTIFUNCIONAL |
| Cs | COMANDO Y SEÑALIZACION INTERRUPTOR |
| G - R | SEÑALIZACION (ABIERTO - CERRADO) |
| Ⓢ | SEÑALIZACION SECCIONADOR |
| TP - 2 | TRANSFORMADOR DE POTENCIA |
| TR | TRANSFORMADOR DE POTENCIA |
| UPL | UNIDAD DE PROTECCION DE LINEA |
| UPT | UNIDAD DE PROTECCION DE TRANSFORMADOR |
| UPD | UNIDAD DE PROTECCION DE DISTRIBUCION |

NOTA:

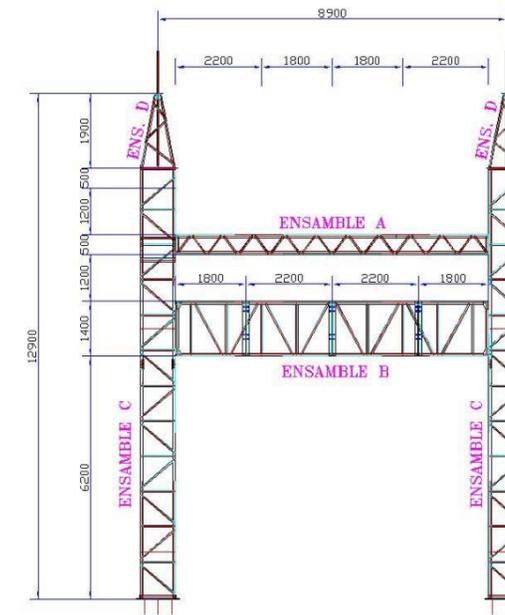
DIMENSIONES DADAS EN CENTIMETROS

	fertisa <small>FERTILIZANTES TERMINALES I SERVICIOS S.A.</small>	DISEÑADO POR: CARLOS LEMA	<small>ESCALA 1:800</small> <small>FECHA SEPTIEMBRE /2017</small> <small>LAMINA 1/1</small>
--	--	-------------------------------------	---

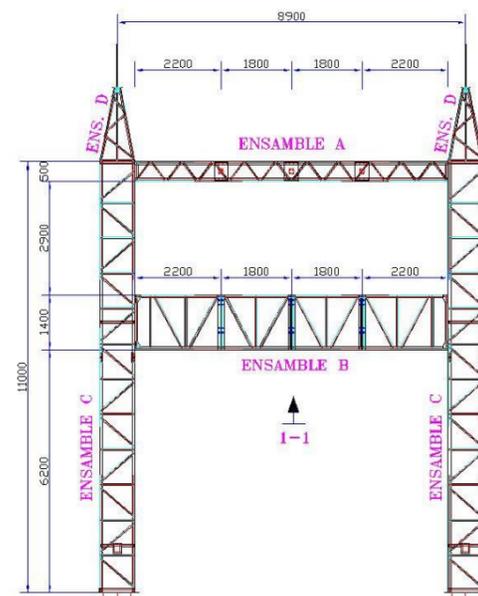
Figura 5. 5 Estructura metálica de subestación eléctrica de 69 kV



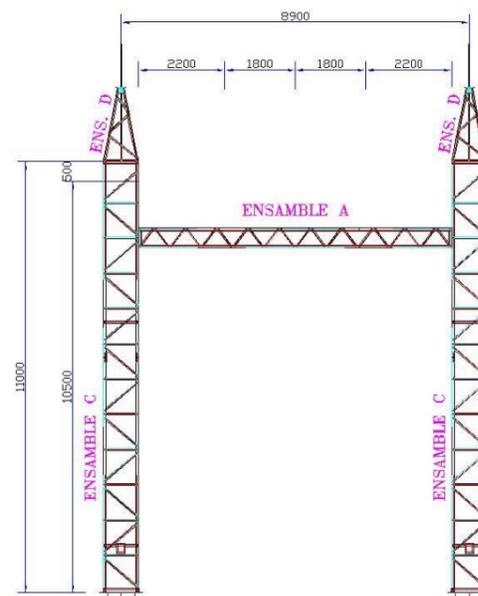
SECCION A-A



SECCION B-B



SECCION E-E

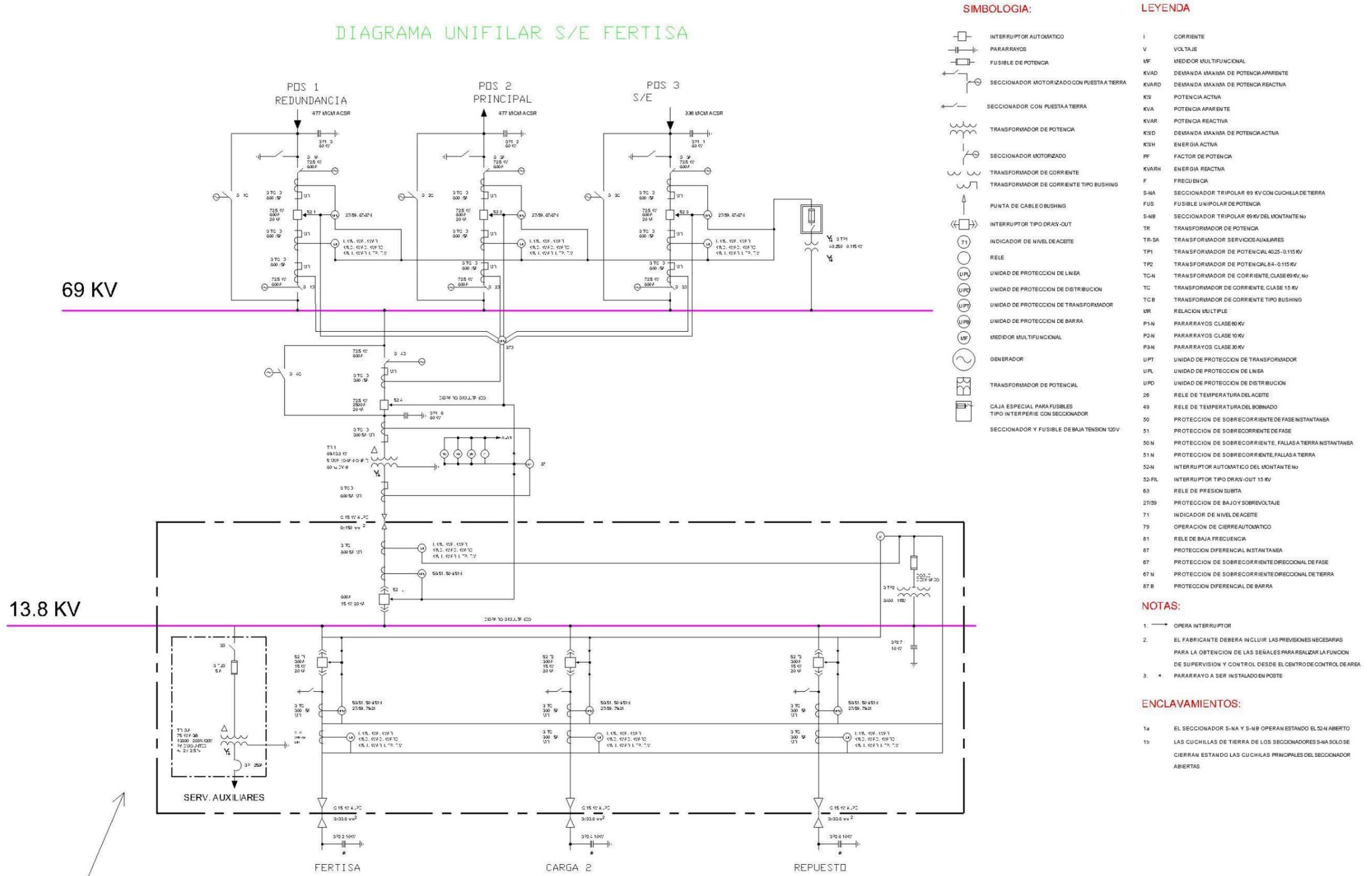


SECCION F-F

	fertisa <small>FERTILIZANTES TERMINALES Y SERVICIOS S.A.</small>	DISEÑADO POR:	CARLOS LEMA	ESCALA	1:800
		FECHA:		SEPTIEMBRE /2017	
		LÁMINA:		1/1	

Figura 5. 6. Diagrama unifilar detallado

DIAGRAMA UNIFILAR S/E FERTISA



69 KV

13.8 KV

CABINAS DE MEDIA TENSION
TIPO INTERIOR 13800 V EN
CUARTO DE CONTROL

SIMBOLOGIA:

- INTERRUPTOR AUTOMÁTICO
- PARARRAYOS
- FUSIBLE DE POTENCIA
- SECCIONADOR MOTORIZADO CON PUESTA A TIERRA
- SECCIONADOR CON PUESTA A TIERRA
- TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- SECCIONADOR MOTORIZADO
- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
- TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO BUSHING
- PUNTA DE CABLE BUSHING
- INTERRUPTOR TIPO DRAW-OUT
- INDICADOR DE NIVEL DE ACEITE
- RELE
- UNIDAD DE PROTECCION DE LINEA
- UNIDAD DE PROTECCION DE DISTRIBUCION
- UNIDAD DE PROTECCION DE TRANSFORMADOR
- UNIDAD DE PROTECCION DE BARRA
- MEDIDOR MULTIFUNCIONAL
- GENERADOR
- TRANSFORMADOR DE POTENCIAL
- CAJA ESPECIAL PARA FUSIBLES TIPO INTERPERIE CON SECCIONADOR
- SECCIONADOR Y FUSIBLE DE BAJA TENSION 120V

LEYENDA

- I CORRIENTE
- V VOLTAJE
- MF MEDIDOR MULTIFUNCIONAL
- KVAD DEMANDA MAXIMA DE POTENCIA APARENTE
- KVARO DEMANDA MAXIMA DE POTENCIA REACTIVA
- KV POTENCIA ACTIVA
- KVA POTENCIA APARENTE
- KVAR POTENCIA REACTIVA
- KVD DEMANDA MAXIMA DE POTENCIA ACTIVA
- KVH ENERGIA ACTIVA
- PF FACTOR DE POTENCIA
- KVARH ENERGIA REACTIVA
- F FRECUENCIA
- S-NA SECCIONADOR TRIPOLAR 69 KV CON CUCHILLA DE TIERRA
- FUS FUSIBLE UNIPOLAR DE POTENCIA
- S-NB SECCIONADOR TRIPOLAR 69 KV DEL MONTANTE No
- TR TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- TR-SA TRANSFORMADOR SERVICIOS AUXILIARES
- TP1 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 4025-0.115 KV
- TP2 TRANSFORMADOR DE POTENCIAL 84-0.115 KV
- TC-N TRANSFORMADOR DE CORRIENTE CLASE 69 KV, No
- TC TRANSFORMADOR DE CORRIENTE CLASE 15 KV
- TC-B TRANSFORMADOR DE CORRIENTE TIPO BUSHING
- MR RELACION MULTIPLE
- P1-N PARARRAYOS CLASE 60 KV
- P2-N PARARRAYOS CLASE 10 KV
- P3-N PARARRAYOS CLASE 30 KV
- UPT UNIDAD DE PROTECCION DE TRANSFORMADOR
- UPL UNIDAD DE PROTECCION DE LINEA
- UPD UNIDAD DE PROTECCION DE DISTRIBUCION
- 26 RELE DE TEMPERATURA DEL ACEITE
- 49 RELE DE TEMPERATURA DEL BORNADO
- 50 PROTECCION DE SOBRECORRIENTE DE FASE INSTANTANEA
- 51 PROTECCION DE SOBRECORRIENTE DE FASE
- 50-N PROTECCION DE SOBRECORRIENTE, FALLAS A TIERRA INSTANTANEA
- 51-N PROTECCION DE SOBRECORRIENTE, FALLAS A TIERRA
- 52-N INTERRUPTOR AUTOMATICO DEL MONTANTE No
- 52-FL INTERRUPTOR TIPO DRAW-OUT 15 KV
- 63 RELE DE PRESION SUBITA
- 27/59 PROTECCION DE BAJA Y SOBREVOLTAJE
- 71 INDICADOR DE NIVEL DE ACEITE
- 79 OPERACION DE CIERRE AUTOMATICO
- 81 RELE DE BAJA FRECUENCIA
- 87 PROTECCION DIFERENCIAL INSTANTANEA
- 87 PROTECCION DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL DE FASE
- 87-N PROTECCION DE SOBRECORRIENTE DIRECCIONAL DE TIERRA
- 87-B PROTECCION DIFERENCIAL DE BARRA

NOTAS:

1. → OPERA INTERRUPTOR
2. EL FABRICANTE DEBERA INCLUIR LAS PREVISIONES NECESARIAS PARA LA OBTENCION DE LAS SEÑALES PARA REALIZAR LA FUNCION DE SUPERVISION Y CONTROL DESDE EL CENTRO DE CONTROL DE CARGA
3. * PARARRAYO A SER INSTALADO EN POSTE

ENCLAVAMIENTOS:

- 1# EL SECCIONADOR S-NA Y S-NB OPERAN ESTANDO EL S-N ABIERTO
- 1# LAS CUCHILLAS DE TIERRA DE LOS SECCIONADORES S-NA SOLO SE CIERRAN ESTANDO LAS CUCHILLAS PRINCIPALES DEL SECCIONADOR ABIERTAS

 FERTILIZANTES TERMINALES Y SERVICIOS S.A.	DISEÑADO POR: CARLOS LEMA	ESCALA 1:800
FECHA SEPTIEMBRE /2017		LAMINA 1/1

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Actualmente la empresa FERTISA posee una demanda máxima de energía eléctrica que está dentro de los rangos de suministro a 13.800 voltios y está proyectado a mediano plazo una subestación de 69 kV.

Para instalar una subestación de 69 kV en Fertisa es importante determinar la ubicación del terreno y tomar en consideración el área necesaria de acuerdo a la nueva regulación del ARCONEL. Área requerida 22 x 20 metros.

Si en la subestación se instalan más de un transformador de potencia, estos deben estar colocados en sus bahías correspondientes y separadas por una bahía en la cual se coloca el interruptor de transferencia.

El sistema de puesta a tierra sea de forma directa, sin fusible ni alguna protección, entre varios elementos o segmentos de una instalación eléctrica permiten 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.

Una ventaja de tener una subestación de 69 kV es la mayor confiabilidad ya que el suministro de energía eléctrica a nivel de 69 kV presenta menos interrupciones del servicio.

El valor de la energía eléctrica al nivel de voltaje de 69 kV es menor que el valor de la energía eléctrica a nivel de 13.800 voltios.

El análisis costo vs. beneficio marca que el costo Kw-Hora en la toma es de 1,95. Si se toma en cuenta un mes (30 días) y 20 horas de consumo conectando 100 contenedores, se obtendría 1.999,93 diarios y anual la recaudación alcanzaría 597.280 dólares.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda tener en cuenta, los siguientes:

Instalar sistema de tierras.

Cambiar breakers para coordinar protecciones y permitir uso de total capacidad instalada.

Instalar pararrayo en la planta.

Arreglo de calibres de conductores según capacidad de servicio y caída de voltaje

Arreglo de canalizaciones y ductería de conductores.

Arreglo de cuartos de transformadores.

Instalación de supresores de pico en los tableros principales.

Incorporación de sistemas de desconexión automática para protección y ahorro de energía.

Incorporación de iluminación led.

Cambiar redes aéreas por subterráneas para distribución en media tensión.

Anexos

Anexo 4.1
Demanda total de la empresa Fertisa

SUBESTACION DE TRANSFORMADORES	KVA	SERVICIO	V _{AB}	V _{BC}	V _{CA}	I _A	I _B	I _C	FP	VOLTAJE PROMEDIO	CORRIENTE PROMEDIO
			V	V	V	AMPS	AMPS	AMPS		VOLT.	AMPS
3X167KVA Y-Δ 13200V-440V	501	PRODUCCION PLANTA	475	476	471	136	113	113	0,94	474	121
250KVA Δ-Y 13200V-220V	250	EDIF. RRHH - DISPENSARIO MEDICO	221	222	220	379	361	374	0,95	221	371
3X250KVA Y-Δ 13200V-440V	750	TERMINAL PORTUARIO	473	471	470	302	300	292	0,95	471	298
MONOFASICO 50KVA	50	ALUMBRADO PERIMETRAL NORTE	249	...	...	157	151	...	0,93	249	154
MONOFASICO 25KVA	25	ALUMBRADO HIGH MAST(MUELLE)	255	...	...	74	74	...	0,87	255	74

SUBESTACION DE TRANSFORMADORES	KVA	SERVICIO	DISY.	CONDUCTOR	(KW)	FACTOR DE POTENCIA MEJORADO	KVA	PORCENTAJE DE LA DEMANDA MAXIMA DE LA PLANTA	USO ACTUAL DEL TRAFIO	A utilizar trafo
3X167KVA Y-Δ 13200V-440V	501	PRODUCCION PLANTA	3P-630A	3F#500MCM + N#350MCM	93	0,94	98,9	18,3 %	19,74%	80,26 %
250KVA Δ-Y 13200V-220V	250	EDIF. RRHH - DISPENSARIO MEDICO	3P-800A	3(3F#350MCM) + N#350MCM +T#4/0	135	0,95	142,2	26,6 %	56,86%	43,14 %

3X250KVA Y-Δ 13200V-440V	750	TERMINAL PORTUARIO	3P-600/1200	3(3F#500MCM) + N#350MCM	231	0,95	243,1	45,4%	32,41%	67,59%
MONOFASICO 50KVA	50	ALUMBRADO PERIMETRAL NORTE	2P-150A	2F#2/0+ N#1/0+T#6	36	0,93	38,3	7,0%	76,68%	23,32%
MONOFASICO 25KVA	25	ALUMBRADO HIGH MAST(MUELLE)	2P-125A	2F#1/0+ N#2+T#4	16	0,87	18,8	3,2%	75,15%	24,85%

SUMA DEMANDAS PARCIALES EN BAJA TENSION	511	KW
FACTOR DE POTENCIA MEJORADO	0,94	
DEMANDA EN KVA	544	KVA
FACTOR DE COINCIDENCIA	0,95	
Perdidas en transformadores	23	KW
TOTAL DEMANDA KW	508	KW

capacidad	1576,0	KVA	1497	KW
demandas	544	KVA	516	KW
reserva	1.032,4	KVA	980,8	KW

Anexo 4.2

Proyección de crecimiento del terminal portuario es instalar 500 tomas para contenedores refrigerados

Descripción	Consumos	Cantidad	%
Termoking	Entre 6 – 10 A	100	20
Carrier cool	Entre 7 – 12 A	100	20
Carrier Tipo 2	Entre 12-14 A	210	42
High Efficient	Entre 3. 6 A	90	18

440V TRIFÁSICO

TIPO	VOLTAJE	AMPS PROM	KW	CANT	TOTAL KW
TERMOKING	440	8	6,1	100	609
CARRIEL COOL	440	9	6,9	100	685
CARRIER TIPO 2	440	13	9,9	210	2078
HIGH EFFICIENC	440	4	3,0	90	274

SUMA DE POTENCIAS DE LAS

500 TOMAS

3646 KW

FACTOR DE COINCIDENCIA

0,6

Refrigeración

No todas funcionan a la vez

DEMANDA

2187,7 KW

Largo plazo

20% 400 KW

Para utilizar antes de subestación

Anexo 4.3

Levantamiento de demanda eléctrica en empresa Fertisa

Tabla de Demanda Área Administrativa

TRAFO 250 KVA 220/127 V

PANEL	CENTRO DE CARGA	CENTRO DE CARGA	DEMAND	DISJUNTO	FASE	VOLTAJ	AMPERIO	FP
TDP	TABLERO DISTRIBUCION AREA ADMINISTRATIVA VOLTAJE: 220 V REGISTRO DE POTENCIA 134 KW AMPS PROMEDIO POR FASE 371 A FACTOR DE POTENCIA 0,94	ALUMBRADO PERIMETRAL SUR	20,00	400A-2P	BC	220		
		PLANIFICACION Y LOGISTICA	9,31	100A-2P	BC	220	45	0,94
		CENTRALES AACC RRHH	4,65	100A-2P	BC	220	22,5	0,94
		COMEDOR	13,49	70A-3P	ABC	220	37,7	0,94
		PATIO SUR CONTAINERS	3,52	100A-3P	AC	220	17	0,94
		RECURSOS HUMANOS	6,93	100A-2P	AB	220	33,5	0,94
		FRIGORIFICO	0,00	70A-2P	BC	220	0	
		EXTRACTOR TABLERO	0,00	20A-2P		220		
		TABLERO	17,00	225A-2P	AC	220		
		TABLERO	31,00	225A-2P	AB	220		
		SOLDADORA	7,92	100A-2P	AC	220	40	0,9
		REYBANPAC	0,00	100A-2P		220	0	
		TABLERO BASCULA	11,79	100A-2P	BC	220	57	0,94
TABLERO GARITA	15,00	125A-2P	AB	220				

	TABLERO OFICINA CONTAINERS	7,00	200A-2P	BC	220		
	OFICINA TRANSPORTE	2,90	60A-2P	BC	220	14	0,94
	GALPON BANANERO	25,00	200A-3P	ABC	220		
	UPS ADMINISTRACION	5,85	TRANSF		220	28	0,95
TOTAL		181	1000A-3P		220		

DEMANDA	181,3	KW
FACTOR DE COINC.	0,75	
DEMANDA COINC.	136	KW
FACT. POTENC.	0,94	
DEMANDA COINC.	144,7	KVA

Tabla de Demanda Planta Producción

TRAFO 3X167 KVA 480/240 V

PANEL	CENTRO DE CARGA	CENTRO DE CARGA	DEMANDA KW	DISJUNTOR	FASE	VOLTAJE	AMPERIOS	FP	
TD2	TABLERO DISTRIBUCION PLANTA VOLTAJE: 470 V REGISTRO DE POTENCIA 87 KW AMPS PROMEDIO POR FASE 115 A FACTOR DE POTENCIA 0,94	BCO. TRANSF. 3X25 KVA	20,30	160A-3P	ABC	240	90	0,94	
		BOMBA DE AGUA	0,00	30A-3P	ABC	480	0	0,94	
		BOMBA CONTRA INCENDIO	0,00	70A-3P	ABC	480	0	0,94	
		TRANSP. FERT. SUR TF- 09S	0,00	150A-3P	ABC	480	0	0,94	
		BCO. CAPACITORES 172,4 KVAR 480V		250A-3P	ABC				
		BULK BLENDING	50,00	150A-3P	ABC	480			

	SACKETT#1	0,00	100A-3P	ABC	480	0	0,94
	SACKETT#2	7,00	200A-3P	ABC			
	TD11	20,29		ABC	480	26	0,94
		98	630A-3P				

DEMANDA	97,6	KW
FACTOR DE COINC.	0,90	
DEMANDA COINC.	88	KW
FACT. POTENC.	0,94	
DEMANDA COINC.	93,4	KVA

Tabla de Demanda Terminal Portuario

PANEL	CENTRO DE CARGA	CENTRO DE CARGA	DEMANDA AR	DISJUNTO	FASE	VOLTAJE	AMPERIOS
TABLERO DISTRIBUCION TERMINAL PORTUARIO VOLTAJE: 470 V REGISTRO DE POTENCIA 231 KW AMPS PROMEDIO POR FASE 300 A FACTOR DE POTENCIA 0,94	TRANSF. 15 KVA		0	30A-2P		480	0
	TOMAC. 440V SOLDADURA NECTAR		0	50A-3P	ABC	480	0
	BCO. TOMAC. SUR		35	200A-3P	ABC	480	0
	BCO. TOMAC PUNTA NORTE		35	200A-3P	ABC	480	
	BCO. TOMAC. NORTE		35	250A-3P	ABC	480	0
	TALLERES		54	250A-3P	ABC	480	
	TABLERO BIN NORTE		14	315A-3P	ABC	480	
	TABLERO DISTRBUACION SUR		26	500A-3P		480	
	TABLERO BIN SUR		39	500A-3P		480	
	TRANSF. 3X10 KVA		0	50A-3P	ABC	480	5,8

TRAFO 3X250 KVA 480/240 V

DEMANDA	238,0	KW
FACTOR DE COINC.	0,95	
DEMANDA COINC.	226	KW
FACT. POTENC.	0,94	
DEMANDA COINC.	240,5	KVA

VALOR MEDIDO

VALOR ESTIMADO

Tabla de Demanda Alumbrado Perimetral Norte

TRAFO 50KVA 240-120 V

PANEL	CENTRO DE CARGA	DEMANDA KW	DISJUNTO	FASE	VOLTAJE	AMPERIOS	FP
TDP		36,00	2P-150	AB	240	157	0,93
	TOTAL KW 36						

Tabla de Demanda Alumbrado High Mast Muelle

PANEL	CENTRO DE CARGA	DEMANDA K W	DISJUNTO	FASE	VOLTAJE	AMPERIOS	FP
TDP		16,00		AB	240	74	0,87
	TOTAL KW	16					

Nota: El Sistema eléctrico de FERTISA comprende en la actualidad las siguientes partes:

A.- ACOMETIDA DE EMPRESA ELECTRICA Y MEDIDOR DE ENERGIA EN MEDIA TENSION

B- REDES AEREAS DE DISTRIBUCION EN MEDIA TENSION

C.- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION POR AREA

RECURSOS HUMANOS / ADMINISTRACION: TRIFASICO 250 KVA 13.8 KV 220-127 VOLTIOS

PLANTA DE PRODUCCION: 3X167 KVA (500 KVA) 13.8 KV 480-240 VOLTIOS

TERMINAL PORTUARIO: 3X250 KVA (750 KVA) 13.8 KV 480-240 VOLTIOS

ALUMBRADO PERIMETRAL NORTE: 1F 50 KVA 7960/240-120 V

ALUMBRADO HIGH MAST MUELLE: 1F 25 KVA 7960/240-120 V

D.- TABLEROS PRINCIPALES DE DISTRIBUCION Y TRANSFERENCIA DE CARGA.

E.- ALIMENTADORES Y SUBALIMENTADORES A CENTROS DE DISTRIBUCION D.- CIRCUITOS Y EQUIPOS DE CONSUMO.

Anexo 6.1
Análisis costo-beneficio

200 CONTENEDORES				
Kw	Contenedor			
9,9	200	1980	Kw	
FACTURA FUTURA				
Demanda(Kw)	Factor			Usd/mes
1980	5,2			\$ 10.296,00
días	hr/día	Demanda	Usd/Kw-hr	
30	10	1980	0,075	\$ 44.550,00
30	4	1980	0,088	\$ 20.908,80
30	10	1980	0,064	\$ 38.016,00
				\$ 113.770,80
Usd/mes	Factor coincidencia			
\$ 113.770,80	0,6			\$ 68.262,48
Impuestos 14 %	\$ 9.556,75			\$ 77.819,23
100 CONTENEDORES				
Kw	Contenedor			
9,9	100	990	Kw	
FACTURA FUTURA				
Demanda(Kw)	Factor			Usd/mes
990	5,2			\$ 5.148,00
días	hr/día	Demanda	Usd/Kw-hr	
30	10	990	0,075	\$ 22.275,00
30	4	990	0,088	\$ 10.454,40
30	10	990	0,064	\$ 19.008,00
				\$ 56.885,40
Usd/mes	Factor coincidencia			
\$ 56.885,40	0,6			\$ 34.131,24
Impuestos 14 %	\$ 4.778,37			\$ 38.909,61
15 CONTENEDORES (Factura Actual)				
Kw	Contenedor			
9,9	15	148,5	Kw	
FACTURA				
Demanda(Kw)	Factor			Usd/mes
148,5	5,2			\$ 772,20
días	hr/día	Demanda	Usd/Kw-hr	
30	10	148,5	0,075	\$ 3.341,25
30	4	148,5	0,088	\$ 1.568,16
30	10	148,5	0,064	\$ 2.851,20
				\$ 8.532,81
Usd/mes	Factor coincidencia			
\$ 8.532,81	0,6			\$ 5.119,69
Impuestos 14 %	\$ 716,76			\$ 5.836,44

CONTENEDOR POR HORA					
Kw	Tarifa				Usd/hora
9,9	0,088				0,8712
		Factor	Días	Horas	
10		5	30	20	0,0833
					0,9545
Costo Actual		1,95 Kw/hr/toma		Power pack	
% Bruto		0,9955			
200 CONTENEDORES					
Contenedor	Horas	% Bruto	Días		Usd/día
200	20	0,9955			3981,87
					Usd /año
					\$ 1.194.560,00
3981,87			300		
100 CONTENEDORES					
Contenedor	Horas	% Bruto	Días		Usd/día
100	20	0,9955			1990,93
					Usd /año
					\$ 597.280,00
1990,93			300		
15 CONTENEDORES					
Actual					
Contenedor	Horas	% Bruto	Días		Usd/día
15	20	0,9955			298,64
					Usd /año
					\$ 89.592,00
298,64			300		
Inversiones					
		Mayor	a 1000 KW	consumo	
		\$ 600.000,00		Subestación	
		\$ 140.000,00		Cableado	
		\$ 740.000,00			
		Ingresos	Costos	Diferencia	
200 Contenedores	\$ 1.194.560,00	\$ 933.830,73	\$ 260.729,27		
100 Contenedores	\$ 597.280,00	\$ 466.915,36	\$ 130.364,64		
15 Contenedores	\$ 89.592,00	\$ 70.037,30	\$ 19.554,70		

Bibliografía

- Arévalo, M. (2017). *Diseño de proyecto eléctrico para acometida de*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/7735>
- Atencio, K., & Palacio, I. (2008). *ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES DE ALTA Y EXTRA ALTA TENSIÓN*. Obtenido de UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR. FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRÓNICA ÁREA DE SUBESTACIONES.
- CELEC. (2015). *Corporación Eléctrica del Ecuador*. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/termopichincha/index.php/noticias/312-ecuador-exportara-energia-a-colombia>
- CNEL-EP. (2016). *CONSTRUCCIÓN DE TRAMO DE LINEA DE SUBTRANSMISION ENTRE ELECTROQUIL Y SALITRAL*. Obtenido de Especificaciones técnicas: <https://www.cnelep.gob.ec/wp-content/uploads/2016/04/ESPECIFICACIONES-TECNICAS-2-1.pdf>
- González, F. (2007). *Elementos de Líneas de Transmisión Aéreas*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Gonzalez-Longatt/publication/296282681_Capitulo_1_Elementos_de_Lineas_de_Transmision_Aereas/links/56d3ffe508ae4d8d64a85e88/Capitulo-1-Elementos-de-Lineas-de-Transmision-Aereas.pdf
- GRANTEL LTDA. (2015). Obtenido de <http://grantelequipamentos.com.br/es/?gclid=CPnJk9e9hNYCFU5bhgod34AGgg>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de investigación*. México: Mc Graw Hill.
- IEEC-UNED. (2013). *Transporte y distribución de energía Eléctrica*. Obtenido de http://www.ieec.uned.es/Web_docencia/Archivos/material/Adenda%20Transporte%20y%20distribuci%C3%B3n%202012,%202013.pdf

- Jiménez, O., & Cantú, V. (2006). *Líneas de Transmision y Distribucion de energía eléctrica*. Obtenido de <http://www.fime.uanl.mx/~omeza/pro/LTD/LTD.pdf>
- López, S. (2017). *Tensiones mecánicas en un conductor tendido*. Obtenido de <https://docgo.org/trabajo-transmision>
- Martínez, J. (2008). *Coordinación de Aislamiento en Redes Eléctricas de Alta Tensión*. Obtenido de http://novella.mhhe.com/sites/dl/free/8448166973/572353/Presentacion_autores_9788448166977.pdf
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2015). Obtenido de <http://www.energia.gob.ec/>
- Morales, O. (2015). *Fundamentos de la Investigación Documental y la monografía*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/237611564_FUNDAMENTOS_DE_LA_INVESTIGACION_DOCUMENTAL_Y_LA_MONOGRAFIA
- Rifaldi, A., & Sirabonian, N. (2007). *EL CALCULO MECANICO DE LOS CONDUCTORES*. Obtenido de Universidad Nacional de la Plata: <http://catedra.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/sispot/Libros%202007/libros/le/le-02/le-02.htm>
- Sanz, J., Duque, E., & Gómez, S. (2010). La Resistividad del suelo en función de la frecuencia. *Redalyc*, 1-6. Obtenido de Universidad Tecnológica de Pereira.
- UPV- Apuntes de instalaciones eléctricas. (S.F). *INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA*. Obtenido de http://www.upv.es/electrica/material_tecno/Transparencias_PDF/T3/tema3.pdf

Glosario

Acometida: Conjunto de conductores y equipo necesario para llevar la energía eléctrica desde el sistema de suministro a la subestación eléctrica (aérea o subterránea).

ARCONEL: Agencia de Regulación y Control de Electricidad.

BIL: Basic Impulse Level, corresponde a un nivel de aislamiento eléctrico que permite soportar sobretensiones impulsivas similares a las descargas atmosféricas.

Carga: Valor dado en Amperes del consumo de energía eléctrica de un conjunto de elementos (inductivos, resistivos o capacitivos) conectados a un circuito.

Catenaria: Denominación de la curva que asume una cadena, de densidad lineal de masa (masa por unidad de longitud) constante, suspendida entre dos apoyos bajo la acción de la fuerza gravitatoria.

CNEL: Corporación Nacional de Electricidad.

Flecha: Distancia vertical máxima, medida en un vano, entre el conductor y la línea recta trazada entre los puntos de apoyo.

IEC: Siglas de International Electrotechnical Commission. Entidad internacional de normalización en el campo de la electricidad, con sede en Suiza.

Línea Aérea: Conjunto de conductores y demás elementos (cables generalmente desnudos, aisladores, torres, columnas, herrajes, etc.) diseñados y construidos para el transporte de energía eléctrica.

Potencia eléctrica: Es la capacidad de producir, transmitir o consumir electricidad para alimentar las instalaciones del usuario en forma instantánea. Se mide y se expresa en vatios (W) o en sus múltiplos: kilovatios (kW), megavatios (MW).

Rack. Se le llama rack a la estructura metálica que sostiene al arreglo. El rack puede estar **fijo o colocado en un mecanismo.**

Registro de Medición: Almacenamiento de datos de mediciones de diferentes parámetros, en un período determinado de tiempo.

Subestación eléctrica: Instalación destinada a transformar los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica para facilitar el transporte y distribución de la energía.

Seccionadores: Es un dispositivo mecánico capaz de mantener aislada una instalación eléctrica de su red de alimentación según una norma. Es un dispositivo de ruptura lenta, puesto que depende de la manipulación de un operario

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

Transformador de potencia: Máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico.

Vano: Distancia entre dos puntos contiguos separados.

Vatio-Hora (Wh): Unidad de medida de la Energía Eléctrica.



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



Presidencia
de la República
del Ecuador



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

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **LEMA LEÓN CARLOS LUIS** con C.C: **0918717638** autor del trabajo de titulación: “**Diseño de una acometida aérea de 69KV para la subestación de la planta FERTISA S.A, ubicada en la ciudad de Guayaquil**”, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, 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, 25 Agosto de 2017

f. _____

LEMA LEON CARLOS LUIS

C.C: 0918717638



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 una acometida aérea de 69KV para la subestación de la planta FERTISA S.A, ubicada en la ciudad de Guayaquil		
AUTOR	Lema León Carlos Luis		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Ing. Ricardo Xavier Echeverría Palma		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico-Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánico con Mención en Gestión Empresarial Industrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	25 de Agosto de 2017	No. PÁGINAS:	96
ÁREAS TEMÁTICAS:	Distribución eléctrica, Máquinas eléctricas.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Fertisa, acometida aérea; energía eléctrica; contenedores refrigerados.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>Actualmente la empresa FERTISA ubicada al sur de Guayaquil administra un muelle multipropósito para embarque o desembarque de contenedores de hasta 40 pies y que cuentan con sistema de refrigeración, pero no se cuenta con tomas eléctricas para la energización a dichos contenedores, los mismos que mientras esperan proceso de gestión para exportación, y otros relacionados con tiempos de espera que superan 24 horas no deberían sentir la ausencia de la energía eléctrica en los predios del muelle de FERTISA. Por lo regular la carga que debe ser refrigerada necesita de la energía para opere el sistema de climatización, refrigeración o calefacción. Se diseñará una acometida aérea que cumpla con los parámetros establecidos por las normas eléctricas. La Subestación eléctrica de Media Tensión (MT) que posee la empresa podría suministrar tomacorrientes con voltaje de hasta 460 voltios. La metodología es descriptiva, y empírica, se detalla la infraestructura de una subestación eléctrica convencional en media tensión, así mismo se efectuará recolección de información y se delinearán planos eléctricos para conexiones a contenedores refrigerados.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-2555777 / 0999164223	E-mail: luis_red1979@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Philco Asqui, Luis Orlando		
	Teléfono: (04) 2 202935 ext.2007		
	E-mail: luis.philco@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):	