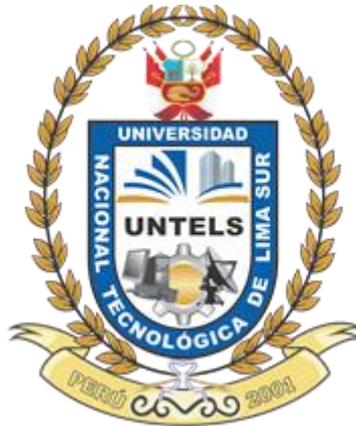


UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“DISEÑO DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN 10-22.9 KV- BIFÁSICO, PARA
EL SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA ESTACIÓN BASE TRANSMISORA
AR2910, MOYOBAMBA - SAN MARTIN”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para optar el título profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

JULCAHUANCA CAMPOVERDE, PAUL ANDRE

Villa El Salvador

2018

DEDICATORIA:

A Dios, a mi universidad UNTELS, A mi madre mi apoyo incondicional y a mi padre en el Cielo. A mis dos amores Nadia y Raquel y a todas las personas que aportaron para que me convirtiera en un gran profesional.

AGRADECIMIENTO:

A Dios, a mi universidad UNTELS por ser la que me formo como profesional, a mis hermanos y familiares y a todas personas que fueron esenciales para poder concretar mis metas personales y profesionales.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	07
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática.....	9
1.2. Justificación del Problema.....	10
1.3. Delimitación del Proyecto.....	11
1.3.1. Teórica.....	11
1.3.2. Espacial.....	11
1.3.3. Temporal.....	11
1.4. Formulación del Problema.....	11
1.4.1 Problema General.....	11
1.4.2 Problemas Específicos.....	12
1.5. Objetivos.....	12
1.5.1 Objetivo General.....	12
1.5.2 Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes.....	13
2.2 Bases Teóricas.....	16
2.3 Definición de términos básicos.....	28
CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	
3.1 Modelo de solución propuesto.....	31
3.2 Resultados.....	64
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS	70

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de la red de media tensión 10 – 22,9 kV	32
Figura 2: Diagrama Unifilar.....	38
Figura 3: Medidas de la cruceta.....	58
Figura 4: Tiro longitudinal.....	60
Figura 5: Medidas de la varilla.....	63

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de cargas.....	33
Tabla 2: Datos del conductor.....	35
Tabla 3: Resistencia eléctrica.....	36
Tabla 4: Reactancia inductiva.....	36
Tabla 5: Distancia vertical mínima entre conductores de un mismo circuito a mitad de vano.....	51
Tabla 6: Distancia mínima del conductor a la superficie del terreno.....	53
Tabla 7: Distancia mínima a edificaciones y otras construcciones.....	53
Tabla 8: Coeficientes de seguridad.....	56
Tabla 9: Características de longitud de la varilla.....	64

INTRODUCCIÓN

La distribución de la energía eléctrica y el proceso que va desde la generación hasta la comercialización de esta, hoy en día en de suma importancia, ya que es la fuente de funcionamiento de toda industria, desde la minería hasta las operadoras móviles, el desarrollo de todo un país depende de las fuentes de energía eléctrica.

Según el código de utilización 2016 la red de media tensión es el conjunto de equipos o elementos que se utilizan para transportar la energía eléctrica a tensiones nominales de 10-22.9 kV en el sistema Bifásico, este tipo de redes es el utilizado para llevar la energía eléctrica desde los transformadores de distribución tipo poste hasta las acometidas de los usuarios finales, se caracterizan por ser resistivas con presencia de un componente inductivo que baja un poco el factor de potencia.

Es así como el diseño de una red de media tensión se realiza para mejorar el sistema de distribución de energía, suministrando energía eléctrica para abarcar zonas no energizadas hasta el momento o para generar el funcionamiento de las estaciones base transmisoras de telefonía móvil, el último caso mencionado es el que veremos en el presente Trabajo de Suficiencia Profesional.

El objetivo principal del suministro de electricidad es satisfacer la demanda máxima en todo momento para el Cliente, Institución o Empresa, con un correcto diseño eléctrico del transformador, conductor, nivel de aislamiento, caída de tensión, sistema puesta a tierra entre otros elementos, así como una correcta determinación de la

máxima demanda, el suministro de electricidad llega a ser confiable, proporcionando un flujo ininterrumpido de energía.

En ese sentido y con la finalidad de realizar el diseño de la red de media tensión 10-22.9 kV- bifásico, correspondiente al sistema de utilización, se realizará el diseño para el suministro eléctrico de la estación base transmisora AR2910, teniendo en cuenta las Normas Peruanas, es que a continuación presento mi Trabajo de Suficiencia Profesional el cual está dividido en 3 capítulos.

En el Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, que está relacionado con la carencia de una red de media tensión energía eléctrica necesaria para el suministro eléctrico de la estación base transmisora que generara la expansión de cobertura móvil de la empresa Entel Perú S.A.

En el Capítulo II, se describe el marco teórico en el cual se sustenta la propuesta de solución, referente a la red de media tensión, sistema bifásico, suministro eléctrico elementos que componen una red aérea de media tensión, concepto de la estación base transmisora y las definiciones de los términos básicos.

En el Capítulo III, inicialmente se determinará la demanda máxima de potencia requerida por la estación base transmisora AR2910, luego se realizará los cálculos eléctricos, para lo cual se tomará en cuenta las normas aplicables en el diseño y las características ya establecidas para redes primarias, seguidamente se realizará los cálculos mecánicos en el cual se indicarán los parámetros establecidos, finalmente se realizará el dimensionamiento de la red de media tensión 10 – 22.9 kV – Bifásico.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

La empresa Desarrollos Terrestre Perú S.A. necesita poner en funcionamiento la Estación Base Transmisora AR2910, para la empresa Entel Perú S.A., el gran problema que se presenta para cumplir con el desarrollo del proyecto de la operadora móvil, es que la zona donde se hará la instalación, es una zona rural y con vías de poco acceso, por consiguiente no cuenta con una red de energía eléctrica necesaria para la instalación de las torres y antenas las cuales generaran la expansión de cobertura móvil de la empresa Entel Perú S.A.

En un inicio se decidió construir la Estación Base Transmisora en el distrito de San Miguel de la provincia de Moyobamba, San Martín, el cual si cuenta con una red de energía eléctrica, pero al presentarse un gran número de quejas y reclamos en la municipalidad del distrito por parte de los pobladores, la

municipalidad denegó el permiso de esta construcción, ya que en la totalidad de reclamos los pobladores señalan que la instalación de antenas de telefonía móvil tiene efectos dañinos en la salud.

Debido a esto se tuvo que implementar una nueva alternativa de zona de instalación, la cual está ubicada en el caserío “Los Ángeles” en el distrito de Moyobamba, generándose así el problema, la falta de energía eléctrica capaz de poner en funcionamiento la Estación Base Transmisora, ya que la distancia de dicha estación de telefonía celular a la red secundaria del concesionario más cercana es de 1250 metros, por lo que es necesario construir una red de media tensión en esa zona para el suministro eléctrico.

1.2 Justificación del Problema

El proyecto se justifica ya que con el diseño de una red de media tensión de forma correcta se lograra la implementación del sistema de suministro eléctrico para la Estación Base Transmisora AR2910, consiguiendo así poner en funcionamiento dicha estación de telefonía celular, e integrarla a la red nacional de telefonía de la empresa Entel Perú S.A, garantizando la expansión de cobertura móvil, con lo cual los pobladores más cercanos al distrito contarán con dicho servicio público, aumentando como consecuencia el tráfico de llamadas.

Cabe señalar que el desarrollo de una población depende de su nivel de industrialización y es un hecho acreditado que la electricidad juega un rol muy importante en el desarrollo socioeconómico de cualquier comunidad, y con un correcto diseño de una red de media tensión bajo las normas establecidas

evitaremos paradas inesperadas en los componentes de la Estación Base Transmisora.

1.3 Delimitación del Proyecto

1.3.1 Teórica

Desde el punto de vista teórico el trabajo de suficiencia profesional abarca el diseño de la red en Media tensión según las Normas del sistema eléctrico nacional.

1.3.2 Espacial

El Trabajo de Suficiencia Profesional de diseño de la red de media tensión 10 – 22.9 kV – Bifásico, se ejecutará en el caserío Los Ángeles, ubicado en el distrito y provincia de Moyobamba, departamento de San Martín – Perú.

1.3.3 Temporal

El proyecto se desarrolló del 28 de septiembre al 28 de octubre de 2017.

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 Problema General

¿Cuáles son las características de diseño de la red de media tensión 10-22.9 kV - Bifásico, para el suministro eléctrico de la Estación Base Transmisora AR2910, Moyobamba - San Martín?

1.4.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál será la máxima demanda de la red de media tensión 10-22.9 kV- Bifásico, para el suministro eléctrico de la Estación Base Transmisora AR2910, Moyobamba - San Martin?
- ¿Cuál será el dimensionamiento de la red de media tensión 10-22.9 kV - Bifásico, para el suministro eléctrico de la Estación Base Transmisora AR2910, Moyobamba - San Martin?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Diseñar la red de media tensión 10-22.9 kV - Bifásico, para el suministro eléctrico de la Estación Base Transmisora AR2910, Moyobamba - San Martin.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar la máxima demanda de la red de media tensión 10-22.9 kV- Bifásico, para el suministro eléctrico de la Estación Base Transmisora AR2910, Moyobamba - San Martin.
- Realizar el dimensionamiento de la red de media tensión 10-22.9 kV - Bifásico, para el suministro eléctrico de la Estación Base Transmisora AR2910, Moyobamba - San Martin.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Alvarado, G. (2012). *Estudio de sistemas de respaldo de energía eléctrica para cuarto de telecomunicaciones en la Finca Limoncito*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, concluye que: Un SAI (Sistema de Alimentación Ininterrumpida) o, en inglés, UPS (Uninterruptible Power Supply) es un equipo electrónico inteligente que durante el suministro normal de la red eléctrica toma parte de esa corriente para cargar sus baterías internas y deja pasar el resto de energía. Tras detectar una caída de la corriente en la red, proporciona 220 voltios AC (corriente alterna) en su salida a partir de la energía previamente almacenada.

Blanco, C. (2011). *Diseño de la red de distribución en media tensión (12,47kV) de la ciudad socialista Caribia*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad

Central de Venezuela, concluye que: Para dar servicio eléctrico a Ciudad Caribia se necesitarán 12 circuitos de distribución, de los cuales 7 serán residenciales, 3 Industriales y 2 Comerciales. Los cálculos de los conductores de distribución arrojaron que todos los circuitos troncales serán aéreos con conductores desnudos calibres 3/0 y 4/0, y la distribución en las distintas terrazas será subterránea con conductores calibre #6PLT15kV. Para cubrir la demanda eléctrica de la Ciudad se deben instalar 3 unidades de transformación de 30MVA cada una.

Quintero, M. (2013). *Diseño de circuito de media tensión para alimentar el corregimiento de San José de Oriente (Cesar)*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad de la Costa, concluye que: La instalación del circuito contribuye a la mejora de la calidad del servicio energético ofrecido a San José de Oriente otorgando así la oportunidad de que sus habitantes cuenten con una mejora continua en sus actividades cotidianas, agrónomas y comerciales. La interconexión de los dos circuitos a través de un interruptor de media tensión (Switch) para suplir las necesidades de cualquiera de los circuitos en caso de que exista falla o algún tipo de mantenimiento.

Narváez, Y. (2012). *Diseño de redes de distribución eléctrica de media y baja tensión para la normalización del barrio El Piñoncito de Campo de la Cruz*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad de la Costa, concluye que: Se seleccionó la configuración especial con medida centralizada como el tipo de redes a implementar, debido a que cumple con los objetivos de la normalización de redes y asegura al operador de red que no se va a presentar manipulación de la red

por parte de terceros. Se diseñaron redes eléctricas de media y baja tensión en configuración especial para 138 clientes con tipo de medida centralizada.

San José, R. (2007). *Diseño y montaje de red de alimentación principal de media tensión (13.2kV) del aeropuerto internacional La Aurora*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad San Carlos de Guatemala, concluye que: La red de distribución subterránea, se construyó bajo reglas y normas específicas, con el fin de lograr un sistema seguro, confiable y que permita la continuidad del servicio eléctrico. Se consideró una carga estimada total del 70% del valor de las subestaciones eléctricas, además tomando en cuenta que las subestaciones cuentan con ventilación forzada, la cual brinda un 40% de capacidad adicional al valor nominal, aumentando el margen de crecimiento, dependiendo de los alimentadores eléctricos a tableros principales.

Zerpa, K. (2013). *Evaluación de la eficiencia energética y diseño óptimo de una línea de distribución en media tensión-10KV*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad de Piura concluye que: Se ha hecho una preselección del calibre del conductor en base a la calidad de energía lograda; de esta manera fueron descartadas aquellas secciones que producían caídas de tensión mayores a lo requerido. Se ha podido comprobar que entre mayor es el calibre del conductor mayor será las solicitaciones mecánicas a las estructuras de soporte, afectando sobre todo en la cantidad de retenidas para las estructuras de cambio de dirección, fin de línea y de anclaje, incrementándose los costos correspondientes.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Redes de distribución de media tensión.

García (2010) en su libro *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión* afirma lo siguiente:

Es el conjunto de equipos o elementos que se utilizan para transportar la energía eléctrica desde una subestación de distribución hasta un centro de transformación de media tensión, el cual puede pertenecer a una subestación de distribución de menor capacidad MT/MT o una subestación de distribución tipo poste MT/BT. Se considera una red de distribución primaria cuando los niveles de tensión son de Media Tensión (MT), considerados superiores a 1000 V e inferior a 57,5 kV.

2.2.1.1 Redes de distribución aéreas.

Según García (2010) en este tipo de redes el conductor va soportado sobre aisladores instalados en crucetas que a su vez se encuentran en postes. En las redes aéreas también podemos encontrar el uso de torres o torrecillas que no llevan crucetas, los conductores usados en su mayoría son desnudos y los materiales de la estructura van de acuerdo con el nivel y tipo de contaminación de la zona. Estas redes son las que encontramos normalmente en los sistemas de distribución del país. La principal razón para el uso de este tipo de redes es el costo inicial de su construcción, pero también cuenta con otras ventajas sobre las redes subterráneas. Algunas son:

- Costo inicial de construcción más bajo.
- Son las más comunes y por lo tanto trabaja con materiales de fácil consecución.
- Tiempos de construcción más bajos.
- Fácil mantenimiento.
- Fácil localización de fallas.
- Los tiempos en la reparación de daños es menor

También debemos tener en cuenta las desventajas que tiene este tipo de construcción respecto a las redes subterráneas, que en su mayoría se refieren a mantenimiento y seguridad. Algunas de estas son:

- Se encuentran a la vista, esto les quita estética a las ciudades.
- Ofrecen menor confiabilidad debido a las diferentes situaciones a las que están expuestas.
- Menor seguridad (ofrece más peligro para los transeúntes).
- Requieren de mayores planes de mantenimiento preventivo para evitar fallas y cortes de energía.
- Están expuestas y son de fácil acceso para el vandalismo.

2.2.1.2 Materiales de la Red de distribución aéreas de MT.

2.2.1.2.1 Postes.

Según García (2010) son la columna vertebral de las redes de distribución eléctrica, se utilizan como

apoyo de los armados de media y baja tensión, además, sirven para dar la altura adecuada a los conductores de la red de distribución. Se pueden clasificar según su resistencia, longitud o material de construcción.

2.2.1.2.2 Conductores.

Según García (2010) los conductores son los encargados del transporte de energía desde las subestaciones de distribución hasta las subestaciones tipo poste. Son el elemento más delicado de todo el conjunto en las redes de distribución ya que dependiendo del buen estado de estos así será la calidad en el servicio de energía.

Todos los cables usados actualmente son de aluminio o aleaciones de aluminio. El uso de conductores en cobre se ha reducido debido al incremento en los costos de este elemento y a la cantidad de robos que se presentaban. Se usan conductores desnudos para circuitos primarios o de media tensión, son cables de aluminio ACSR y aleación de aluminio AAAC. Para circuitos secundarios se pueden usar cables desnudos, pero principalmente se están implementando los

conductores forrados trenzados compuestos por cables AAC en fases y AAAC en neutro, con el fin de evitar la manipulación de las líneas por parte de terceros.

Para conductores desnudos ACSR usados en distribución de media tensión el calibre mínimo será el #2 AWG, aunque el calibre más usado actualmente es el 1/0 AWG. Para red trenzada en distribución secundaria el calibre mínimo usado es el 1/0 AWG.

2.2.1.2.3 Crucetas.

Según García (2010) son la estructura que va anclada a los postes por medio de herrajes, sobre estas se colocan los aisladores, dependiendo del tipo de estructura así será la cantidad de crucetas necesarias y el tipo de aisladores que se instalaran en estas. Su función es sostener horizontalmente las líneas y cuentan con el tamaño adecuado para dar la separación mínima adecuada a cada nivel de tensión.

2.2.1.2.4 Aisladores.

Según García (2010) estos son los encargados de aislar las líneas de las estructuras o armados en cada poste. Se usan dependiendo del nivel tensión y el tipo

de armado que hay en cada apoyo. Los aisladores usados en anclajes y fin de línea son diferentes a los usados en alineaciones y pequeños ángulos.

2.2.1.2.5 Herrajes.

Según García (2010) se consideran herrajes a todas las partes metálicas presentes en cada tipo de estructura cuya función es fijar o asegurar todos los materiales usados en el poste y entre estos mismos. Los herrajes usados en media tensión deben ser de acero galvanizado y los de baja tensión que sirven para realizar conexiones con los conductores en acero inoxidable. Los herrajes más usados en las redes aéreas son los tornillos, pernos rosca corrida, abrazaderas y grapas de amarre.

2.2.1.2.6 Equipos de seccionamiento.

Según García (2010) los equipos de seccionamiento en redes de distribución eléctrica sirven para establecer y/o delimitar zonas de trabajo y para proteger el sistema en caso de una falla. En distribución se usan como equipos de seccionamiento cortacircuitos, switches, interruptores y reconectores, principalmente.

Los switches y seccionadores monopolares son equipos que sólo se usan para seccionar un circuito o red, estos no tienen la facultad de actuar automáticamente ante una falla, como si lo hacen los cortacircuitos y reconectores, es decir, son equipos de maniobra y no de protección. La operación de estos puede ser manual en sitio o remota. Para el caso de los cortacircuitos y seccionadores monopolares, su operación se debe realizar sin carga y en sitio. Los switches y reconectores pueden actuar con carga y desde un mando a distancia.

2.2.1.2.7 Transformadores.

Según García (2010) en los sistemas de distribución todos los transformadores son usados para reducir los niveles de tensión de la energía eléctrica en ese punto. Para las transformaciones de media tensión a baja tensión se emplean transformadores monofásicos con los siguientes valores de potencia o nominales: 25 - 37.5 - 50 - 75 kVA y transformadores trifásicos con potencia de 30 - 45 - 75 - 112.5 y 150 kVA. El sistema de protecciones de un transformador de distribución consta de cortacircuitos, fusibles y pararrayos tipo válvula y SPT.

2.2.1.2.8 *Armados de media tensión.*

Según García (2010) se le llama armados al conjunto de crucetas, aisladores y herrajes que se instalan en un poste. Las principales características que diferencian a los armados son la cantidad de crucetas y el tipo de aisladores. La cantidad y tipo de armados que se instalen en un apoyo define el tipo de estructura y la función que va a tener ese punto dentro del sistema.

2.2.1.3 **Sistema Bifásico.**

Wildi (2007) en su libro *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia* afirma lo siguiente:

En ingeniería eléctrica un sistema bifásico es un sistema de producción y distribución de energía eléctrica basado en dos tensiones eléctricas alternas desfasadas en su frecuencia 90° , en un generador bifásico, el sistema está equilibrado y simétrico cuando la suma vectorial de las tensiones es nula (punto neutro). Por lo tanto, designando con U a la tensión entre fases y con E a la tensión entre fase y neutro, es válida la siguiente fórmula:

$$U = \sqrt{2} \cdot E$$

De la misma forma, designando con I a la intensidad de corriente del conductor de fase y con I_0 a la del neutro, es válida la relación:

$$I_0 = \sqrt{2} \cdot I$$

Según Wildi (2007) en una línea bifásica se necesitan cuatro conductores, dos por cada una de las fases. Actualmente el sistema bifásico está en desuso por considerarse más peligroso que el actual sistema monofásico a 230 V, además de ser más costoso al necesitar más conductores.

2.2.1.4 Suministro Eléctrico.

Yusta (2013) en su libro *Contratación del Suministro Eléctrico* afirma lo siguiente:

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección. Constituye un sistema integrado que además de disponer de sistemas de control distribuido, está regulado por un sistema de control centralizado que garantiza una explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios, compensando las posibles incidencias y fallas producidas.

Según Yusta (2013) con este objetivo, tanto la red de transporte como las subestaciones asociadas a ella pueden ser propiedad, en todo o en parte y, en todo caso, estar operadas y gestionadas por un ente independiente de las compañías propietarias de las centrales y de las distribuidoras o comercializadoras de electricidad. Asimismo, el sistema precisa de una organización económica centralizada para planificar la producción y la remuneración a los distintos agentes del mercado si, como ocurre actualmente en muchos casos, existen múltiples empresas participando en las actividades de generación, distribución y comercialización.

2.2.2 Estación Base (EB).

Cabezas (2007) en su libro *Sistemas de telefonía* afirma lo siguiente:

Una Estación Base (EB) de telefonía móvil es una estación de transmisión y recepción situada en un lugar fijo, compuesta de una o más antenas de recepción/transmisión, dispone de algún medio de transmisión, vía radio o cable, para efectuar el enlace con la central de conmutación y de un conjunto de circuitos electrónicos. Son radios bidireccionales multicanal de baja potencia, es decir, emiten y reciben varias señales a la vez. Las EB sirven como un control central para todos los usuarios dentro de una misma celda, los teléfonos móviles se comunican directamente con la EB. Las EB están distribuidas sobre un área de cobertura del sistema y se administran y se controlan por medio

de un conmutador de servicios cuya función es la de controlar el procesamiento y establecimiento de llamadas así como la realización de llamadas, lo cual incluye señalización, supervisión, conmutación y distribución de canales RF (radiofrecuencia), además también proporciona una administración centralizada, dicho conmutador se denomina Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC, Mobile Switching Central).

Según Cabezas (2007) las EB, normalmente, se instalan en lo alto de los edificios (urbanas) o en torres (rurales), a alturas de entre 15 y 50 metros. Los niveles de las transmisiones desde una determinada EB son variables y dependen del número de llamadas y de la distancia a la EB de quienes emiten las llamadas. Las antenas emiten un haz muy estrecho de ondas de radio que se propaga de forma casi paralela al suelo, en consecuencia, al nivel del suelo y en regiones que normalmente son de acceso público, las intensidades de los campos de radiofrecuencia son muy inferiores a los niveles considerados como peligrosos (sólo se superarían los niveles recomendados si una persona se acercara a menos de un metro o dos de las antenas).

Los elementos principales que componen una EB son:

- Antena o antenas: emisora(s) y receptora(s) de las señales de radio.
- Torre o mástil.
- Equipo de comunicación o radio base.

Según Cabezas (2007) por lo general en una EB se instalan varias antenas de transmisión/recepción para obtener la mejor relación ganancia de señal y cobertura, dividiendo el área de acción en sectores que son atendidos por antenas separadas (normalmente se divide un área de 360° en tres sectores de 120°). Las EBs pueden variar dependiendo de la ubicación geográfica en donde se encuentren ya que pueden ser urbanas (situadas sobre la azotea de un edificio y las antenas situadas sobre uno o varios mástiles, aunque hay excepciones ya que en los centros de transformación propios de algunas compañías nos podemos encontrar una torre sobre la planta en donde se instalan todos los equipos) o rústicas (situadas en zonas rurales sobre una torre de telecomunicaciones de altura comprendida entre los 25 a 50 metros de altura), aunque la equipación es similar en ambos casos a la hora de redacción del proyecto técnico hay que tener en cuenta esta distinción ya que las medidas de seguridad y el montaje del mismo es diferente.

2.2.2.1 Estación Base Transmisora.

Huidobro y Conesa (2006) en su libro *Sistemas de telefonía* afirma lo siguiente:

En el contexto de la telefonía móvil, una estación base (en inglés: Base Transceiver Station (BTS)) dispone de equipos transmisores/receptores de radio, en la banda de frecuencias de uso (850 / 900 / 1800 / 1900 MHz). En GSM y (1900/2100Mhz) en UMTS que son quienes realizan el enlace con el usuario que

efectúa o recibe la llamada (o el mensaje) con un teléfono móvil, las antenas utilizadas suelen situarse en lo más alto de la torre (si existe), de edificios o colinas para dar una mejor cobertura y son tipo dipolo. Normalmente, está compuesta por un mástil al cual están unidas tres grupos de una o varias antenas equidistantes. El uso de varias antenas produce una diversidad de caminos radioeléctricos que permite mejorar la recepción de la información. Además, la Estación Base dispone de algún medio de transmisión, vía radio o cable, para efectuar el enlace con la Central de Conmutación de Telefonía Móvil Automática, que a su vez encamina la llamada hacia el teléfono destino, sea fijo o móvil. Por lo general estas estaciones disponen también de baterías eléctricas, capaces de asegurar el funcionamiento ininterrumpido del servicio.

Según Huidobro y Conesa (2006) en zonas densamente pobladas, hay muchas estaciones base, próximas entre sí (células pequeñas), las frecuencias deben ser cuidadosamente reutilizadas, ya que son escasas, por lo que cada E.B. transmite con poca potencia a fin de que no se produzcan interferencias de una célula con otra célula próxima que use las mismas frecuencias, en cambio, en las zonas de baja densidad las E.B. están alejadas unas de otras y transmiten a elevada potencia para asegurar la cobertura en una célula extensa.

2.3 Definición de términos básicos

- **Aislador:** Material aislante de una forma diseñada para soportar físicamente un conductor y separarlo eléctricamente de otros conductores u objetos.
- **Armadura:** Es la protección metálica contra efectos mecánicos, constituida por alambres de sección circular o rectangular, flejes (bandas) o trenzas colocadas sobre un cable.
- **BTS:** También conocida como estación base celular, en la cual se encuentran los equipos electrónicos de una antena de telecomunicación y la antena propiamente dicha.
- **Cable eléctrico:** Es aquél cuyo propósito es conducir electricidad. Suele estar fabricado de cobre (por su nivel de conductividad) o aluminio (que resulta más económico que el cobre).
- **Conductor:** Un material, usualmente en forma de alambre, cable o barra capaz de conducir corriente eléctrica.
- **Máxima demanda:** Se puede definir como la máxima coincidencia de cargas en un intervalo de tiempo.
- **Media Tensión:** (abreviatura: M.T.): Cualquier conjunto de niveles de tensión comprendidos entre la alta tensión y la baja tensión. Los límites son $1 \text{ kV} < U \leq 35 \text{ kV}$, siendo U la Tensión Nominal.
- **Poste:** Estructura en la cual se sostiene el cable que llevara energía de un punto hacia otro con el fin de mantener el cable alejadas de las personas por seguridad.
- **Pozo a tierra:** Se emplea en las instalaciones eléctricas para llevar a tierra cualquier derivación indebida de la corriente eléctrica a los elementos que puedan estar en contacto, ya sea directa o indirectamente.

- **Seccionador:** Un dispositivo mecánico de conexión y desconexión utilizado para cambiar las conexiones de un circuito, o para aislar un circuito o equipo de la fuente de alimentación.
- **Sistema de Utilización en Media Tensión** Es aquel constituido por el conjunto de instalaciones eléctricas de Media Tensión, comprendida desde el punto de entrega hasta los bornes de Baja Tensión del transformador, destinado a suministrar energía eléctrica a un predio. Estas instalaciones pueden estar ubicadas en la vía pública o en propiedad privada, excepto la subestación, que siempre deberá instalarse en la propiedad del Interesado. Se entiende que quedan fuera de este concepto las electrificaciones para usos de vivienda y centros poblados.
- **Suministro:** Conjunto de instalaciones que permiten la alimentación de la energía eléctrica en forma segura y que llega hasta el punto de entrega.
- **Suministro eléctrico:** El suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica.
- **Transformadores:** Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia.
- **Transformadores de Corriente:** Los transformadores de corriente se utilizan en la práctica, para medir la corriente sin interrumpir a las líneas de corriente. Por lo tanto, la medición de la corriente con la ayuda de los transformadores de corriente es muy segura. Los transformadores de corriente utilizan el campo magnético natural del conductor activo para determinar la corriente. El rango de corriente medible es de unos pocos mA hasta varios mil amperios.

Así es fácil y seguro medir corrientes en el rango de 1 mA a 20 mA y también corrientes grandes de hasta 10000 A.

- Transformadores de tensión: El transformador de tensión es un equipo que se utiliza para convertir, cambiar o ajustar los voltajes con los que se alimenta en su embobinado o devanado primario -normalmente alta tensión (13,000 volts, 25,000 volts o 32,000 volts) a otros valores más bajos de voltaje de salida en su devanado secundario -normalmente tensiones comunes de uso residencial, comercial o industrial (208/120V - 220/127V - 380/220V - 400/230V o 440/254 volts).
- Transformador mixto: Utilizados en sistemas monofásicos y trifásicos, destinado a reducir las magnitudes de tensión y corriente existente en la red primaria de alimentación de media tensión, a valores apropiados para ser medidos o censados por medidores, relés o circuitos de control.
- Transformix: Es un dispositivo electromagnético que incorpora en una sola unidad, transformadores de tensión y de corriente.
- Tensión: Diferencia de potencial (también denominada voltaje) es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1 Modelo de solución propuesto

3.1.1 Estructura del suministro de energía.

Electro Oriente S.A. ha otorgado la Factibilidad y Fijación del Punto de Diseño para la BTS “AR2910”, en la siguiente estructura:

- N° de alimentador: MO-S02
- N° de estructura: 4009102
- Tensión del sistema: 10 – 22.9 kV, 2 Φ
- Tensión del proyecto: 22.9 kV, 2 Φ
- Punto de diseño de la red de Electro Oriente: -5.916529,-77.022594

A continuación, en la siguiente figura se muestra la ubicación de la red de media tensión que se diseñara para el suministro eléctrico de la Estación Base Transmisora AR2910.

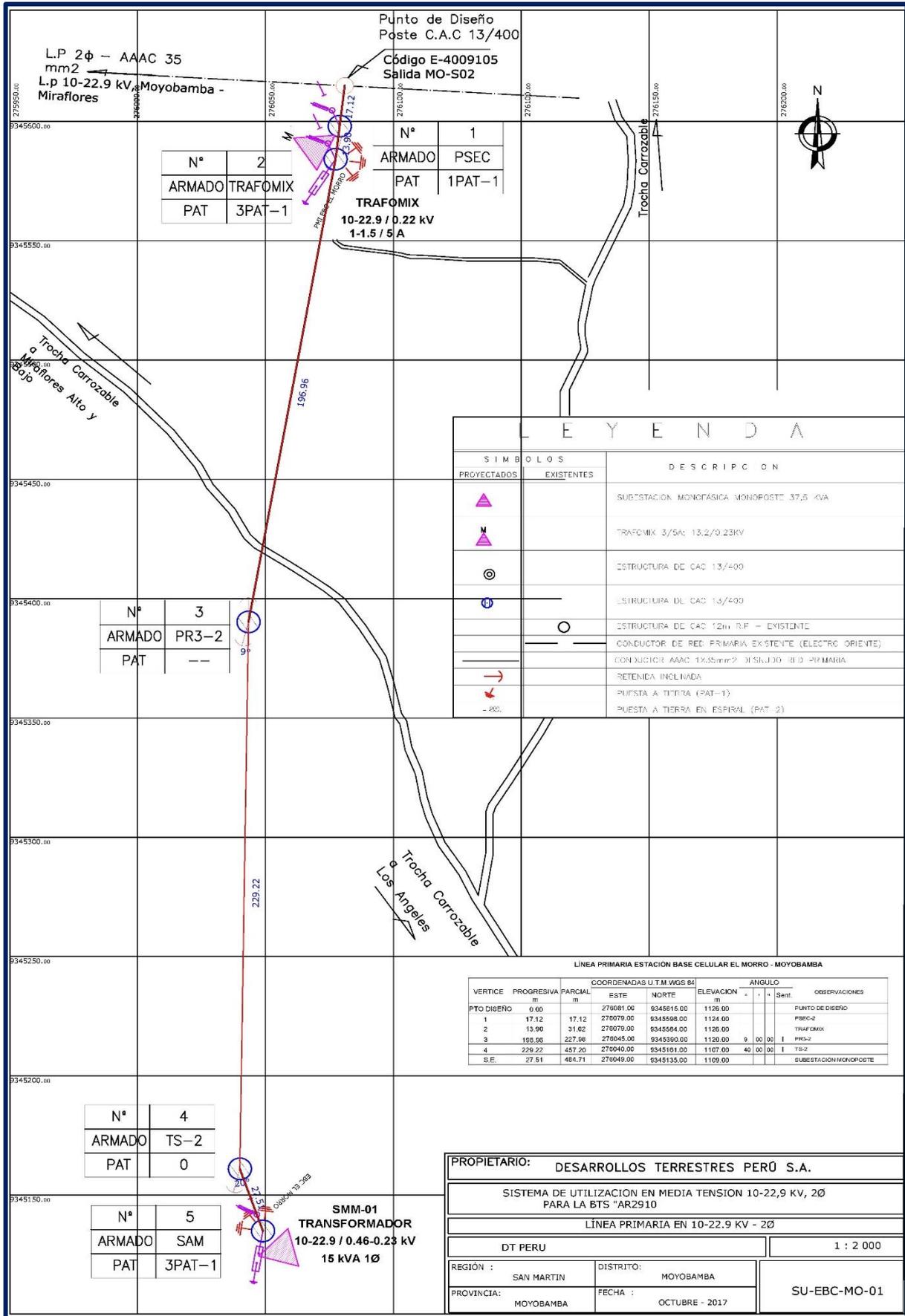


Figura 1: Ubicación de la red de media tensión 10 – 22, 9 kV

3.1.2 Demanda máxima de potencia.

En la Tabla 1 se muestra el cuadro de cargas entregado por Entel el mismo que indica la potencia aparente de los equipos, puesto que la máxima demanda real es de 9.0 KW, de esta manera se cumple con el margen de 25% de factor de seguridad en el transformador de 15 KVA.

Tabla 1
Cuadro de cargas

CUADRO DE CARGAS – SE N° 01				
SECTORES	MD - kW	Cantidad	F. S	kW
EBC 850	9.57	01	1.00	9.57
UPS	mm	01	0.30	0.45
Tomacorrientes	0.50	01	0.80	0.40
Luminarias Internas	0.20	01	0.75	0.15
Luz de balizaje	1.00	01	0.50	0.50
Panel inteligente	0.20	01	1.00	0.20
Reserva	0.20	01	0.80	0.16
SUB - TOTAL				11.43
Perdidas de potencia (5%)				0.57
POTENCIA TOTAL (kW)				12.00
POTENCIA DEL TRANSFORMADOR (KVA)				15.00
DEMANDA MÁXIMA				13.5

$$D.M = \frac{\text{Potencia Total} + \text{Potencia del transformador}}{2} \dots(1)$$

$$D.M = \frac{12 + 15}{2} = 13.5 \text{ kW}$$

3.1.3 Cálculos Justificativos Eléctricos.

A continuación, se muestran los Cálculos Justificativos eléctricos de la línea Bifásica de 22.9-10 kV, los cuales servirán para justificar el uso de los materiales empleados en la Estación Base Transmisora.

3.1.3.1 Consideraciones de Diseño.

3.1.3.1.1 Normas Aplicables.

Todos los cálculos se han desarrollado en base a normas vigentes DEP/MEM y disposiciones relacionadas con este fin.

En la elaboración de estas bases se han tomado en cuenta las prescripciones de las siguientes normas:

- Código Nacional Eléctrico - Suministro 2011
- R.D. 018-2003-EMDGE – Norma DGE Bases para el Diseño de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural.

En forma complementaria, se han tomado en cuenta las siguientes normas internacionales:

- NESC (National Electrical Safety Code)
- Rus Bulletin 160-2 Y Rus Bulletin 1724E-200
- VDE 210 (Verband Deutscher Electrotechniker)
- IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
- ANSI (American National Standard Institute)
- IEC (International Electrotechnical Commission)

3.1.3.1.2 Características técnicas de las redes primarias.

- Tensión nominal del sistema: 22.9-10 kV
- Configuración: 2 Ø
- Frecuencia: 60 Hz
- Factor de Potencia: 0,9 (atraso)

3.1.3.2 Determinar los parámetros de los conductores.

Para el diseño de la sección de los conductores, se ha tenido en cuenta que la máxima caída de tensión no exceda del 2.9% de la tensión nominal entre el primario del transformador de distribución y el punto de alimentación.

En la siguiente Tabla 2 se muestra los datos del conductor.

Tabla 2
Datos del conductor

DATOS DEL CONDUCTOR	
SECCIÓN (mm ²)	35
MATERIAL	AAAC
DIÁMETRO (mm)	7,50
RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20 °C (Ω/km)	0,966
COEFICIENTE TÉRMICO DE RESISTENCIA (1/°C)	0,0036

3.1.3.2.1 Determinar la resistencia eléctrica de los conductores.

$$R1 = R20 [1 + 0,0036 (t - 20^{\circ})] \quad \dots(2)$$

R20 = Resistencia del conductor en c.c. a 20°C, en ohm/km

t = Temperatura máxima de operación en °C.

En la siguiente Tabla 3 se muestran los valores de la resistencia de los conductores a 20 °C y 45 °C.

Tabla 3
Resistencia Eléctrica

RESISTENCIA ELÉCTRICA	
SECCIÓN (mm ²)	35
RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20 °C (Ω/km)	0,966
RESISTENCIA ELÉCTRICA A 45 °C (Ω/km)	1,053

3.1.3.2.2 *Determinar la reactancia Inductiva.*

$$X_L = X_L = 377 * \left(0.5 + 4.6 - \text{Log} \left(\frac{\text{DMG}}{r_e} \right) \right) * 10^{-4} \dots(3)$$

DMG= Distancia media geométrica, e igual a 2 m

r= 0.00338 Radio del conductor, en m

Los valores calculados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4
Reactancia Inductiva

REACTANCIA INDUCTIVA	
SECCIÓN (mm ²)	35
RESISTENCIA INDUCTIVA (Ω/km)	0,45

3.1.3.3 Cálculo de la caída de tensión.

Para calcular la caída de tensión en la línea particular monofásica con retorno por tierra, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\Delta V\% = PL \frac{(r_1 + X_2 Tg\phi)}{10V_L^2} \quad \dots(4)$$

$$\Delta V\% = K_2 PL \quad \dots(5) \quad ; \quad K_2 = \frac{r_1 + X_2 Tg}{10V_L^2} \quad \dots(6)$$

Donde:

$\Delta V\%$ = Caída porcentual de tensión.

P = Potencia, en kW.

L = Longitud del tramo de línea, en km.

V_L = Tensión entre fases, en kV.

V_f = Tensión de fase - neutro, en kV.

r_1 = Resistencia del conductor, en Ω / km.

X_2 = Reactancia inductiva para sistemas bifásicos a la tensión entre fases, en Ω /km.

ϕ = Angulo de factor de potencia.

K = Factor de caída de tensión.

Reemplazando los datos para hallar K_2

$$K_2 = \frac{1.053 + 0.453 * 0.4843}{10 * 10^2} = 0.00127$$

Debido a que no se cuenta con información exacta de la caída de tensión en la estructura del punto de diseño, consideramos una caída de tensión de 3%.

La Caída de tensión es:

$$\Delta V\% = 3\% + 0.00127 \times 13.5 \times 0.4847 = 3.0083 \%$$

$$\Delta V\% = 3.0083 \% < 5.0\%$$

Según el diagrama unifilar de cargas mostrado en la Figura 2:

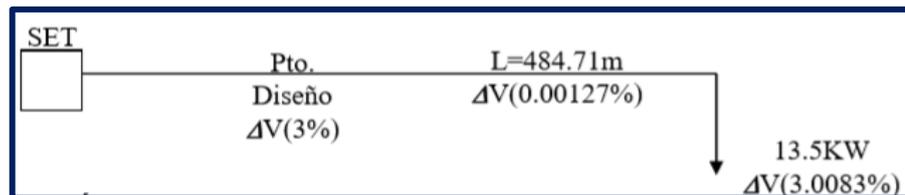


Figura 2: Diagrama Unifilar

El calibre del conductor seleccionado de Aluminio de 35 mm^2 , cumple holgadamente las condiciones necesarias para su dimensionamiento.

3.1.3.4 Dimensionamiento del conductor en MT.

3.1.3.4.1 Cálculo de los fusibles de media tensión.

De la Tabla 1 se tiene una demanda máxima de 13.5 kW

$$I_n = \frac{P}{V_L \cos \phi} \quad \dots(7)$$

$$I_n = 13.5 \frac{13.2}{0.9}$$

$$I_n = 1.14 A$$

Para el Seccionador Cut Out en la subestación barbotante monoposte:

$$I_f \geq 1.5 I_n = 1.5 \times 1.14$$

$$I_f \geq 1.71 A.$$

Seleccionaremos dos fusibles tipo chicote de 2 A para el Seccionador Cut Out en la estructura de Seccionamiento y para el Cut Out de medición seleccionamos dos fusibles tipo chicote de 2 A.

3.1.3.4.2 *Por capacidad de corriente.*

$$I_n = P (KVA) * 1000/V \quad \dots(8)$$

Para un transformador de 15 KVA:

P= 15 KVA,

V= 230V

Reemplazando:

$$I_n = 65.22 A.$$

El calibre del conductor alimentador utilizado: 35 mm², cumple las dos condiciones necesarias para su dimensionamiento

3.1.3.5 Cálculo de los fusibles en BT.

La protección requerida en Baja Tensión se implementó para cada equipo de acuerdo la Potencia del transformador de la EBC es de 13.5 kW.

$$I_f \geq 1.2 I_n \quad \dots(9)$$

Donde:

$$I_n = 65.22 \text{ A}$$

$$I_f \geq 1.2 \times 65.22 \text{ A.}$$

$$I_f \geq 78.264 \text{ A.}$$

Seleccionamos un interruptor termomagnético bipolar de 80 A, 220 Voltios, 25 kA.

3.1.3.6 Cálculo del transformador de potencia.

Se eligió en función de la potencia de los equipos y alumbrado interior. Para efectos de seleccionar el transformador de potencia utilizado consideramos la máxima demanda según la Tabla 1.

$$P_{(KVA)} \geq \frac{P_{(KV)}}{\cos \phi} \quad \dots(10)$$

$$P_{(KVA)} \geq \frac{12}{0.9} KVA$$

$$P_{(KVA)} \geq 13.33 KVA$$

$$15 KVA \geq 13.33 KVA$$

De acuerdo con catálogos del fabricante, la potencia del transformador inmediato superior que corresponde es de 15 KVA; 10-22,9/220 Voltios, 60 Hz de frecuencia.

3.1.3.7 Cálculo del transformador de medida (Trafomix).

La relación de la bobina de potencial se diseñó en función de la tensión de operación 10-22.9 KV en el primario y 0.22 KV en el secundario. La relación de la bobina de corriente se diseñó en función de la corriente nominal utilizada y para ambas tensiones de operación 22.9-10KV.

$$I_n = 1 - 1.5 \quad \dots(11)$$

Por lo tanto, seleccionamos la relación de 1-1.5 A en el primario y 5 A en el secundario. (1-1.5/5 A)

3.1.3.8 Determinación del nivel de aislamiento.

La línea Primaria en 10-22.9 kV., recorre zonas de altitudes sobre el nivel del mar que varían entre 300 y 1000 m.s.n.m.

3.1.3.8.1 Factor de corrección debido a la temperatura

$$F_t = \frac{273 + T}{313} \quad \dots(12)$$

Donde:

T=Temperatura de operación del sistema (°C): 40

Reemplazando:

$$F_t = \frac{273 + 40}{313}$$

$$F_t = 1$$

3.1.3.8.2 Fuerza de viento sobre el conductor (kg)

$$F_{vc} = V_b \times \phi_c \times P_v \times \cos(\phi/2) \quad \dots(13)$$

Donde:

V_b= Vano básico (m): 43

ϕ_c=Diámetro del conductor (m): 0.0075

P_v= Presión del viento (kg/m²): 23.63

ϕ =Angulo de la línea (°): 5

Reemplazando:

$$F_{vc} = 43 \times 0.0075 \times 23.63 \times \cos(5/2)$$

$$F_{vc} = 7.61 \text{ kg}$$

3.1.3.8.3 Factor de corrección debido a la altitud

$$Fh = 1 + 1.25 x (h - 100) x 10^{-4} \quad \dots(14)$$

Donde:

h=Altura sobre el nivel de mar (m.s.n.m.): 1000

Reemplazando:

$$Fh = 1 + 1.25 x (1000 - 100) x 10^{-4}$$

$$Fh = 1.00$$

3.1.3.8.4 Tracción del conductor (kg)

$$Tc = 2 x Tmax x Sen(\emptyset/2) \quad \dots(15)$$

Donde:

Tmax= Tiro máximo (kg): 351.75

\emptyset =Angulo de la línea (°): 5

Reemplazando:

$$Tc = 2 x 351.75 x Sen(5/2)$$

$$Tc = 30.69 \text{ kg}$$

3.1.3.8.5 Factor de corrección

$$Fcorr = Ft * Fh \quad \dots(16)$$

Donde:

$$F_t = 1$$

$$F_h = 1$$

Reemplazando:

$$F_{corr} = 1 \times 1$$

$$F_{corr} = 1$$

3.1.3.8.6 Fuerza total sobre conductor (kg)

$$F_c = F_{vc} + T_c \quad \dots(17)$$

Donde:

$$F_{vc} = 7.61 \text{ kg}$$

$$T_c = 30.69 \text{ kg}$$

Reemplazando:

$$F_c = 7.61 + 30.69$$

$$F_c = 38.30 \text{ kg}$$

3.1.3.8.7 Factor de corrección

$$L = \frac{Vn * F_{corr} * M}{N * \sqrt{\delta}} \quad \dots(18)$$

Donde:

Vn= Tensión Nominal del sistema (kV): 22.9

Fcorr= 1

M=Grado de aislamiento (cm/kV): 1.7

N= Numero de aisladores:1

δ= Densidad relativa del aire: 1

Reemplazando:

$$L = \frac{22.9 \times 1 \times 1.7}{1 \times \sqrt{1}}$$

$$L = 38.93 \text{ cm}$$

3.1.3.8.8 Carga de los aisladores

$$Q = Cs \times Fc \quad \dots(19)$$

Donde:

Cs=Coeficiente de seguridad: 3

Fc= 38.30

Reemplazando:

$$Q = 3 \times 38.3$$

$$Q = 114.89 \text{ Kg} \approx 1.13 \text{ kN}$$

3.1.3.8.9 Tensión disruptiva bajo lluvia mínima (kV)

$$U = 2.1 * (Vn * Fcorr + 5) \quad \dots(20)$$

Donde:

Vn= Tensión Nominal del sistema (kV): 22.9

Fcorr= 1

Reemplazando:

$$U = 2.1 x (22.9 x 1 + 5)$$

$$U = 58.59 \text{ kV}$$

De acuerdo con los resultados se seleccionó los siguientes aisladores:

- Para alineamiento y ángulos pequeños de cambio de dirección: 1 Aislador tipo Pin de porcelana.
- Para anclajes, fin de línea y ángulos grandes de cambio de dirección: Aislador Polimérico de Suspensión, de 27 KV, 7 aletas.

Según catalogo se seleccionó lo siguiente:

a) Clase ANSI: 56-3

- Material aislante: Porcelana
- Norma de Fabricación: ANSI C 29.6

b) Dimensiones:

- Diámetro máximo (mm): 266
- Altura (mm): 190
- Longitud de Línea de fuga (cm): 53.3
- Diámetro de agujero para acoplamiento (mm):
35

c) Características Mecánicas

- Resistencia (kN): 13

d) Características Eléctricas

- Voltaje típico de aplicación (kV): 33
- Flameo de baja frecuencia en seco (kV): 125
- Flameo de baja frecuencia en húmedo (kV): 80
- Flameo crítico al impulso positivo (kVp): 200
- Flameo crítico al impulso negativo (kVp): 265
- Voltaje de perforación a baja frecuencia (kV):
165

e) Características de radio de interferencia

- Prueba de tensión eficaz a tierra para
interferencia (kV): 30
- Tensión máxima de radio de interferencia a
1000kHz: 200

- En aislador tratado con barniz semiconductor
(uV): 16000
- Peso neto (kg): 6

3.1.3.9 Cálculo de puesta a tierra.

Las puestas a tierra tienen una configuración básica compuesta de conductor de cobre de 35 mm² y electrodo cobre de 16mm ø x 2,4 m.

En las estructuras de la línea bifásica se utilizó una puesta a tierra con un solo electrodo. El tipo de puesta a tierra a usar es el Tipo PAT-1, conformado por los siguientes elementos:

- Electrodo de cobre electrolítico
- Conductor de cobre recocido para la bajada a tierra
- Accesorios de conexión y fijación

En las subestaciones de distribución, se utilizaron un sistema de 3 puestas a tierra dispuestas en triángulo.

El terreno de la zona es del tipo de terreno de cultivo, con una resistividad promedio de 42 Ω-m. De acuerdo con el tomo V del CNE, la resistencia de dispersión máxima es de 25 Ω.

Si seleccionamos un electrodo cilíndrico de $D = 5/8 \text{ "Ø"}$, instalado verticalmente, la resistencia de dispersión es:

$$R = 0.366 \left(\frac{R}{L} \right) \log \left[\left(\frac{2L}{D} \right) \sqrt{\frac{4H + 3L}{4H + L}} \right]. \quad \dots(21)$$

Donde:

$$H = 0.5m$$

Reemplazando:

$$42 = 0.366 \left(\frac{42}{L} \right) \log \left[\left(\frac{2L}{5/8} \right) \sqrt{\frac{4x0.5 + 3L}{4x0.5 + L}} \right].$$

$$L = 0.57m$$

La longitud comercial de los electrodos es de 2.4m, los cuales se ubicarán preferentemente cada 150m en terreno tipo cultivado.

3.1.4 Cálculos Justificativos Mecánicos.

3.1.4.1 Distancias mínimas de seguridad.

3.1.4.1.1 Separación mínima horizontal o vertical entre conductores de un mismo circuito en los apoyos.

$$D = 0,70 \text{ m}$$

Esta distancia es válida tanto para la separación entre 2 conductores de fase como entre un conductor de fase y uno neutro.

3.1.4.1.2 *Distancia mínima entre los conductores y sus accesorios bajo tensión y elementos puestos a tierra.*

$$D = 0,20 \text{ m}$$

Esta distancia no es aplicable a conductor neutro

3.1.4.1.3 *Distancia horizontal mínima entre conductores de un mismo circuito a mitad de vano.*

$$D = 0.0076 (U)(F_c) + 0.65 \sqrt{f} \quad \dots(22)$$

Siendo:

$$F_c = 1 + 1,25 (H - 1000)(10^{-4})$$

Donde:

U= Tensión nominal entre fases, kV

F= Flecha del conductor a la temperatura máxima prevista, (m) en la condición final.

F_c= Factor de corrección por altitud

H= Altitud (m.s.n.m.)

3.1.4.1.4 *Distancia vertical mínima entre conductores de un mismo circuito a mitad de vano.*

Tabla 5

Distancia vertical mínima entre conductores de un mismo circuito a mitad de vano

DISTANCIA VERTICAL MINIMA ENTRE CONDUCTORES	
Para vanos hasta 100 m	0,70 m
Para vanos entre 101 y 350 m	1,00 m
Para vanos entre 350 y 600 m	1,20 m
Para vanos mayores a 600 m	2,00 m

Fuente: Norma DGE

En estructuras con disposición triangular de conductores, donde dos de éstos estén ubicados en un plano horizontal, solo se toma en cuenta la separación horizontal de conductores si es que el conductor superior central se encuentra a una distancia vertical de 1,00 m o 1,20 m (Según la longitud de los vanos), respecto a los otros 2 conductores.

3.1.4.1.5 Distancia horizontal mínima entre conductores de diferentes circuitos.

Se aplicará la misma fórmula consignada para la distancia horizontal mínima entre conductores de un mismo circuito a mitad de vano.

Para la verificación de la distancia de seguridad entre dos conductores de distinto circuito debido a

una diferencia de 40% de las presiones dinámicas de viento, deberá aplicarse las siguientes fórmulas:

$$D = 0.0076 (U)(F_c) \quad \dots(23)$$

Donde:

U= Tensión nominal entre fases del circuito de mayor tensión, en kV

Fc= Factor de corrección por altitud

3.1.4.1.6 Distancia vertical mínima entre conductores de diferentes circuitos.

$$D = 1.20 + 0.0102 (F_c)(KV1 + KV2 - 50) \dots(24)$$

Donde:

kV1= Máxima tensión entre fases del circuito de mayor tensión, en kV

kV2= Máxima tensión entre fases del circuito de menor tensión, en kV.

Fc= Factor de corrección por altitud

Para líneas de 22, kV y 22/13,2 kV, esta tensión será 25 kV. La distancia vertical mínima entre líneas de 13.2kV será de 1,20 m

3.1.4.1.7 *Distancia mínima del conductor a la superficie del terreno.*

Tabla 6

Distancia mínima del conductor a la superficie del terreno

DISTANCIA MÍNIMA DEL CONDUCTOR A LA SUPERFICIE DEL TERRENO	
En lugares accesibles sólo a peatones	5,0 m
En laderas no accesibles a vehículos o personas	3,0 m
En lugares con circulación de maquinaria agrícola	6,0 m
A lo largo de calles y caminos en zonas urbanas	6,0 m
En cruce de calles, avenidas, carreteras principales y vías férreas:	7,0 m

Fuente: Norma DGE

3.1.4.1.8 *Distancia mínima a edificaciones y otras construcciones.*

Tabla 7

Distancia mínima a edificaciones y otras construcciones

DISTANCIA MÍNIMA DEL CONDUCTOR A LA SUPERFICIE DEL TERRENO	
Distancia vertical entre el conductor y cualquier parte de techo o estructura similar, normalmente no accesible, pero sobre la cual pueda pararse una persona	4,0 m
Distancia vertical entre el conductor y cualquier techo o estructura similar sobre la que no se pueda parar una persona	3,5 m
Distancia radial entre el conductor y paredes y otras estructuras no accesibles	2,0 m
Distancia radial entre el conductor y parte de una edificación normalmente accesible a personas incluyendo abertura de ventanas, balcones y lugares similares	2,5 m
Distancia radial entre el conductor y antenas o distintos tipos de pararrayos	3,0 m

Fuente: Norma DGE

3.1.4.2 Determinar el material de los conductores.

La Norma 501 establece que el material de los conductores para líneas primarias sean de Aleación de Aluminio tipo AAAC.

Datos del conductor empleado

- Sección (mm²): 35
- Material: AAAC
- Diámetro (mm): 7,5
- Carga de rotura (N): 1035
- Coeficiente de Dilatación lineal (°C -1): 0.000023
- Módulo de Elasticidad (N/mm²): 60760
- Masa unitaria (N/m): 0,094
- Sección real (mm²): 34,36

3.1.4.3 Esfuerzos máximos en el conductor.

3.1.4.3.1 Esfuerzo del conductor en la condición EDS.

Según las Normas Internacionales y las Instituciones vinculadas a la investigación respecto al comportamiento de los conductores, recomiendan que en líneas con conductores de aleación de aluminio sin protección antivibrante, los esfuerzos horizontales en la condición EDS inicial no superen el 18% del esfuerzo de rotura. Para vanos de longitud hasta 600.0 metros se ha tomado el valor de 18% de tiro de rotura del conductor en la hipótesis N° I (EDS), en condición inicial del conductor y para vanos

mayores de 600.0 metros se ha reducido este valor al 16% en la misma hipótesis y condición inicial.

3.1.4.3.2 *Esfuerzos máximos en el conductor.*

Los esfuerzos máximos en el conductor son los esfuerzos tangenciales que se producen en los puntos más elevados de la catenaria. Para los conductores no deben sobrepasar el 60% del esfuerzo de rotura según C.N.E.

Las hipótesis de estado para los cálculos mecánicos del conductor se definen sobre la base de los siguientes factores:

- Velocidad de viento
- Temperatura
- Carga de hielo

f) Hipótesis I - Temperatura Media (EDS)

- Temperatura: 12°C
- Velocidad del viento: 0 km/hr
- Máximo esfuerzo: 18 % de tiro de rotura (condición inicial) y 16 % de tiro de rotura (vanos mayores a 600)

g) Hipótesis II - Temperatura Mínima

- Temperatura: -5°C
- Velocidad del viento: 0 km/hr
- Espesor de hielo: 0 mm

Hipótesis III - Máximo Viento

- Temperatura: 6°C
- Velocidad del viento: 80 km/hr (22.2 m/seg)
- Máximo esfuerzo hasta: 60 % de t. rotura
- Espesor de hielo: 0 mm

h) Hipótesis IV - Máxima Temperatura

- Temperatura: 25°C, sin considerar deformación inelástica
- Velocidad del viento: 0 km/hr
- Espesor de hielo: 0 mm

Se ha previsto que los esfuerzos no sobrepasen lo establecido por en normas DEP/MEN, limitando estos según sus respectivos coeficientes de seguridad (c.s.):

Tabla 8
Coeficientes de seguridad

HIPOTESIS	% del Tr
I	18 vanos hasta 600 16 vanos más de 600 m
II	60

3.1.4.4 Cálculo mecánico de estructuras.

Estos Cálculos tienen por objeto determinar las cargas mecánicas en postes, cables de retenida y sus accesorios, de tal manera que, en las condiciones más críticas, no se superara los esfuerzos máximos previstos en el en normas DEP/MEM y complementariamente en las Normas Internacionales.

3.1.4.4.1 Características de los aisladores.

- Tipo Pin Polimérico: peso = 3.00 N (Aprox.)
- Tipo Suspensión Polimérico: peso = 5.00 N

3.1.4.4.2 Características de los postes.

- Longitud (m): 13, 13
- Carga de trabajo a 0,10 m de la cabeza (Kg.): 300, 400
- Diámetro en la cabeza (mm): 180, 180
- Diámetro en la base (mm): 375, 375
- Espesor de concreto sobre armadura (mm): 15, 15
- Coeficiente de Seguridad: 2, 2

3.1.4.5 Esfuerzo en las crucetas.

3.1.4.5.1 Cruceta.

Donde:

- Largo(L): 0.75 m.
- Ancho (b): 0.125 m.

- Alto (h): 0.11 m.
- Peso (P): 6.24 N
- Esfuerzo: 4.91 kN/cm²
- Diam. perno (a): 0.016 m
- Distancia al eje Torsor (d): 0.6 m

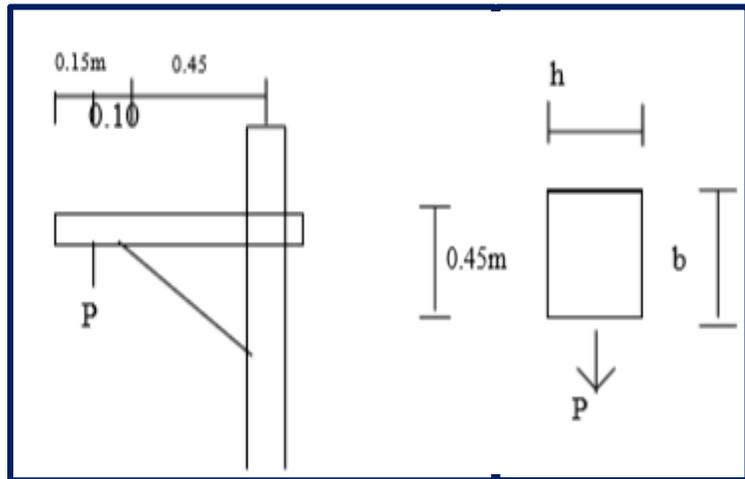


Figura 3: Medidas de la cruzeta

3.1.4.5.2 Cálculo del peso máximo.

a) Módulo de sección

$$W = \frac{h \times b^2}{6} \quad \dots(25)$$

$$W = \frac{11.5 \times 12.7^2}{6}$$

$$W = 309.14 \text{ cm}^3$$

b) Momento (respecto del brazo de torsión)

$$M = P \times d \quad \dots(26)$$

Esfuerzo

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad \dots(27)$$

Esfuerzo de Flexión de cruceta = 4.91 kN/cm^2 ,

Si:

$$9.81 \text{ N} = 1 \text{ N}$$

$$4.91 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \times 1000 \frac{\text{N}}{\text{kN}} \times \left(1 \frac{\text{N}}{9.81 \text{ N}}\right) = 500.51 \text{ N/cm}^2$$

Peso vertical máximo

$$P = \frac{\sigma \times W}{d} \quad \dots(28)$$

$$P = \frac{500.51 \times 309.14}{10}$$

$$P = 15,472.76 \text{ N}$$

c) Tiro vertical máximo admisible (funcionamiento normal)

$$P^1 = P/c_s \quad \dots(29)$$

$$P^1 = 15472.76/4$$

$$P^1 = 3,868.19 \text{ N}$$

Cuando se utiliza doble cruceta

$$P^1 = 7,736.38 \text{ N}$$

d) Cálculo del tiro longitudinal

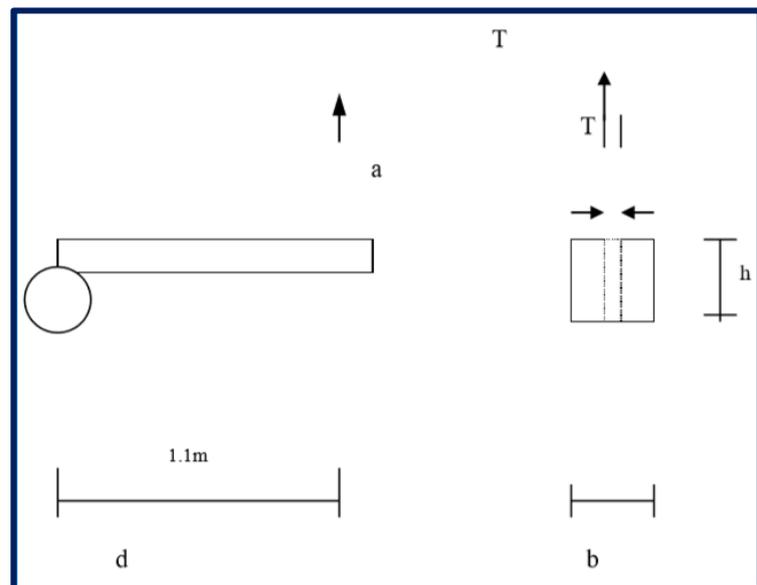


Figura 4: Tiro longitudinal

Módulo de sección

$$W = \frac{h^2 x (b - a)}{6} \quad \dots(30)$$

$$W = \frac{11.5^2 x (12.7 - 1.6)}{6}$$

$$W = 244.66 \text{ cm}^3$$

Modelo (respecto del brazo de torsión)

$$M = T x d \quad \dots(31)$$

Esfuerzo

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad \dots(32)$$

Considerando un brazo de torsión de $d= 0.60\text{m}$

$$T = \frac{\sigma W}{d} \quad \dots(33)$$

$$T = \frac{500.51 \times 244.66}{10}$$

$$T = 12,245.47 \text{ N}$$

Tiro longitudinal máximo admisible (caso crítico de rotura de conductor)

$$T^1 = T/cs \quad \dots(34)$$

$$T^1 = 12,245.47/2$$

$$T^1 = 6,122.73 \text{ N}$$

3.1.4.6 Cálculo del bloque de anclaje de retenidas.

Por equilibrio de momentos se tiene:

$$F_{RH} \times h_R = F_{tot} \times h \quad \dots(35)$$

Donde:

FRH: Fuerza horizontal en la retenida (N)

h_R : Altura del punto de aplicación de la retenida (m)

F_{tot} : Fuerza total aplicada al poste a 30 cm de la punta (N)

h : Altura del punto de aplicación de F_{tot} (m)

Además,

$$F_R = \frac{F_{RH}}{N \operatorname{sen} \varphi} \quad \dots(36)$$

Siendo $\varphi = 37^\circ$ mínimo.

F_R : Fuerza del cable de la retenida (N)

N : número de retenida

3.1.4.6.1 *Bloque de anclaje.*

Los datos para el cálculo son:

- Bloque de anclaje 0.50 x 0.50 x 0.20 m
- Varilla de anclaje de 16 mm Φ
- Máximo tiro: 3,159 N.
- Angulo de la varilla con la vertical: (53°)
- Angulo del talud: 55°
- Peso específico del terreno $W_c = 1.5 \text{ N} / \text{dm}^3$

3.1.4.6.2 *Volúmen del tronco de pirámide.*

$$V = \frac{1}{3} \times H ((B + 2C)^2 + B^2 + (B + 2C) \times B) \dots(37)$$

Donde: $C = 0.7 H$

Luego:

$$V = 0.65 H^3 + 5.6 H^2 + 16H$$

$$V = 2101.33 \text{ dm}^3$$

Si

$$B = 4 \text{ dm}$$

$$H = 11.94 \text{ dm}$$

La longitud enterrada de la varilla será

$$L = 11.94 / \text{sen}\varphi \quad \dots(38)$$

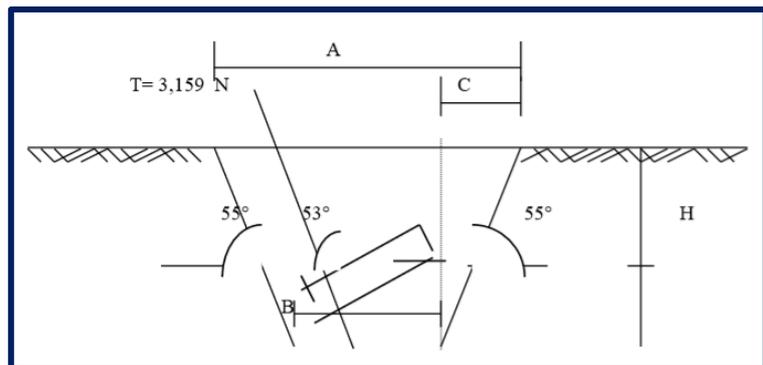


Figura 5: Medidas de la varilla

De donde podemos deducir que, para obtener la máxima longitud, f debe de ser mínimo, que según las tablas determinadas para el cálculo de las retenidas $\varphi_{\text{min}} = 45.00^\circ$

$$L = 11.94 / \text{sen}45^\circ \text{ m} \quad \dots(39)$$

$$L = 1.69 \text{ m}$$

La longitud real de la varilla será mayor si se toma en cuenta la parte de la varilla que sobresale del terreno, así como la parte en el interior del bloque de concreto y la longitud destinada para la ferretería.

Tabla 9
Características de longitud de la varilla

CARACTERISTICAS DE LONGITUD DE LA VARILLA	
Longitud de la varilla enterrada	1.69 m
Longitud sobresalida del terreno	0.30 m
Longitud para ferretería	0.20 m
TOTAL	2.19 m

La varilla utilizada tiene las siguientes características:

- Longitud de la varilla= 2400 mm
- Diámetro= 16 mm

3.2 Resultados

3.2.1 Ubicación de las estructuras

El proyecto consta de la instalación de 5 estructuras de soporte las cuales se encuentran ubicadas en la posición siguiente:

- Poste de seccionamiento (PDS): -5.916682, -77.022613
- Transformix: -5.916809, -77.022613
- Primer Poste: -5.918562, -77.022927
- Segundo Poste: -5.920632 -77.022979
- Transformador: -5.920867, -77.022899

El sistema de Utilización en media tensión comprendió:

- La instalación de 05 estructuras de concreto armado centrifugado de 13 m de altura, con crucetas también de concreto, con sus correspondientes elementos para soportar la línea aérea y los equipos de medición, seccionamiento y protección.
- El tendido de la línea aérea Bifásica, 2 Fases constituida por 484,71 m de longitud con conductor desnudo de Aluminio, AAAC de 35 mm².
- La servidumbre es de 11m de ancho, 5.5m a cada lado de la línea, y una longitud de 484,71 m dando un área de 5 331,8 m².
- El Montaje de la Subestación Monoposte de 15 KVA.
- Sistema de Medición a la Intemperie, instalada en la segunda estructura del Sistema de Utilización en M.T.
- Instalación de seccionadores tipo cut out y pararrayos adosados a las palomillas de concreto.
- Sistema de pozos a tierra para Transformador, Transformix, medidor y ferretería.
- Empalme de la línea de la BTS al punto de diseño otorgado por Electro Oriente.

CONCLUSIONES

- Se concluye que las características de diseño de la red de media tensión 10-22.9 kV - Bifásico, para el suministro eléctrico de la Estación Base Transmisora AR2910, Moyobamba - San Martín, tiene una potencia total de 12 kW y una potencia del transformador de 15kVA cumpliendo con el factor de seguridad de 25%.
- Se concluye que se determinó la máxima demanda de la red de media tensión 10-22.9 kV- Bifásico, para el suministro eléctrico de la Estación Base Transmisora AR2910, Moyobamba - San Martín, por medio del cuadro de cargas siendo esta de 13.5kW.
- Se concluye que se realizó el dimensionamiento de la red de media tensión 10-22.9 kV - Bifásico, para el suministro eléctrico de la Estación Base Transmisora AR2910, Moyobamba - San Martín, la cual tendrá una línea aérea Bifásica, 2 Fases constituida por 484,71 m de longitud con conductor desnudo de Aluminio, AAAC de 35 mm².

RECOMENDACIONES

- En relación con el diseño de la red de media tensión 10-22.9 kV - Bifásico, se recomienda, realizar pruebas periódicas a la Estación Base Transmisora AR2910 con la finalidad de medir la eficiencia de la energía suministrada, asimismo se recomienda el uso de paneles solares como último recurso puesto que es una fuente de energía renovable, no contaminante.
- En relación con la determinación de la máxima demanda, de la red de media tensión 10-22.9 kV - Bifásico se recomienda, verificar las características y parámetros de la zona con la finalidad de realizar un cálculo exacto en el cuadro de cargas, y si la potencia incrementa por aumento de equipos y sobrepasa el margen de seguridad del 25%, se recomienda cambiar el transformador.
- Finalmente, en relación con el dimensionamiento de la red de media tensión 10-22.9 kV - Bifásico, se recomienda, realizar un adecuado mantenimiento de los equipos instalados e inspecciones periódicas siguiendo las recomendaciones del fabricante para prolongar la vida útil de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, G. (2012). Estudio de sistemas de respaldo de energía eléctrica para cuarto de telecomunicaciones en la Finca Limoncito (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador
- Blanco, C. (2011). Diseño de la red de distribución en media tensión (12,47kV) de la ciudad socialista Caribia (Tesis de pregrado). Universidad Central de Venezuela. Venezuela.
- Cabezas, J. D. (2007). Sistemas de telefonía. Madrid, España: Paraninfo
- García, J. (2010). Instalaciones eléctricas en media y baja tensión. Madrid, España: Paraninfo
- Huidobro, J. M. y Conesa, R. (2006). Sistemas de telefonía. Madrid, España: Paraninfo
- Narváez, Y. (2012). Diseño de redes de distribución eléctrica de media y baja tensión para la normalización del barrio El Piñoncito de Campo de la Cruz (Tesis pregrado). Universidad de la Costa. Colombia.
- Quintero, M. (2013). Diseño de circuito de media tensión para alimentar el corregimiento de San José de Oriente (Cesar) (Tesis pregrado). Universidad de la Costa. Colombia.
- San José, R. (2007). Diseño y montaje de red de alimentación principal de media tensión (13.2kV) del aeropuerto internacional La Aurora (Tesis pregrado). Universidad San Carlos de Guatemala. Guatemala
- Wildi, T. (2006). Máquinas eléctricas y sistemas de potencia. Juárez, México: Pearson
- Yusta, J. M. (2013). Contratación del suministro eléctrico. Madrid, España: Paraninfo

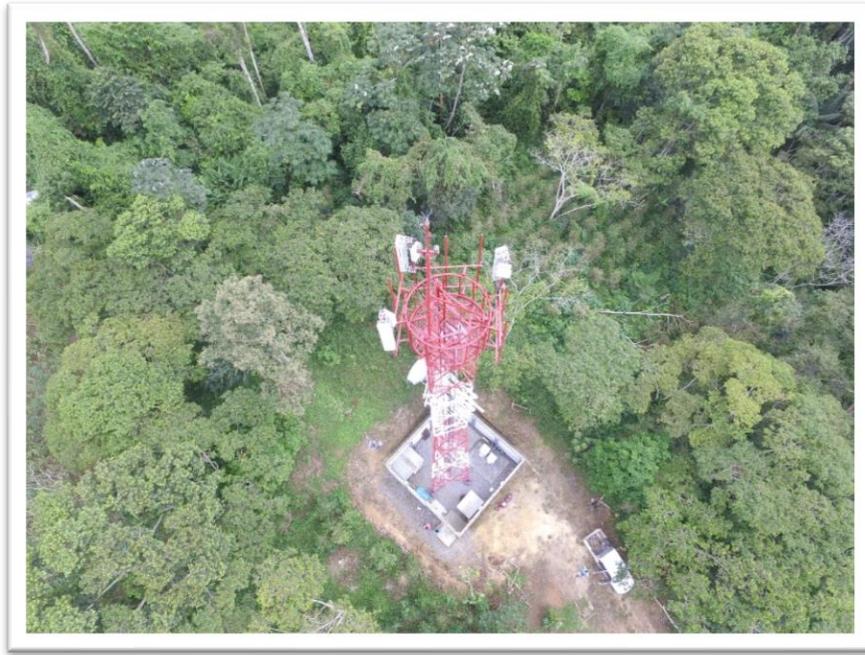
- Zerpa, K. (2013). Evaluación de la eficiencia energética y diseño óptimo de una línea de distribución en media tensión-10KV (Tesis pregrado). Universidad de Piura. Perú

ANEXOS

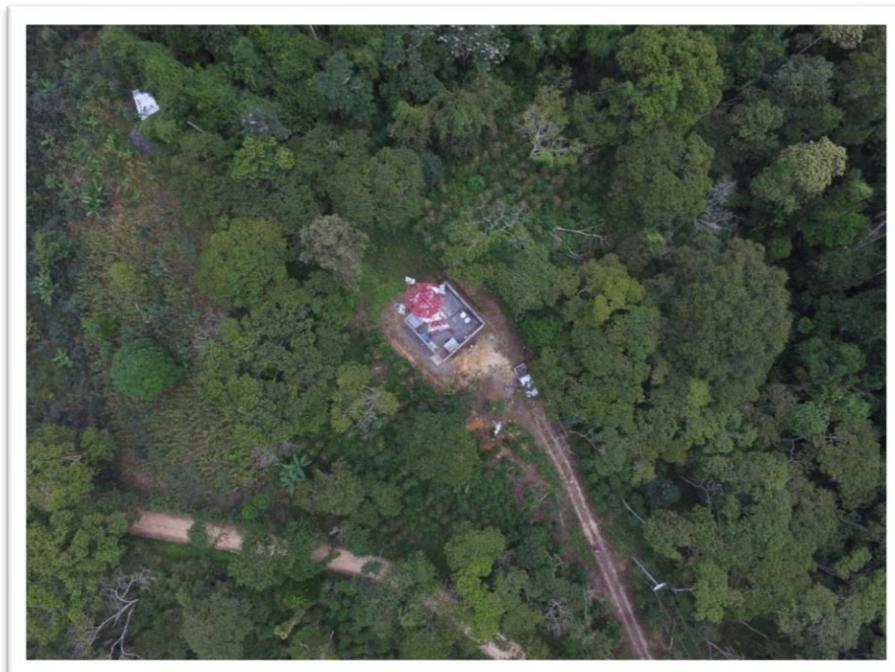
ANEXO 1

ARCHIVOS FOTOGRAFICOS

Vista aérea de la BTS “AR2910”



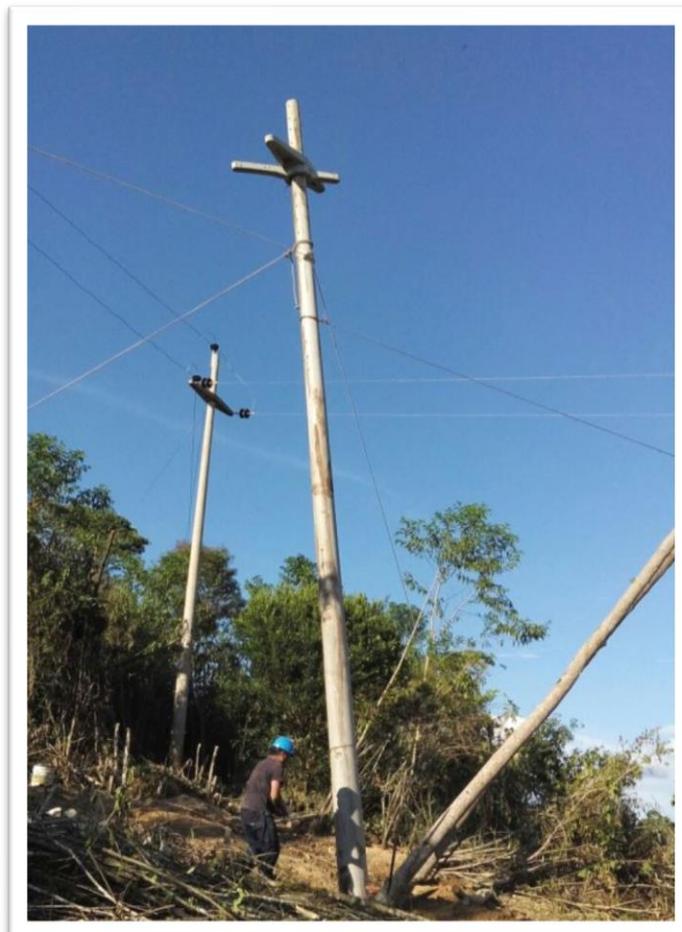
Vista satelital de la BTS “AR2910”



Vista frontal de la BTS “AR2910”



Instalación de poste para el seccionamiento de la línea de MT



Poste instalado para la línea de MT y pozos a tierra



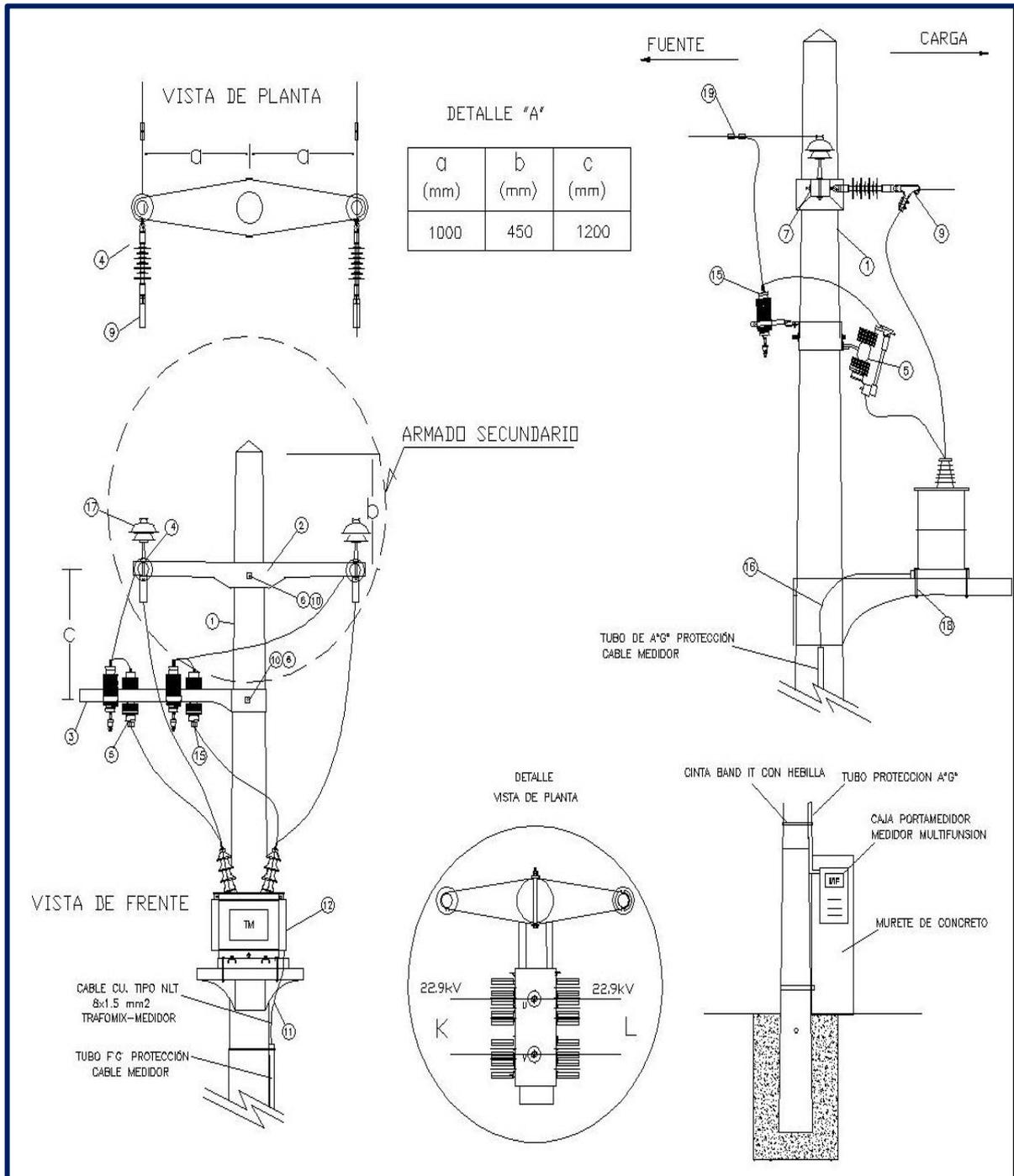
Vista de último poste para la energización de la BTS "AR2910"

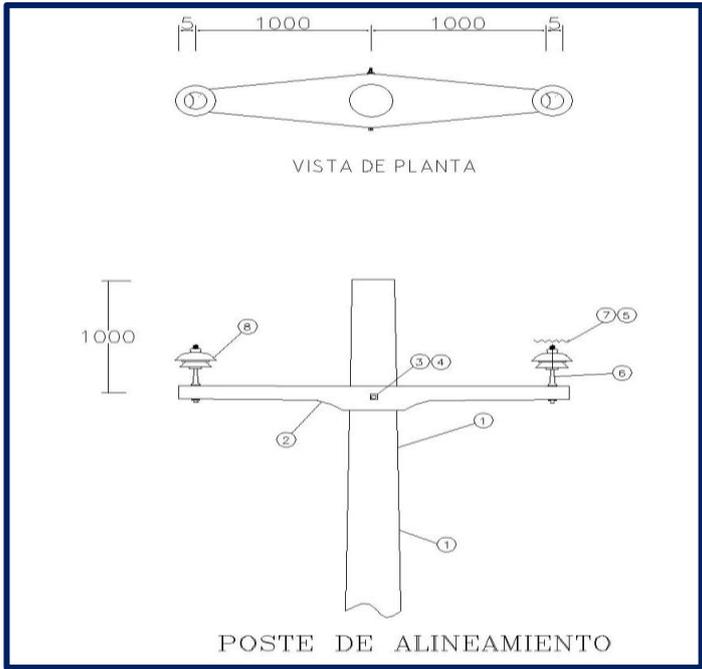
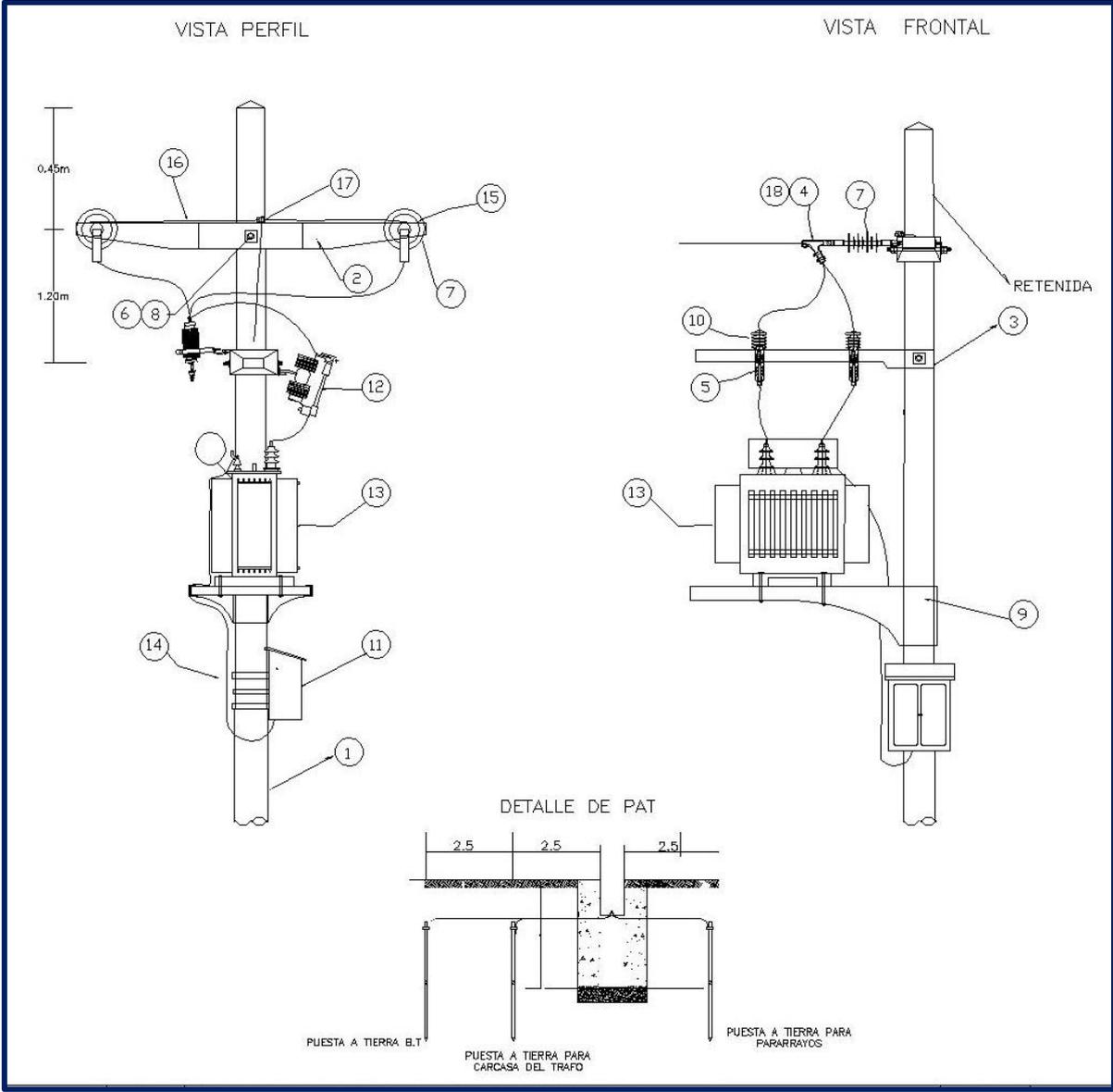


ANEXO 2

PLANOS COMPLEMENTARIOS

Trafomix con seccionamiento





ANEXO 3

PLANO DE LA INSTALACIÓN

