

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA: ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,**  
**INFORMÁTICA Y MECÁNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**SERVICIO A NIVEL PROFESIONAL**

---

**“LINEA PRIMARIA Y SUBESTACIÓN CON POTENCIA DE TRANSFORMADOR (400KVA), EN LAS CALLES ARCOPATA Y MELOQ”**

---

INFORME TÉCNICO DE EXPERIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA

Presentado Por : **Br. FRANKLIN CENTENO CARDEÑA**

Consejero : **M.Sc. Ing. EDGAR ZACARIAS ALARCON VALDIVIA**

**CUSCO – PERU**

**2019**

## PRESENTACIÓN

Señor : Decano de la Facultad de Ingeniería: Eléctrica,  
Electrónica, Informática y Mecánica.

Señores : Dictaminantes.

En cumplimiento con las disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos Vigentes, con la finalidad de optar al título de Ingeniero Electricista, presento a vuestra consideración el Informe Técnico intitulado:

**“LINEA PRIMARIA Y SUBESTACION CON POTENCIA DE TRANSFORMADOR (400KVA), EN LAS CALLES ARCOPATA Y MELOQ”**

Br. Franklin Centeno Cardeña

## DEDICATORIA

*A nuestro señor Jesús, por darme la  
fortaleza para seguir adelante,  
A mi padre y hermana que desde el  
cielo guían mis pasos, a mi madrecita  
Irene pilar fundamental en mi  
formación, a mi hermana por su apoyo  
incondicional. Y en especial a mi  
pareja e hijas, motor y motivo para  
conseguir mis metas.*

*Franklin Centeno Cardena*

## RESUMEN EJECUTIVO

En un sistema eléctrico de potencia se incluye las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica. Cuya función primordial es la de llevar energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por ultimo entregarla a los usuarios, en forma segura y con los niveles de calidad exigidos.

Alrededor de las 2/3 partes del financiamiento total del sistema de potencia están dedicadas a la parte de la distribución. Lo que implica necesariamente un trabajo cuidadoso en el planeamiento, diseño, construcción y la operación del sistema de distribución, lo que requiere manejar una información voluminosa y tomar numerosas decisiones, lo cual es una tarea compleja pero de gran trascendencia.

El sistemas de distribución en media tensión, es tema sumamente importante, por lo cual conlleva la selección adecuada y el correcto equipamiento de los componentes de dicha subestación de distribución, las cuales están integradas por celdas de control en media tensión, dichas celdas a su vez integradas por seccionadores, interruptores automáticos, fusibles relé con sistema de monitoreo, sobreintensidades y protección contra cortocircuitos, entre otras.

El informe técnico se enfoca en los componentes que forman una subestaciones de distribución en caseta, como son las celdas de control en media tensión, el transformador de distribución, el tablero de baja tensión, por consiguiente la correcta disposición de los mismos, con lo cual se ve reflejado en el correcto desempeño de los equipos en media tensión, con el único objetivo del control y distribución de tensiones eléctricas mayores a 1000 voltios.

## INTRODUCCIÓN

En el presente informe técnico se desarrolla el planeamiento, diseño e implementación de la Subestación de Distribución con transformador de 400 KVA en la calle Arcopata, correspondiente al alimentador de la S.E.T de Dolorespata de la ciudad del Cusco DO03, dicha implementación comprende la distribución de celdas de control y monitoreo en media tensión y también una celda de control del transformador de 400KVA, con lo cual conlleva a un correcto accionamiento y control con una tensión de 10,500 Voltios, dotando de una adecuada seguridad para la manipulación en media tensión.

Este informe técnico pretende contribuir con la implementación de subestaciones de distribución, mediante celdas de control y monitoreo en media tensión, requerida por el sistema eléctrico en la etapa de distribución.

### 1.1.1. OBJETIVO

El mejoramiento de los equipos de la Subestación de Distribución de la calle Arcopata, mediante celdas de control, protección y monitoreo en media tensión, las cuales distribuyen tensión de 10.5kv hacia Av. Apurimac, Calle Teatro, Av. La Raza, y celda de control y protección del transformador 400KVA, 10.5/0.22KV, 3Ø, 60Hz.

### 1.1.2. ALCANCES

El presente Informe Técnico, está enfocado dentro del ámbito de estudio de la **INGENIERÍA ELÉCTRICA**, lo cual está contemplado dentro de lo siguiente:

- El área de la S.E.D. de Arcopata se encuentra dentro de la zona de concesión del sistema de distribución y sistemas de utilización en media tensión con RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°018-2002-EM/DGE (2002-09-27)
- Muestra el proceso de implementación de la S.E.D. 10154 (Calle Arcopata) mediante celdas compactas en media tensión, las cuales controlan y monitorean la distribución en media tensión a otras subestaciones aledañas.
- Desarrollo de cálculos eléctricos para una óptima selección de las celdas de MT. y red de distribución primaria, aplicando los controles y monitoreo para una protección adecuada para los operadores.
- Su aplicación es solo Subestaciones de Distribución Primaria.
- Calidad de Servicio Eléctrico, conjunto de características técnicas y comerciales, relacionados al suministro eléctrico exigible en las normas técnicas y legales para el cumplimiento de las empresas eléctricas. En ese sentido, para asegurar un nivel satisfactorio de la prestación de los servicios eléctricos, el Ministerio de Energía y Minas dictó normas para el desarrollo de las actividades de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la energía eléctrica, con la finalidad de garantizar a los usuarios un suministro eléctrico continuo, adecuado, confiable y oportuno.

# ÍNDICE GENERAL

PRESENTACIÓN.....	II
DEDICATORIA .....	III
RESUMEN EJECUTIVO.....	IV
INTRODUCCIÓN .....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XII
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	XII
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	XIII
CAPITULO I .....	1
ASPECTOS REFERENCIALES.....	1
1.1 RAZON SOCIAL.....	1
1.2 QUIENES SOMOS .....	1
1.3 ORGANIGRAMA .....	2
1.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES .....	2
CAPITULO II .....	4
MEMORIA DESCRIPTIVA.....	4
2.1 ANTECEDENTES .....	4
2.2 GENERALIDADES.....	4
2.2.1 ALCANCES DEL PROYECTO.....	5
2.2.2 ZONA DEL PROYECTO .....	5
2.3 CARACTERÍSTICAS GEOGRAFICAS.....	6
2.4 IMPACTO AMBIENTAL Y SEGURIDAD .....	6
2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	7
2.5.1 RED PRIMARIA .....	7
2.5.2 SUBESTACIÓN.....	7
2.6 SUMINISTRO DE ENERGÍA.....	8
2.7 BASES DE CÁLCULO.....	8
2.8 SITUACION ACTUAL DE LA S.E.D. 10154 ARCOPATA .....	9
2.8.1 DESCRIPCION DE LA SUBESTACION 10154 .....	9
2.8.2 MAXIMA DEMANDA DE LA POTENCIA DE LA SUBESTACION .....	10

2.8.3	OPERACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA SUBETACIÓN.....	10
2.9	GRADO DE CARGABILIDAD DE LOS EQUIPOS .....	11
2.10	PLAZO Y CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRA .....	12
2.11	VALOR REFERENCIAL.....	12
2.12	PLANOS Y DETALLES .....	13
2.13	FINANCIAMIENTO .....	13
CAPITULO III .....		14
ESPECIFICACIONES TECNICAS DE SUMINISTRO DE MATERIALES.....		14
3.1	GENERALIDADES.....	14
3.2	ALCANCES.....	14
3.3	ENSAYOS Y PRUEBAS.....	14
3.4	EMBALAJE.....	15
3.5	GARANTÍAS.....	15
3.6	ESPECIFICACIONES TECNICA (TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN) ETS-LP-21.....	16
3.6.1	Alcance .....	16
3.6.2	Normas Aplicables .....	16
3.6.3	Características de los Transformadores .....	16
3.6.4	Núcleo .....	16
3.6.5	Arrollamientos .....	17
3.6.7	Terminale BT. MT.....	17
3.6.8	Accesorios .....	17
3.6.9	Pruebas .....	18
3.6.9.1	Pruebas Tipo.....	18
3.6.9.2	Pruebas de Rutina .....	19
3.6.10	DATOS TECNICOS DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION .....	19
3.8	ESPECIFICACIONES TECNICAS SUBESTACION COMPACTA .....	21
3.8.1	CELDA DE INTERRUPTOR EN VACION PARA MEDIA TENSION VCP-W (VACUUM CIRCUIT BREAKERS FOR MEDIUM VOLTAGE VCP-W).....	22
3.8.2	INTERRUPTOR PARA MEDIA TENSIÓN TIPO QM (SWITCHGEAR MÉDIUM VOLTAGE QM).....	23
3.9	TABLERO ELECTRICO DE BAJA TENSIÓN.....	24
3.9.1	Alcances .....	24
3.9.2	Normas Aplicables .....	24
3.9.3	Condiciones Ambientales .....	25

3.9.4	Características Técnicas .....	25
3.9.5	Interruptor Termomagnético .....	26
3.9.6	Contactador Electromagnético .....	27
3.9.7	Interruptor horario .....	28
3.9.8	Barras Colectoras y Conductores de Conexionado .....	28
3.9.9	Pruebas.....	29
3.9.9.1	Pruebas Tipo o de Diseño.....	29
3.10	CONDUCTORES .....	29
3.11	DUCTOS.....	30
3.12	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	30
CAPITULO IV .....		31
ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL MONTAJE DE MATERIALES.....		31
4.1	GENERALIDADES.....	31
4.2	ALCANCE.....	31
4.3	NORMAS.....	31
4.4	TENDIDO DE LOS CABLES SUBTERRÁNEOS DE MEDIA TENSIÓN.....	31
4.4.1	Trazo del recorrido.....	31
4.4.2	Apertura de zanja.....	32
4.4.3	Tendido de los cables .....	32
4.4.4	Montaje de Terminales .....	34
4.4.5	Protección y señalización de los cables .....	34
4.5	MONTAJE DE SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN.....	35
4.6	MONTAJE DE PUESTA A TIERRA .....	38
4.7	INSPECCIÓN Y PRUEBAS.....	38
4.7.1	Inspección de Obra Terminada.....	38
4.7.2	Inspección de cada estructura .....	38
4.7.3	Pruebas de puesta en servicio .....	39
CAPÍTULO V .....		40
CALCULOS JUSTIFICATIVOS PARA RED PRIMARIA Y SUB ESTACION .....		40
5.1	BASES PARA EL DISEÑO DE RED PRIMARIA .....	40
5.1.1	OBJETIVO .....	40
5.2	DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD.....	41
5.2.1	Separación mínima horizontal o vertical: .....	41

5.2.2	Distancia mínima entre las redes bajo tensión paralelas de diferentes circuitos: .....	41
5.2.3	Distancia mínima entre conductores de un circuito y redes de comunicación .....	41
5.2.4	Distancia mínimas del conductor a la Superficie del Terreno .....	41
5.3	CALCULOS MECANICOS DEL CONDUCTOR.....	41
5.3.1	Objetivo .....	41
5.3.2	Características de los Conductores Normalizados .....	42
5.3.2.1	Material de los Conductores Primario .....	42
5.3.2.2	Características de los conductores .....	42
5.3.3	Esfuerzos máximos en el Conductor .....	43
5.4	CALCULOS ELECTRICOS.....	43
5.4.1	Características Eléctricas del Sistema .....	43
5.4.2	Cálculo de Caída de Tensión .....	43
5.4.2.1	Parámetros de los conductores .....	43
5.4.2.2	Cálculos de caída de tensión .....	44
5.4.2.3	Simbología:.....	44
5.5	SELECCIÓN DE CONDUCTOR.....	45
5.6	PROYECCION DE LA DEMANDA DE S.E.D. 10154P.....	46
5.7	CÁLCULO DE FLUJO DE POTENCIA DE LA SED 10154 ARCOPATA, EN CONDICIONES ACTUALES DE OPERACIÓN, AÑO 2015.....	48
5.8	CÁLCULO DE FLUJO DE POTENCIA DE LA SED 10154 ARCOPATA, EN CONDICIÓN MODERNA DE OPERACIÓN, AÑO 2019.....	49
5.9	CÁLCULO DE FLUJO DE POTENCIA DE LA SED 10154 ARCOPATA, EN CONDICIONES DE DEMANDA PROYECTADA, PARA EL AÑO 2029.....	51
5.10	DIAGRAMA UNIFILAR DE LA S.E.D 10154 ARCOPATA. ....	53
5.11	DIAGRAMA UNIFILAR DEL ALIMENTADOR DO-03 DOLORESPATA.....	54
5.12	COORDINACION DE PROTECCION .....	55
5.12.1	Generalidades .....	55
5.12.2	Consideraciones para el Cálculo de las Corrientes de Falla .....	55
5.12.3	Impedancia de Secuencia de la Línea.....	56
5.12.4	Impedancia Característica de la Línea .....	57
5.12.5	Criterio de selección de protección de sobre corriente .....	58
5.13	VALORES DE CORRIENTE EN LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO DE ALTA Y BAJA TENSION .....	63

CONCLUSIONES .....	64
SUGERENCIAS .....	66
BIBLIOGRAFÍA .....	67
ANEXO I .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 2.1</b> Zona del Proyecto .....	5
<b>Tabla N° 2.2</b> Características Geograficas .....	6
<b>Tabla N° 2.3</b> Máxima demanda anual.....	10
<b>Tabla N° 2.4</b> resultados del flujo de potencia, situación actual .....	11
<b>Tabla N° 2.5</b> Plazo y Cronograma de ejecución .....	12
<b>Tabla N° 2.6</b> Presupuesto del suministro y montaje .....	12
<b>Tabla N° 2.7</b> Detalle de planos .....	13
<b>Tabla N° 3.1</b> Datos Técnicos del transformador.....	20
<b>Tabla N° 5.1</b> Proyección de la máxima demanda – anual.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1:</b> Datos técnicos Celda de llegada .....	22
<b>Figura 3.2:</b> Datos técnicos Celda de salida.....	23
<b>Figura N° 5.1:</b> Características eléctricas del Conductor .....	45
<b>Figura N° 5.2:</b> corrido de flujo de potencia en condición actual, año2015 .....	48
<b>Figura N° 5.3:</b> corrido de flujo de potencia en condición moderna, año2019.....	50
<b>Figura N° 5.4:</b> corrido de flujo de potencia en condición de demanda proyectada, año2027 .....	51
<b>Figura N° 5.5:</b> Diagrama Unifilar de a S.E.D. 10154 ARCOPATA, en la actualidad ...	53
<b>Figura N° 5.6:</b> Diagrama Unifilar del alimentador DO-03 DOLORESPATA .....	54
<b>Figura 5.7:</b> Resultados del cálculo de corriente de falla.....	56
<b>Figura 5.8:</b> Resultados de parámetros de línea primaria.....	58
<b>Figura 5.9:</b> Coordinacion de proteccion – alimentador 10.5kv DO-03.....	60
<b>Figura 5.10:</b> Curva de Protección de sobre corriente de fase 51/50.....	61
<b>Figura 5.11:</b> Curva de Protección de sobre corriente de tierra 51N/50N.....	62

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

**Alimentadores:** Es el circuito eléctrico en media tensión que nace en la subestación de poder y que alimenta un área determinada.

**Aislador:** Material aislante de una forma diseñada para soportar físicamente un conductor y separarlo eléctricamente de otros conductores u objetos.

**Alumbrado Público (AP):** Corresponde a las instalaciones que proporcionan la iluminación, tanto de las vías públicas, plazas y parques, como de los espacios de libre circulación que se encuentran a cargo de un Municipio. Este último licita las Obras de Recambio o Instalación de Luminarias, con el objeto de optimizar costos de iluminación y proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades.

**Ampere:** Es la unidad de medida de la corriente eléctrica.

**Aislamiento:** (aplicado a cables) lo que permite aislar un conductor de los otros conductores o de partes conductoras o de la tierra.

**Aislante:** es un material cuya conductividad eléctrica es nula o muy pequeña.

### B

**Baja Tensión (BT):** De acuerdo a lo establecido en el Código Nacional de Electricidad, se consideran en este grupo los sistemas o instalaciones con tensiones con un máximo de 1.000 V.

## C

**Calidad de Suministro:** Es el conjunto de parámetros físicos y técnicos que, conforme al Reglamento y las normas técnicas pertinentes, debe cumplir el producto electricidad. Dichos parámetros son, entre otros, tensión, frecuencia y disponibilidad (DL25844/DS N°020-97-EM-NTCSE).

**Calidad de Servicio:** Es el conjunto de propiedades y estándares normales que, conforme a la Ley y el Reglamento, son inherentes a la actividad de distribución de electricidad concesionada, y constituyen las condiciones bajo las cuales dicha actividad debe desarrollarse (DL25844/DS N°020-97-EM).

**Cable:** Un conductor con aislamiento, o un conductor con varios hilos trenzados con o sin aislamiento (cable unipolar o multipolar) o una combinación de conductores aislados entre sí.

**Caja de conexión:** Aquella caja destinada a albergar los equipos de control, maniobra, medición y/o protección del suministro de energía a una edificación.

**Caja de Derivación:** Aquella caja destinada a alimentar a partir de ella a otras conexiones.

**Caja de Toma:** Conjunto de dispositivos incluida la caja que se requiere para albergarlos, destinados a conectar proteger y/o separar las acometidas del alimentador.

**Cámara de Transformador:** Un recinto cerrado encima o debajo del suelo con paredes, piso y techo resistentes al fuego, en el cual los transformadores y sus equipos asociados son instalados.

**Capacidad de Interrupción o Poder de Ruptura:** Corriente o Potencia máxima que un contacto es capaz de abrir bajo condiciones específicas.

**Carga de Rotura (de un conductor):** Carga mecánica máxima que pueda soportar el conductor al momento de ocurrencia de su rotura.

**Capacidad de Corriente:** Es la capacidad de conducir corriente de un conductor eléctrico bajo condiciones técnicas establecidas expresada en amperes.

**Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC):** Organismo encargado de coordinar la operación del conjunto de instalaciones de un sistema eléctrico: generadoras, transmisores y distribuidores con el objetivo de entregar una energía segura y al menor costo posible.

**Certificado de Factibilidad:** Documento que se extiende a petición del interesado, en cumplimiento de lo establecido en el Art. 6.1 de la Norma Técnica Elect. 10/84, Trámite para la Puesta en Servicio de una Instalación Eléctrica.

**Circuito:** Un conductor o sistema de conductores concebido para que a través de ellos cuales pueda circular una corriente eléctrica.

**Cliente:** Es la persona natural o jurídica que acredite dominio sobre un inmueble o instalaciones que reciben servicio eléctrico. En este inmueble o instalación quedarán radicadas todas las obligaciones derivadas del servicio para con la empresa suministradora.

**Concesionaria de Distribución de Energía Eléctrica:** Es una persona nacional o extranjera, natural o jurídica, que inicia

actividades de distribución de energía eléctrica en una zona de concesión establecida por el ministerio de Energía y Minas.

**Conexión de Media tensión:** Conjunto de instrumentos e instalaciones efectuadas a tensiones mayores a 1KV. y menores a 30KV. Comprende, los dispositivos de maniobra y dispositivos de protección, el sistema de medición y elementos complementarios, las estructuras de soporte o compartimiento que albergue los equipos, las barras y accesorios para la conexión eléctrica correspondiente.

**Conexión de Baja tensión:** Conjunto de instrumentos e instalaciones efectuadas a niveles de tensiones de hasta 1KV. Comprende, desde la acometida y sus accesorios de conexión, instalación y fijación, los dispositivos de maniobra y protección, las cajas de conexión y el equipo de medición y accesorios complementarios.

**Conducto:** Canal que contiene uno o más ductos.

**Conductor:** Un material, usualmente en forma de cable, barra o alambre, capaz de conducir corriente eléctrica a través de ella.

**Cuadro de Distribución:** Es un conjunto de barras, dispositivos de conexión y desconexión que consiste de uno o más paneles de dispositivos eléctricos montados.

**Cubierta (del Cable, del Conductor):** Es un revestimiento continuo y ajustado, dirigida a proteger al cable.

**Cubierta Protectora Exterior del Cable:** Cubierta polimérica que cubre el interior del cable, contra los agentes exteriores del ambiente o montaje, para el cual ha sido diseñado.

## D

**Demanda:** Es la potencia eléctrica requerida por un Cliente en un instante de tiempo, expresada en kWatt.

**Demanda Máxima:** Es el valor más alto de las demandas acumuladas en periodos consecutivos de varios minutos.

**Desenergizado:** Cuando la operación del interruptor ha sido desconectar todas las fuentes de suministro o la apertura de tomas de carga, apertura de puentes u otra manera del suministro eléctrico; quedando el circuito muerto o desconectado.

**Desconexión:** Es la acción automática o manual, remota o local, de dejar los equipos e instalaciones en la condición desenergizado, actuando sobre los dispositivos de operación y/o puentes MT/BT. Esta desconexión puede ser programada o de curso forzoso. Esta última consiste en una desconexión inmediata impostergable, que no permite cumplir los plazos que imponen, ya sea el DGE o la legislación vigente, respecto de los avisos a los afectados.

**Desconexión Programada:** Una desconexión programada es aquella producida cuando un equipo o instalación es desconectado en forma deliberada, a una hora predeterminada, generalmente para mantenimiento o reparación, la que permite el aviso previo a los usuarios.

**Ducto:** Una sola canalización de PVC o concreto, cerrado que sirve como vía a cables o conductores.

## E

**Empalme:** Es la conexión física entre la red de baja o media tensión y el punto de consumo del cliente o usuario final.

**En servicio:** las líneas y equipos son considerados en servicio, cuando están conectados.

**Energizado:** Eléctricamente conectado a una diferencia de potencial o eléctricamente cargado de modo tenga un potencial o tensión.

**Equipo:** Un término genérico que incluye accesorios, dispositivos, artefactos, arreglos aparatos y similares utilizados como parte de o en conexión con un suministro eléctrico o con sistema de comunicaciones

**Equipo de suministro eléctrico:** Equipo que alimenta modifica, regula, controla o protege un suministro eléctrico.

## **F**

**Factibilidad:** Análisis que determina las condiciones generales bajo las cuales es posible entregar suministro eléctrico a un determinado servicio dentro de los límites de la zona de concesión.

## **I**

**Instalación al interior:** Es una instalación eléctrica o de comunicaciones, dentro de un edificio o una envolvente, cuyos medios de servicio están protegidos contra las influencias atmosféricas.

**Interruptor Automático:** Un dispositivo de conexión y desconexión capaz de transportar e interrumpir corrientes bajo condiciones normales de circuito y corrientes bajo condiciones anormales de una duración especificada tales como las corrientes bajo condiciones de falla.

## **K**

**Kilowatt Hora (KWH):** Es la unidad de medida de la energía eléctrica consumida en una hora (es la que marca el medidor domiciliario).

## **L**

**Línea:** es una disposición de conductores, materiales aislantes y accesorios para transmitir electricidad entre dos puntos de un sistema.

**Línea de Distribución de Servicio Público:** Conjunto de postes y cables eléctricos construidos por una empresa distribuidora haciendo uso de una concesión de servicio público.

**Línea MT:** Son las líneas que tienen su origen en las subestaciones que distribuyen la energía eléctrica a un sector o área determinada en este nivel de tensión.

## **M**

**Medio Tensión (MT):** De acuerdo a lo establecido en el Código Nacional de Electricidad, se consideran en este grupo los sistemas o instalaciones con tensiones superiores a 1 kV y con un máximo de 30 kV.

**Medidor Eléctrico:** Instrumento de medición utilizado para registrar energía y potencia consumidas en cada punto de suministro.

## **P**

**Potencia Conectada:** Potencia máxima que es capaz de demandar un cliente dada la capacidad del empalme.

**Punto de Diseño:** Es el lugar designado por la empresa concesionaria, desde el cual se debe empezar el proyecto del sistema de distribución en Media tensión.

**Puesto a Tierra:** Sistema que conecta a tierra o realiza el contacto con ella, mediante un cuerpo conductor que actúe como la tierra.

## R

**Reconectador:** Es un dispositivo que permite el flujo constante de energía, también brinda seguridad contra sobre corrientes y cortocircuitos, con posibilidad de cierre automático ajustable, mediante operación y monitoreo por telecomando.

**Red de Baja Tensión:** Es la instalación que tiene su principio en las subestaciones de distribución, y cuyo objetivo es el de entregar la energía eléctrica en niveles de baja tensión a los clientes, a través de acometidas domiciliarias.

## S

**Seccionador:** Es un instrumento mecánico, de desconexión y conexión, que es utilizado para cambiar las condiciones de un circuito o para separar un circuito o equipo de la fuente de alimentación eléctrica.

**Sistema de Distribución:** Es el conjunto de instalaciones eléctricas, que comprenden desde un sistema de transmisión o generación en media tensión, hasta la entrega a los usuarios de media o baja tensión mediante acometidas, incluso las unidades de alumbrado público.

**SEIN:** Es el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional; es el conjunto de líneas de transmisión y subestaciones eléctricas conectadas entre sí, así como sus respectivos centros de

despacho de carga, el cual permite la transferencia de energía eléctrica entre los diversos sistemas de generación eléctrica de Perú.

**Subestación de Distribución Primaria:** Son las redes eléctricas y Subestaciones, cuya tensión de empleo es mayor que 1KV. y menores o iguales a 30KV.

**Subestación de Distribución Secundaria:** Son las redes eléctricas de servicio público cuyas tensiones son iguales o menores a 1KV.

**Instalación de Alumbrado Público:** Son las redes eléctricas y unidades de alumbrado público de las vías, plazas y parques.

**Sistema de Utilización en Media tensión:** Es aquel constituido por la colectividad de instalaciones eléctricas de Media tensión, comprende desde el punto de entrega hasta los contactos de Baja tensión del transformador, dirigidos a suministrar energía eléctrica a un predio. Estas instalaciones pueden estar ubicadas en propiedad privada o en la vía pública, excepto la subestación, que siempre tendrán que instalarse en la propiedad del interesado. Se comprende que quedan fuera de esta idea las electrificaciones para uso de viviendas y centros poblados.

**Subestación:** colectivo de instalaciones, que incluyen las edificaciones requeridas para acogerlas, destinado a la transformación de niveles de tensión eléctrica y al seccionamiento y protección de circuitos y está bajo el control de personas calificadas.

**Suministro Eléctrico:** Abastecimiento regular de energía eléctrica del Concesionaria al usuario dentro del régimen establecido por la ley de concesiones eléctricas y sus Reglamento.

## **T**

**Tensión:** La diferencia de Potencial eficaz entre dos conductores cualquiera o entre un conductor y la tierra. Las tensiones esta expresadas en valores nominales a menos que se indique lo contrario. La tensión nominal de un sistema o circuito es el valor asignado al sistema o circuito para una clase dada de tensión con el fin de tener una designación adecuada. La tensión de operación del sistema puede variar por encima o por debajo de este valor.

## **V**

**Voltio o volt por símbolo (V):** Es la unidad derivada del Sistema Internacional para el potencial eléctrico, la fuerza electromotriz y la tensión eléctrica. Recibe su nombre en honor a Alessandro Volta, quien en 1800 inventó la pila voltaica, la primera batería química.

## **W**

**Watt:** Es la unidad de medida de la potencia eléctrica.

## **CAPITULO I**

### **ASPECTOS REFERENCIALES**

#### **1.1 RAZON SOCIAL**

Dimatic S.A.C. / RUC: 20390583835 / Dirección: Epsilon, Callao, Lima, Peru. / Telefono: (01)341032

#### **1.2 QUIENES SOMOS**

DIMATIC, empresa que brinda soluciones integrales para el diseño, fabricación, ensamble e integración de equipos eléctricos de potencia en baja, media y alta tensión, a través de la fabricación de Salas Eléctricas y Subestaciones Móviles, que cumplen con los estándares de la calidad según normas nacionales e internacionales.

#### **MISION**

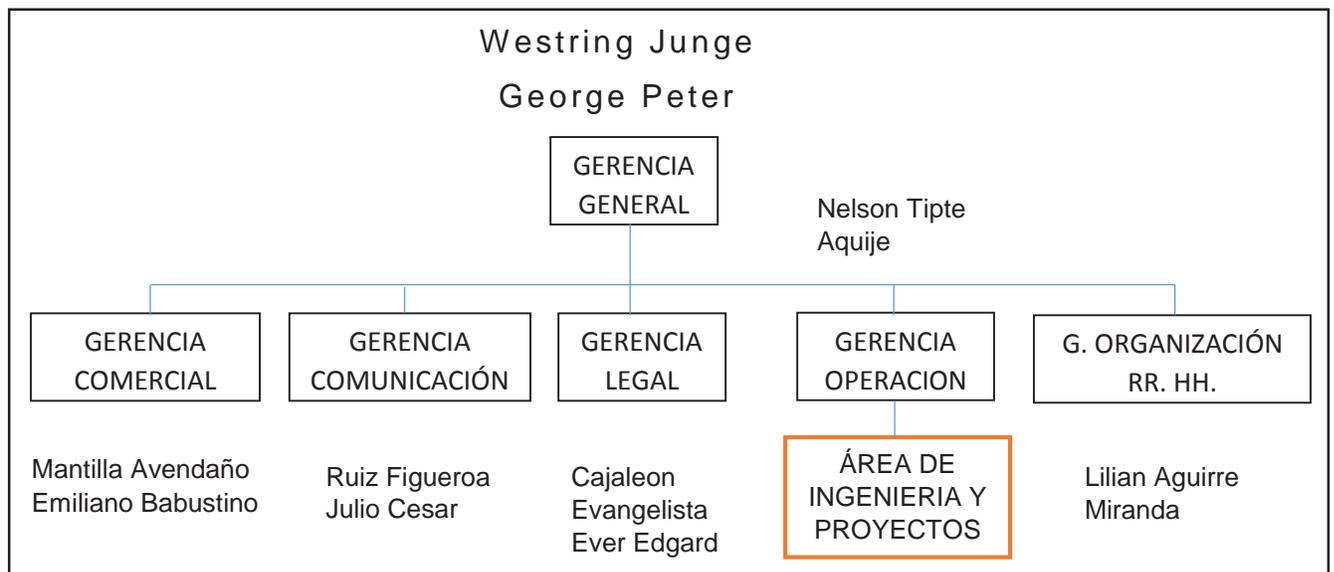
Brindar soluciones integrales, logrando la satisfacción de nuestros clientes, incrementando el valor de la empresa bajo una política de transparencia y responsabilidad social empresarial.

#### **VISIÓN**

Ser modelo de empresa de soluciones eléctricas en el país en gestión responsable y respetuosa de principios y valores.

### 1.3 ORGANIGRAMA

Imagen 1.1: Organigrama gerencia DIMATIC



Fuente: Gerencia comercial Dimatic S.A.C.

### 1.4 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

La experiencia laboral del informe técnico, da comienzo con la necesidad por parte de la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.C. encargada de la opresión y mantenimiento de redes primarias, secundaria y subestaciones de distribución en la ciudad del Cusco; El de mejoramiento e implementación de la línea primaria y subestación de distribución en la calle Arcopara, por lo cual dicha empresa convoca a licitación.

DIMATIC adjudica dicha licitación en fecha 10 de enero del 2016 con la elaboración del Expediente Técnico del proyecto: “Mejoramiento de la red primaria y subestación de distribución con transformador de 400Kva. Para las calles Arcopata y Meloq de la ciudad del Cusco, provincia Cusco”.

Dicho informe técnico se realizara con las NORMAS ELECTRICAS según versión vigentes tales como:

- Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844 y DS-009-93 EM.
- Código Nacional de Electricidad - Suministro.
- Código Nacional de Electricidad - Utilización.
- Norma de tensiones de distribución de distribución primaria y secundaria DGE-009-TD-2/1982.
- Las referencias de Los materiales y equipos, objeto de la presente informe, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según versión vigente a la fecha de la adquisición: IEC 947-2, IEC 898 Para interruptores termomagnéticos; IEC 144 Para grados de protección.

## **CAPITULO II**

### **MEMORIA DESCRIPTIVA**

#### **2.1 ANTECEDENTES**

la Empresa Concesionaria de Energía Eléctrica, Electro Sur Este S.A.C. en coordinación con la Empresa Dimatic, mediante, Ley de Concesiones Eléctricas D.L. N° 25844, su Reglamento D.S. N° 009-93-EM con base en la RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°018-2002-EM/DGE “NORMA DE PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS Y EJECUCIÓN DE OBRAS EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN Y SISTEMAS DE UTILIZACIÓN EN MEDIA TENSIÓN EN ZONAS DE CONCESIÓN DE DISTRIBUCIÓN” (Minas, 2002, pág. 67); bajo el principio del mejoramiento de la Red Primaria y la ampliación de potencia eléctricas del transformador, por motivos del incremento de la demanda de usuarios y disminuir el riesgo eléctrico en media tensión, conlleva a modernizar íntegramente dicha subestación, para una mejor dotación de suministro de energía eléctrica; este proyecto tiene el propósito de renovar la red primaria; las celdas de M.T. y la potencia del transformador, de la que es parte integrante en la SUBESTACION DE DISTRIBUCION ELECTRICA N° 10154. (Calle Arcopata y Meloc)

#### **2.2 GENERALIDADES.**

El Proyecto del sistema de distribución para el suministro de energía eléctrica para la Subestación de Distribución N°10154 (Calle Arcopata y Meloc), comprende el diseño de la red eléctrica desde el punto de alimentación situado en la Sub Estación de Distribución N° 10042 (calle Saphi) dicha subestación operada por Electro Sur Este S.A.A, mediante una Red Primaria y una Sub Estación de Distribución en Caseta, interconectándose con las

demás subestaciones, mediante Interruptores resistente al arco eléctrico para media tensión, conocidos como (switchgear médium voltage arc-resistant) y en el lado de baja tensión, mediante tablero eléctrico con encerramiento NEMA 3R del cual se distribuyen a las cargas mediante bancos de medidores, asimismo comprende el sistema de protección del Transformador de 400KVA mediante un Celda, la cual es integrada por un interruptor en vacío para media tensión (circuit breakers médium voltage vacuum) también sistemas de corriente débil, (sistema de control y monitoreo) las cuales forman parte del proyecto integral de la subestación de distribución eléctrica.

### 2.2.1 ALCANCES DEL PROYECTO

El proyecto cubre:

- Redes Eléctricas Primarias en 10.5 KV y Diseño de la Sub Estación de distribución en caseta.
- Especificaciones Técnicas para el Suministro, instalación y montaje de equipos.
- Cálculos Justificativos.
- Planos y detalles solicitados.

### 2.2.2 ZONA DEL PROYECTO

Av. Arcopata y Calle Meloq del distrito, provincia y departamento del cusco

**Tabla N° 2.1** Zona de proyecto

<b>ZONA DEL PROYECTO :</b>			
<b>DISTRITO</b>	<b>PROVINCIA</b>	<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>ALTITUD</b>
CUSCO	Cusco	Cusco	3 350 msnm

*Fuente: [17] Elaboración propia*

## 2.3 CARACTERÍSTICAS GEOGRAFICAS

La zona del proyecto posee una topografía regular, presentando calles con pequeño desnivel y pendiente uniforme, y se encuentran en un 100% pavimentada, sin vegetación en los sectores a intervenir

**Tabla N° 2.2** Características Geográficas.

Descripción	Semestres	
	Mayo-Octubre	Noviembre-Abril
Clima	Seco de sierra	lluvioso
Temp. min °C	-5 °c	5 °c
Temp. max °C	20 °c	20 °c
Temp. med °C	15 °c	15 °c
Humedad Relativa	15%	30%
Veloc. viento Km/h	90 km/k	90 km/h

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.4 IMPACTO AMBIENTAL Y SEGURIDAD

Por su naturaleza y el nivel de tensión adoptado, las Redes Eléctricas del Sistema de Distribución NO producen efectos contaminantes en la atmósfera, al agua, ni a los suelos. Tampoco alteran negativamente las costumbres de los vecinos; no los desplaza de su normal habitad ni los daña en lo mínimo con respecto a su salud.

Los conductores eléctricos compuesto por una terna, serán del tipo subterráneo, por lo cual los cálculos de esfuerzo y cálculos mecánicos de soportaría, retenidas y postes no cumplen para este proyecto

Los equipos y materiales a utilizarse no ocasionarán daños a los operarios, por ser sistemas con bloqueo lógicos mecánicos y eléctricos para evitar el funcionamiento incorrecto, los sistemas de fuerza estarán debidamente protegidos.

## **2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Las principales características del proyecto:

### **2.5.1 RED PRIMARIA**

- Tensión nominal : 10.5 kv.
- Sistema : Trifásico
- Instalación : Subterránea.
- Conductor : Conductor de Cobre blando cableado aislamiento de polietileno reticulado –XLPE clase 2 según norma IEC 60228 para 36 KV tipo N2XSJ unipolar.
- Sección : 3x150 mm<sup>2</sup>
- Longitud : 0.35 Km.
- Conexión : Celdas Media Tensión

### **2.5.2 SUBESTACIÓN**

- Tipo de Instalación: Caseta
- Nivel de Tensión : 10.5 Kv.
- Celda de llegada y Protección de barra MT: Interruptor en vacío para media tensión (vacuum circuit breaker médium voltaje).
- Celda de Protección al trafo: Interruptor en vacío para media tensión (vacuum circuit breaker médium voltaje)
- Celda de Salida: Interruptor para media Tensión resistente al arco (médium voltage arc resistant switchgear)
- Tablero en baja Tensión: Metálico 80x80x40 Cm, con chapa

empotrado en la pared. Con Interruptores termomagnéticos Nema 3R

- Medidor de Energía: Multifunción Trifásico.
- Protección : Fusibles, Puesta a tierra

## **2.6 SUMINISTRO DE ENERGÍA**

El suministro de energía estará a cargo de la empresa Concesionaria Electro Sur Este S.A.A. empresa que tiene a su cargo las redes de distribución eléctrica mediante el terminal de salida SED 10052 (CALLE SAPHI) teniendo como alimentador DO03 - DOLORESPATA en la ciudad de Cusco.

## **2.7 BASES DE CÁLCULO**

Las Redes del sistema de distribución se calcularon teniendo en cuenta los requerimientos del Código Nacional de Electricidad y el Reglamento Nacional de Construcción.

Se consideran los siguientes criterios:

- a. Caída de Tensión máxima permisible en cualquier punto del alimentador, no podrá exceder de un 3.5% de la tensión nominal del alimentador.
- b. Factor de Potencia.

Redes de Fuerza	:	Variable
Redes de Alumbrado	:	Variable
- c. Factor de Simultaneidad.

Cargas de fuerza	:	0.5
Sistemas Especiales	:	1.0

De igual modo se tomara en cuenta las dimensiones de corriente considerando en el Código Nacional de Electricidad.

## 2.8 SITUACION ACTUAL DE LA S.E.D. 10154 ARCOPATA

### 2.8.1 DESCRIPCION DE LA SUBESTACION 10154

#### **MEDIA TENSIÓN:**

##### RED PRIMARIA

- \* Tensión nominal : 10.5 kV.
- \* Longitud : 0.36 Km.
- \* Conductor : Aleación de Aluminio.
- \* Sección : AAAC - 35 mm<sup>2</sup>.
- \* Soportes : Postes de C<sup>o</sup>A<sup>o</sup>C<sup>o</sup> de 13/300Kg.
- \* Aislamiento : Mordaza de Suspensión de Media Tensión y Pistolas de Anclaje de Media Tensión.
  
- \* Disposición : Horizontal.
- \* Crucetas : Pernos Gancho de Media Tensión.
- \* Seccionadores : Tipo CUT-OUT, 27 kV., 100 A., 95 kV. NBA
- Pararrayos : Oxido Zinc, Tipo PBZ, 24kV. 10KA. 41,60NBA

##### SUBESTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN:

- \* Tipo : CASETA
- \* Potencia Nominal : 200 KVA - Trifásico
- \* Relación de Transf. : 10.5/0,38-0,231 kV
- \* Grupo de Conexión : DYn5
- \* Numero de fases : 03
- \* Altura de Trabajo : 4000 m.n.s.m.

## 2.8.2 MAXIMA DEMANDA DE LA POTENCIA DE LA SUBESTACION

Tabla N° 2.3 Máxima demanda anual.

MAXIMA DEMANDA DE LA S.E.D. 10154 ARCOPATA-MELOQ (ANUAL)				
MESES	POT. INST. POR SUINISTRO Kw.	POT. INST. A.P. kw.	PERDIDAS	TOTAL
ene-15	200.4	5.68	3.15	209.23
feb-15	201.48	5.68	2.36	209.52
mar-15	206.73	5.68	2.76	215.17
abr-15	207.26	5.60	3.01	215.87
may-15	208.15	5.68	2.94	216.77
jun-15	210.25	5.68	3.02	218.95
jul-15	206.52	5.68	2.57	214.77
ago-15	205.45	5.68	2.98	214.11
sep-15	200.74	5.32	3.59	209.65
oct-15	196.12	5.68	3.22	205.02
nov-15	191.60	5.68	2.78	200.06
dic-15	210.26	5.68	2.82	218.76
		PROMEDIO BASE DE DISEÑO		218.76

**Fuente:** Oficina comercial de Electro Sur Este.

En la tabla 2.3 se indica el consumo de potencia activa durante el periodo en el año 2015, considerando el promedio base de diseño, para el cálculo de parámetros eléctricos y potencia del transformador.

## 2.8.3 OPERACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA SUBESTACIÓN.

Resultados del flujo de potencia del transformador y la red primaria, en la situación actual en la que se encuentra la SED 10154-ARCOPATA se encuentran en el capítulo V Cálculos Eléctricos en la página 48 del presente informe técnico.

**Tabla N° 2.4** resultados del flujo de potencia, situación actual

TRANAFORMADOR DE 200 KVA.				
AÑO	POTENCIA		COORIENTE	CARGABILIDAD
	P(KW)	Q(KVAR)	KA	%
2015	218.76	71.9	0.61	117.17

RED PRIMARIA AAAC - 35 mm <sup>2</sup> .			
TENSIÓN KV			
AÑO	TERMINAL SALIDA	TERMINAL LLEGADA	P.U
2015	10.4	9.8	0.94

**Fuente:** Dig Silent – cálculo de flujo de potencia

Los resultados de la tabla 2.4, indican la presencia de una sobrecarga del transformador en 17.17% de su capacidad nominal, mientras que en la red primaria se tiene una caída de tensión del -6% respecto a la tensión de salida, el cual no es permisible por el Código Nacional de Electricidad Tomo IV – Sistema de Distribución, capítulo 2, sección 2.1.3

## 2.9 GRADO DE CARGABILIDAD DE LOS EQUIPOS

Criterios para determinar sobrecargas en transformadores y congestión en líneas de distribución, según OSINEGMIN

Una vez calculados los factores de uso mensuales, se definen los siguientes grados de cargabilidad en los equipos:

- **IAS:** Instalaciones próximas a sobrecargarse, es decir, aquellas instalaciones con factor de uso mayor al 75% y menor o igual al 100% de su capacidad nominal.
- **IS:** Instalaciones sobrecargadas, con factor de uso mayor al 100% de su capacidad nominal.

## 2.10 PLAZO Y CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRA

El plazo de ejecución de la obra de la Red Primaria y Sub Estación es de 120 días calendario (4 mes).

**Tabla N° 2.5** Plazo y Cronograma de ejecución

ITEM	DESCRIPCION	DURACION	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
			SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	CRONOGRAMA DE EJECUCION DE OBRA	120.00	[Barra roja horizontal que cubre todo el cronograma]															
2	TRABAJOS PRELIMINARES	7 Días	[Barra gris horizontal desde inicio de Mes 1 hasta semana 1 de Mes 1]															
5	SUMINISTRO DE MATERIALES	21 días	[Barra gris horizontal desde inicio de Mes 1 hasta semana 3 de Mes 1]															
10	MONTAJE ELECTROMECHANICO	60 días	[Barra gris horizontal desde semana 4 de Mes 1 hasta semana 4 de Mes 2]															
11	INSTALACION DE CONDUCTOR SUBTERRANEO	17 días	[Barra azul horizontal desde semana 4 de Mes 1 hasta semana 1 de Mes 2]															
21	INSTALACION DE CELDAS DE M.T.	5 días	[Barra gris horizontal desde semana 2 de Mes 2 hasta semana 3 de Mes 2]															
25	INSTALACION DE TRANSFORMADOR DE 400KVA	5 días	[Barra gris horizontal desde semana 3 de Mes 2 hasta semana 4 de Mes 2]															
30	INSTALACION DE TABLERO DE B.T.	6 días	[Barra gris horizontal desde semana 4 de Mes 2 hasta semana 1 de Mes 3]															
35	PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	4 días	[Barra gris horizontal desde semana 1 de Mes 3 hasta semana 2 de Mes 3]															
38	DESMONTAJE DE MATERIALES	9días	[Barra gris horizontal desde semana 3 de Mes 3 hasta semana 4 de Mes 3]															

Fuente: [17] Elaboración propia

## 2.11 VALOR REFERENCIAL

El Valor Referencial del suministro y montaje de la red primaria y de la subestación del proyecto se detalla de la siguiente manera:

**Tabla N° 2.6** Presupuesto del suministro y montaje

ITEM	DESCRIPCION	TOTAL
A	SUMINISTRO DE EQUIPOS Y MATERIALES	97.515,47
B	MONTAJE ELECTROMECHANICO Y OCCC	14.975,55
C	TRANSPORTE	6.826,08
D	COSTO DIRECTO (C.D.)	119.317,10
E	GASTOS GENERALES	14.318,05
F	UTILIDADES	9.545,37
G	<b>SUB-TOTAL</b>	<b>143.180,52</b>
H	I.G.V. (19 %)	27.204,30
<b>COSTO TOTAL \$</b>		<b>170.384,82</b>

Fuente: [17] Elaboración propia

## 2.12 PLANOS Y DETALLES

Los Planos correspondientes al diseño de la Subestación de Distribución 10154 (ARCOPATA) son:

**Tabla N° 2.7** Detalle de planos

DESCRIPCIÓN	PLANOS
➤ Calculo de Flujo de Potencia Alimentador BO-03.....	CAL-FLUJO-01
➤ Planos Eléctrico – Subestación de Distribución:	
Unifilar.....	ELEC01-001 al ELEC01-004
Control.....	ELEC02-001 al ELEC01-008
➤ Planos Mecánicos – Subestación de Distribución: Celdas de Control en M.T	
Subestación de Distribución 10154 – ARCOPATA.....	MEC02-001 al MEC02-008
Interruptor en vacío para Media Tensión (LLEGADA).....	MEC03-001 al MEC03-007
➤ Planos del Transformador de distribución 400KVA; 10.5/0.22Kv; 3Ø; 60Hz:	
Eléctrico.....	TRA-ELEC03-001
Mecánico.....	TRA-MECA03-001
➤ Planos del tablero eléctrico de Baja Tensión	
Eléctrico.....	TAB-ELEC-BT-01
Mecánico.....	TAB-ELEC-BT-02

**Fuente:** Elaboración propia

## 2.13 FINANCIAMIENTO

La fuente de Financiamiento para el suministro, instalación y montaje de los equipos estará a cargo de la empresa Concesionaria Electro Sur Este S.A.C.

## **CAPITULO III**

### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO DE MATERIALES**

#### **3.1 GENERALIDADES**

Las presentes Especificaciones Técnicas tienen por objeto corroborar las Normas Generales y cubren aspectos genéricos de las especificaciones técnicas particulares para el suministro de los diferentes materiales y/o equipos electromecánicos, relacionados a su fabricación en lo que se refiere a calidad, seguridad y garantía de durabilidad, normados por el Código Nacional de Electricidad y el Reglamento Nacional de Construcciones; se hace de particular aceptación Normas Internacionales acordes con las especificaciones requeridas en nuestro medio.

#### **3.2 ALCANCES**

Estas especificaciones cubren las condiciones particulares de suministro y las características de todos los materiales que se emplearán en la Red Primaria y Sub Estación de Distribución.

#### **3.3 ENSAYOS Y PRUEBAS**

El Proveedor de cada uno de los equipos y/o materiales suministrados, deberá efectuar durante la etapa de fabricación todas las pruebas normales señaladas directa o implícitamente en las Especificaciones Técnicas particulares de cada material de acuerdo a Normas vigentes.

El Proveedor presentará certificados de ensayo típicos o protocolos de pruebas, que garanticen que los materiales cumplen con sus Normas.

Todas estas pruebas se realizarán en los talleres o laboratorios del proveedor y su costo se considerará incluido en el precio cotizado por el postor en la oferta de sus materiales.

El propietario se reserva el derecho de estar presente mediante su representante, en cualquiera de los ensayos o pruebas mencionadas y para éste efecto el proveedor presentará las facilidades del caso.

### **3.4 EMBALAJE**

En las Especificaciones Técnicas Particulares se indica la forma de embalaje en cada caso. De no mencionar explícitamente el embalaje se hará en cajas, jabs u otra protección adecuada que impida daños o deterioros del material durante el transporte.

Los materiales y/o equipos susceptibles de ser dañados por el agua o la humedad, embalados en recipientes apropiados.

### **3.5 GARANTÍAS**

El Proveedor garantizará que los materiales y/o equipos que suministrarán sean nuevos y aptos para cumplir con las exigencias del servicio a prestar y por lo tanto libres de defectos inherentes a materiales o mano de obra.

El postor garantizará que el equipo funcionará adecuadamente bajo diferentes condiciones de carga, sin producirse desgastes, calentamientos, esfuerzos ni vibraciones nocivas que en todos los diseños se han considerado factores de seguridad suficientes.

El período de garantía emitido por el proveedor o fabricante se contará a partir de la puesta en servicio de las instalaciones, entendiéndose que si algún material y/o equipo resulte inservible

dentro del período de garantía, como consecuencia de defectos de diseño de construcción, el proveedor procederá a su propia reposición sin costo adicional alguno.

### **3.6 ESPECIFICACIONES TECNICA (TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN) ETS-LP-21**

#### **3.6.1 Alcance**

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas para la fabricación, pruebas y entrega de los transformadores de distribución trifásicos y monofásicos, y describen su calidad mínima aceptable.

#### **3.6.2 Normas Aplicables**

Los transformadores de distribución, materia de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según versión vigente a la fecha de la adquisición:

**ANSI C57.1201-2005:** Standard General Requirements for Dry-Type Distribution and Power Transformers Including Those with Solid Cast and/or Resin Encapsulated Windings

**IEC 60076-11** : POWER TRANSFORMERS

#### **3.6.3 Características de los Transformadores**

El transformador de distribución trifásico será para servicio interior, con devanados encapsulado en vacío y refrigeración natural.

#### **3.6.4 Núcleo**

El núcleo se fabricará con láminas de acero al silicio de grano orientado, de alto grado de magnetización, bajas pérdidas por

histéresis y de alta permeabilidad. Cada lámina deberá cubrirse con material aislante resistente. El núcleo se formará mediante apilado o enrollado de las láminas de acero.

“El chasis que soporte al núcleo será una estructura reforzada que reúna la resistencia mecánica adecuada y no presente deformaciones permanentes en ninguna de sus partes” (ESPECIFICACIÓN TÉCNICA ETS-LP-21, s.f., pág. 67). [12]

### **3.6.5 Arrollamientos**

Los arrollamientos se fabricarán con conductores de cobre aislados con papel de alta estabilidad térmica y resistencia al envejecimiento.

Las bobinas con llenado en vacío, donde la resina es introducida en moldes, posteriormente a una cámara de vacío, donde los componentes se moldean como una sola sección, garantizando la inmersión total del aislamiento en la resina epóxica, evitando burbujas en el encapsulado

Los conductores de conexión de los arrollamientos a los terminales se protegerán mediante tubos-guías sujetos rígidamente para evitar daños por vibraciones.

### **3.6.7 Terminale BT. MT.**

Los terminales serán fabricados con barras de cobre, la cuál será homogénea, libre de impurezas o escorias y de color uniforme.

### **3.6.8 Accesorios**

El transformador tendrá los siguientes accesorios:

- Ganchos de suspensión para levantar al transformador completo
- Conmutador de tomas en vacío ubicadas al exterior del transformador
- Terminales de para conexión fabricados de bronce.
- Accesorios para maniobra, enclavamiento o seguridad.
- Terminales bimetálicos tipo plano para conductores de Alta Tensión de 25 mm<sup>2</sup> a 200 mm<sup>2</sup>
- Placa de características
- Perfiles galvanizados tipo “C” y pernos para fijación en crucetas de madera o de concreto de acuerdo al armado de subestación trifásica.

### **3.6.9 Pruebas**

Los transformadores deberán ser sometidos a las pruebas Tipo, de Rutina y de Aceptación indicadas en la norma consignada en el numeral 2.

#### **3.6.9.1 Pruebas Tipo**

Las pruebas tipo están orientadas a verificar las principales características del transformador, por lo que deberán ser sustentadas con la presentación de tres (03) juegos de los certificados y los reportes de pruebas emitidos por una entidad debidamente acreditada por el país de origen, independiente del Fabricante y el Proveedor, demostrando que el transformador han cumplido satisfactoriamente estas pruebas. El diseño del transformador y los requerimientos de las pruebas a los que fueron sometidos serán completamente idénticos a los ofertados, caso contrario deberán efectuarse todas las pruebas tipo faltantes y los costos serán cubiertos por el Proveedor.

### **3.6.9.2 Pruebas de Rutina**

Las pruebas de rutina deberán ser efectuadas al transformador durante el proceso de fabricación. Los resultados satisfactorios de estas pruebas deberán ser sustentados con la presentación de tres (03) juegos de certificados y los respectivos reportes emitidos por el fabricante, en los que se precisará que el íntegro de los suministros cumple satisfactoriamente con todas las pruebas solicitadas.

Las pruebas de rutina solicitadas son:

- Medición de la resistencia eléctrica de los arrollamientos
- Medición de la relación de transformación y verificación del grupo de conexión para transformadores trifásicos
- Medición de la impedancia de cortocircuito y de las pérdidas bajo carga
- Medición de las pérdidas en vacío y de la corriente de excitación
- Prueba de tensión aplicada (separate-source withstand test)
- Prueba de tensión inducida

Los instrumentos a utilizarse en las mediciones y pruebas deberán tener un certificado de calibración vigente expedido por un organismo de control autorizado.

### **3.6.10 DATOS TECNICOS DEL TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION**

Los datos técnicos de operación se indican a continuación para Transformador de Distribución.

**Tabla N° 3.1** Datos Técnicos del transformador

CARACTERISTICAS	ESPECIFICACION
Potencia del transformador	400 KVA.
Número de fases	3
Tensión nominal primario	10.5 KV.
Terminales en el primario	3
Tensión nominal secundario	0.220 KV.
Conexión en el lado secund. Multiaterrado	Estrella Neutro Corrido
Interruptor de B,T.	Exterior
Frecuencia Nominal	60 Hz.
Tipo de Refrigeración	AA
Tipo	F
Capacidad de sobrecarga	Según norma IEC 60076-11
Tipo de montaje	Interior
Temperatura ambiental	20 °C a 40 °C
Altura de trabajo	3500 m.s.n.m.

**Fuente:** Elaboración propia

## **DISEÑO Y CONSTRUCCION**

Los transformadores de Distribución deberán de satisfacer la Norma Técnica ITINTEC 370.002, referente a los transformadores de distribución, en los que se contempla, que los transformadores, deberán de cumplir las recomendaciones de la CEI, publicación N° 76 (de 1967), así como también la guía de carga de las Normas CEI 354 (de 1972), para la capacidad de sobre carga. Debiendo satisfacer la norma ETS-LP-21TRANSFORMADORES DE ISTRIBUCION dispuesto por el MEM

Asumiendo las condiciones ambientales de diseño que se indican en dichas normas, los transformadores, deberán construirse de modo que operando a plena carga, las elevaciones de temperatura no la afecten y no deberán de superar los siguientes valores.

- Sobreelevación de temperatura en el punto más caliente de devanados 78 °C

### **3.8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA SUBESTACIÓN EN CASETA**

Celda de llegada:

- Interruptor en vacío para media tensión tipo VCP-W (EATON) (Vacuum circuit breakers for medium voltage)

Serán compuestas por unidades modulares bajo envolventes metálicas del tipo compartimentadas equipadas con aparatos de corte y seccionamiento los cuales NO utilicen el hexafloruro de azufre (SF6) como elemento aislante.

Celda de salida:

- Interruptor resistente al arco para media tensión QM (Schneider Electric) (Switchgear médium voltage arc-resistant)

Las celdas deberán cumplir con las funciones de conexión para el punto de alimentación desde una sub estación tipo caseta y formar parte de la subestación de distribución aguas arriba, alimentando a las demás subestaciones.

El requisito más exigente para las celdas compactas es la de ser reducidas, por lo que sus dimensiones son las que se indican en los planos de detalles.

La caseta de instalación deberá tener las condiciones de

inaccesibilidad para personas no autorizadas, como de contar con los correspondientes elementos de señalización.

### 3.8.1 CELDA DE INTERRUPTOR EN VACION PARA MEDIA TENSION VCP-W (VACUUM CIRCUIT BREAKERS FOR MEDIUM VOLTAGE VCP-W)

La celda compacta tendrá las siguientes características:

- Interruptor en vacío tipo botella de operación bajo carga 630 Amp.
- Relay de protección model 7sr1103-1ma12-1ca0
- Seccionador de puesta a tierra
- Juego de barras tripolar para conexión posterior
- Mando seccionador manual (control switch)
- Indicador de presencia de tensión
- Bornes para conexión inferior mediante barra y conductor.

**Figura 3.1:** Datos técnicos Celda de Llegada

CAMPO	NOMENCLATURA	DESCRIPCION	CANTIDAD
CELDA DE LLEGADA	J04	CELDA DE AISLAMIENTO EN AIRE 24kV, 630A, 20kA x 1seg. CLASIFICACION AFL. MODELO: L CADA CELDA CONTIENE:	01
	Q0	INTERRUPTOR TRIPOLAR DE POTENCIA FIJO AISLADO EN VACIO CON MANDO MOTORIZADO 24kV, 630A, 20kA INCLUYE: BOB. DE APERTURA 48VDC, BOB. DE CIERRE 48VDC, MOTOR 48VDC, CONTACTOS AUXILIARES 6NA+6NC MODELO: CB-f AR	01
CELDA DE PROTECCION CON INTERRUPTOR EN VACIO	A51	INDICADOR DE PRESENCIA DE TENSION	01
	F1	RELE PROTECCION CON DISPLAY 48Vdc PUERTO SERIAL RS485, PROTOCOLO COMUNICACION DNP3.0 PROTECCION: 50/51, 50N/51N, 46 MODELO: 7SR1103-1MA12-1CA0	01
	T21(L1,L2,L3)	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DE FASES TIPO TOROIDAL 300/5A, CL 5P10, 5VA MODELO: 4MC7033	03

**Fuente:** Elaboración propia - Autocad

## INSTRUCCIONES DE EMBALAJE

Las celdas, se acomodarán de manera que no sufran deterioro durante su manipuleo y transporte.

### DIMENSIONES PRINCIPALES.

Altura : 2413 mm  
 Profundidad : 1708 mm  
 Ancho : 914 mm.

### 3.8.2.- INTERRUPTOR PARA MEDIA TENSIÓN TIPO QM (SWITCHGEAR MÉDIUM VOLTAGE QM)

Las celdas compactas médium voltage QM tendrán las siguientes características:

- Seccionador de operación bajo carga 630 Amp. En SF6
- Seccionador de puesta a tierra superior (SF6)
- Juego de barras tripolar para conexión posterior 630A.
- Mando seccionador manual CI1
- Indicador de presencia de tensión
- Varillaje para disparo tripolar por fusión de fusibles
- Base portafusibles para 3 fusibles
- Señalización mecánica fusión fusible
- Bornes para conexión inferior de cable seco unipolar

**Figura 3.2:** Datos técnicos Celda de salida

CELDA DE SALIDA	SED 560 SED 194 SED 205	CELDA DE AISLAMIENTO EN AIRE 24kV, 630A, 20kA x 1seg. CLASIFICACION AFL. MODELO: R CADA CELDA CONTIENE:	03	SIEMENS
CELDA CON SECCIONADOR	Q1	SECCIONADOR TRIPOLAR DE 03 POSICIONES AISLADO EN GAS SF6 CON MECANISMO MOTORIZADO 48VDC 24kV, 630A, 20kA CONTACTOS AUXILIARES SECCIONAMIENTO: 1NA+2inv CONTACTOS AUXILIARES PUESTA A TIERRA: 2NA+1NC+2inv	01	SIEMENS
	A51	INDICADOR DE PRESENCIA DE TENSION	01	SIEMENS

**Fuente:** Elaboración propia - Autocad

## **INSTRUCCIONES DE EMBALAJE**

Las celdas, se acomodarán de manera que no sufran deterioro durante su manipuleo y transporte.

## **DIMENSIONES PRINCIPALES**

Altura : 1600 mm  
Profundidad : 940 mm  
Ancho : 375 mm.

## **3.9 TABLERO ELÉCTRICO DE BAJA TENSIÓN**

### **3.9.1 Alcances**

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas para la fabricación, pruebas y entrega de la caja metálica, equipos de protección y control, elementos de conexión integrados de los tableros de baja tensión de las subestaciones de distribución.

### **3.9.2 Normas Aplicables**

Los materiales y equipos, objeto de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según versión vigente a la fecha de la adquisición:

IEC 947-2, IEC 898: Para interruptores termomagnéticos  
IEC 144 : Para grados de protección  
IEC 408 : Para bases portafusibles  
IEC 269 : Para fusibles NH  
IEC 158-1 y 158-1A: Para contactor electromagnético  
NMP-006-97 : Para Medidores de energía: Aprobación de Modelo Equivalente a la IEC 521  
NMP-007-97 : Para Medidores de energía: Pruebas de Rutina, Aferición y Ensayos de aceptación. Equivalente a la IEC 514.

### **3.9.3 Condiciones Ambientales**

Los tableros de distribución se instalarán en zonas con las siguientes condiciones ambientales:

- Altitud sobre el nivel del mar      hasta 4 000 m
- Humedad relativa                      entre 50 y 95%
- Temperatura ambiental              entre -15° y 30°C
- Contaminación ambiental            Baja

### **3.9.4 Características Técnicas**

Será fabricado íntegramente con planchas de acero laminado en frío de 2 mm de espesor, con las dimensiones necesarias para alojar los equipos que se detallan en el esquema eléctrico adjunto. El techo del tablero tendrá una pendiente de 5° y terminará con un volado de 10 cm.

El gabinete tendrá puerta frontal de dos (02) hojas, aseguradas con una chapa de alta seguridad y dos juegos de llaves por caja. Asimismo, contará con una empaquetadura de neopreno instalada en todo el perímetro correspondiente a la puerta que permita la obtención de alto grado de hermeticidad.

Independientemente del número de circuitos y equipos instalados, la cara inferior del tablero de distribución deberá contar con los agujeros necesarios para el ingreso o salida de los siguientes circuitos:

- Un circuito alimentador desde los bornes del transformador conformado con cables NYY.
- Tres circuitos de salida desde los interruptores (incluido los proyectados) hacia las redes de baja tensión
- Dos circuitos de alumbrado público
- Un agujero para la bajada del conductor de puesta a tierra.

Cada agujero deberá estar equipado con los accesorios necesarios para su hermetización una vez colocados los conductores, a fin de evitar el ingreso de humedad, polvo e insectos al interior del tablero.

Al interior del gabinete del tablero de distribución, entre la puerta y los equipos, deberá implementarse una lámina separadora de acero de 2 mm de espesor. Esta lámina separadora, deberá ser fijada mediante pernos manualmente extraíbles e impedirán el fácil acceso hacia los bornes de conexión. Deberá implementarse los agujeros necesarios para la operación, inspección y medición de los interruptores, contactores y medidores de energía; así como para la inspección y reposición de los fusibles de protección, sin la necesidad de extraer la lámina separadora.

El gabinete deberá tener compartimentos adecuados para alojar los esquemas, diagramas y los repuestos de los fusibles de control solicitados para cada unidad.

### **3.9.5 Interruptor Termomagnético**

Los interruptores termomagnéticos serán del tipo miniatura, tripolares y bipolares; para instalarse en el interior del gabinete del tablero de distribución y fijado mediante rieles metálicos.

Los interruptores vendrán provistos de terminales de tornillos con contactos de presión para conectarse a los conductores. Los bornes de salida hacia las redes de baja tensión serán del tipo bimetálico a fin de permitir la conexión de conductores de Cobre o Aluminio con una sección circular de 16 a 70 mm<sup>2</sup>.

El mecanismo de desconexión será del tipo común de manera que la apertura de los polos sea simultánea y evite la apertura individual.

La tensión máxima de operación de los interruptores será como mínimo de 600 V AC para los interruptores a ser utilizados en los circuitos de servicio particular y 415 V para los interruptores de los circuitos de alumbrado público.

Las capacidades de Interrupción Última (Icu) e Interrupción de Servicio (Ics) mínima para todos los interruptores no será inferior a 06 kA a su respectiva tensión nominal de operación.

### **3.9.6 Contactor Electromagnético**

Los contactores serán bipolares de CA del tipo electromagnético, para instalarse en el interior del gabinete del tablero de distribución y fijado mediante rieles metálicos.

Los contactores vendrán provistos de terminales de tornillos con contactos de presión para conectarse a los conductores. Los bornes de salida hacia las redes de baja tensión serán del tipo bimetálico a fin de permitir la conexión de conductores de Cobre Aluminio con una sección circular de 10 a 25 mm<sup>2</sup>.

El mecanismo de desconexión será del tipo común de manera que la apertura de los polos sea simultánea y evite la apertura individual.

La tensión máxima de operación de los interruptores tripolares y bipolares será como mínimo de 600 V AC y la tensión nominal de 220 V – 60 Hz.

El conjunto será de forma que el sistema de mando se ejecute mediante el interruptor horario o interruptor manual los cuales pueden actuar directamente sobre la bobina de excitación.

### **3.9.7 Interruptor horario**

Será del tipo impulsado por motor síncrono, bipolar, para operar a 110 V y 60 Hz. Vendrá en caja tipo NEMA1. Se utilizará para accionar el contactor del circuito de alumbrado público y tendrá una reserva de 72 horas.

### **3.9.8 Barras Colectoras y Conductores de Conexión**

El de distribución estarán equipados con barras colectoras de cobre electrolítico de sección rectangular para las fases, el neutro y la puesta a tierra.

Las secciones rectangulares serán diseñadas para 10 kA de cortocircuito con las siguientes dimensiones mínimas:

- Para las fases : 25 x 5 mm
- Para el Neutro : 20 x 5 mm
- Para la puesta a Tierra : 20 x 5 mm

Las barras de fases y neutro estarán provistos de los accesorios correspondientes para recibir o distribuir conductores de cobre o de aluminio cuyas secciones varían entre 16 y 70 mm<sup>2</sup>. Vendrán provistas de agujeros para la futura instalación de los interruptores de reserva.

El código de colores de las barras será negro, azul y rojo para las fases, color blanco para la barra neutro y color amarillo para la barra de tierra.

Los conductores de conexión serán de cobre, del tipo SIS, con una sección mínima de 4 mm<sup>2</sup>. Presentarán el código de colores

definidos para las barras y los accesorios de señalización correspondiente.

### **3.9.9 SPD - Surge Protective Device (Dispositivo de protección contra sobretensiones)**

La serie SPD de EATON ofrece la protección contra sobretensiones más avanzada para aplicaciones industriales y comerciales y configuraciones en la capacidad de sobre corrientes de 50 a 400KA.

### **3.9.10 Pruebas Tipo o de Diseño**

Las pruebas tipo o de diseño están orientadas a verificar las principales características del tablero de distribución, por lo que deberán ser sustentadas con la presentación de tres (03) juegos de los certificados y los reportes de pruebas emitidos por una entidad debidamente acreditada por el país de origen, independiente del Fabricante y el Proveedor. El diseño de los equipos y los requerimientos de las pruebas a los que fueron sometidos serán completamente idénticos a los ofertados, caso contrario deberán efectuarse todas las pruebas tipo faltantes y los costos serán cubiertos por el Proveedor.

## **3.10 CONDUCTORES**

El conductor a utilizarse desde la sub estación hasta los bancos de medidores es el conductor para ser enterrado directamente NYY, con secciones de 70 mm<sup>2</sup> y 35 mm<sup>2</sup>, para tensiones hasta de 750 Voltios.

Los diferentes conductores a utilizarse en los circuitos deberán cumplir con las siguientes características:

Tensión : 750 V Normas de fabricación

Para el conductor : ITINTEC ASTM B3

Para el aislamiento : ITINTEC ASTM B8

El conductor será de cobre rojo, suave, sólido o cableado El aislamiento será de cloruro de polivinilo, Se utilizará conductores de un solo color por cada fase de circuito.

### **3.11 DUCTOS**

Se emplearán ductos de PVC – SAP de 4” según NTP 399.006 para el tendido de la línea primaria y ductos de concreto vibrado de 4”, para proteger los conductores en el cruce de calles y los tramos en los que se cruce por garajes

### **3.12 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA**

Cada pozo de puesta a tierra estará constituido por los siguientes materiales:

- 25 m de conductor de cobre electrolítico desnudo de 35 mm<sup>2</sup>.
- 01 Varilla dispersora de cobre de 19 mm (3/4”) de diámetro x 2.40 m de long.
- 01 Conector de cobre Anderson Electric o similar apto para conductor de 35 mm<sup>2</sup>.
- 50 Kg de sal industrial.
- 01 bol. De cemento conductivo
- 3m cúbicos de tierra negra, de cultivo

## **CAPITULO IV**

### **ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL MONTAJE DE MATERIALES**

#### **4.1 GENERALIDADES**

Las presentes condiciones, tienen por objeto establecer los lineamientos, y aspectos generales relativos a la ejecución de las obras electromecánicas del presente Proyecto.

#### **4.2 ALCANCE**

El trabajo consistirá en montar, acorde con los planos, los materiales i/o equipos electromecánicos descritos en el Capítulo IV, probar las instalaciones efectuadas y entregarlas en operación.

#### **4.3 NORMAS**

La ejecución de la obra deberá cumplir con las siguientes disposiciones:

Código Nacional de Electricidad  
Reglamento Nacional de construcciones  
Normas de seguridad

#### **4.4 TENDIDO DE LOS CABLES SUBTERRÁNEOS DE MEDIA TENSIÓN**

##### **4.4.1 Trazo del recorrido**

- Antes de empezar la excavación se demarcará el recorrido de la zanja en su largo y ancho.
- Al demarcar la zanja, se tendrá en cuenta el radio inferior de las curvas de acuerdo con la sección del cable que se instalará. Como regla particular se recomienda que el radio

de curvatura del cable sea superior a 20 veces el diámetro exterior durante la tracción de tendido y una vez instalado.

#### **4.4.2 Apertura de zanja**

Se apertura las zanjas de acuerdo con las dimensiones que se indiquen en los planos.

El ancho tendrá la distancia necesaria para que los conductores sean manipulados correctamente por los operarios.

Durante el proceso de apertura, deberá mantenerse el mayor orden posible en el trabajo poniendo especial cuidado en no esparcir el material de la apertura de zanja.

La tierra de perforación debe ser colocada a no menos de 50 cm de los bordes de la zanja.

#### **4.4.3 Tendido de los cables**

##### **a) Manipuleo de los cables**

El movimiento de la bobina del cable se hará con cuidado. La carga y descarga sobre camiones o remolques apropiados se hará siempre con un eje que pase por orificio central de la bobina.

Al levantar la bobina no se debe estrangular las caras laterales del carrete con la cadena, cable de acero, etc; se utilizado para tal fin u yugo que mantenga la cadena separada de dichas caras.

No se debe transportar la bobina de costado, ni apoyado sobre una de las caras laterales.

No deberá retenerse la bobina con cuerdas o cadenas que abracen a la bobina sobre las espiras exteriores del cable enrollado.

Cuando se mueva la bobina en la superficie, rodándola, se hará

en el sentido indicado con una flecha, a fin de evitar que se afloje el conductor enrollado. Además, si el terreno es accidentado se rodará sobre listones.

Antes de iniciar el tendido del conductor, se indicara el punto más propicio para colocar la bobina. En el caso de superficie con pendientes, es conveniente tesar desde el punto más alto hacia el más bajo.

Para el extendido de la bobina estará siempre elevada y sujeta por un eje y soportes apropiados al peso de la misma. Asimismo, estará provista de un freno de palanca para detener el giro de la bobina cuando sea necesario.

Cerca de la bobina y en el punto de empiezo del canal debe colocarse un apoyo especial donde el conductor se soporte y evite maltratos y fricción.

El canal, en el fondo y en toda su longitud, deberá estar cubierta por una capa de 0.10 m de espesor de tierra cernida u otra mezcla especial que haya sido autorizada.

Antes de extender el conductor se recorrerá el canal con detenimiento para probar que se encuentre sin escorias ni otros elementos que puedan dañar el cable durante el tendido.

#### b) Operación de tendido

El conductor debe ser estirado del carrete del embalaje en tal sentido que siempre se desarrolle de arriba hacia abajo y girando sobre el eje del porta-bobina en forma suave y continua, evitando de esta manera hacer curvas o torsión.

En ningún momento del tendido los cables deben someterse a un radio de curvatura menor de 20 veces de diámetro exterior.

El extendido del conductor se realizara en forma manual con un

número de personas colocadas uno detrás de otro, tomando el conductor a la altura de la rodilla.

El tendido del conductor se hará en zanjas de 0.6 x 0.55, los cuales irán en ductos de PVC de 4" clase pesada, los cuales irán sobre en una cama de arena fina de una altura de 20 cm y también compactado con arena fina el cual se colocara tierra común, luego una hilera de ladrillo común para su protección y para su señalización se colocara cinta plástica señalizadora.

#### **4.4.4 Montaje de Terminales**

La instalación de los terminales auto-contráibiles, serán ejecutados por personal técnico calificado, con amplia experiencia de este tipo de trabajos y de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

#### **4.4.5 Protección y señalización de los cables**

“Los cables deberán quedar instalados dentro de los ductos de PVC –SAP de 4” encima de estos una mezcla especial libre de elementos punzantes; normalmente será tierra cernida, obtenida del material natural de excavación, la cual deberá estar limpia, suelta, exenta de sustancias orgánicas y otras impurezas. El tamizado de la tierra se hará con zaranda, cuya malla usada para tal efecto, tenga  $\frac{1}{4}$  de pulgada. Al momento de la operación de cernido, la zaranda se colocará con una inclinación de 45° con respecto al piso” (CEMILSA, 2014, pág. 67). [13]

Después de nivelado el fondo de la zanja se procederá a colocar la capa de tierra cernida o mezcla especial, sobre la cual se colocarán los ductos de PVC –SAP de 4”. Esta capa tendrá un espesor de 10 cm después de compactada.

Una vez colocado el ductos de PVC –SAP de 4” se procede a

colocar tierra cernida y encima como protecciones con ladrillo, se llenará la zanja con tierra de excavación cernida y luego apisonada, usando compactadoras mecánicas tipo plancha. El llenado de las zanjas deberá hacerse mediante capas, no mayores de 30 cm, las cuales serán apisonadas y humedecidas con el fin de dotar al terreno la consistencia requerida.

#### **4.5 MONTAJE DE SUBESTACIONES DE DISTRIBUCIÓN**

Se deberá verificar la ubicación, disposición y orientación de las subestaciones de distribución y las podrá modificar con la aprobación de la Supervisión.

Si el montaje y conexión de los equipos de cada tipo de subestación, de acuerdo con los planos del proyecto.

El transformador de distribución de la sub estación en caseta se instalará mediante el uso de equipo de izaje, que garantice la integridad física del equipo, hasta su empotramiento final en los soportes previstos para su operación definitiva, en la ubicación designada en los planos correspondientes.

La subestación estará provista de dos pozos de puesta a tierra en uno de ellos se conectarán las partes metálicas, pararrayos de los equipos de media tensión y en el otro se conectaran todo lo correspondiente a la baja tensión

El manipuleo, transporte, almacenaje y montaje del transformador deberá respetar la buena técnica de instalación de la unidad, sobre todo cuidando de no dar inclinaciones peligrosas para evitar el deterioro del mismo, para cada maniobra se deberá observar las reglas de seguridad.

El lado de los cortacircuitos, seccionadores y fusibles se ubicarán del modo más accesible posible.

Después del montaje de las subestaciones, se hará una comprobación de las distancias eléctricas a fin de verificar que cumplan con lo estipulado en el Código Nacional de electricidad.

El transformador será izado mediante grúa portátil y se fijará a las plataformas de estructuras de anclaje mediante perfiles angulares y pernos.

El lado de alta tensión del transformador se ubicará hacia el lado posterior de la caseta y se cuidará que ningún elemento con tensión quede a menos de 0.50 m de cualquier objeto.

El montaje del transformador será hecho de tal manera que garantice que, aún bajo el efecto de temblores, éste no sufra desplazamientos.

Los equipos de alta tensión, como celdas compactas, de salida y llegada, se montarán en el emplazamiento correspondiente al diseño de cimentación para el anclaje de estos equipos.

La derivación de los conductores de la Red de Distribución Primaria al transformador se hará mediante conectores y terminales adecuados; el conexionado del transformador al tablero de distribución de baja de tensión se hará mediante conductores aislados tipo NYY

Los equipos de protección, que vienen incorporados en el interior de las celdas compactas se montarán de acuerdo a los manuales, los mismos que son parte integrante del presente proyecto. Se tendrá cuidado que ninguna parte con tensión de estos seccionadores-fusibles, quede a distancia menor que aquellas estipuladas por el Código Nacional de Electricidad, considerando las correcciones pertinentes por efecto de altitud S.N.M.

El montaje de las celdas compactas se ejecutará de acuerdo a las especificaciones técnicas de montaje del fabricante, las mismas que son parte integrante del presente proyecto

Los seccionadores-fusibles una vez instalados y conectados a las líneas de 22,9/10.5 kV y al transformador, deberán permanecer en la posición de "abierto" hasta que culminen las pruebas con tensión de la línea.

El tablero de distribución suministrado por el fabricante, con el equipo completamente instalado, será montado, adosado a la pared en el interior de la caseta, mediante sus elementos de fijación correspondiente.

Las puertas de las cajas de distribución estarán orientadas hacia el exterior.

El conexionado de conductores en 22,9/10,5 kV o en baja tensión se hará mediante terminales autocontraíble y fijación mediante tuercas y contratueras. El conductor para la conexión del transformador al tablero de distribución y de éste a los circuitos exteriores de distribución secundaria, será del tipo NYY y de las secciones que se indican en los planos del proyecto.

El montaje del tablero, deberá ceñirse en lo posible a los planos y especificaciones técnicas; todos deberán estar perfectamente adosado y se verificará su estética.

Será adosado y manipulado de tal forma que en las maniobras no sean sometidos a esfuerzos dinámicos que produzcan deterioro en los mismos, debiéndose considerar el manual de instalaciones del proveedor.

El gabinete del Tablero General, ubicado en un ambiente junto a la Sub Estación se adosará utilizando cemento y arena fina.

Los tableros serán codificados de acuerdo al plano de replanteo,

considerándose que la placa de codificación será instalada en la parte superior de cada tablero.

#### **4.6 MONTAJE DE PUESTA A TIERRA**

La ejecución del pozo de tierra deberá ser del tipo normalizado es decir, con tierra cernida negra más sal industrial, dependiendo sus estratos de la resistencia de tierra de la zona se utilizara cemento conductor, que en conjunto no debe sobre pasar de 5 ohms. Para el montaje del sistema de puesta a tierra se deberá abrir un hueco de 0.80 m de diámetro y 2.80 m. de profundidad, el mismo que deberá ser llenado con el relleno de capas según lámina de detalles, pudiendo ampliarse las dimensiones si la resistencia del terreno no alcanza el resultado óptimo.

#### **4.7 INSPECCIÓN Y PRUEBAS**

##### **4.7.1 Inspección de Obra Terminada**

Después de concluida la Obra, la Supervisión efectuará una inspección general a fin de comprobar la correcta ejecución de los trabajos y autorizar las pruebas de puesta en servicio.

Deberá verificarse lo siguiente:

- El cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad.
- La limpieza de los conductores
- Los residuos de embalajes y otros desperdicios deben haberse retirado.

##### **4.7.2 Inspección de cada estructura**

En cada estructura se verificará que se hayan llevado a cabo los siguientes trabajos:

- Relleno, compactación y nivelación alrededor de las cimentaciones, y la dispersión de la tierra sobrante.
- El correcto montaje de las estructuras dentro de las tolerancias permisibles y de conformidad con los planos

aprobados.

- Montaje, limpieza y estado físico de la ferretería eléctrica.
- Instalación de los accesorios del conductor.
- Los pasadores de seguridad de los aisladores y accesorios deben estar correctamente ubicados.

#### **4.7.3 Pruebas de puesta en servicio**

Las pruebas de puesta en servicio serán llevadas a cabo en presencia del supervisor de la concesionaria con las modalidades y el protocolo de pruebas aprobado.

Las pruebas de puesta en servicio serán llevadas a cabo en los plazos fijados contractualmente y con un programa aprobado por la Supervisión.

##### **a. Inspección General**

Consistirá en una inspección visual general del estado de las instalaciones eléctricas en sus diferentes circuitos

##### **b. Aislamiento.**

Se realizará las mediciones en cada uno de los alimentadores y obtenerse los valores de aislamiento que especifican las Normas de la EM/DGE.

##### **c. Prueba de Tensión.**

Al final de todas las pruebas se conectarán las cargas y se aplicará la tensión nominal a la red, verificándose su buen funcionamiento y los niveles de tensión en los extremos finales de cada circuito.

##### **d. Resistencia de Puesta a Tierra.**

Se verificará el valor de la resistencia del sistema de puesta a tierra, cuyo valor serán menor de 10 ohmios

## **CAPÍTULO V**

### **CALCULOS JUSTIFICATIVOS PARA RED PRIMARIA Y SUB ESTACION**

#### **5.1 BASES PARA EL DISEÑO DE RED PRIMARIA**

##### **5.1.1 OBJETIVO**

Estas bases definen las condiciones técnicas mínimas para el diseño de redes primarias Subterráneas en 10.5 Kv, de tal manera que garanticen los niveles mínimos de seguridad para las personas y las propiedades, y el cumplimiento de los Requisitos exigidos en el Código Nacional de Electricidad Suministro 2001.

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

- Decreto Ley N° 25844 “Ley de Concesiones Eléctricas” y sus reglamentos
- Código Nacional de Electricidad Tomos I y IV
- Norma DGE “Terminología en Electricidad” y “Símbolos Gráficos en Electricidad”
- Disposiciones Municipales según corresponda
- Reglamento Nacional de Construcción vigente.

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

- NESCA (NATIONAL ELECTRICAL SAFETY CODE)
- IEEE (INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS)
- CIGRE (CONFERENCE INTERNATIONALE DES GRANDS RESEAUX ELECTRIQUES)
- NORMA BRASILEÑA DE LINEAS DE TRANSMISION
- ANSI (AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE)
- IEC (INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION)

## **5.2 DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD**

### **5.2.1 Separación mínima horizontal o vertical:**

$$D = 0,50 \text{ m}$$

Esta distancia es válida para la separación de seguridad a ductos de combustible y/o gas.

### **5.2.2 Distancia mínima entre las redes bajo tensión paralelas de diferentes circuitos:**

$$D = 0.30 \text{ m}$$

Esta distancia no es aplicable a conductor neutro

### **5.2.3 Distancia mínima entre conductores de un circuito y redes de comunicación**

$$D = 75 \text{ mm} \quad \text{de concreto}$$

$$D = 100 \text{ mm} \quad \text{Mamposteria}$$

$$D = 300 \text{ mm} \quad \text{Tierra apisonada}$$

### **5.2.4 Distancia mínimas del conductor a la Superficie del Terreno**

$$D = 1000 \text{ mm}$$

Es la distancia entre la superficie del terreno y el conductor finalmente enterrado

## **5.3 CÁLCULOS MECÁNICOS DEL CONDUCTOR**

### **5.3.1 Objetivo**

Estos cálculos tienen el objetivo de determinar las siguientes magnitudes relativas a los conductores de la red primaria subterránea en todas las hipótesis de trabajo:

- Esfuerzo horizontal del conductor
- Parámetros del conductor

## **5.3.2 Características de los Conductores Normalizados**

### **5.3.2.1 Material de los Conductores Primario**

1. Los conductores para la red primarias subterránea será de cobre electrolítico, temple suave cableado redondo compactado, clase 2 según NORMA IEC 60228
2. Pantalla semiconductora extruida sobre el conductor.
3. Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).
4. Pantalla semiconductora rotulada "SEMICONDUCTOR" y extruida sobre el aislante.
5. Pantalla electrostática formada por una corona de hilos de cobre con resistencia eléctrica máxima de 3 Ohm/km. y aplicado en forma helicoidal sobre la capa semiconductora. Sobre la pantalla un encintado no-higroscópico.
6. Cubierta exterior de cloruro de polivinilo (PVC ST2).

### **5.3.2.2 Características de los conductores**

El compuesto aislante no migrante debe mantener sus características de aislamiento en instalaciones con pendientes elevadas, la pantalla debe proteger al cobre de la humedad del ambiente y al cable contra la corrosión.

El conductor debe ser resistente a las vibraciones y al esfuerzo repetido (fatiga), la cubierta exterior de PVC le proporcionará resistencia a los ácidos, grasas, aceites y a la abrasión.

La cubierta de cloruro de polivinilo no es inflamable

El conductor está calculado para operar hasta 90 °C de temperatura

### 5.3.3 Esfuerzos máximos en el Conductor

El conductor por estar enterrado mediante ductos de PVC SAP de 4" no tendrá mayores esfuerzos, siendo enterrado en todo el tramo de la red, para cruces de calle de tránsito vehicular se protegerán con ductos de concreto e 4"

## 5.4 CÁLCULOS ELÉCTRICOS

### 5.4.1 Características Eléctricas del Sistema

Para los efectos del diseño eléctrico de la red primaria se tendrán en cuenta las siguientes características.

- Tensión nominal de la red 10.5 kV.
- Tensión máxima de servicio 11 kV.
- Frecuencia nominal 60 Hz
- Factor de potencia 0.90 (atraso)

### 5.4.2 Cálculo de Caída de Tensión

#### 5.4.2.1 Parámetros de los conductores

a) Resistencia de los conductores a la temperatura de operación se calculará mediante la siguiente fórmula.

$$R_1 = R_{20} [1 + 0,0036 (t - 20^\circ)] \quad (5.1)$$

$R_{20}$  = Resistencia del conductor en c.c. a 20°C, en ohm/km

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

$t$  = Temperatura máxima de operación, en °C.

En la figura N° 5.1 se consignan los valores de resistencia de los conductores a 20 °C y 90 °C.

b) Reactancia inductiva para sistema trifásico equilibrado. Las fórmulas a emplearse serán las siguientes:

$$X_L = 377 (0.5 + 4.6 \text{ Log. } \frac{\text{DMG}}{r}) \times 10^{-4}, \text{ en ohm/km} \quad (5.2)$$

DMG = Distancia media geométrica

r = Radio del conductor, en m

#### 5.4.2.2 Cálculos de caída de tensión

a) Para sistemas trifásicos:

$$\Delta V \% = PL \frac{(r_1 + X_1 \text{ tg } \phi)}{10V_L^2} \quad (5.3)$$

$$\Delta V \% = K_1 PL \quad ; \quad K_1 = \frac{r_1 + X_1 \text{ tg } \phi}{10V_L^2} \quad (5.4)$$

Simbología:

$\Delta V \%$  = 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 ohm / km.

$X_1$  = Reactancia inductiva para sistemas trifásicos en ohm/km.

$\phi$  = Angulo de factor de potencia.

K = Factor de caída de tensión.

## 5.5 SELECCIÓN DE CONDUCTOR

El conductor flexible que se utilizara en el presente proyecto de la subestación será determinado de manera tal que garantizara las condiciones eléctricas y mecánicas adecuadas para su instalación.

**Figura N° 5.1:** Características eléctricas del Conductor

<b>CARACTERISTICAS ELECTRICAS:</b>						
Sección Nominal (mm <sup>2</sup> )	Resistencia Conductor (Ohm/Km)		Capacidad Nominal $\mu$ F/km	Reactancia Inductiva Ohm/Km a 60 Hz	Capacidad de Corriente (Amp)	
	a 20°C c.c.	a 90°C c.a.			Aire Libre 30°C	Enterrado Temp=25°C 0,9K-m/W
16	1,15	1,47	0,182	0,247	150	130
25	0,727	0,927	0,208	0,235	196	167
35	0,524	0,668	0,229	0,226	239	201
50	0,387	0,494	0,253	0,217	288	238
70	0,268	0,342	0,287	0,209	358	290
95	0,193	0,247	0,323	0,202	437	347
120	0,153	0,196	0,351	0,198	503	394
150	0,124	0,159	0,382	0,194	572	442
185	0,0991	0,128	0,417	0,190	654	498
240	0,0754	0,098	0,465	0,188	774	578
300	0,0601	0,079	0,510	0,184	883	650
400	0,0470	0,063	0,565	0,180	1025	740
500	0,0366	0,050	0,629	0,177	1172	835

Capacidad de corriente para 3 cables instalados con separación de un diámetro y en un solo plano.  
Profundidad de instalación enterrada: 80 cm.

**Fuente:** Catálogo Conductor CEPER

## 5.6 PROYECCION DE LA DEMANDA DE S.E.D. 10154P

Para evaluar la máxima demanda del sistema eléctrico de la SED 10154, se tomó en consideración el análisis de la proyección de la demanda de dicho sistema realizada por la empresa concesionaria Electro Sur Este, que con la finalidad de verificar el incremento de la demanda de potencia eléctrica de los clientes y todas las implicancias que ello conlleva.

Es por ello que esta proyección es de suma importancia para el desarrollo del presente capítulo puesto que con dicho análisis podremos conocer el estado actual así como el comportamiento del sistema eléctrico de la SED 10154 y durante los próximos años. Para lo cual se utiliza la proyección desarrollada por ELSE S.A.A, mediante tendencias estadística donde se muestra el porcentaje para el caso urbano.

- Para el caso Urbano se utilizara 4.5 %

Para realizar el cálculo de la demanda eléctrica durante los años de estudio se empleó el método expuesto en la guía elaborada por el ingeniero TSUGUO NOZAKI, se obtuvo la demanda requerida aplicando la siguiente fórmula

$P_a = P \cdot (1 + 0.045)^X$  donde:

$P_a$  = Potencia en los años de estudio (Kw)

P = potencia actual (kw)

X = años de estudio

Mientras que la proyección de las cargas especiales, tiene un comportamiento similar, en tanto que depende única y exclusivamente de la necesidad del propio cliente, y/o definen de manera constante durante periodos conocidos en este caso la proyección será durante los años continuos.

En este sentido la información de la proyección es totalmente confiable y de primera fuente para el desarrollo del presente capítulo; el mismo que a continuación se muestra:

**Tabla N° 5.1** Proyección de la máxima demanda - anual

PROYECCION DE LA DEMANDA DE POTENCIA ACTIVA - ANUAL				
ITEM	AÑOS	MAXIMA POTENCIA (KW)	FACTOR DE PROYECCION	POT. PROYECTADA (KW)
0	AÑO-2015	218.76	1.00	218.76
1	AÑO-2016	218.76	1.05	229.70
2	AÑO-2017	218.76	1.10	241.18
3	AÑO-2018	218.76	1.16	253.24
4	AÑO-2019	218.76	1.22	265.90
5	AÑO-2020	218.76	1.28	279.20
6	AÑO-2021	218.76	1.34	293.16
7	AÑO-2022	218.76	1.41	307.82
8	AÑO-2023	218.76	1.48	323.21
9	AÑO-2024	218.76	1.55	339.37
10	AÑO-2025	218.76	1.63	356.34
11	AÑO-2026	218.76	1.66	364.15
12	AÑO-2027	218.76	1.71	374.18
13	AÑO-2028	218.76	1.74	382.50
14	AÑO-2029	218.76	1.79	392.86
15	AÑO-2030	218.76	1.82	398.37

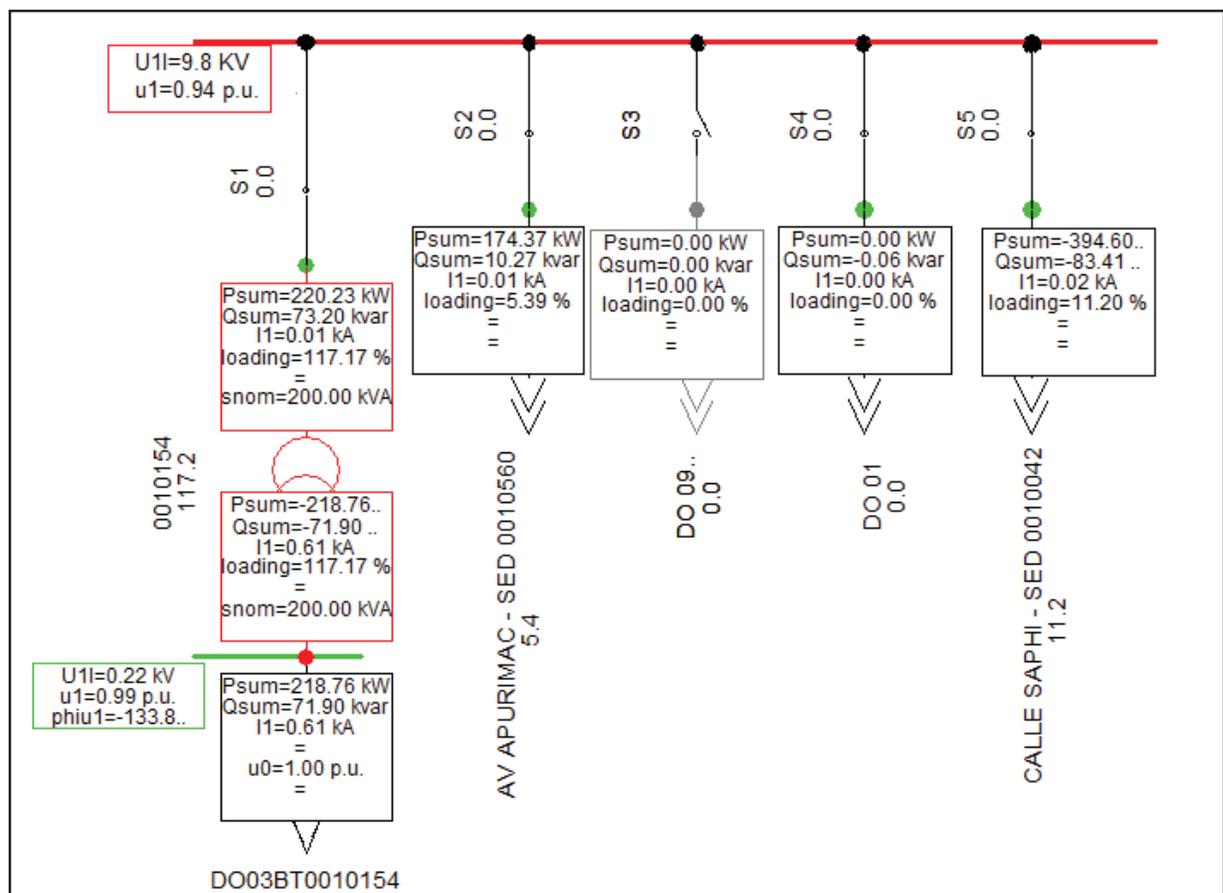
**Fuente:** Oficina comercial de Electro Sur Este.

En el cuadro 5.1 proyección de la máxima demanda anual, se logra verificar que para el año 2029, el incremento de la potencia activa será de 392.86 Kw por lo que se considera la instalación de un transformador de 400 Kva. El cual asegura un desempeño óptimo de por lo menos 14 años sin necesidad de cambio de transformador.

## 5.7 CÁLCULO DE FLUJO DE POTENCIA DE LA SED 10154 ARCOPATA, EN CONDICIONES ACTUALES DE OPERACIÓN, AÑO 2015

En esta sección se realiza el corrido de flujo para la carga establecida como año base de estudio que es 2015, en ese entender se realizan las simulaciones para la verificación del comportamiento de los alimentadores, la cargabilidad del transformador, así como las variaciones de las tensiones en las barras, con el fin de proyectar alternativas de solución a un escenario futuro de crecimiento de la demanda máxima.

**Figura N° 5.2** corrido de flujo de potencia en condición actual, año2015



Grid: D003		System Stage: D003		Study Case: MXAVE18		Annex:		/ 36 /	
rtd.V [KV]	Bus - voltage			Voltage - Deviation [%]					
	[p.u.]	[KV]	[deg]	-10	-5	0	+5	+10	
ARCOPATA SED0010154									
ARCO PATA MT0010	10.40	0.940	9.8	-4.20					
BT0010154	0.22	0.989	0.22-133.91						
AV EL SOL SED0010197									
AV EL SOL MT001	10.50	1.003	10.53	16.63					
BALCON CUSQUEÑO SED0010171									
BALCON CUSQUEÑO	10.50	0.996	10.46	16.25					
CALLE SAPHI SED0010042									
CALLE SAPHI MT0	10.50	0.990	10.39	16.11					

**Fuente:** Dig Silent - Cálculos eléctricos

Podemos observar en la imagen N° 5.2 como resumen del flujo de potencia corrido, dos criterios sumamente importantes:

A. se observa la cargabilidad del transformador incrementado en un 17.17% de su capacidad; quiere decir que el transformador está con grado de cargabilidad **IS** (INSTALACION SOBRECARGADA), según GRADO DE CARGABILIDAD DE LOS EQUIPOS – OSINEGMIN / CAPITULO II / Sección 2.9 el cual conlleva el desgaste eléctrico y mecánico lo que acarrea, en un menor tiempo de vida de dicho transformador.

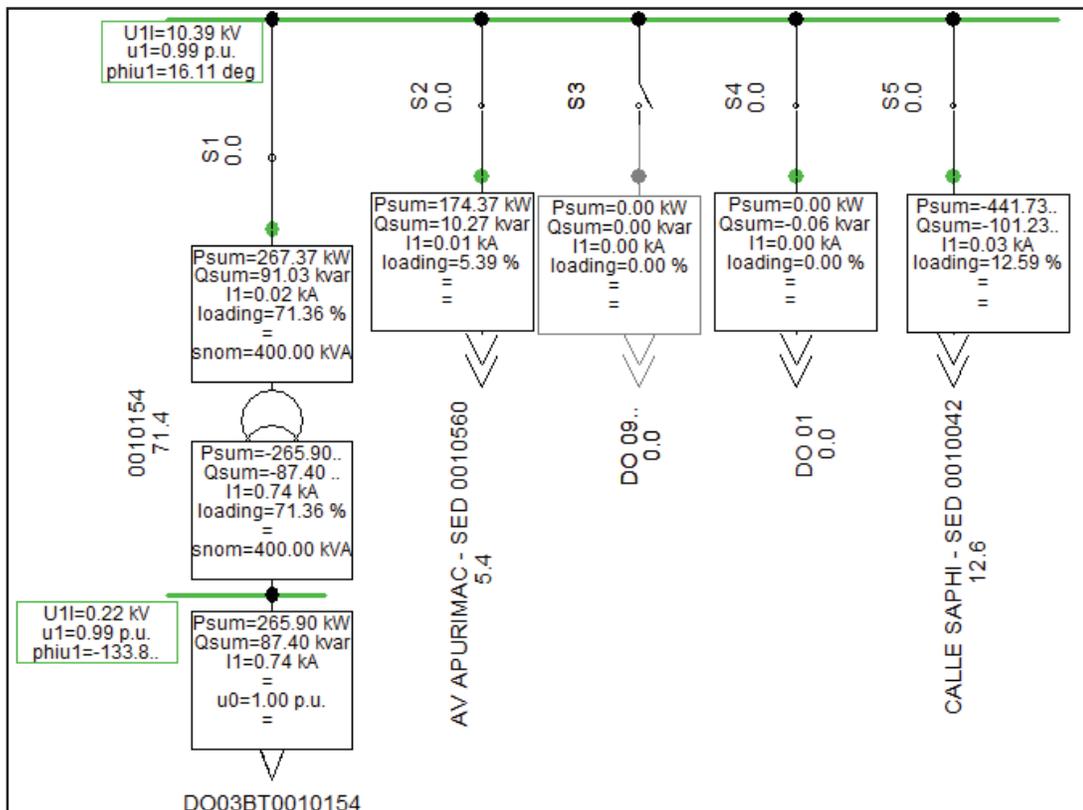
B. Se observa una caída de tensión en la barra de la calle Arcopata en un 6% de su tensión de llegada, lo cual no es permisible por el Código Nacional de Electricidad Tomo IV – Sistema de Distribución, capítulo 2, sección 2.1.3 (caída de tensión permisible)

## 5.8 CÁLCULO DE FLUJO DE POTENCIA DE LA SED 10154 ARCOPATA, EN CONDICIÓN MODERNA DE OPERACIÓN, AÑO 2019.

En esta sección se realiza el corrido de flujo para la carga establecida como año 2019, en condiciones modernas con las celdas de MT. y transformador de 400kva ya instalados en ese

entender se realizan las simulaciones para la verificación del comportamiento de la cargabilidad del transformador, así como las variaciones de las tensiones en las barras.

**Figura N° 5.3** corrido de flujo de potencia en condición moderna, año 2019



Grid: D003		System Stage: D003		Study Case: MXAVE18		Annex:		/ 36		
		Bus - voltage		Voltage - Deviation [%]						
		rtd.V								
		[kV]	[p.u.]	[kV]	[deg]	-10	-5	0	+5	+10
ARCOPATA SED0010154										
	ARCOPATA MT0010	10.50	0.990	10.39	16.08					
	BT0010154	0.22	0.989	0.22-133.91						
AV EL SOL SED0010197										
	AV EL SOL MT001	10.50	1.003	10.53	16.63					
BALCON CUSQUEÑO SED0010171										
	BALCON CUSQUEÑO	10.50	0.996	10.46	16.25					
CALLE SAPHI SED0010042										
	CALLE SAPHI MT0	10.50	0.990	10.39	16.11					

**Fuente:** Dig Silent - Cálculos eléctricos

Podemos observar en la imagen N° 5.3 como resumen del flujo de potencia corrido, dos criterios sumamente importantes:

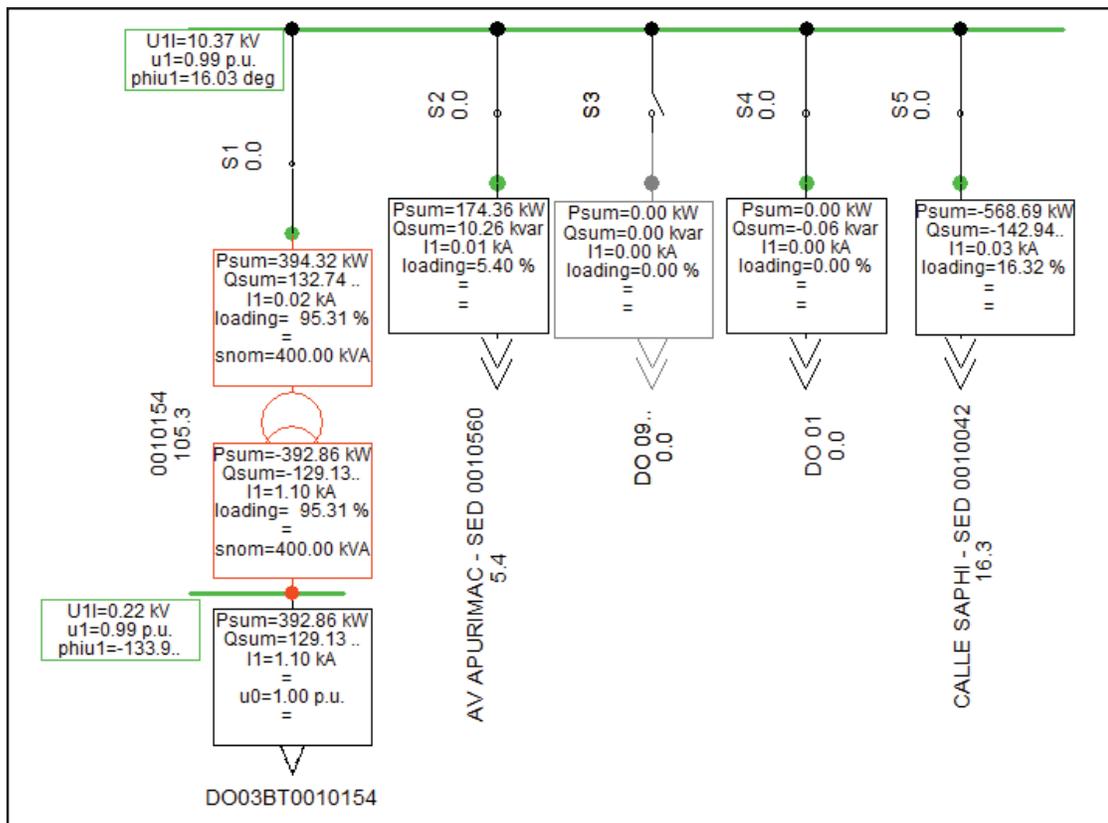
- A. se observa la cargabilidad del transformador en 71.36 % de su capacidad; quiere decir que el transformador está trabajando en condiciones óptimas de operación, según GRADO DE CARGABILIDAD DE LOS EQUIPOS – OSINEGMIN / CAPITULO II / Sección 2.9
- B. Se observa una ligera caída de tensión en la barra de llegada de la calle Arcopata en un -1% de su tensión, lo cual es permisible por el Código Nacional de Electricidad Tomo IV – Sistema de Distribución, capítulo 2, sección 2.1.3 (caída de tensión permisible)

### 5.9 CÁLCULO DE FLUJO DE POTENCIA DE LA SED 10154 ARCOPATA, EN CONDICIONES DE DEMANDA PROYECTADA, PARA EL AÑO 2029.

En esta sección se realiza el corrido de flujo para la carga proyectada hasta el año 2029, en condiciones modernas con las celdas de MT. y transformador de 400kva ya instalados en ese entender se realizan las simulaciones para la verificación del comportamiento de la cargabilidad del transformador, así como las variaciones de las tensiones en las barras.

**Figura N° 5.4** corrido de flujo de potencia en condición de demanda proyectada, año2027

Grid: D003		System Stage: D003		Study Case: MXAVE18		Annex:		/ 36	
	rtd.V [kV]	Bus - voltage		Voltage - Deviation [%]					
		[p.u.]	[kV]	[deg]	-10	-5	0	+5	+10
ARCOPATA SED0010154									
ARCOPATA MT0010	10.50	0.988	10.37	16.00					
BT0010154	0.22	0.987	0.22	-133.98					
AV EL SOL SED0010197									
AV EL SOL MT001	10.50	1.002	10.52	16.58					
BALCON CUSQUEÑO SED0010171									
BALCON CUSQUEÑO	10.50	0.995	10.45	16.20					
CALLE SAPHI SED0010042									
CALLE SAPHI MTO	10.50	0.988	10.37	16.04					



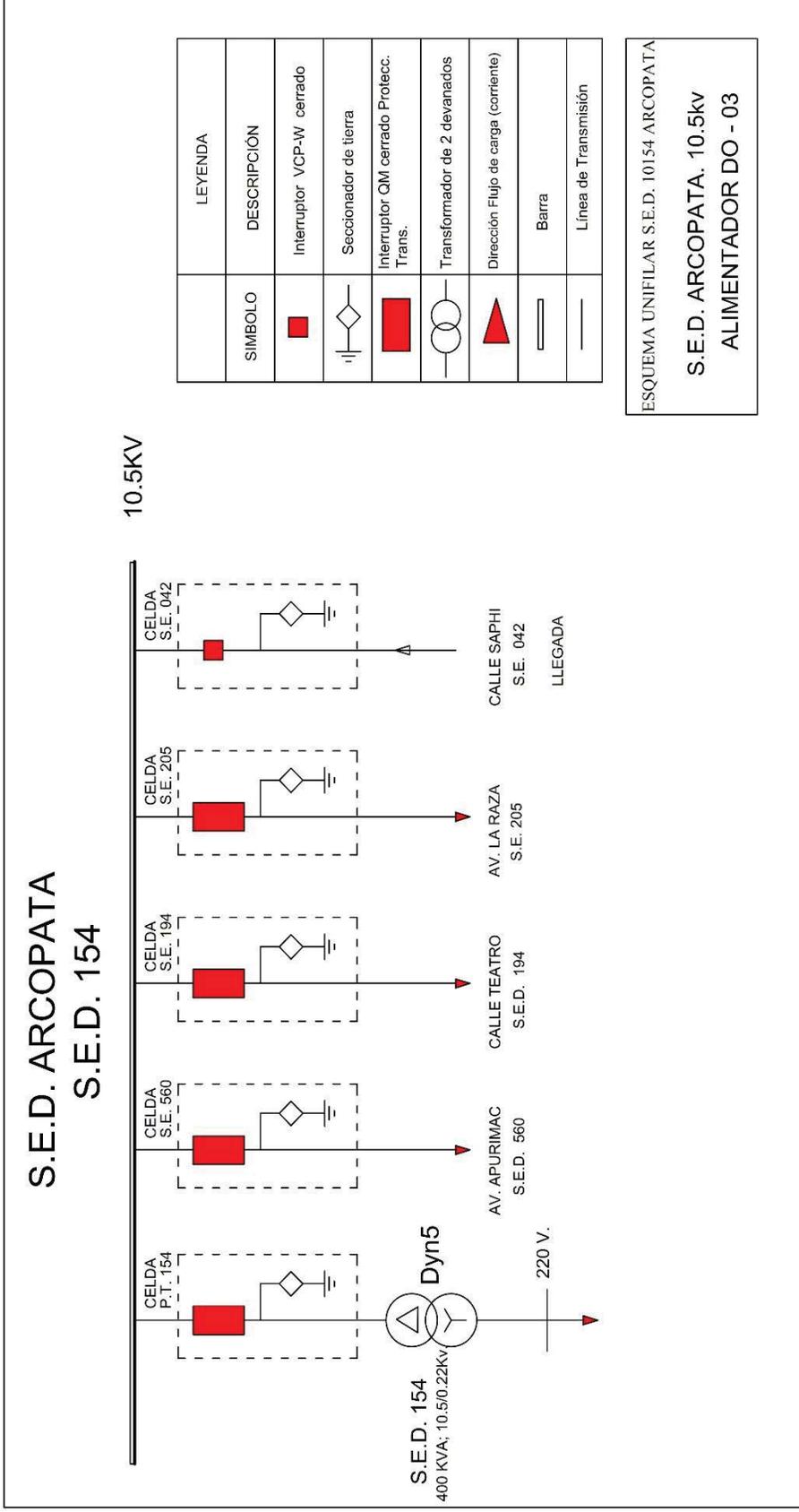
**Fuente:** Dig Silen - Cálculos eléctricos

Podemos observar en la imagen N° 5.4 como resumen del flujo de potencia corrido, dos criterios sumamente importantes:

- A. se observa la cargabilidad del transformador en 95.31 % de su capacidad; quiere decir que el transformador está trabajando en un grado **IAS** (Instalación próxima a sobrecargarse), según GRADO DE CARGABILIDAD DE LOS EQUIPOS – OSINEGMIN / CAPITULO II / Sección 2.9
- B. Se observa una ligera caída de tensión en la barra de la calle Arcopata en un 1.5 % de su tensión de llegada, lo cual es permisible por el Código Nacional de Electricidad Tomo IV – Sistema de Distribución, capítulo 2, sección 2.1.3 (caída de tensión permisible)

### 5.10 DIAGRAMA UNIFILAR DE LA S.E.D 10154 ARCOPATA.

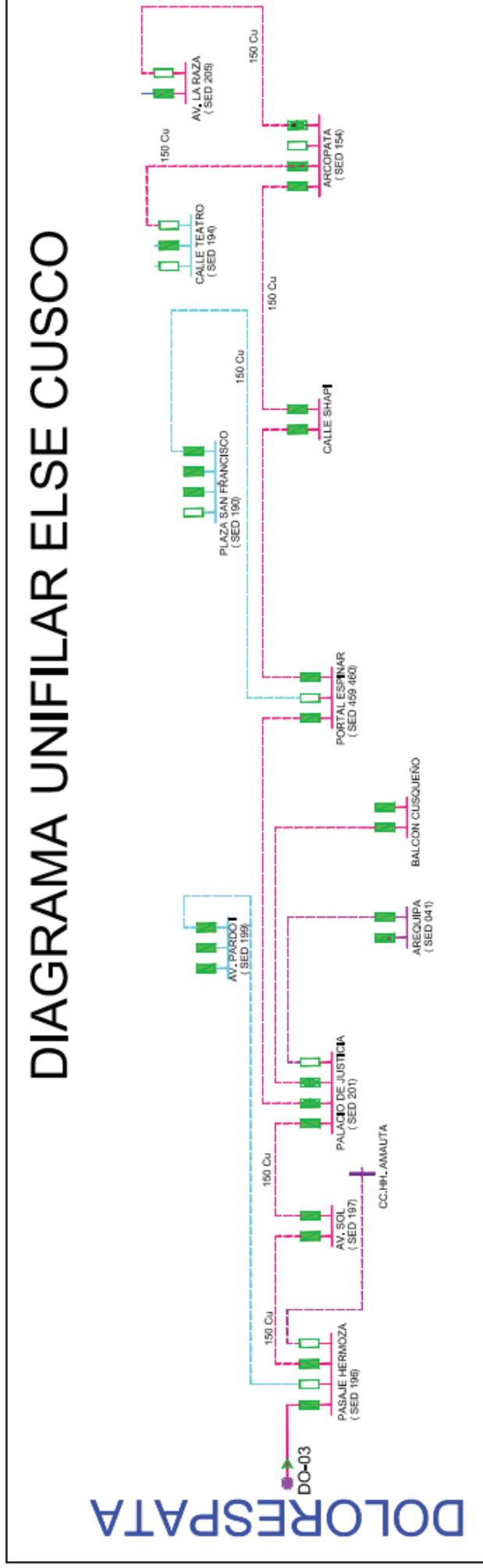
Figura N° 5.5 Diagrama Unifilar de a S.E.D. 10154 ARCOPATA, en la actualidad



Fuente: Elaboración propia

## 5.11 DIAGRAMA UNIFILAR DEL ALIMENTADOR DO-03 DOLORESPATA

Figura N° 5.6 Diagrama Unifilar del alimentador DO-03 DOLORESPATA



Fuente: Centro de control Electro Sur Este S.A.A.

## **5.12 COORDINACION DE PROTECCION**

### **5.12.1 Generalidades**

Con el objeto de brindar la máxima seguridad a los equipos de las instalaciones, tales como transformadores, aisladores, cables, etc. se ha previsto limitar el efecto de la corriente de falla mediante la utilización de dispositivos de protección adecuadamente dimensionados y coordinados.

Bajo las condiciones referidas, se ha efectuado la coordinación de protección de las líneas en 10.5 KV. Con este propósito se ha determinado el cálculo de las corrientes de falla que nos permitirá establecer el análisis de la coordinación de protección.

### **5.12.2 Consideraciones para el Cálculo de las Corrientes de Falla**

Se han establecido las siguientes premisas:

a).- Se ha considerado el diagrama unifilar que contiene el esquema topológico del conjunto que corresponde a las condiciones de máxima demanda para el cálculo de las corrientes de falla.

- Diagrama Unifilar de la red primaria y sub estación página 53

b).- Bajo la condición antes mencionada se ha procedido a evaluar los valores máximos y mínimos de las corrientes de falla tomando como valores base:

Potencia Base : determinada por el SID de ELSE en MVA.

Tensión Base : Determinada por el SID de ELSE en KV .

c).- Los valores de las corrientes de falla en cualquier punto de la red se ha considerado como el limitado por la impedancia de los circuitos y de los equipos conectados entre la fuente y el punto de falla, independiente de las cargas por ser una red pasiva.

**Figura 5.7:** Resultados del cálculo de corriente de falla

Short-Circuit Calculation IEC 60909				3-Phase Short-Circuit / Max. Short-Circuit Currents							
Asynchronous Motors		Grid Identification		Short-Circuit Duration							
Always Considered		Automatic		Break Time		0.10 s					
Decaying Aperiodic Component (idc)		Conductor Temperature		Fault Clearing Time (Ith)		1.00 s					
Using Method B		User Defined No		c-Voltage Factor		User Defined No					
Fault Distance from Terminal i: ... SED0010042\CALLE SAPHI MT0010042				Absolute		0.18 km					
Line: \usuario\Coordinación de proteccion ELSE\DO - QU - ESTUDIO(2)\Network Model\Network Data\DO03\CALLE SAPHI - SED 0010042											
Grid: DO03				System Stage: DO03							
rtd.V.	Voltage	c-	Sk"	Ik"	ip	Ib	Sb	Ik	Ith		
[kV]	[kV]	[deg]	[kVA]	[kA]	[deg]	[kA]	[kVA]	[kA]	[kA]		
Fault Location:											
CALLE SAPHI - SED 00	0.00	0.00	1.10	74934.13	4.12	-55.85	6.70	4.12	74934.13	4.12	4.13

**Fuente:** Dig Silent - cálculo de corriente de falla

### 5.12.3 Impedancia de Secuencia de la Línea

La impedancia de secuencia positiva y negativa viene dada por:

$$Z_{(1,2)} = R + jX_L \quad (5.5)$$

La impedancia de secuencia cero se determina a partir de la siguiente expresión:

$$R_0 = R_{25^\circ C} + 0.002864 f \quad (5.6)$$

$$X_0 = 0.521 \log \frac{D_e}{(GMR^3 D_{rs}^2 D_{st}^2 D_{rt}^2)^{1/9}}$$

$$D_e = 85 \sqrt{\rho}$$

Donde:

$\rho$  : Resistividad del terreno (250 W/m).

GMR : 0.726 r' (conductor de 7 hilos).

GMR : 0.758 r' (conductor de 19 hilos).

r' : Radio del conductor.

#### 5.12.4 Impedancia Característica de la Línea

Para la determinación de este parámetro se ha calculado previamente la capacitancia debida al efecto capacitivo de la línea mediante la fórmula de Fisher-Himmen:

$$C = \frac{0.0024 \times 10^{-6}}{\text{Log } 2 \frac{D_m}{Kd}} \quad (5.7)$$

Donde:

C : Capacitancia (mf/Km).

$D_m$  : Distancia eléctrica de los conductores.

d : Diámetro del conductor.

K : Factor de corrección por número de hilos.

$$L = \frac{0.544}{2\pi f} \quad (5.8)$$

Con lo que la impedancia característica de la línea se da en ohmios, y resulta:

$$Z_c = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (5.9)$$

Todos los resultados se muestran en los cuadros siguientes:

**Figura 5.8:** Resultados de parámetros de línea primaria

The screenshot shows a software window for configuring a primary line. The 'Basic Data' tab is active, showing the following configuration:

- Name: CALLE SAPHI - SED 0010042
- Type: Library\Line Types\N2XSY 3 150 10.5-22.9KV
- Terminal i: DO03\CALLE SAPHI SED0010042\3\Cub\_2 (CALLE SAPHI MT)
- Terminal j: DO03\ARCOPATA SED0010154\5\Cub\_2 (ARCOPATA MT00)
- Zone: Terminal i
- Area: Terminal i
- Out of Service:
- Number of parallel Lines: 1
- Parameters:
  - Thermal Rating: ...
  - Length of Line: 0.3546636 km
  - Derating Factor: 1
  - Laying: Ground
- Type of Line: Cable
- Line Model:
  - Lumped Parameter (PI)
  - Distributed Parameter
- Buttons: OK, Cancel, Figure >>, Jump to ...

The 'Resulting Values' table is as follows:

Resulting Values	
Rated Current (act.)	0.4 kA
Pos. Seq. Impedance, Z1	0.1699905 Ohm
Pos. Seq. Impedance, Angle	59.97933 deg
Pos. Seq. Resistance, R1	0.08504833 Ohm
Pos. Seq. Reactance, X1	0.1471854 Ohm
Zero Seq. Resistance, R0	0.148143 Ohm
Zero Seq. Reactance, X0	0.6604546 Ohm
Earth-Fault Current, Ice	0.00720254 A
Earth Factor, Magnitude	1.014042
Earth Factor, Angle	23.01263 deg

**Fuente:** Dig Silent - cálculo de parámetros de línea

### 5.12.5 Criterio de selección de protección de sobre corriente

La corriente de arranque de la protección de sobre corriente de fases de los reconectores automáticos se ha seleccionado en función a la potencia instalada de los transformadores de distribución ubicados aguas abajo.

Se verifica que las curvas propuestas estén por encima del fusible de protección correspondiente al transformador de distribución de mayor potencia ubicado aguas abajo.

Se recomienda para las protecciones de sobrecorriente de fases de los reconectores automáticos configurarlos para realizar dos

recierres y un disparo definitivo, los cuales se efectuarán utilizando la misma curva característica de operación y la misma corriente de arranque.

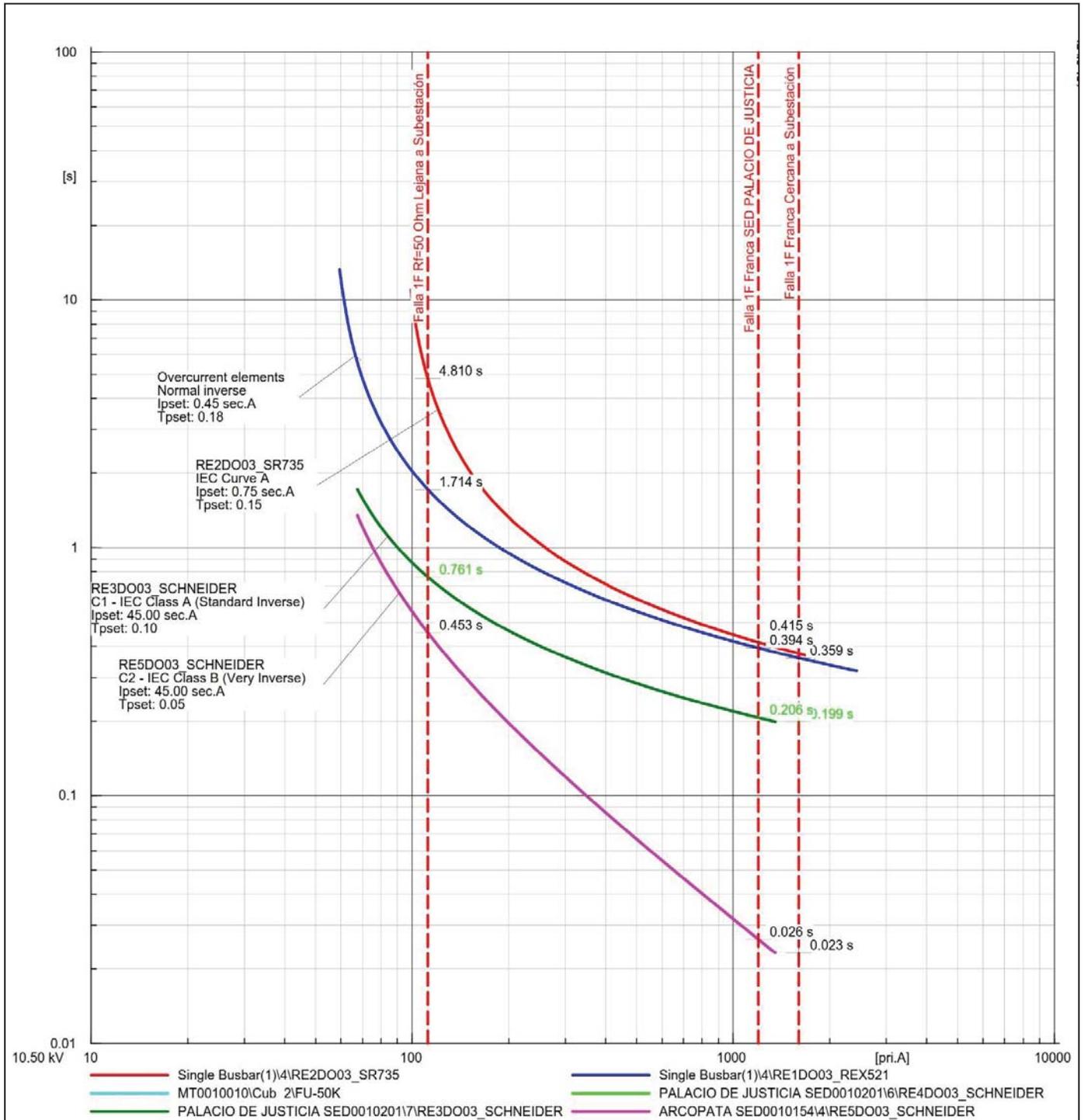
### **Protección de sobrecorriente de tierra 51N/50N – Ajustes Propuestos**

La corriente de arranque de la protección de sobrecorriente de tierra de los re conectadores automáticos se ha seleccionado de tal forma que permita la detección de una falla bifásica con una resistencia de falla de 50 Ohm a lo largo de todo el alimentador.

Se recomienda para las protecciones de sobre corriente de tierra de los re conectadores automáticos configurarlos para realizar dos recierres y un disparo definitivo, los cuales se efectuarán utilizando la misma curva característica de operación y la misma corriente de arranque.

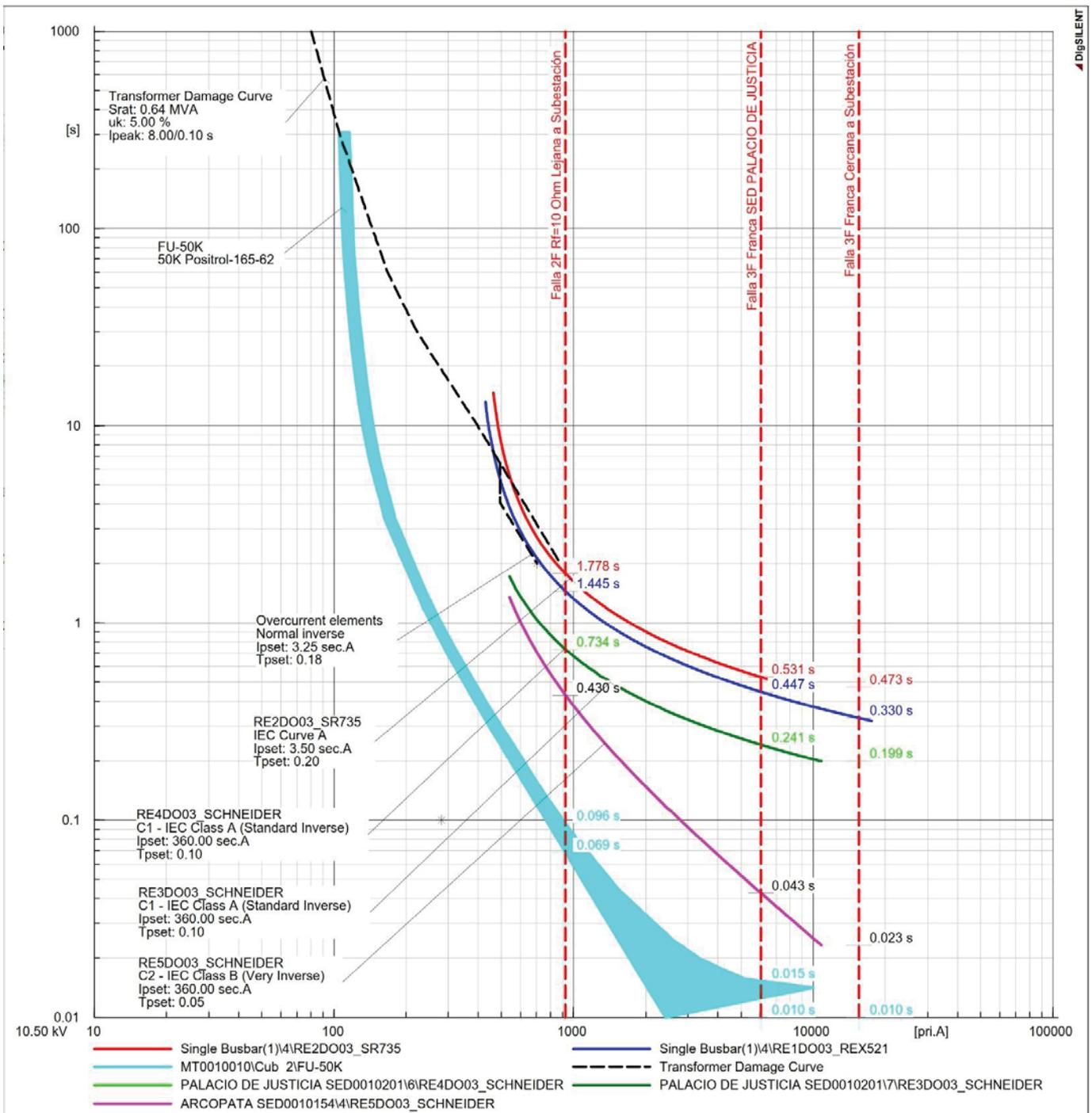


**FIGURA 5.10:** Curva de protección de sobre corriente de fase 51/50



**FUENTE:** RELAY DE PROTECCION - PROPIA

**FIGURA N°5.11:** Curva de protección de sobre corriente de tierra 51N/50N



**FUENTE:** RELAY DE PROTECCION - PROPIA

### 5.13 VALORES DE CORRIENTE EN LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO DE ALTA Y BAJA TENSION

Por las siguientes relaciones:

$$I_{p3f} = \frac{S}{V\sqrt{3}} \quad (5.10)$$

$$I_{p1f} = S / V \quad (5.11)$$

$$I_{sp} = 1.5 I_p$$

$$I_{cc} = 20 I_p$$

$$I_{ins} = 12 I_p$$

Donde:

S : Potencia del transformador (KVA).

$I_p$  : Corriente nominal en el primario (A).

$I_{sp}$  : Corriente de sobrecarga máxima en el primario (A).

$I_{cc}$  : Corriente de corto circuito en Alta Tensión (A).

$I_{ins}$  : Corriente de inserción (A).

Los resultados del corrido de flujo de potencia, así como de la caída de tensión, la simulación de fallas ha sido corrido en el SID de ELSE en la ciudad del Cusco, mediante el paquete DIgSILENT y los resultados se encuentran en las páginas 49 y 50)

## CONCLUSIONES

Como resultado del presente informe técnico se puede concluir lo siguiente:

1. Del análisis y la evaluación de la subestación de distribución Arcopata, en el año 2015 se concluye, que existe una sobrecarga en el transformador de distribución de 117.17% de cargabilidad superando el 17.17% su potencia nominal, según norma ANSI/IEEE C57. 110-1986 y en el extremo final de la barra de 10.5 Kv. en dicha subestación existe caída de tensión de -6 %, lo cual no es permisible por el Código Nacional de Electricidad Tomo IV – Sistema de Distribución, capítulo 2, sección 2.1.3 (caída de tensión permisible)
2. Del diagnóstico y evaluación en condición moderna de operación, en el año 2019 se concluye, que la cargabilidad del transformador de 400 KVA. Se encuentra con 71.36 % de igual forma en la barra de 10.5Kv. se presenta una ligera caída de tensión de -1%, lo cual es permisible por el Código Nacional de Electricidad Tomo IV – Sistema de Distribución, capítulo 2, sección 2.1.3 (caída de tensión permisible)
3. Con la implementación del transformador de distribución de 400KVA. Se amplía la capacidad de poder incrementar la potencia activa, durante un periodo de 14 años, periodo que puede ser incrementado con un adecuado mantenimiento, lo que respecta a la tensión en la barra de llegada 10.5Kv. se presenta una ligera caída de tensión de -1.5%, lo cual es permisible por el Código Nacional de Electricidad Tomo IV – Sistema de Distribución, capítulo 2, sección 2.1.3 (caída de tensión permisible)

4. Para el sistema de coordinación de protección se considera un relay de protección modelo 7SR1103 - SCHNEIDER, el cual de acuerdo a las curvas características de disparo, páginas 61, indican que el relay 7SR1103 debe actuar para una sobrecorriente de fase de 110 Amp. El disparo se realizara en 0.453 seg. Y para 1100 Amp. El disparo se realizara en 0.023 seg. Dicha programación se realiza con el fin de que el disparo sea más rápido que los relay aguas arriba del alimentador DO-03 y con ello no afectar en normal suministro de los mismos.

## SUGERENCIAS

Dentro del desarrollo de un Informe Técnico siempre se desea que haya una mejora continua de la misma; por lo tanto, se sugiere:

- 1) Se sugiere a la empresa concesionaria el mejoramiento continuo de las distintas subestaciones eléctricas de distribución dentro del área de concesión, para mejorar el control y la operatividad de sus redes primaria y S.E. y brindar mejor calidad de servicio a los usuarios.
- 2) Respecto a los equipos de protección y monitoreo como los RELAY, el lenguaje de operación en tiempo real y la comunicación operativa entre el coordinador y el centro de control, es único y fluido y contiene una forma explícita de ordenes cortas, claras y precisas las cuales permiten una coordinación adecuada de las operaciones del Sistema Interconectado Nacional, garantizando la seguridad del personal y de las instalaciones durante el proceso de maniobras.
- 3) Una correcta codificación de equipos y dispositivos de seccionamiento del sistema eléctrico, lo cual permitirá una mayor seguridad del personal y de las instalaciones durante el proceso de maniobra o mantenimiento

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ing. Miguel Angel Sarzo Miranda - MEGABYTE. (2007). *PROYECTOS DE ELECTRIFICACION*.
- [2] Autor: Gilberto Enríquez Harper. (2011). ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS. *IEEE*, 424-458.
- [3] Jesús Trashorras Montecelos. (2015). SUBESTACIONES ELECTRICAS. *IEEE*, 1435-1437.
- [4] Gabriel Torres Rosselló (2013). PROYECTO DE LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PARA ALIMENTAR UN EMPLAZAMIENTO REMOTO, 237-241.
- [5] Javier Andres Linares Escobar. (2009). *DISEÑO DE SUBESTACIONES DE MEDIA TENSION*. Colombia - Cali
- [6] Enrique Gómez Morales. (2009). *Subestación en media tensión*. Mexico D.F.: Instituto Politécnico Nacional.
- [7] Yolanda Ferro Yepes - (1999). PRUEBAS ELECTRICAS DE SITIO EN SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION PREVIAS A SU ENERGIZACION. Cusco: UNSAAC.
- [8] CNE – Tomo IV SISTEMA DE DISTRIBUCION (Código nacional de Electricidad)
- [9] 2002-09-26.- R.D. N° 018-2002-EM/DGE.- Norma de procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de distribución y sistemas de utilización en media tensión en zonas de concesión de distribución. (2002-09-27) (Minas, 2002)
- [10] CNE – SUMINISTROS 2001 (Código nacional de Electricidad)
- [11] OSINERGMIN (INFORME TÉCNICO N° DSE-STE-63-2017)
- [12] (ESPECIFICACIÓN TÉCNICA ETS-LP-21, s.f.)
- [13] (CEMILSA, 2014)

# **ANEXO I**

## **PLANOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS**