



**UNIVERSIDAD NACIONAL**

**“PEDRO RUIZ GALLO”**

**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**



**II PROGRAMA DE ELABORACIÓN DE TESIS**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“ANÁLISIS DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA DE LA PLANTA PROCESADORA  
DE LIMÓN Y MANGO DE AGROINDUSTRIAS  
AIB – MOTUPE – LAMBAYEQUE EN EL  
MARCO DE LA NORMA TÉCNICA DE  
CALIDAD DE LOS SERVICIOS ELÉCTRICOS”**

**Autor:**

**Br. JOSÉ KEY RUBIO GERMAN**

**Asesor:**

**M.Sc. Ing. CIP. JONY VILLALOBOS CABRERA**

**Lambayeque – Perú**

**2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**



**II PROGRAMA DE ELABORACIÓN DE TESIS**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“ANÁLISIS DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA DE LA PLANTA PROCESADORA  
DE LIMÓN Y MANGO DE AGROINDUSTRIAS  
AIB – MOTUPE – LAMBAYEQUE EN EL  
MARCO DE LA NORMA TÉCNICA DE  
CALIDAD DE LOS SERVICIOS ELÉCTRICOS”**

**Presentado Por:**

**Br. JOSÉ KEY RUBIO GERMAN**

**Aprobado por el Jurado Examinador**

**PRESIDENTE: M. Sc Ing Segundo Abelardo Horna Torres**

**SECRETARIO: Dr. Daniel Carranza Montenegro**

**MIEMBRO: ING. Teobaldo Edgar Julca Orozco**

**ASESOR: M.Sc. Ing Jony Villalobos Cabrera**

**Lambayeque – Perú**

**2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**



## **TESIS**

### **TITULO**

# **“ANÁLISIS DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA PLANTA PROCESADORA DE LIMÓN Y MANGO DE AGROINDUSTRIAS AIB – MOTUPE – LAMBAYEQUE EN EL MARCO DE LA NORMA TÉCNICA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS ELÉCTRICOS”**

### **CONTENIDOS**

**CAPITULO I:** PROBLEMA DE LA INVESTIGACION.

**CAPITULO II:** MARCO TEORICO.

**CAPITULO III:** MARCO METODOLOGICO.

**CAPITULO IV:** ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

**CAPITULO V:** CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

**CAPÍTULO VI:** REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

**CAPITULO VII:** ANEXOS.

**AUTOR:** Br. JOSÉ KEY RUBIO GERMAN

---

**M.SC. ING. SEGUNDO ABELARDO HORNA TORRES**  
**PRESIDENTE**

---

**DR. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO**  
**SECRETARIO**

---

**ING. TEOBALDO EDGAR JULCA OROZCO**  
**MIEMBRO**

---

**M.SC. ING. JONY VILLALOBOS CABRERA**  
**ASESOR**

**Lambayeque – Perú**  
**2018**

## **DEDICATORIA**

Dedico a Dios por ser mi Guía, a mi Padre Edilberto, a mis queridos hermanos(as) y familiares gracias por creer en mí y brindarme la oportunidad de poder obtener mi profesión.

A mi tía Yolanda y tío Juan, por su apoyo en los buenos y malos momentos durante mi etapa universitaria.

A todas aquellas personas luchadoras que me han inspirado y contagiado día a día su entusiasmo por alcanzar el éxito.

## **AGRADECIMIENTO**

### **Deseo expresar mi más sincero agradecimiento:**

A Dios por permitirme gozar de tan bello y especial momento rodeado de mis seres más queridos.

A la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en especial a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y Maestros, por darme la oportunidad de formar parte de ella y poder ser digno de representarte en esta nueva etapa como ingeniero, así como poder llevarte con orgullo en la mente y corazón.

A mi padre Edilberto Rubio, a mi hermano Edilberto, a mi querida tía Yolanda y familiares, gracias por ser esas personas especiales que siempre me brindaron su apoyo incondicional para lograr hacer realidad mi meta.

A mi asesor M.sc. Jony Villalobos Cabrera por todo su apoyo brindado.

A mis amigos universitarios por apoyarme de una u otra manera y así culminar con éxito nuestra etapa universitaria.

## **RESUMEN**

AGROINDUSTRIAS AIB – MOTUPE, es una empresa dedicada a la industrialización de productos agrícolas, de ahí que en el presente año ha instalado una Planta Procesadora de Limón y Mango, en el Distrito de Motupe, Provincia y Departamento de Lambayeque, tomando como suministro de energía eléctrica el transformador existente, pero a la fecha ha tenido inconvenientes por deficiencias en el suministro de energía eléctrica.

El estudio busca determinar si las actuales condiciones de suministro están en lo que enmarca la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, luego calcular y seleccionar los dispositivos que permitan cumplir con esta Norma y finalmente determinar el presupuesto que involucra la implementación del mismo.

**PALABRAS CLAVES:** Suministro de Energía Eléctrica, Planta Procesadora, Sistema Eléctrico, Calidad de los Servicios Eléctricos.

## **ABSTRACT**

AGROINDUSTRIAS AIB - MOTUPE, is a company dedicated to the industrialization of agricultural products, which is why in the current year it has installed a Processing Plant of Lemon and Mango, in the District of Motupe, Province and Department of Lambayeque, taking as energy supply the existing transformer, but to date has had problems due to deficiencies in the supply of electricity.

The study seeks to determine if the current supply conditions are within the framework of the Technical Standard for Quality of Electric Services, then calculate and select the devices that allow compliance with this Standard, and finally determine the budget that involves the implementation of it.

**KEYWORDS:** Electric Power Supply, Processing Plant, Electric System, Quality of Electrical Services

## INDICE

INDICE.....	8
INTRODUCCION .....	11
CAPÍTULO I.....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	12
1.1. Realidad Problemática .....	12
1.2. Formulación del problema .....	13
1.3. Delimitación de la investigación.....	13
1.4. Justificación e importancia de la investigación .....	17
1.5. Limitaciones de la investigación .....	18
1.6. Objetivos de la investigación .....	18
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO .....	20
2.1. Antecedentes del Estudio .....	20
2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado .....	22
2.2.1. Definición de Términos .....	22
2.2.2. Conceptos .....	22
2.2.3. Marco Teórico Utilizado .....	23
2.3. Definiciones Conceptuales .....	39
CAPITULO III.....	41
MARCO METODOLÓGICO .....	41
3.1 Tipo y Diseño de Investigación .....	41
3.2 Población y muestra .....	41
3.3 Formulación de la hipótesis .....	41
3.4 Variables-Operacionalización .....	41
3.5 Métodos y técnicas de investigación .....	43
3.6 Descripción de los instrumentos utilizados .....	43
3.7 Análisis estadístico e interpretación de datos .....	44
CAPITULO IV.....	45
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....	45



4.1	Condiciones actuales del Suministro de Energía Eléctrica de la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque .....	45
4.2	Requerimientos de energía eléctrica de la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque. ....	50
4.3	Selección del Sistema Eléctrico .....	51
4.4	Cálculos justificativos para seleccionar los componentes .....	51
4.4.1.1	Características Eléctricas del Sistema .....	52
4.4.1.2	Ecuaciones Consideradas.....	52
4.4.1.3	Determinación de las distancias eléctricas .....	53
4.4.1.4	Simbología Utilizada .....	54
4.4.1.5	Parámetros Considerados.....	54
4.4.1.6	Resultados .....	54
4.4.2	Cálculo De Caída de Tensión .....	55
4.4.2.1	Generalidades.....	55
4.4.2.2	Cuadro de caída de tensión .....	55
4.4.2.3	Selección de los Equipos de Protección.....	55
4.4.2.4	Protección de equipos de medición y transformación.....	55
4.4.3	Selección de Conductor AAAC por Capacidad Térmica.....	57
4.4.4	Selección de los Cables de Energía .....	61
4.4.7.1	Mediciones de resistividad del terreno .....	66
4.4.7.2	Metodología de medición (metodología Wenner) .....	66
4.4.7.3	Cálculo de Puesta a Tierra.....	72
4.5	Especificaciones de Suministro y Montaje de los componentes del Sistema Eléctrico .....	92
4.5.1.1	Postes y Accesorios de Concreto.....	92
4.5.1.2	Aisladores Poliméricos TIPO PIN.....	98
4.5.1.3	Aisladores Poliméricos Tipo Suspensión.....	101
4.5.1.4	Conductor de Aleación de Aluminio.....	107
4.5.1.5	Accesorios del Conductor de Aleación de Aluminio.....	110
4.5.1.6	Conductores de Cobre .....	114
4.5.1.7	Cables de Energía .....	117

4.5.1.8	Accesorios Eléctricos para Cables Secos N2XSY .....	119
4.5.1.9	Accesorios Metálicos Para Postes Y Crucetas .....	125
4.5.1.10	Material para Puesta a Tierra .....	129
4.5.1.11	Sistema de Protección a Tierra Exterior .....	135
4.5.1.12	Seccionadores Fusibles Tipo Expulsión .....	146
4.5.1.13	Sistema de Medición en Media Tensión .....	149
4.5.1.14	Subestación de Transformación Tipo Caseta.....	158
4.5.1.15	Acometida en Baja Tensión.....	166
4.5.1.16	Accesorios de Anclaje de Trafomix.....	170
4.5.1.17	Pinturas para Señalización Externa .....	173
4.5.1.18	Cintas Aisladoras .....	173
4.5.2.1	Montaje De Postes De Concreto .....	174
4.5.2.2	Montaje De Accesorios De Concreto.....	175
4.5.2.3	Montaje De Aisladores .....	177
4.5.2.4	Montaje De Conductores.....	179
4.5.2.5	Montaje De Cables Subterráneos .....	180
4.5.2.6	Montaje Electromecánico De Subestación Tipo Caseta .....	181
4.5.2.7	Montaje en Punto de Diseño .....	182
4.5.2.8	Equipamiento De Estructura De Seccionamiento Protección Y Medición	183
4.5.2.9	Montaje Del Transformador De Medición Mixto.....	184
4.5.2.10	Instalación De Caja Porta medidor Y Medidor Electrónico .....	185
4.5.2.11	Instalación Cables Acometida A Subestación .....	186
4.5.2.12	Montaje De Puestas A Tierra .....	186
4.6	Presupuesto que involucra la implementación del Sistema Eléctrico .....	187
CAPÍTULO V.....		189
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		189
5.1.	Conclusiones .....	189
5.2.	Recomendaciones.....	191
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		1922
ANEXOS.....		1933

## INTRODUCCION

Agroindustrias AIB – Motupe, ha ampliado sus instalaciones al procesamiento de Limón y Mango, para ello ha instalado una Planta Procesadora que se dedique a esta labor, dicha Planta se suministra con energía eléctrica desde un Transformador de 3150 kVA, existente en Agroindustria AIB, pero continuamente existen paradas imprevistas debido al sobrecalentamiento del transformador de ahí la necesidad contar con un nuevo suministro de energía eléctrica que cumpla con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

Para poder realizar dicho proyecto, primero realizamos un análisis de la situación actual del suministro de energía eléctrica si cumple con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, luego determinamos los requerimientos de Suministro de ésta nueva Planta y realizamos el cálculo de los principales componentes del Sistema Eléctrico tomando como base el Código Nacional Eléctrico de Suministro.

Finalmente, como parte del presente proyecto se ha elaborado un presupuesto y un calendario de avances valorizado.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

Desde 1987, Agroindustrias AIB se dedica a la elaboración y comercialización de productos alimenticios de alta calidad que se distribuyen en los mercados más exigentes a nivel mundial. Esto convierte a Agroindustrias AIB en una empresa con amplia experiencia y líder del sector agroindustrial. Es así que en 2012 ha sido nombrada con el premio a la “Excelencia Exportadora” a nivel nacional.

Actualmente dicha empresa está ampliando su línea de procesamiento a Limón y Mango, por lo que están construyendo una Planta de Procesamiento, la misma que está compuesta por las siguientes áreas:

- Área de Producto Fresco
- Área de Producto Congelado
- Área de Planta de Procesamiento
- Área de oficinas y otros

Esta nueva Planta de Procesamiento se suministra de energía eléctrica de la misma subestación existente en Agroindustrias AIB, pero a la fecha existen paradas imprevistas ocasionadas por el sobrecalentamiento del transformador.

De ahí la necesidad de evaluar el suministro existente para determinar cuáles son las deficiencias y luego realizar la propuesta para mejorarla.

## **1.2. Formulación del problema**

¿El actual suministro de energía eléctrica de la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque, cumple con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos?

## **1.3. Delimitación de la investigación**

El presente proyecto de investigación está orientado a verificar si el actual suministro de energía eléctrica a la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque, cumple con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

### **1.3.1 Datos generales del establecimiento**

<b>Nombre</b>	: Agroindustrias AIB.
<b>Razón Social</b>	: Agroindustrias AIB SA
<b>Nombre Comercial</b>	: AIB.
<b>Tipo Empresa</b>	: Sociedad Anónima
<b>Condición</b>	: Activo
<b>Fecha Inicio Actividades</b>	: 21/04/1993.
<b>Gerente General</b>	: Eduardo Santa María Rizo Patrón

### **1.3.2 Ubicación**

Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB, está ubicado en la Avenida Ricardo Bentín Mujica 901 - 903, en el Distrito de Motupe, Provincia de Lambayeque, Región de Lambayeque.

### **1.3.3 Descripción**

Desde 1987, Agroindustrias AIB se dedica a la elaboración y comercialización de productos alimenticios de alta calidad que se distribuyen en los mercados más exigentes a nivel mundial. Esto convierte a Agroindustrias AIB en una empresa con amplia experiencia y líder del sector agroindustrial. Es así que en 2012 ha sido nombrada con el premio a la “Excelencia Exportadora” a nivel nacional.

### **1.3.4 Misión**

Desarrollar, producir y comercializar conjuntamente con nuestros clientes y proveedores, productos alimenticios de alta calidad para la agro exportación y la venta local; logrando así el crecimiento rápido y sostenido de la compañía, generando valor a los accionistas, bienestar a nuestros trabajadores, y contribuyendo al desarrollo e imagen del Perú.

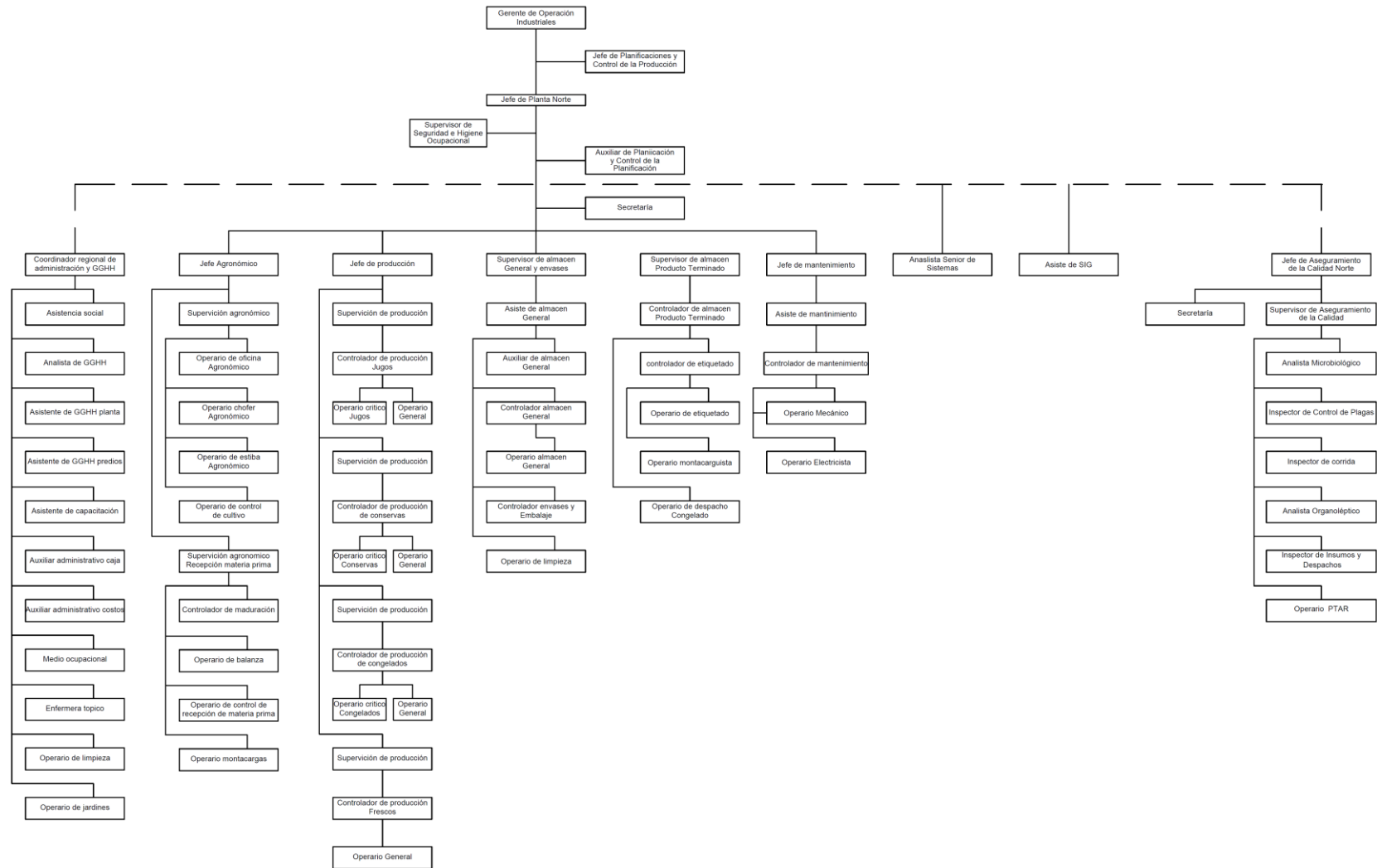
### **1.3.5 Visión**

Ser una de las cinco empresas líderes en la agro exportación de productos hortofrutícolas en el Perú, mediante la continua innovación en productos, procesos y gestión, posicionada como la empresa mejor calificada, más rentable y diversificada del sector.

### **1.3.6 Organización de la empresa**

Agroindustrias AIB, tiene el siguiente Organigrama:

**Figura 1: Organigrama**

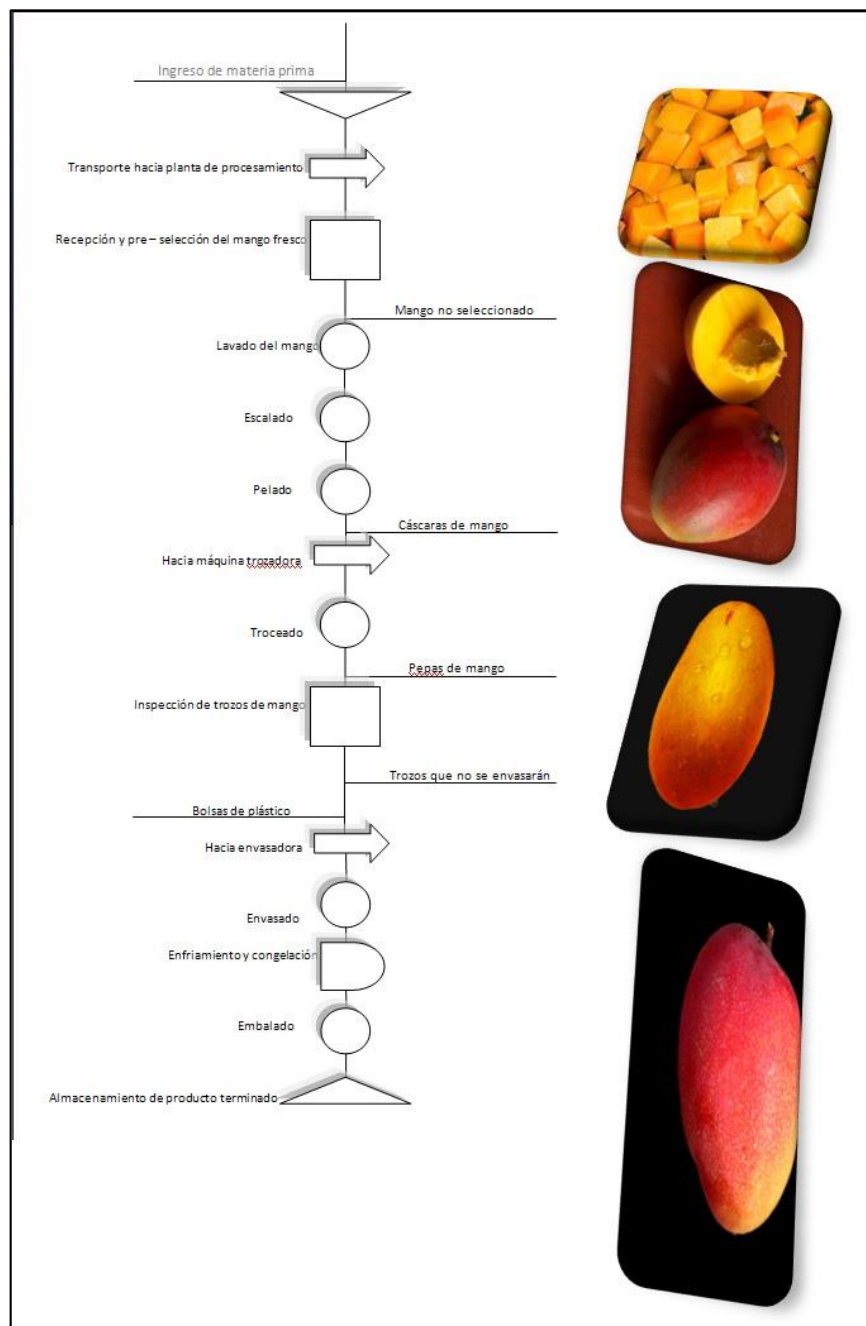


**Fuente:** Elaboración propia

### 1.3.7 Descripción de los Procesos

El Proceso de Mango se realiza de acuerdo al siguiente diagrama:

**Figura 2:** Diagrama del Procesamiento de Mango

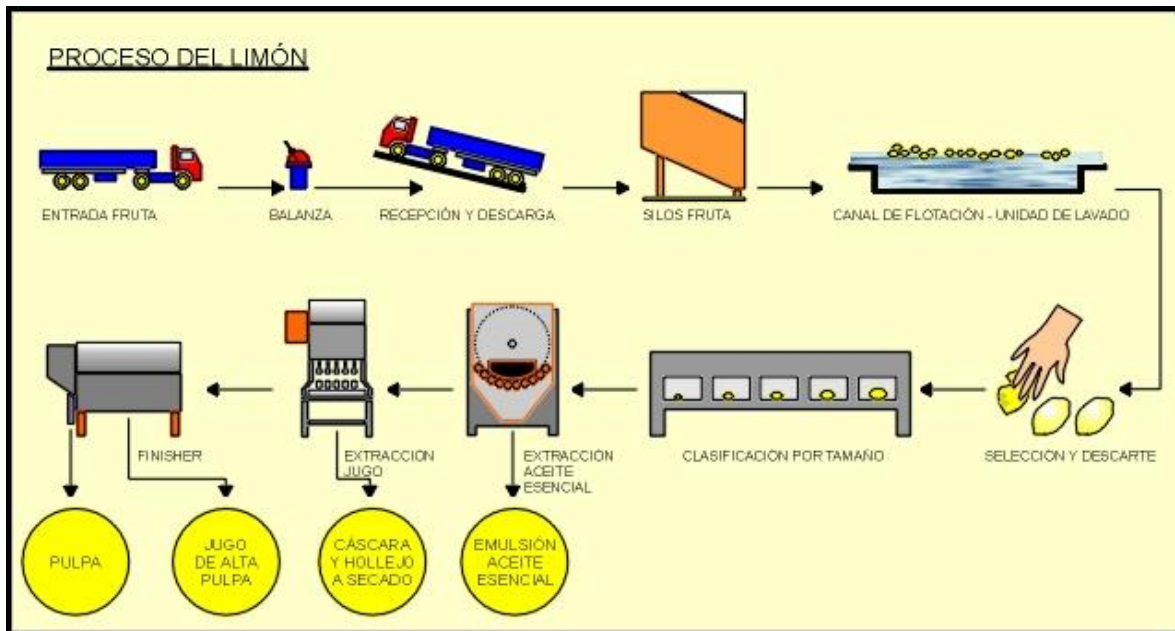


**Fuente:** Elaboración propia



El proceso del limón se realiza de acuerdo al siguiente esquema:

**Figura 3:** Diagrama del Procesamiento del Limón



**Fuente:** Elaboración propia

## 1.4. Justificación e importancia de la investigación

### 1.4.1 Justificación Técnica

El Sistema Eléctrico propuesto permitirá suministrar con Energía Eléctrica eficiente, de acuerdo a la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, a la Planta Procesadora de Limón y Mango de la empresa Agroindustrias AIB.

### 1.4.2 Justificación Económica

En cuanto a este punto de gran importancia este se justifica por cuanto la energía eléctrica que se suministrará a la Planta Procesadora de Limón y Mango, será más barata que si el suministro provenga de Grupos Electrógenos.

### **1.4.3 Justificación Ambiental**

Es un factor clave, y el contar con el Suministro de Energía Eléctrica proveniente del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional, permitirá no hacer funcionar Grupos Electrónicos con los que se disminuirá la disminución de las emisiones GEI, hasta en un 50% de las emisiones de CO<sub>2</sub> atribuibles al consumo eléctrico. Cumplir con los retos fijados por los gobiernos afiliados al protocolo de Kioto del cual nuestro país forma parte, uno de estos compromisos es reducir en al menos en un 20% las emisiones de GEI al cierre del 2020.

## **1.5. Limitaciones de la investigación**

Una limitación es la ubicación de la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB, por lo tanto, cuando sea necesario visitar el lugar, se tiene que considerar los gastos de traslado.

## **1.6. Objetivos de la investigación**

### **1.6.1. Objetivo General**

Lograr que el Sistema Eléctrico que suministre energía eléctrica a la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque, cumpla con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las condiciones actuales del Suministro de Energía Eléctrica de la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque
- Determinar los requerimientos de energía eléctrica de la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque
- Seleccionar el Sistema Eléctrico que permita cubrir dichos requerimientos de energía eléctrica.
- Realizar los cálculos justificativos para seleccionar los componentes del sistema eléctrico que permita suministrar con energía eléctrica de la Planta Procesadora de Limón y Mango Agroindustrias AIB.
- Proporcionar las especificaciones de Suministro y Montaje de los componentes del Sistema Eléctrico.
- Determinar el Presupuesto que involucra la implementación del Sistema Eléctrico.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del Estudio**

Narvaez & Prado, 2012. En su tesis titulada “Diseño de Redes de Distribución Eléctrica de Media y Baja Tensión para la Normalización del Barrio El Piñoncito de Campo De La Cruz”.

En el presente documento se encuentra el planteamiento del problema presentado en el barrio Piñoncito de Campo de la Cruz a causa de la emergencia invernal del año 2010, la justificación de porqué se propone el diseño de las redes en configuración especial como solución a esta situación y los objetivos a cumplir con la elaboración del diseño.

El diseño de redes eléctricas propuesto en este documento asegura el cumplimiento total de las necesidades, teniendo en cuenta una proyección a futuro del municipio, una mejora en la calidad del servicio de energía y que permita a la empresa de energía ver esta recuperación como una inversión. Va acorde a la necesidad presentada en Campo de la Cruz, específicamente en el barrio Piñoncito, ya que este barrio se encuentra sin redes, además asegura que la empresa de distribución y comercialización de energía eléctrica, Electricaribe S.A. E.S.P., pueda asegurar una reducción de pérdidas no técnicas en este barrio y por tanto, una mejora en el recaudo.

En la tesis de Espinoza López, 2007. Titulada “Proyecto de Instalaciones Eléctricas del Centro de Distribución Central Saga S.A.- 800 kVA”.

El Centro de Distribución Central Saga S. A se encuentra ubicado en Avenida el sol sin número Lote 5, 5A y 6 de la Urbanización Zona Agropecuaria, Villarrica en el Distrito de Villa El Salvador, departamento de Lima, el lote tiene un área total de 55 296 m<sup>2</sup> siendo el área techada a considerar en una primera etapa de 17 816 m<sup>2</sup>, la empresa Saga considera una ampliación futura de 31 749 m<sup>2</sup>. El proyecto de Edificación de la obra está dividido en: áreas de oficinas, almacén, patio de maniobras, cocina y comedor, se ha definido la ubicación de áreas para una subestación, cuarto de bombas, bomba sumidero, grupo electrógeno, cuarto de comunicaciones, cuarto para tableros eléctricos.

El proyecto contempla el diseño de una subestación convencional en media tensión 10 kV, esta decisión de implementar una subestación de media tensión se justificó mediante cuadros comparativos entre las tarifas de media tensión y baja tensión (MT2, MT4, MT3 y BT3).

En la tesis de Cortes Palomino & Galicia Galicia, 2016. “Diseño Eléctrico de la Instalación de un Hotel 5 Estrellas”.

En la presenta tesis se recaba las condiciones mínimas de seguridad que deben por ley presentarse en el instante en el que se quiera desarrollar cualquier instalación eléctrica, sea esta residencia, comercial o industrial, en baja tensión, media tensión o alta tensión, según lo especifiquen las necesidades del usuario y tanto lo permita la normatividad vigente en el país. A lo largo de esta tesis se fueron considerando todos los puntos necesarios que marca la normatividad aplicable en nuestro territorio nacional y que proporcionan los requisitos

mínimos para llevar a cabo el diseño eléctrico para la instalación de un Hotel de 5 Estrellas.

## **2.2. Desarrollo de la temática correspondiente al tema investigado**

### **2.2.1. Definición de Términos**

**Concesionario.** - Es el titular de una concesión definitiva de distribución, otorgada al amparo de la ley de Concesiones Eléctricas.

**Contratista.** - Como la persona jurídica a la cual el Propietario otorgará el contrato de construcción del Edificio en lo relativo a éste proyecto.

**OSINERGMIN.** - Organismo de Supervisión de Inversión de la Energía y Minas

**Usuario.** - Persona natural o Jurídica que hace uso legal del suministro eléctrico correspondiente y, es responsable

**CNE-Suministro.** - Código Nacional de Electricidad Suministro.

**CNE-Utilización.** - Código Nacional de Electricidad Utilización

**aNTCSE.** - Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos

**Resolución Directoral Nº 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 distribución

### **2.2.2. Conceptos**

**Sistema de Utilización:** Es aquel constituido por el conjunto de instalaciones destinado a llevar energía eléctrica suministrada a cada usuario desde el punto

de entrega hasta los diversos artefactos eléctricos en los que se produzcan su transformación en otras formas de energía.

**Conexiones:** Conjunto de elementos abastecidos desde un sistema de generación, un sistema de transmisión o un sistema de distribución para la alimentación de los suministros de energía eléctrica destinados a los usuarios, incluyendo las acometidas y las cajas de conexión, de derivación y/o toma, equipos de control, limitación, registro y/o medición de la energía eléctrica proporcionada.

**Acometida:** Derivación que parte de la red de distribución para suministrar energía a la instalación del usuario. El Código Nacional de Electricidad - Suministro amplía esta definición y considera a la acometida como parte de una instalación eléctrica comprendida entre la red de distribución (incluye el empalme) y la caja de conexión y medición o la caja de toma.

**Subestación (de una red eléctrica):** Parte de una red eléctrica, limitada a un área dada, incluyendo principalmente terminales de las líneas de transmisión o distribución, apartamento (equipos de maniobra y control), edificaciones y transformadores. Una estación generalmente incluye dispositivos de seguridad y control (por ejemplo, protección).

### **2.2.3. Marco Teórico Utilizado**

#### **2.2.3.1. Sistemas de Protección**

Los sistemas de protección se utilizan en sistemas eléctricos de potencia para evitar la destrucción de equipos o instalaciones por causa de una falla. Los sistemas de protección deben aislar la parte

donde se ha producido la falla buscando perturbar lo menos posible la red, limitar el daño al equipo fallado, minimizar la posibilidad de un incendio, minimizar el peligro para las personas, minimizar el riesgo de daños de equipos eléctricos adyacentes.

### **Características de un Sistema de Protección**

#### **a) Sensibilidad:**

La protección debe tener la capacidad de detectar cualquier falla que se produzca en la zona de la red que tiene asignada bajo condiciones de carga mínima. La protección debe distinguir inequívocamente las situaciones de falla de aquellas que no lo son.

#### **b) Selectividad:**

Es la capacidad que debe tener la protección para actuar únicamente cuando la falla tiene lugar sobre el elemento cuya protección tiene asignada. Si la falla tiene lugar dentro de la zona específica de una protección esta debe dar la orden de abrir los interruptores que aíslen el circuito que funciona en condición anormal. Si, por el contrario, la falla se ha producido fuera de su zona, la protección debe dejar que sean otras protecciones las que actúen para despejarla, ya que su actuación dejaría fuera de servicio un número de circuitos más elevado que el estrictamente.

#### **c) Rapidez:**

En el momento que se detecta una falla, la protección debe actuar con rapidez despejándola lo más pronto posible. Cuanto mayor sea la



rapidez de actuación menor serán las consecuencias que presentan las fallas como: pérdida de estabilidad del sistema, costos altos de mantenimiento correctivo, daño de equipos o poner en riesgo la vida del personal que labora en la empresa.

**d) Fiabilidad:**

La protección debe responder con seguridad y efectividad ante cualquier situación en que se produzca falla en el sistema, en cualquier momento o tiempo.

**e) Efectividad:**

Es la cualidad que nos garantiza que la protección va actuar en caso de falla y que no lo va a hacer cuando no exista esta situación.

**f) Seguridad:**

Esta cualidad nos garantiza que la protección no va actuar ante causas extrañas y de esta manera se evita actuaciones incorrectas. La fiabilidad de un sistema de protección depende: de la fiabilidad de la propia protección, de su aplicación, de su correcta instalación y del mantenimiento preventivo.

**g) Economía y simplicidad:**

La instalación de una protección debe estar justificada tanto por motivos técnicos como económicos. La protección de una línea es importante, pero mucho más lo es impedir que los efectos de operación anormal del sistema alcancen a las instalaciones alimentadas por la línea o que estas queden fuera de servicio. El

sistema de protección es muy importante en la distribución de energía eléctrica ya que permite:

- Impedir que la falla se extienda a través del sistema y alcance a otros equipos e instalaciones provocando un deterioro de la calidad y continuidad del servicio.
- Reducir los costos de reparación de daños.
- Reducir los tiempos de permanencia fuera de servicio de equipos e instalaciones. La valorización económica no debe restringirse solamente al elemento directamente protegido, sino que debe tener en cuenta las consecuencias que implicarían el fallo o funcionamiento anormal.

### **Protección de Sistemas de Utilización**

En un sistema de protección para la distribución de energía eléctrica pueden intervenir varios elementos para su correcta selección y aplicación. Es muy importante conocer acerca de los principios de protección mediante relés, con el objeto de establecer la secuencia de actuación, los elementos que intervienen y la función destinada de los mismos.

Los elementos que intervienen en un sistema de protección van desde los transformadores de medida hasta el elemento encargado de liberar la falla, por ejemplo, en sistemas de alta tensión son los transformadores de medida, los relés y los interruptores.

### **a) Interruptores**

Cumplen la función de desconectar los circuitos en condiciones de corriente nominal, vacío o cortocircuito, es decir, en condiciones normales o anormales. Su operación puede consistir en lo siguiente:

- Desconexión normal.
- Interrupción de corriente de falla.
- Cierre de corrientes de falla.
- Interrupción de corrientes capacitivas.
- Interrupción de pequeñas corrientes inductivas.
- Falla de línea corta.
- Oposición de fase durante las salidas del sistema.
- Recierres automáticos rápidos.
- Cambios de corriente durante las operaciones de maniobra.

Los valores nominales de un interruptor se basan en las condiciones de operación mencionadas con anterioridad, además de considerar la capacidad de conducción de las corrientes de plena carga del sistema y soportar los esfuerzos electrodinámicos ocasionados por las corrientes de cortocircuito. Las normas recomiendan especificar las siguientes características nominales de un interruptor:

- **Tensión Nominal:**

En condiciones normales de operación de un sistema la tensión no es constante, por lo que el fabricante debe garantizar la correcta

operación del interruptor a la tensión máxima de diseño, siendo mayor que la tensión nominal de operación.

- **Corriente Nominal:**

Representa el valor eficaz de la corriente expresada en amperios(A) para la cual está diseñada y es capaz de conducir continuamente sin exceder los límites aconsejables por el incremento de la temperatura.

- **Frecuencia Nominal:**

Es la frecuencia a la cual está diseñada para operar el interruptor y corresponde a la frecuencia del sistema del cual se va a conectar, es decir a 60 Hz.

- **Capacidad de Interrupción Simétrica y Asimétrica:**

La corriente de interrupción de un polo de un interruptor constituye el valor de la corriente en el polo, al instante de separación de los contactos, es expresada por los valores de: Corriente Simétrica y Corriente Asimétrica.

- **Capacidad de cierre en cortocircuito:**

Este valor caracteriza la capacidad de un interruptor en el momento que debe cerrar sus contactos en condiciones de cortocircuito en el sistema.

- **Corriente nominal de tiempo corto:**

Es el valor eficaz de corriente que el interruptor puede conducir en posición cerrada sin sufrir deterioros o daños en el intervalo de tiempo corto especificado. Esta corriente se expresa por lo general en el orden

de kilo-Amperios (kA) para un periodo de tiempo de 1 segundo o para 4 segundos.

- **Condiciones de operación de interruptores:**

Los interruptores no solamente están en capacidad de interrumpir el suministro de energía sino también habilitarlo, generando algunos problemas especialmente cuando el interruptor se encuentra cercano a la falla como un cortocircuito, porque la corriente a través del arco producido por la ruptura dieléctrica puede dañar los contactos de interruptor. La función de un interruptor es que debe estar en la posibilidad de abrir sus contactos una vez más, esto sucede porque alrededor de un 20% de los cortocircuitos que ocurren se mantienen, es por esto que el interruptor inmediatamente después de un cierre debe estar en posibilidad de abrir en presencia de falla. Las condiciones de operación principales a las que se ve sometido un interruptor se puede mencionar adicionando a la capacidad que posee de deshabilitar sistemas y a la capacidad de habilitar son las siguientes:

- Interrupción de cortocircuito.
- Interrupción de pequeñas corrientes inductivas.
- Desconexión de capacitores.
- Desconexión asíncrona.
- Interrupción con falla de línea corta

**b) Fusibles:**

El fusible es utilizado para la protección contra cortocircuitos y sobrecargas en sistemas de baja tensión, posee simplicidad en su operación y el bajo costo que representa proporciona una alternativa rentable para despejar fallas, debido a estas características hacen que se los pueda utilizar en sistemas de media tensión.

Operan con la interrupción automática del circuito que protege cuando se presentan condiciones inadecuadas de funcionamiento del servicio, siendo esta normalmente la sobre corriente, la interrupción se obtiene de la fusión del elemento que en si representa la parte fundamental del fusible y que determina sus principales características.

- **Tensión Nominal:**

Representa el valor de la tensión para la cual se establece la operación del fusible, y es la tensión máxima de diseño del fusible que concierne a la tensión máxima de operación del sistema.

- **Corriente Nominal:**

Es el valor de corriente que el fusible funciona sin calentamiento excesivo y a la que debe operar por tiempo indefinido. Este valor asocia al máximo  $1,2 I_n$  y al mínimo de no fusión  $1,6 I_n$ , donde  $I_n$  es la corriente nominal.

- **Capacidad de Interrupción:**

Representa el valor máximo de la corriente que está en posibilidad de interrumpir cuando el fusible está operando con su tensión nominal y

en condiciones que han sido establecidas de tensión de restablecimiento y con factor de potencia.

### **c) Interruptor Seccionador Automático**

Es un aparato de maniobra mecánico, capaz de establecer, conducir e interrumpir corrientes en condiciones normales del circuito; y también de establecer, conducir por un tiempo determinado, e interrumpir corrientes en determinadas condiciones anormales como las de cortocircuito. Este es el aparato que ha sufrido mayores evoluciones y cambios en sus principios de funcionamiento, casi podríamos decir que es como si hubiese habido modas (aunque la realidad fuera consecuencia frecuentemente de dificultad tecnológica) citemos solo los medios de interrupción aire (comprimido), aceite, gasSF6, vacío.

Es un dispositivo de apertura mecánica capaz de transportar e interrumpir corrientes bajo condiciones normales de un circuito e interrumpir corrientes bajo condiciones anormales tales como un cortocircuito. Son capaces de transportar permanentemente corriente en condiciones normales y, por un tiempo limitado, corrientes en condiciones de cortocircuito.

Es un elemento de maniobra y corte que opera con intensidades distintas de cero, ya sea nominal, sobre intensidades de sobrecarga (1,5 a 2 veces la nominal) y de cortocircuito.

Para comprender mejor el funcionamiento de un interruptor seccionador automático es necesario considerar lo siguiente:

- **Ciclo de Trabajo:**

Consiste en una prueba de dos operaciones con un intervalo entre ellas de 15 segundos. Además, el interruptor debe estar en capacidad de ejecutar un número de operaciones en la que la suma de las corrientes interrumpidas no exceda el 400% de la capacidad asimétrica interrumpida para el voltaje de operación del interruptor, con corrientes de falla del 85% de la capacidad de corriente asimétrica y su capacidad de corriente continua.

- **Intervalos de Recierre:**

El tiempo de Recierre es el intervalo entre el tiempo de energización para preparar el disparo, y el restablecimiento del circuito a través del choque de los contactos del interruptor.

**d) El Fusible.**

Son los dispositivos más simples y económicos del sistema de protección. Su función principal es la de servir como un enlace débil entre dos secciones de la red eléctrica, pero para que funcionen apropiadamente deben de censar la condición que tratan de proteger, interrumpir la falla rápidamente y coordinar con todos los demás dispositivos de la red.



Cuando la corriente que atraviesa el dispositivo es mayor a la mínima corriente de fusión para la cual fue diseñado el elemento principal del fusible se funde, separando así la falla de la red. Al ser de bajo costo solo se reemplaza por uno con las mismas características.

### **Ventajas**

- Es un método de protección simple
- Relativamente económico
- Su funcionamiento es independiente.

### **Desventajas**

- Poca precisión
- Envejecimiento
- Tiempos de operación demasiado prolongados para las sobrecargas.
- No es conveniente para sobre corrientes débiles
- No deben ser reparados (pierde sus características)

### **Tipos de Fusibles:**

- **Fusibles de expulsión:**

Son los principales tipos de fusibles, se rigen por el principio de expulsión donde una parte funciona como enlace la cual se funde cuando presente una corriente de cortocircuito, y la otra es un contenedor que confina el arco de potencial que se genera cuando el enlace se rompe.

En el seccionamiento de líneas aéreas de distribución llevan como elemento de protección y de maniobra seccionadores fusibles de expulsión (CUT OUT).

- **Fusibles de enlace:**

Son el enlace débil y fácil de reemplazar después de haber brindado la protección deseada. El principal componente es un elemento que puede ser de varios materiales y tamaños, este se funde cuando la corriente que lo atraviesa es mayor que la que puede soportar. Sus características tiempo- corriente dependen de sus dimensiones y los materiales que lo componen. Se pueden presentar de dos formas, la más básica solo tiene un elemento fundible, pero si se desea que el dispositivo tenga protección contra sobrecargas entonces se compone de un elemento dual

- **Portafusible:**

Los fusibles de enlace requieren ser utilizados en conjunto con otros dispositivos que les permitan controlar los arcos de potencial que se forman cuando los enlaces se funden. Por eso son colocados en portafusiles los cuales constan de tubos con fibra desionizadora que cuando el elemento se funde emiten gases de des ionización que aumentan la fortaleza dieléctrica, por lo tanto, ayudan a comprimir y enfriar el arco de potencial.

- **Fusible De Vacío:**

Son llamados de esta forma porque el elemento fundible se encuentra confinado dentro de un medio que produce el vacío. Poseen carriles que controlan el camino que sigue el arco y así lo contienen hasta que se logre la interrupción completa. Además, incluyen un escudo y aislamiento cerámico que ayudan a contener el vapor producido por la fundición de los metales gracias a las diferencias de presión. Llegan a soportar hasta corrientes de 450 ampere.

- **Fusible Limitador De Corriente:**

Son fusibles que limitan la energía que atraviesa al elemento protector. Para estos dispositivos es importante conocer la corriente que atraviesa en ese momento el fusible, la cual depende de la relación  $X/R$  de la falla; el punto de fundición mínimo, que mide la habilidad del fusible para soportar transientes sin dañarse; el valor pico del arco de potencial, que se encuentra relacionado con la magnitud de la corriente de falla, y el calor que atraviesa el fusible, lo cual mide la capacidad para reducir efectos destructivos durante las fallas.

- **Criterio para la Selección de Fusibles de Media Tensión:**

Para la selección de un fusible tenemos que tener presente los siguientes conocimientos:

- Tensión y nivel de aislamiento.
- Tipo de sistema.

- Máximo nivel cortocircuito
- Corriente de carga.

En fusibles de distribución, la selección depende de la filosofía de protección que se aplique al sistema, en general, los fusibles K (rápidos) desconectan al sistema de fallas en menos tiempo y coordinan mejor con los reveladores. Los fusibles T (lentos) soportan corrientes transitorias mayores (corrientes de arranque de motores, etc.) y coordinan mejor con otros fusibles de la misma clase o diferentes.

#### **2.2.3.2. Calidad de la Energía**

Según la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos la Calidad de la Energía. El control de la calidad de los servicios eléctricos se realiza en los siguientes aspectos:

##### **a) Calidad de Producto:**

- Tensión;

Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía, en todas las Etapas y en todos los niveles de tensión, es de hasta el  $\pm 5.0\%$  de las tensiones nominales de tales puntos.

- Frecuencia;

Las tolerancias admitidas para variaciones sobre la frecuencia nominal, en todo nivel de tensión, son:

- Variaciones Sostenidas ( $\Delta f_k$  (%)):  $\pm 0.6$  %.
- Variaciones Súbitas (VSF'):  $\pm 1.0$  Hz.
- Variaciones Diarias (IVDF'):  $\pm 600.0$  Ciclos.
- Perturbaciones (Flicker y Tensiones Armónicas).

Los valores eficaces (RMS) de las Tensiones Armónicas Individuales ( $V_i$ ) y los THD, expresado como porcentaje de la tensión nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite ( $V_i'$  y THD') indicados en la siguiente tabla. Para efectos de esta Norma, se consideran las armónicas comprendidas entre la dos ( $2^o$ ) y la cuarenta ( $40^o$ ), ambas inclusive.

Tabla N° 5

ORDEN (n) DE LA ARMÓNICA ó THD	TOLERANCIA  Vi'  ó  THD'  (% con respecto a la Tensión Nominal del punto de medición)	
	Alta y Muy Alta Tensión	Media y Baja Tensión
(Armónicas Impares no múltiplos de 3)		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
Mayores de 25	$0.1 + 2.5/n$	$0.2 + 12.5/n$
(Armónicas impares múltiplos de 3)		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
(Pares)		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores de 12	0.2	0.2
THD	3	8

b) Calidad de Suministro:

- Interrupciones.

c) Calidad de Servicio Comercial:

- Trato al Cliente;
- Medios de Atención;
- Precisión de Medida.

d) Calidad de Alumbrado Público:

- Deficiencias del Alumbrado.

## **2.3. Definiciones Conceptuales**

### **2.3.1. Energía activa**

Energía capaz de producir trabajo, se mide normalmente en kilowatt-hora (kWh).

### **2.3.2. Energía reactiva**

Energía requerida por algunos equipos eléctricos, para mantener flujos magnéticos. Esta energía no produce trabajo útil y se mide normalmente en kilo Volt-Ampere reactivos hora (kVARh).

### **2.3.3. Potencia Eléctrica**

Es la cantidad de energía requerida en una unidad de tiempo. La unidad comúnmente utilizada es el kilowatt (kW).

### **2.3.4. Demanda**

Para efectos tarifarios, se entiende como la potencia media integrada sobre un intervalo de tiempo de 15 minutos. La demanda contratada corresponde a la potencia que la distribuidora de energía coloca a disposición del cliente, de acuerdo a los términos del contrato establecido.

### **2.3.5. Carga o Potencia Instalada**

Corresponde a la suma de las potencias de todos los equipos existentes en una instalación. Toda esta carga podría ser utilizada por la instalación en algún instante.

### **2.3.6. Precio Consumo de Energía**

Precio cobrado por cada kW-h consumido por el cliente. Estos precios varían dependiendo de la tarifa contratada por el cliente y de la ubicación geográfica.

### **2.3.7. Horarios Punta**

Período definido entre las 18 y 23 horas, que se aplica durante los meses de abril a septiembre. Estos corresponden a los periodos de mayor consumo energético a nivel país y donde los precios por concepto de demanda son muy altos.

#### **2.3.8. Horarios Fuera de Punta**

Resto del tiempo que no corresponde a horarios punta. Los precios por concepto de demanda fuera de punta son inferiores a aquellos correspondientes a horas punta.

#### **2.3.9. Diagrama Unifilar**

Un esquema o diagrama unifilar es una representación gráfica de una instalación eléctrica o de parte de ella.



## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo y Diseño de Investigación**

El diseño para el presente estudio está clasificado de la siguiente manera: No-Experimental, Prospectivo-Transversal

- **No-Experimental**, porque no se manipulan deliberadamente variables, se observa fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para luego analizarlos.
- **Prospectivo**, porque intenta predecir un posible escenario futuro.
- **Transversal**, porque se limita a la toma de datos en un único momento de tiempo

#### **3.2 Población y muestra**

Para el presente proyecto de investigación tendremos una muestra poblacional, es decir los equipos e instalaciones de la Planta Procesadora de Limón y Mango de la empresa Agroindustrias AIB, que requieren e energía eléctrica.

#### **3.3 Formulación de la hipótesis**

Mediante el Análisis del Suministro de Energía Eléctrica de la Planta Procesadora de Limón y Mando de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque se verificará el cumplimiento de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

#### **3.4 Variables-Operacionalización**

Para probar el estudio de investigación se determinaron dos variables para la Operacionalización:

**Variable Independiente:** Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

**Variable dependiente:** Suministro de Energía Eléctrica.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<b>Independiente:</b> Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos	Dispositivo legal que regula el Servicio de Energía Eléctrica en el Perú.(Tamayo, 2003, p.12).	Conjunto de requisitos que debe cumplir el suministro de energía eléctrica	Caída de Tensión Variación de la Frecuencia Distorsión Armónica Total	$\Delta V$ $\Delta Hz$ THD	Razón o Proporción
<b>Dependiente:</b> Suministro de Energía Eléctrica.	El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica (Tamayo, 2003, p.13.).	Cantidad de Energía Eléctrica que requiere un consumidor	Tensión  Intensidad de Corriente  Potencia	V  A  kVA	Razón o Proporción

**Fuente:** Elaboración propia

### **3.5 Métodos y técnicas de investigación**

#### **3.5.1 Método de investigación**

Para el presente trabajo, utilizamos el método inductivo, que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. Se trata del método científico más usual, en el que pueden distinguirse cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos para su registro; la clasificación y el estudio de estos hechos; la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización; y la contrastación.

#### **3.5.2 Técnicas de investigación**

En este proyecto se ha utilizado las siguientes técnicas de investigación:

##### **A. Observación**

Mediante esta técnica observaremos las condiciones actuales de suministro de energía eléctrica y los requerimientos de energía de la Planta de Procesamiento de Limón y Mango de Agroindustrias AIB.

##### **B. Análisis de Documentos**

Esta técnica nos permite analizar libros, tesis, la normatividad vigente, revistas, etc.

### **3.6 Descripción de los instrumentos utilizados**

Los Instrumentos de recolección de datos utilizados en el presente trabajo de investigación son:

#### **A. Ficha de Recolección de Datos.**

Se diseñará una ficha de Recolección de datos para determinar las condiciones actuales de suministro y los requerimientos de energía de la Planta de Procesamiento de Limón y Mango de Agroindustrias AIB.

#### **B. Guía de análisis de documentos**

Se diseñará una ficha donde se consigne los principales datos de la fuente bibliográfica analizada (Autor, título, edición, páginas consultadas, etc).

### **3.7 Análisis estadístico e interpretación de datos**

Los datos obtenidos para el desarrollo del presente trabajo son los elementos que se sometieron a estudio, análisis e interpretación. La interpretación de datos es una de las etapas más importantes, porque se proyecta en las conclusiones.

La información que se obtuvo para el desarrollo del presente proyecto se presenta en forma de tablas y gráfico de barras, utilizando el MS Excel 2010, gracias a ello se ha podido determinar y dar posibles respuestas al problema planteado.

## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **4.1 Condiciones actuales del Suministro de Energía Eléctrica de la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque**

Actualmente la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque se suministra de un Transformador de las siguientes características:

Transformador: 3150 kVA.

Tensión de Suministro: 380 / 220 V

Para determinar la calidad de energía se realizó mediciones con un Analizador de Redes Portátil AR5-L, cuyas características y certificado de calibración lo adjuntamos en el Anexo 12.

Se realizó la medición en día típico, es decir en un día en donde la Planta Procesadora trabaje en iguales condiciones todo el año, el día que se realizaron las mediciones fue el 21 de marzo de 2018.

En el Anexo 13 se muestran las mediciones realizadas con los resultados obtenidos.

## A. Tensión

Los niveles de tensión se evaluaron en intervalos de 5 minutos y utilizando los límites permisibles ( $\pm 5\%$ ).

Cabe resaltar que el nivel de tensión de referencia que se está considerando es de 380 V de línea a línea y 220 V de línea a neutro.

En el cuadro siguiente se muestra el resumen de los niveles de tensión y desbalances durante el período de medición:

**Tabla N° 01:** Resumen de desbalance de la tensión de línea (%)

Valores	V línea	Desbalance %
Máximo	398,64016724	4,90530717
Promedio	391,53887046	3,26794105
Mínimo	371,37023926	0,61297768

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla N° 02:** Resumen de desbalance de la tensión de fase (%)

Valores	V línea	Desbalance %
Máximo	230,16175937	4,61898153
Promedio	226,06170350	3,02588774
Mínimo	214,41699726	0,33836741

**Fuente:** Elaboración Propia

En los cuadros anteriores se observa un comportamiento variable de la tensión en donde se observan que todos los valores, dentro del periodo de medición, se

encuentran dentro del nivel de tolerancia establecida en la Norma Técnica de los Servicios Eléctricos NTCSE.

## B. Tensiones Armónicas

En el siguiente cuadro se muestran las tensiones armónicas más representativas, es decir las de orden 3, 5, 7.

**Tabla N° 03:** Resumen de valores de armónicos de tensión en (V)

VALORES	V1	V3	V5	V7
MAXIMO	398,64016724	2,81393337	2,40370850	2,67358780
PROMEDIO	391,53887046	2,14889347	1,79960098	1,94716663
MINIMO	371,37023926	0,95586908	1,03760338	0,94580865

**Fuente:** Elaboración Propia

Se aprecia que la Armónica N° 3 es la más alta sin embargo no supera la tolerancia dada por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (6%).

## C. Factor de Distorsión Total por Efecto de las Corrientes Armónicas.

En el siguiente cuadro, se observa que el factor de distorsión total de armónicas de corriente (THDi), en toda la medición no se tiene variaciones bruscas ni elevaciones de los armónicos de corriente:

**Tabla N° 04:** Resumen del THDi en (%)

VALORES	I1 THD	I2 THD	I3 THD
MAXIMO	6,95704651	6,91930819	6,97449112
PROMEDIO	5,29062662	5,21487743	4,97097725
MINIMO	3,12065721	3,08835983	3,11608404

**Fuente:** Elaboración Propia

La distorsión total de armónicas de tensión (THDv), en el caso más crítico es de 6,9 %, en consecuencia, al no sobrepasar el valor de 8% según norma NTCSE, el THDv tiene valores dentro de lo recomendable.

#### **D. Frecuencias.**

En el siguiente cuadro, se observa que las variaciones de la frecuencia:

**Tabla N° 05:** Resumen la variación de la frecuencia (%)

VALORES	f (Hz)	Variación f (%)
MAXIMO	60,20377783	0,51347733
PROMEDIO	59,89743741	0,22860832
MINIMO	59,69191360	0,00048319

**Fuente:** Elaboración Propia

La variación de la frecuencia, en el caso más crítico es de 0,5%, en consecuencia, al no sobrepasar el valor de 0,6% según norma NTCSE, tiene valores dentro de lo recomendable.



## E. Potencias.

En el siguiente cuadro podemos apreciar los valores de Potencia:

**Tabla N° 06:** Valores de Potencia

VALORES	Potencia Activa	Potencia Reactiva	Potencia Aparenta
MAXIMO	1399,752319	806,16838612	1599,68517303
PROMEDIO	1358,764847	748,67141959	1552,58913205
MINIMO	1302,5195923	549,61382456	1501,32278442

**Fuente:** Elaboración Propia

Como podemos apreciar en el cuadro anterior la Potencia Aparente máxima será de 1599,68 kVA y la Potencia Activa es de 1399,75 kW.

Con lo cual podemos realizar el siguiente cuadro de alimentación de la Planta Procesadora de Mango y Limón.

**Tabla N° 07:** Potencia Total

VALORES	Potencia Aparenta (kVA)
PLANTA EXISTENTE	1 650
PLANTA DE MANGO Y LIMON	1 600
TOTAL	3 250
POTENCIA ACTUAL DEL TRANSFORMADOR	3 150
DEFICIT DE POTENCIA	100

**Fuente:** Elaboración Propia

Del análisis anterior, se puede deducir que el suministro actual de la Planta Procesadora de Limón y Mango no es suficiente pues de acuerdo a las

necesidades de esta Planta Procesadora, el transformador está trabajando sobrecargado de ahí el por qué se recalienta y se apaga.

Es por ello que es necesario un nuevo suministro de energía eléctrica.

#### 4.2 Requerimientos de energía eléctrica de la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque.

La carga eléctrica instalada a atender en la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque es la siguiente:

CUADRO DE CARGAS					
ITEM	DESCRIPCION	TENSIÓN B.T. (KV)	POT. INST. (KW)	FD	MAX. DEM. PARCIAL (KW)
1,00	FRESCO	0,44	95,00	0,9	85,50
2,00	CONGELADO	0,44	1333,10	0,9	1199,79
3,00	PLANTA	0,44	98,38	0,9	88,54
4,00	OFIINAS Y OTROS	0,22	15,50	1	15,50
MAXIMA DEMANDA TOTAL (KW)					1389,33



Máxima demanda solicitada: 1 400 kW

Esta Máxima Demanda concuerda con las mediciones realizadas.

En el Anexo 01 podemos apreciar el detalle de la Máxima Demanda.

### **4.3 Selección del Sistema Eléctrico**

El Sistema Eléctrico a seleccionar que permita cubrir los requerimientos de energía eléctrica es el SISTEMA ELECTRICO DE REDES ELECTRICAS CONVENCIONALES existente en Motupe, cuya concesionaria es la empresa eléctrica ELECTRONORTE SA.

Los criterios que se tuvo en cuenta para seleccionar dicho sistema son:

- Confiabilidad
- Sostenibilidad
- Calidad de Energía Eléctrica
- Capacidad

Para ello seleccionamos un transformador de 1 600 kVA de relación de tensión 22,9 / 0,38 kV.

Para el consumo en 220V monofásico, la Planta contará con transformador interior de relación 380 / 230V.

En el Anexo 02 podemos apreciar el Diagrama Unifilar.

### **4.4 Cálculos justificativos para seleccionar los componentes**

#### **4.4.1 Cálculos Eléctricos de la Red Primaria**

#### 4.4.1.1 Características Eléctricas del Sistema

Para efectos del diseño eléctrico de líneas y redes primarias se tendrán en cuenta las siguientes características:

Tensión Nominal de la Red	:	22,9 KV
Tensión Máxima de Servicio	:	25 kV (Norma IEC Publicación 71-1 – 1993 -Séptima Edición)
Frecuencia Nominal	:	60 Hz
Factor de Potencia	:	0,90 (atraso)

#### 4.4.1.2 Ecuaciones Consideradas

- Capacidad de Corriente

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V_L \times \cos \phi}$$

- Caída de tensión

$$V = \frac{P \times L \times (R_{70^\circ C} \cos \phi + X_{3\phi} \sin \phi)}{10 \times V^2 \times \cos \phi}$$

$$V = K_{3\phi} \times P \times L$$

Donde:

$$K_{3\phi} = \frac{(R_{70^\circ C} \cos \phi + X_{3\phi} \sin \phi)}{10 \times V^2 \times \cos \phi}$$

Donde:

$$R_{70^{\circ}C} = R_{20^{\circ}C} [1 + \alpha (70^{\circ}C - 20^{\circ}C)]$$

$$X_{3\phi^{\circ}C} = 0.377 \left[ 0.05 + 0.46 \times \log \left( \frac{DMG_{3\phi}}{Dm} \right) \right]$$

$$DMG_{3\phi} = \sqrt[3]{D_1 \times D_2 \times D_3}$$

$$Dm = 0.5642 \times \sqrt{S} \times 10^{-3}$$

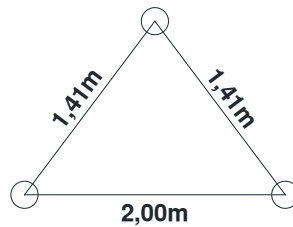
#### 4.4.1.3 Determinación de las distancias eléctricas

Según el Nuevo Código Nacional de Electricidad – Suministro 2011.

- \* La distancia mínima entre conductores en su poste y a medio vano será:
- \*  $0,8 + 0,01\text{m/KV}$  en exceso de 11 KV (para tensiones superiores a 11 KV)

**Para 22,9 será 0,92m**

#### DISPOSICIÓN TRIANGULAR



#### 4.4.1.4 Simbología Utilizada

I	=	Corriente de diseño (Amp)
P	=	Potencia eléctrica de máxima demanda (KW)
V <sub>L</sub>	=	Tensión nominal de línea (KV)
Cosø	=	Factor de Potencia
V	=	Caída de tensión (%)
L	=	Longitud considerada en Km.
R	=	Resistencia del conductor (ohm/km)
X <sub>3ø</sub>	=	Resistencia inductiva trifásica (ohm/km)
$\alpha$	=	Constante de dilatación térmica
DMG <sub>3ø</sub>	=	Distancia media geométrica trifásica (m)
Dm	=	Radio medio geométrico (m)
D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> , D <sub>3</sub>	=	Distancia entre conductores (m)
F	=	Flecha máxima (m)

#### 4.4.1.5 Parámetros Considerados

- a. Factor de Potencia : 0,90
- b. Constante de dilatación : 0,00360 x 1/°C (Aluminio)
- c. Distancia entre conductores : D<sub>1</sub> = D<sub>2</sub> = 141 cm, D<sub>3</sub> = 200 cm.  
(Disposición Horizontal)

#### 4.4.1.6 Resultados

Características de conductores tipo AAAC					Sistema Trifásico Horizontal				
Sección (mm)	Nº de Alambres	Ø Exterior (mm)	R. Eléc. 20°C (Ohm/Km)	R. Eléc. 60°C (Ohm/Km)	D12 (m)	D23 (m)	D31 (m)	DMG (m)	XL (Ohm/Km)
120	19	14,3	0,275	0,3146	1,41	1,41	2	1,5842	0,4256

## **4.4.2 Cálculo De Caída de Tensión**

### **4.4.2.1 Generalidades**

De acuerdo a normas vigentes, se ha considerado como valor límite para la caída de tensión desde la salida de los circuitos troncales hasta los primarios de los transformadores de distribución, el 5% de la tensión nominal.

La caída de tensión en el punto de diseño según lo señalado en el documento de factibilidad de suministro y fijación de punto de diseño corresponde a 2,90%.

### **4.4.2.2 Cuadro de caída de tensión**

El cálculo de caída de tensión según el procedimiento descrito anteriormente se muestra en el Anexo [03](#).

### **4.4.2.3 Selección de los Equipos de Protección**

Para la selección de los elementos fusibles se debe considerar:

- La máxima corriente normal y tensión del sistema
- Capacidad de interrupción
- Velocidad de respuesta.

### **4.4.2.4 Protección de equipos de medición y transformación**

Los fusibles que se utilizarán se muestran a continuación:

$$I_N = P / (\sqrt{3} \cdot V)$$

Donde:

IN: Corriente nominal (A)

P: Potencia (KVA).

V: Tensión de Línea (kV).

Transformador

<b>V =</b>	22,9	kV
<b>P =</b>	1600	kVA
<b>Resultados:</b>		
<b>IN =</b>	40,34	A
<b>IF =</b>	1,25*IN	
<b>IF =</b>	48,41	A

Celda de llegada

<b>FUSIBLE:</b>	50	A
-----------------	----	---

Según norma DIN (Valor comercial-Considerando la máxima demanda de 1600KVA)

Sistema de medición y protección

<b>FUSIBLE:</b>	60	A
-----------------	----	---



#### 4.4.3 Selección de Conductor AAAC por Capacidad Térmica

Estos cálculos tienen por objeto verificar la capacidad de los conductores aéreos de aleación de aluminio de soportar por tiempos muy breves el calor generado por los cortocircuitos.

La metodología empleada es la siguiente: Para la determinación de los efectos térmicos producidos por los cortocircuitos se parte el valor medio térmicamente efectivo de la corriente de cortocircuito  $I_m$ , que se define como el valor eficaz de una corriente ideal (puede considerarse continua) que en el tiempo de 1 segundo genera el mismo calentamiento que la corriente de cortocircuito (componente alterna más unidireccional) durante el tiempo total de eliminación de la falla.

Según la norma alemana VDE 103,  $I_m$  se define por la siguiente expresión:

$$I_m = I''k * \sqrt{(m + n) * t}$$

Donde:

- $I''k$  = Corriente eficaz inicial de cortocircuito
- $m$  = Influencia de la componente unidireccional a través del factor N del gráfico mostrado en la Figura 04
- $n$  = Influencia de la disminución de  $I''k$ . Según gráfico Figura 05
- $t$  = Tiempo de eliminación de la falla en segundos

Según la norma VDE 103 las temperaturas finales admisibles en los conductores aéreos sometidos a esfuerzos superiores a 10 N/mm<sup>2</sup>, no debe de sobrepasar 160 C:

Para la determinación de la densidad máxima de corriente puede asumirse una temperatura inicial del conductor de 40 C.

Con las temperaturas inicial y máxima alcanzadas y su gráfico de la VDE – 103 mostrado en la figura 4 se obtienen las densidades máximas de corriente que podrán alcanzarse, luego la sección del conductor se obtendrá dividiendo el valor de  $I_m$  calculado entre la densidad de corriente hallada.

Asumiendo:

**Para 22,9KV**

Potencia de cortocircuito en el finito de la falla	: 150 MVA
Tensión mínima de la red	: 22,9 kV
Tiempo de eliminación de la falla	: 0,2 S
Relación R/X (N)	: 0,3
Relación $I''_{cco}/I_{ccp}$ (I subtransitoria/I permanente)	: 2,0

De acuerdo a las premisas se tiene:

$$I''_k = 150 / (\sqrt{3} \times 22,9) = 3,78 \text{ kA}$$

Para N = 0,3 de los gráficos fig 5(a) y fig. 5(b), se determina  $m = 0$  y  $n = 0,85$ .

Luego:

$$I_m = 3,78 \sqrt{(0+0,85)(0,2)}$$

$$I_m = 1,56 \text{ kA}$$

La densidad de corriente de cortocircuito se obtiene a partir de:

Temperatura inicial : 40 °C

Temperatura final : 160 °C

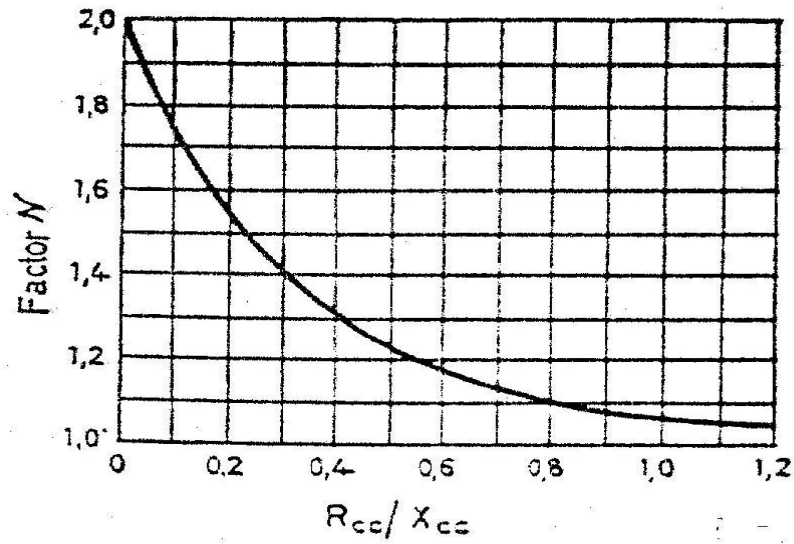
De la Figura 6 se obtiene la densidad de corriente de cortocircuito = 91 A/mm<sup>2</sup>., por lo tanto la sección mínima de conductor de aleación de aluminio que satisface esta exigencia es: 17,13 mm<sup>2</sup>. En el siguiente cuadro se muestra el resumen de los valores hallados:

Material Conductor	T. inicial °C	T. final °C	m	n	I''k KA	I <sub>m</sub> kA	Densidad de I max A/mm <sup>2</sup>	Sección mínima mm <sup>2</sup>
AAAC	40	160	0	0,85	3,78	1,56	91,00	17,13

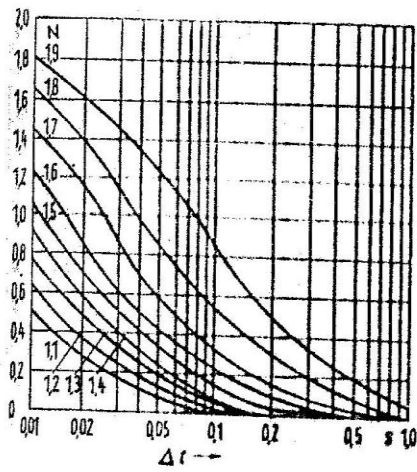
### Conclusiones:

La sección requerida por efectos de cortocircuito es de 17,13 mm<sup>2</sup>, sin embargo teniendo en consideración las secciones mínimas establecida en el documento de factibilidad de suministro de Electronorte S.A. se selecciona la sección de 120 mm<sup>2</sup> AAAC.

**Figura 4:** Reducción de la corriente de cortocircuito de choque vs R/X

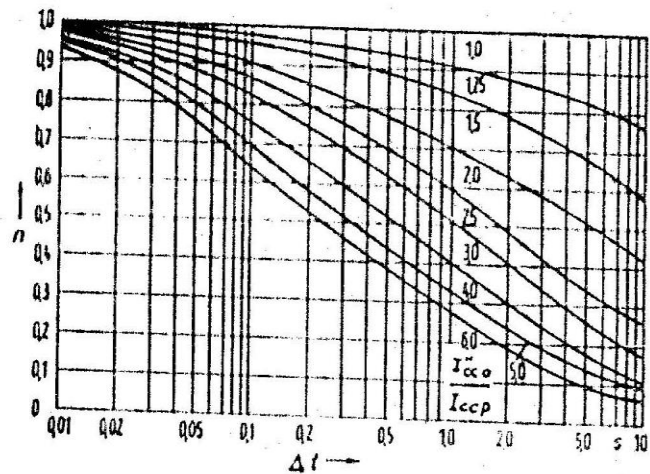


**Figura 5:** Calentamiento Transitorio de Conductores de Aluminio Durante un Cortocircuito.



(a)

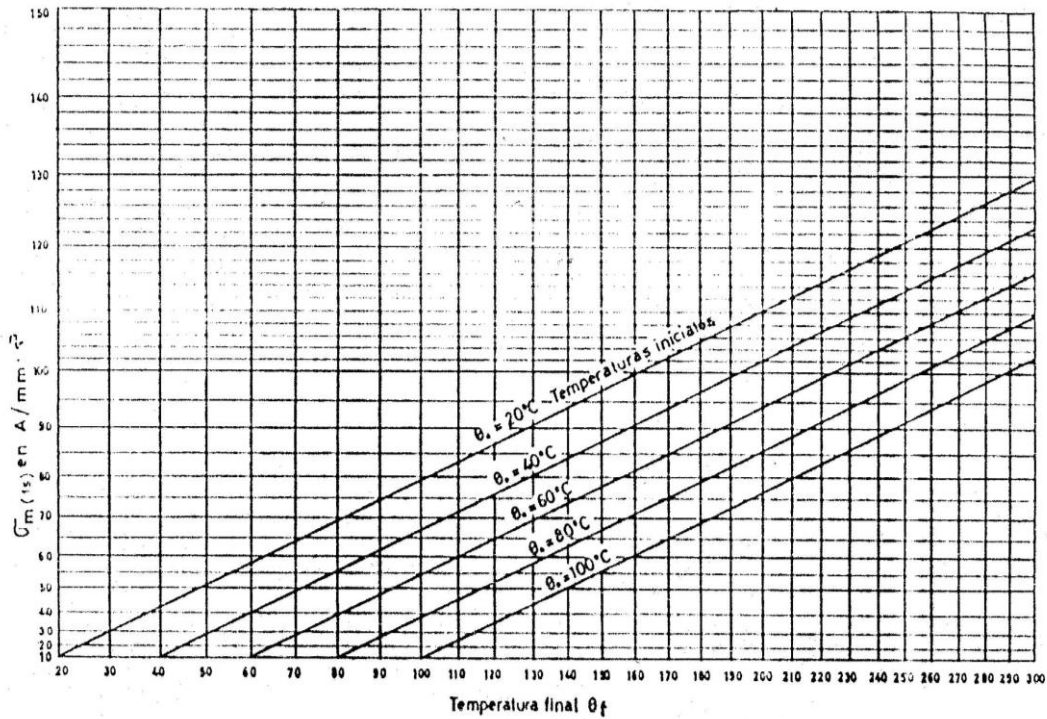
**Figura 5a** "m" Miembro de CC.



(b)

**Figura 5b** "n" Miembro de CA.

**Figura 6:** Densidad de corriente de cortocircuito



#### 4.4.4 Selección de los Cables de Energía

##### Verificación al cortocircuito:

Bajo condiciones de cortocircuito se incrementa con rapidez la temperatura de los elementos metálicos de los cables de energía (conductor, pantalla o cubierta metálica).

Si la selección del conductor, o de la pantalla no es adecuada para soportar las condiciones de cortocircuito, el calor generado produce daños en forma permanente en el aislamiento e incluso forma cavidades entre la pantalla y aislamiento. Para determinar la corriente permisible en el conductor o pantalla, es necesario conocer el tiempo que transcurre antes de que las protecciones operen.

Existirá entonces, una sección mínima **S** que será función del valor de la potencia de cortocircuito en el punto de alimentación, el tipo de conductor evaluado y su protección automática asociada.

El cálculo de esta sección mínima está dado por:

$$S \geq I_{cc} \sqrt{T} / K$$

Donde:

S : Sección mínima del conductor en mm<sup>2</sup> que soporta el cortocircuito.

T : Tiempo de actuación de la protección en segundos (0,07seg).

K : Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de sus temperaturas al principio y final del cortocircuito; k=142 para conductores de cobre tipo XLPE.

I<sub>cc</sub>: Valor eficaz de la corriente de cortocircuito en Amperios

La I<sub>cc</sub> se calcula a partir de la potencia de cortocircuito de la S.E. siendo para nuestro caso 160MVA (Base de Datos SEIN) con la tensión del mismo punto:

$$I_{cc} = P_{cc} / (1,7321 * V_L)$$

Donde:

P<sub>cc</sub> : Potencia de cortocircuito en el punto de alimentación.

I<sub>cc</sub> : Valor eficaz de la corriente de cortocircuito en Amperios.

V<sub>L</sub> : Tensión de línea.

Reemplazando obtenemos:

**Para 22,9KV      Pcc = 150MVA**

$$I_{cc} = 3\,781,66 \text{ Amp.}$$

Con la corriente de cortocircuito encontrada reemplazamos en la ecuación para hallar la sección mínima por cortocircuito:

**Para 22,9KV**

$$S \geq 3\,781,66 \cdot \sqrt{0,07 / 142}$$

$$S \geq 70,05 \text{ mm}^2$$

Considerando la sección utilizada corresponde a 70 mm<sup>2</sup>, el cable N2XSY seleccionado **cumple los requerimientos por cortocircuito.**

#### **4.4.5 Cálculo de Relación de Corriente del Trafomix**

Considerando la máxima demanda actual a 1400KW, encontramos la corriente de carga en el lado primario del trafomix, conforme a lo siguiente:

$$I_{carga} = MD / (1,7321 \cdot V \cdot \cos\phi)$$

Donde:

MD: Máxima demanda en KW

V: Tensión primaria del sistema 22,9KV)

Cosφ: Factor de potencia

Reemplazando obtenemos:

$$I_{carga} = 39,22 \text{ A para } 22,9 \text{ KV}$$

De acuerdo a las corrientes encontradas y considerando una carga futura por parte de la agroindustria seleccionamos un Trafomix de 25-50-100/5 A, 22,9/0,22 kV.

#### 4.4.6 Cálculo de cable de Energía NYY e Interruptor Termomagnético

Cable NYY:

Aplicación De La Tabla 05A – CNE-U:

Para instalación S.E. Uso exclusivo 3ø de 1600 kVA.

- Tensión de operación	: 0,44 V
- Aplicación de S.E. B.T.	: 3Ø – 3 Fases
- Tipo	: NYY – 1 KV
- Corriente nominal requerida (A)	: 2099,52 A (más crítico)
- Corriente corregida (A)	: $I * 1,20 = 2519,42$ A
- Temperatura de operación	: 40° C
- Factor de corrección	: 0,77 Tabla 5A CNE – U
- Corriente de diseño (A)	: $I' / Fc = 3271,97$ A
- Configuración	: 3 Fases
- Configuración de cables	: Paralelos
- Colores	: R-B-N

#### ALTERNATIVA

- Sección (mm <sup>2</sup> )	: 3x1x185	(7 Ternas)
- Tensión (KV)	: 0,6/1,0	
- Forma de conductor	: rm	
- Temple de conductor	: Recocido	
- N° hilos/conductor	: 1x61	
- Montaje	: Al aire/enterrado	
- Corriente (A)	: 470/483	
- Espesor aislamiento (mm)	: 2,0	
- Espesor cubierta (mm)	: 1,8	
- Peso (Kg/Km)	: 6160	

Por lo tanto seleccionamos cable NYY en (7 ternas) de:

Cable NYY de 7 - (3x1x185) mm<sup>2</sup>



CALIBRE	NUMERO HILOS	ESPEORES		PESO  (Kg/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
CABLE		AISLAMIENTO	CUBIERTA		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
N° x mm²		mm	mm		A	A	A
3 x 1 x 185	37	2,0	1,8	6160	483	470	367

### Interrupor Termomagnético:

Para la selección de interruptores termomagnéticos la corriente máxima de acuerdo a los criterios de la Empresa Concesionaria Electronorte S.A. es:

$$I_{maxs} = 1,5 \times P_{trafo} / (1,7321 \times V)$$

Donde:

$P_{trafo}$ : Potencia nominal del transformador en kVA

V: Tensión secundaria del sistema kV

Reemplazando obtenemos:

$$P_{trafo} = 1600 \text{ KVA}, V = 0,380 \text{ kV}$$

$$I_{maxs} = 3149,28 \text{ A}$$

Para la protección de la acometida de baja tensión seleccionaremos un Interrupor Termomagnético que deberá cumplir la siguiente relación:

$$I_{maxs} < I_{interruptor} < I_{cable}$$

Por lo tanto seleccionamos un Interrupor Termomagnético Standard de 690 V, con las siguientes capacidades de amperaje:

3 200 Amperios con regulación térmica y magnética, de 0,6 a 1 de la  $I_n$ .

#### 4.4.7 Cálculo, Diseño y Configuración del Sistema de Puesta a Tierra

##### 4.4.7.1 Mediciones de resistividad del terreno

La medición de la resistividad eléctrica del terreno se ha realizado en zonas de terreno natural ubicadas en el recorrido de la red de media tensión.

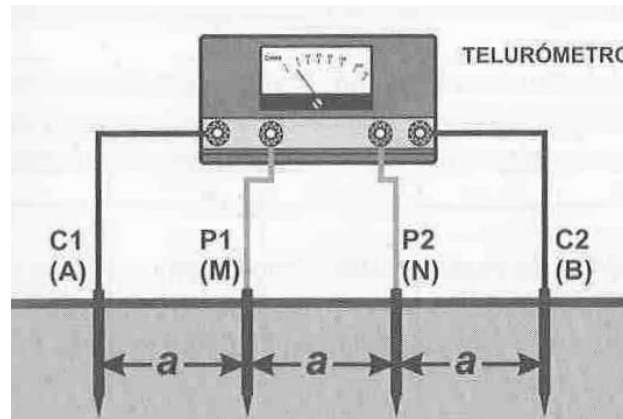
##### 4.4.7.2 Metodología de medición (metodología Wenner)

Para obtener una configuración de los valores de resistividad eléctrica del subsuelo se utiliza la técnica de la inyección de una corriente eléctrica en el subsuelo a través de un par de electrodos metálicos, normalmente de Cu. Un segundo par de electrodos se utilizan para medir el potencial eléctrico resultante.

La configuración de los electrodos puede tomar diversas formas. No obstante, la forma más común es la conocida como **configuración de Wenner**, que consta de una separación igual de los cuatro electrodos a lo largo de una línea. La distancia entre dos electrodos adyacentes se denomina espaciado "a" (Ver Figura 7).

La medición por el Método Wenner utiliza un telurómetro, que a través de su fuente interna hace circular una corriente eléctrica  $I$ , entre dos electrodos externos que están conectados a los terminales de corriente C1 y C2.

**Figura 7: Medición de la Resistencia del Terreno**



**Fuente: Elaboración Propia**

Este método considera que prácticamente el 58% de la distribución de la corriente que pasa entre los electrodos externos ocurre a una profundidad igual al espaciamiento entre electrodos.

La formulación que se aplica para este método es la siguiente:

$$\rho \equiv 2.\pi.R.D \quad (\text{Ohm-m})$$

Donde:

$\rho$  = Resistividad del terreno

$\pi$  = 3.1416

R = Valor de lectura del equipo afectado por la escala correspondiente.

D = Distancia entre estacas

Durante la medición se han tenido los siguientes cuidados:

- Los electrodos han sido bien alineados
- Los electrodos han sido espaciados a igual distancia entre ellos
- Los electrodos han sido clavados a una misma profundidad

- Se ha verificado que los electrodos utilizados estén limpios, principalmente de óxido, para posibilitar bien el contacto con el suelo.
- Se ha verificado el estado de la batería del equipo antes de la medición
- Se ha seleccionado la escala adecuada para cada medición realizada.

Para obtener el valor de la resistividad específica, debe hacerse varias mediciones con diferentes distancias D, como por ejemplo D= 16, 8, 4, 2, 1 m.

### **La Estratificación del Terreno**

Considerando las características que normalmente presentan los suelos, se modela en camadas estratificadas horizontales.

**Metodología:** La estratificación para dos camadas se realiza mediante el método de “Utilización de curvas”, que utiliza las mediciones de campo realizadas.

Usando las teorías de electromagnetismo sólo con dos camadas horizontales es posible resolver un modelo matemático, que con ayuda de las medidas efectuadas por el Método Wenner, posibilita encontrar la resistividad de la primera y segunda camada, con su respectiva profundidad.

$$V_p = \frac{\rho_1 I}{2\pi} \left[ \frac{1}{a} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k^n}{\sqrt{a^2 + (2nd_1)^2}} \right]$$

$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$$

Donde:

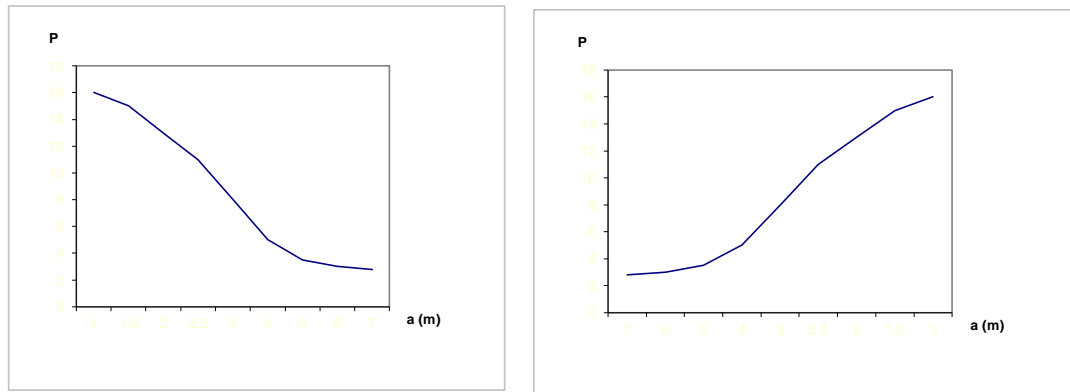
$V_p$  = Potencial del punto “p” cualquiera de la primera camada en relación al infinito.

$\rho_1$  = Resistividad de la primera camada

$\rho_2$  = Resistividad de la segunda camada

$K$  = Coeficiente de reflexión

$h$  = Profundidad de la primera camada



Para el suelo de dos capas ( $\rho_a$ ) se obtiene a partir de la expresión general  $\rho_a = 2\pi R a$  en la cual se reemplaza la expresión del potencial entre los electrodos (P1) y (P2) de espesores ( $h$ ) e infinito, para un punto (p), situado a una distancia (a) metros.

El procedimiento a seguir son los siguientes:

- 1- Trazar un gráfico  $\rho(a)$  x  $a$ , obtenido por el método Wenner
- 2- Prolongar la curva  $\rho(a)$  x  $a$  hasta cortar el eje de ordenadas del gráfico

- 3- Se escoge un valor  $a_1$  arbitrariamente y se lleva a la curva para obtener su correspondiente valor de  $\rho(a_1)$
- 4- Por el comportamiento de la curva  $\rho(a)$  x  $a$ , se determina el valor de “K” (ascendente “+”, descendente “-“)
- 5- Con el valor de  $\rho(a_1)/\rho_1$  o  $\rho_1/\rho(a_1)$  obtenido, entre las curvas teóricas correspondientes se traza una línea paralela al eje de las abscisa. Esta recta corta las distintas curvas de K. Luego procedemos a leer todos los valores específicos de K y  $h/a$  correspondientes (Ver Anexo 4)
- 6- Multiplicar los valores obtenidos de  $h/a$  en el paso anterior por el valor  $a_1$ . Asimismo con el 5to y 6to paso se genera una tabla con los valores correspondientes de K y  $h$ .
- 7- Graficar la curva K x  $h$  de los valores obtenidos de la tabla generada en el paso sexto.
- 8- Se escoge otro valor  $a_2$  arbitrariamente diferente a  $a_1$  y se repite todo el proceso, resultando una nueva curva K x  $h$ .
- 9- Se grafica esta nueva curva K x  $h$  en el mismo gráfico del séptimo paso.
- 10- La intersección de las dos curvas K x  $h$  en un punto resultará los valores reales de K y  $h$ , por lo tanto la estratificación estará definida.

Este procedimiento ha sido aplicado para conocer la estratificación del terreno. Los resultados se muestran en el Anexo 4.

## Equipos Utilizados

El equipo utilizado es un Telurómetro marca Megabras, modelo MTD-20 kWe Serie 13A1702 debidamente calibrado con certificado N° 533484, conteniendo estuche, jabalinas, cables de conexión y comba.

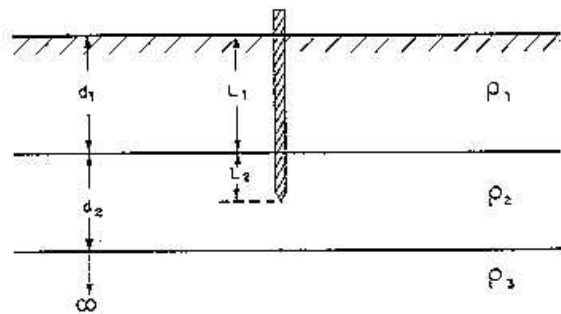
El equipo presenta mediciones en diferentes escalas, con sus respectivos márgenes de error.

En el Anexo 4 se detalla las mediciones realizadas.

El desarrollo de la estratificación de terreno se realizó mediante el Método de las Curvas, correspondiente a las mediciones de resistividad eléctrica por el método Wenner. En el Anexo 4 se detalla los procedimientos realizados para la obtención de la estratificación.

Después de obtener las resistividades por capa, se procede a la obtención de la resistividad aparente ( $\rho_a$ ), mediante la siguiente metodología:

**Figura 8:** Asta Clavada en un Suelo Estratificado



**Fuente:** Elaboración Propia

De donde la resistividad aparente ( $\rho_a$ ) resulta como sigue:

$$\rho_a = \frac{L_1 + L_2}{\frac{L_1}{\rho_1} + \frac{L_2}{\rho_2}}$$

Donde:

- $L_1$  : Distancia de la en la primera camada
- $L_2$  : Distancia de la en la segunda camada
- $\rho_1$  : Resistividad de la primera camada
- $\rho_2$  : Resistividad de la segunda camada
- $\rho_a$  : Resistividad Aparente del terreno

En el Anexo 4 se muestra las resistividades obtenidas.

#### 4.4.7.3 Cálculo de Puesta a Tierra

En los sistemas de media tensión, se requiere que las instalaciones de redes primarias garanticen la seguridad de las personas y operación del sistema.

El sistema de utilización contempla la instalación de puestas a tierra tipo varilla PAT-01 y PAT-02.

La resistencia de puesta a tierra del sistema PT1 resulta de aplicar la siguiente fórmula:

$$R = \frac{1}{2 * \pi * L} \left[ \rho * \left( \ln \left( \frac{4L}{r_1} \right) - 1 \right) + \rho_1 * \left( \ln \left( \frac{4L}{r} \right) - 1 \right) - \rho_1 * \left( \ln \left( \frac{4L}{r_1} \right) - 1 \right) \right]$$

Donde:



$\rho$  = Resistividad eléctrica aparente del terreno (ohm-m)

$\rho_1$  = Resistividad eléctrica aparente del terreno (ohm-m) con tratamiento o suelo Artificial.

$L$  = Longitud de la (2,40 m)

$r$  = Radio de la varilla (8 mm)

$r_1$  = Radio que ocupa el suelo artificial (tratamiento)

Los resultados del procedimiento de cálculo se muestran en el Anexo 5.

#### **4.3.3. Cálculos Eléctricos Caseta de Transformación**

En el Anexo 6 se presentan los resultados del cálculo de ventilación que se instalarán en la subestación tipo caseta.

#### **4.3.4. Cálculos Mecánicos**

##### **4.3.4.1. Distancias Mínimas de Seguridad**

El Código Nacional de Electricidad en su Sección 23 establece las distancias mínimas de seguridad, referidas a líneas de media tensión.

Las tablas que se muestran a continuación son aquellas en las que el Código Nacional de Electricidad establece las distancias mínimas de seguridad que deben cumplir las redes de media tensión y subestaciones de distribución:

**Tabla 232-1**

**Distancias verticales de seguridad de alambres, conductores y cables sobre el nivel del piso. camino, riel o superficie de agua**

<b>Naturaleza de la superficie que se encuentra debajo de los alambres, conductores o cables</b>	<b>Conductores de suministro expuestos, de más de 750 V a 23 kV (m)</b>
Cuando los alambres, conductores o cables cruzan o sobresalen	
2.a. Carreteras y avenidas sujetas al tráfico de camiones	7
2.b. Caminos, calles y otras áreas sujetas al tráfico de camiones	6,5
3. Calzadas, zonas de parqueo, y callejones	6,5
<b>4. Otros terrenos recorridos por vehículos, tales como cultivos, pastos, bosques, huertos, etc.</b>	<b>6,5</b>
5.a. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículos	5
<b>5.b. Calles y caminos en zonas rurales</b>	<b>6,5</b>
Cuando los alambres o cables recorren a lo largo y dentro de los límites de las carreteras u otras fajas de servidumbre de caminos pero que no sobresalen del camino	
9.a. Carreteras y avenidas	6,5
9.b. Caminos, calles o callejones	6
9.c. Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículo	5
<b>10. Calles y caminos en zonas rurales</b>	<b>5</b>

**Tabla 233-1**

**Distancia de seguridad vertical entre los alambres, conductores y cables tendidos en diferentes estructuras de soporte**

<b>Naturaleza de la superficie que se encuentra debajo de los alambres, conductores o cables</b>	<b>Conductores de suministro expuestos, de más de 750 V a 23 kV (m)</b>
2.Comunicaciones: retenidas, conductores y cables, y cables mensajeros	1,8
3.Cables de suministro que cumplen con la regla 230.C.1 y cables de suministro hasta 750 V que cumplen con las reglas 230.C.2 o 230.C.3	1,2
4.Conductores de suministro expuestos, hasta 750 V; cables de suministro de más de 750 V que cumplen con la regla 230.C.2 o 230.C.3	1,2
5.Conductores de suministro expuestos, de 750 V a 23 kV	1,2

**Tabla 234-1**

**Distancia de seguridad de los alambres, conductores, cables y partes rígidas con tensión no protegidas adyacentes pero no fijadas a edificios y otras instalaciones a excepción de puentes**

<b>Distancia de Seguridad de</b>	<b>Conductores de suministro expuestos, de más de 750 V a 23 kV (m)</b>
<b>1. Edificaciones</b> <b>a. Horizontal</b> <b>(1) A paredes, proyecciones, balcones, ventanas y áreas fácilmente accesibles</b>	<b>2,5</b>

<b>b. Vertical<sup>14</sup></b> <b>(1) Sobre techos o proyecciones</b> <b>no fácilmente accesibles a</b> <b>peatones</b>	<b>4</b>
(2) Sobre balcones y techos fácilmente accesibles a peatones	4
(3) Sobre techos accesibles a vehículos pero no sujetos a tránsito de camiones	6,5
(4) sobre techos de estacionamiento accesibles al tránsito de camiones	6,5

#### **4.3.4.2. Cálculo Mecánico de Conductores**

Los conductores para redes primarias aéreas serán desnudos, de aleación de aluminio AAAC, fabricados según las prescripciones de las normas ASTM B398, ASTM B399 o IEC 1089.

Los resultados de los cálculos mecánicos de conductores se muestran en el Anexo 7.

Los cálculos mecánicos de conductores permiten determinar los esfuerzos máximos y mínimos para el conductor en las diferentes hipótesis planteadas, de manera que se pueda diseñar adecuadamente las estructuras de la red primaria estos cálculos son presentados en el Anexo 7.

Asimismo se considera que los conductores de las redes primarias se han templado a EDS inicial de 18%, verificándose la distribución de estructuras a un EDS final del:

- 7% del tiro de rotura para los vanos flojos.

Para efectuar los cálculos mecánicos se ha efectuado el siguiente procedimiento:

Dichos cálculos permiten determinar los esfuerzos máximos y mínimos en las hipótesis correspondientes, los primeros para determinar la robustez de las estructuras y, los segundos para la flecha máxima; además los distanciamientos entre fase y fase.

#### **Hipótesis Adoptadas.**

<b>A.- HIPÓTESIS I</b>	<b>: ESFUERZO MÁXIMO</b>
Temperatura mínima	: 10,5 °C.
Velocidad del viento	: 94 km/hr.
<b>B.- HIPÓTESIS II</b>	<b>: ESFUERZOS NORMALES</b>
Temperatura ambiente	: 25 °C
Sin viento	
<b>C.- HIPÓTESIS III</b>	<b>: FLECHA MÁXIMA</b>
Temperatura	: 50 °C.
Sin viento	

### **Esfuerzos máximos.**

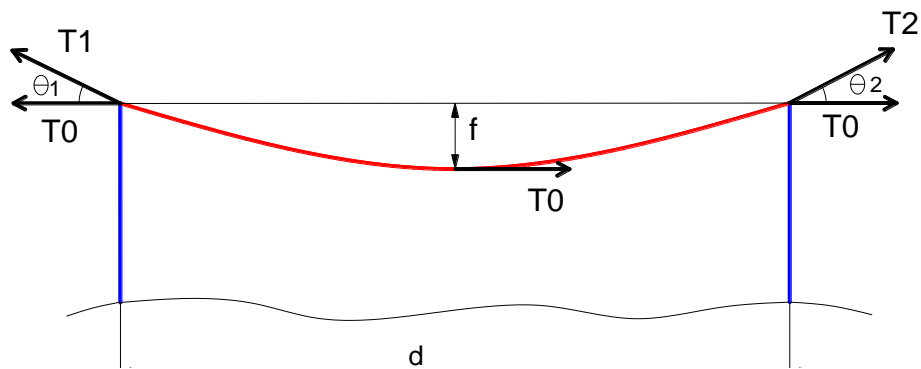
Las Normas Internacionales y las Instituciones vinculadas a la investigación respecto al comportamiento de los conductores, recomiendan que en líneas con conductores

EDS inicial 18% del esfuerzo de rotura del conductor

EDS final 15% del esfuerzo de rotura del conductor

### **Formulas Adoptadas.**

Del gráfico.



Donde:

d : Vano.

w : Peso del cable por unidad de longitud.

T0 : Tensión mecánica horizontal del cable en los apoyos

T1 y T2 : Tensión mecánica de cable en los apoyos

### A. Ecuación de Cambio de Estado.

$$\sigma_2^3 + \left[ E\alpha(t_2 - t_1) - \sigma_1 + \left(\frac{w_1 d}{A\sigma_1}\right)^2 \cdot \frac{E}{24} \right] \cdot \sigma_2^2 - \left(\frac{w_2 d}{A}\right)^2 \cdot \frac{E}{24} = 0$$

Donde:

$w_1, w_2$  : Pesos resultantes en los estados 1 y 2 (N/m).

$\sigma_1, \sigma_2$  : Esfuerzos en los estados 1 y 2 (N/mm<sup>2</sup>).

$t_1, t_2$  : Temperatura en los estados 1 y 2 (°C).

$\alpha$  : Coeficiente de Dilatación Lineal (1/°C).

$E$  : Módulo de elasticidad (N/mm<sup>2</sup>).

$A$  : Sección (mm<sup>2</sup>).

$d$  : Vano (m).

Si;

$$M = E\alpha(T_2 - T_1) - \sigma_1 + \left(\frac{w_1 d}{A\sigma_1}\right)^2 \cdot \frac{E}{24}$$

$$N = \left(\frac{w_2 d}{A}\right)^2 \cdot \frac{E}{24}$$

La ecuación para el estado 2 a partir del estado 1 quedaría:

$$\sigma_2^3 + M \cdot \sigma_2^2 - N = 0$$

### B. Flecha (f).

$$f = \frac{wd^2}{8T_0}$$

Donde:

$d$  : Vano.

$w$  : Peso del cable por unidad de longitud.

$T_0$  : Tensión mecánica de cable en los apoyos

### C. Vano Viento (Vv) y Vano Peso (Vp).

$$V_v = V_p = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Donde:

d1 : Vano atrás

d2 : Vano adelante

### D. Cálculo de vano básico

El tensado de conductores, comprendido entre dos estructuras de anclaje, debe tener el mismo esfuerzo a lo largo de todo el tendido de la línea.

Es por ello que es importante el concepto de vano básico ya que es el que nos permite absorber las diferencias de tensión de los conductores por variación del vano y de las condiciones meteorológicas de la zona.

Analíticamente se demuestra:

$$\text{Vano básico} = \sqrt{\frac{L_1^3 + L_2^3 + \dots + L_n^3}{L_1 + L_2 + \dots + L_n}}$$

Considerando los vanos del proyecto tenemos:

$$V_b = 3m$$

#### 4.3.4.3. Cálculo Mecánico de Estructuras



Los cálculos mecánicos estructurales se muestran en el Anexo 8, para ello se siguió el procedimiento:

### **Calculo de Esfuerzos.**

Para los cálculos se ha tenido en cuenta las siguientes fórmulas:

**a. Diámetro de empotramiento:**

$$d1 = d0 + \frac{h}{H}(d2 - d0)$$

**b. Altura en donde está aplicada la fuerza del viento:**

$$z = \frac{h}{3}(d1 + 2.d0)/(d1 + d0)$$

**c. Carga producida por el viento sobre el poste:**

$$F_{vp} = P_v.[h \times (d0 + d1)]/2$$

**d. Momento del viento sobre el poste:**

$$M_{vp} = F_v.z$$

**e. Carga producida por el viento sobre el conductor:**

$$F_{vc} = P_v.L.(\varnothing_c/1000).Cos(\alpha/2)$$

**f. Tracción de los conductores:**

$$T_c = 2.\sigma.A.Sen(\alpha/2)$$

**g. Fuerza debido a los conductores sobre el poste:**

$$F_c = F_{vc} + T_c$$

$$F_c = P_v.L.(\varnothing_c/1000).Cos(\alpha/2) + 2.\sigma.A.Sen(\alpha/2)$$

**h. Momento del conductor sobre el poste:**

$$M_c = F_c.h_i$$

**i. Momento Total en condiciones normales para estructuras de alineamiento:**

$$Mt = M_{vp} + M_c = F_c \cdot \sum h_i + F_{vp} \cdot z$$

$$Mt = [P_v \cdot L \cdot (\emptyset_c / 1000) \cdot \cos(\alpha / 2) + 2 \cdot \sigma \cdot A \cdot \sin(\alpha / 2)] \cdot \sum h_i + F_{vp} \cdot z$$

**j. Momento Total en condiciones normales para estructuras Terminales:**

$$Mt = M_{vp} + M_c = F_c \cdot \sum h_i + F_{vp} \cdot z$$

$$Mt = 2 \cdot \sigma \cdot A \cdot \sin(\alpha / 2) \cdot \sum h_i + F_{vp} \cdot z$$

**k. Fuerza total sobre el poste:**

$$F_p = M_t / h_p$$

Donde:

H : Longitud total del poste (m).

h : Longitud libre del poste expuesto al viento (m).

h<sub>p</sub> : Altura sobre el terreno a una distancia de 10 cm del extremo superior del poste.

L : Vano Viento (m).

h<sub>i</sub> : Altura sobre el terreno donde se aplica F<sub>c</sub> (m).

A : Sección del conductor (mm<sup>2</sup>).

P<sub>v</sub> : Presión debida al viento (Pa).

d<sub>0</sub> : Diámetro del poste en la punta (m).

d<sub>1</sub> : Diámetro del poste en empotramiento (m).

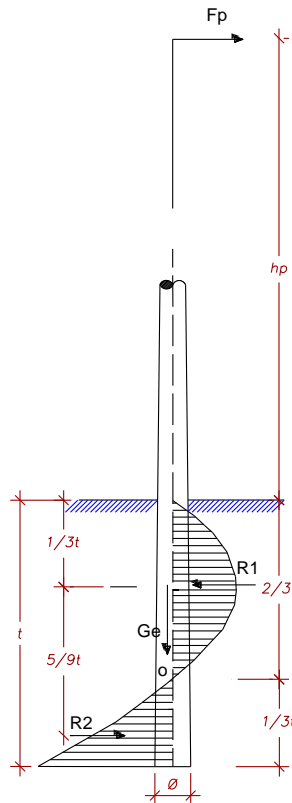
d<sub>2</sub> : Diámetro en la base del poste (m).

∅<sub>c</sub> : Diámetro exterior del conductor (mm).

z : Punto de aplicación de la F<sub>vp</sub>

#### 4.3.4.4. Método de cálculo de las cimentaciones para Postes C.A.C de las Redes Primarias

Para el diseño de la cimentación del poste concreto se basó en la distribución de esfuerzos que se genera por reacción ante una fuerza horizontal, metodología dada por Sulzberger, encontrándose que estas reacciones actúan con mayor incidencia en la base del poste (profundidad “t”) y en la dos terceras partes de profundidad ( $2/3t$ ) a la que se encuentra enterrado el poste. En la figura se aprecia mejor la distribución de esfuerzos generados.



Como el sistema se encuentra en equilibrio se debe cumplir que:

$$\sum F_h = 0 \qquad \sum M_o = 0$$

$$F_p - R_1 + R_2 = 0; R_2 = R_1 - F_p \dots\dots\dots(1)$$

$$F_p * (h_p + 2 * t/3) - R_1 * (t/3) - R_2 * (2 * t/9) = 0 \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{De (1):} \qquad R_1 = (F_p / (5t)) * (9h_p + 8t) \dots(3)$$

$$\text{De (2):} \qquad R_2 = (F_p / (5t)) * (9h_p + 3t)$$

.....(4)

$$A_2 = \phi * t/3 \qquad \sigma_1 = R_1 / A_1 \qquad (\text{kg/cm}^2)$$

$$A_1 = \phi * t * 2/3 \qquad \sigma_2 = R_2 / A_2 \qquad (\text{kg/cm}^2)$$

Una vez determinada los esfuerzos generados por R1 y R2 se procede a compararlos por la capacidad admisible laterales, cuyos valores se basó en los índices de compresibilidad del material en el cual irá el poste, para ello se tendrá que reemplazar si es necesario por un mejor material o en todo caso se utilizará el material propio compactado en capas de 20 cm, asumiéndose a que se llega a una capacidad admisible de 5 kg/cm<sup>2</sup>.

$$\sigma_1 \qquad \sigma t = 5 \text{ kg / cm}^2$$

<

Ok!

$$\sigma_2 \qquad \sigma t = 5 \text{ kg / cm}^2$$

<

Ok!

En cuanto a la fuerza vertical ejercida por el poste al suelo, se tendrá que comparar con la capacidad admisible hallada anteriormente.

El área del poste en el fondo de cimentación es :  $A_3 = \phi^2 * \pi/4$

El esfuerzo transmitido es :  $G_e/A_3$

Si la capacidad portante del suelo es menor que la solicitada, se tendrá que realizar una mejor distribución de esfuerzos por medio de un solado, o un bloque prefabricado si es necesario.

Donde:

t : Profundidad de cimentación.

$A_3$  : Área de la base del poste en el fondo de la cimentación.

$\sigma_t$  : Presión máxima admisible en las paredes del terreno.

$G_e$  : Carga vertical total.

$R_1, R_2$  : Reacciones generadas debido a la fuerza horizontal.

$\sigma_1, \sigma_2$  : Esfuerzos generados por la reacciones.

$F_p$  : Carga horizontal de trabajo.

$h_p$  : Altura útil del poste.

$h$  : Altura total del poste.

$\phi$  : Diámetro de la base del fondo del poste.

### **Verificación de estabilidad:**

El método de Sulzberger se basa sobre un principio verificado experimentalmente, que para las inclinaciones limitadas, el terreno se

comporta de manera elástica. En consecuencia se obtiene reacción de las paredes verticales de excavación y normales a la fuerza actuante sobre el poste.

El método acepta que la profundidad de entrada del bloque dentro del terreno depende de la resistencia específica del terreno contra la presión externa en el lugar considerado. La mencionada resistencia específica se puede llamar “presión admisible del suelo” y se mide en N/m<sup>2</sup>.

El método se basa en que la resistencia que se opone a la inclinación de la cimentación se origina en dos efectos principales:

- 1.- Encastramiento de la cimentación en el terreno como también fricción entre concreto y tierra, a lo largo de las paredes verticales, normales a la fuerza actuante.
- 2.- Reacción del fondo de la excavación provocada por las cargas verticales.

Las fuerzas mencionadas en el punto 1, se evidencian en el momento  $M_s$ , llamado momento de encastramiento y las del punto 2, en el momento del fondo  $M_b$ . En caso de cimentaciones de poca profundidad y dimensiones transversales relativamente grandes existe la relación:

$$\frac{M_s}{M_b} < 1$$

En este caso para obtener una suficiente estabilidad de la cimentación es necesario multiplicar el valor del momento actuante por el coeficiente “s”

( $1 \leq s \leq 1,5$ ); este coeficiente depende del cociente  $\frac{M_s}{M_b}$  y se puede tomar

(interpolando) del cuadro N° 01:

**Cuadro N° 01**

$\frac{M_s}{M_b}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
s	1,500	1,383	1,317	1,260	1,208	1,150	1,115	1,075	1,040	1,017	1,000

La ecuación de dimensionamiento de la cimentación es entonces:

$$M_s + M_b > sM$$

Donde:

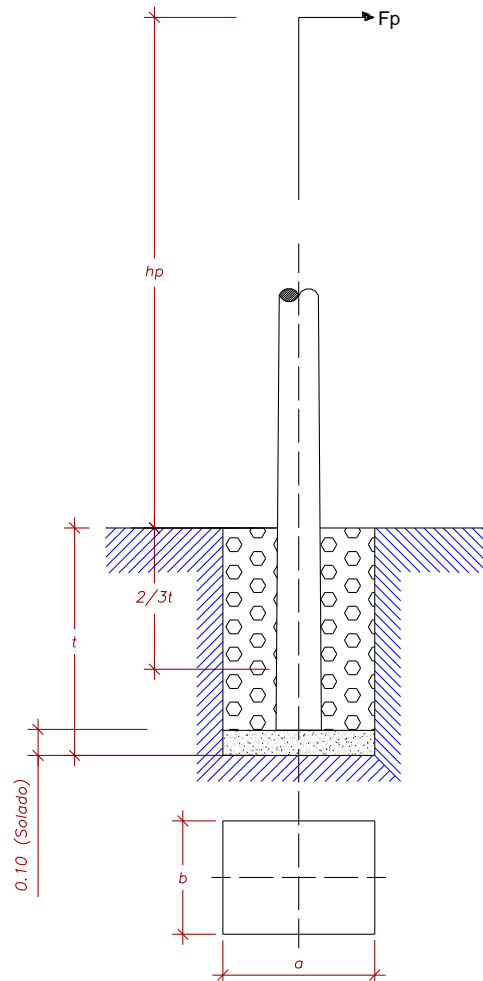
Ms: Momento de encastramiento.

Mb: Momento del Fondo.

M: Momento flector.

#### **4.3.4.5. Cálculo del Momento Flector (M)**

El momento flector se determina a una profundidad de  $\frac{2}{3}t$ , eje de giro que se encuentra en el centro de gravedad de la superficie de carga.



El momento flector viene expresado por la siguiente formula:

$$M = F_p \cdot \left( h_p + \frac{2}{3} t \right)$$

Donde:

$F_p$ : Carga de trabajo.

$h_p$ : Altura útil del poste.

$t$ : Profundidad de cimentación.



#### 4.3.4.6. Cálculo del Momento de Fondo (Mb) y Momento de Encastramiento (Ms).

A efectos de determinar la profundidad requerida y corregirla, el momento de fondo en primera aproximación se supone igual a:

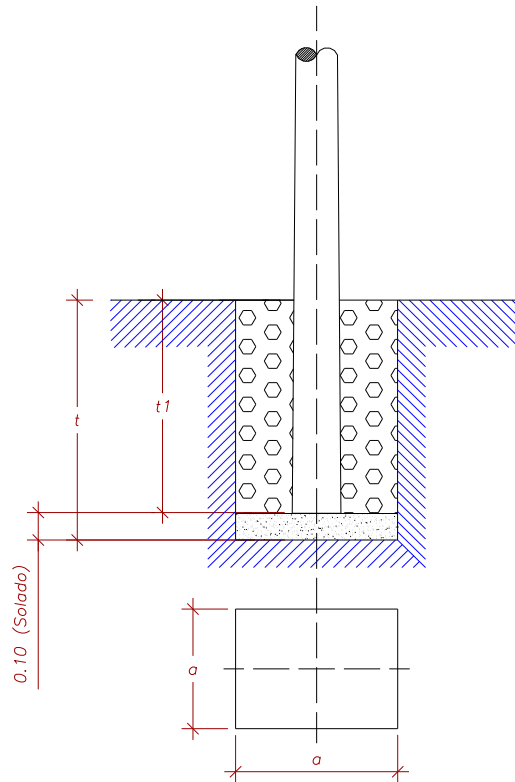
$$M_b = (0,34 - 0,44) * G * a$$

$$G = G_{estructura} + G_{bloque .concreto} + G_{terreno}$$

$$G_{bloque .concreto} = \left[ a.b.t - \frac{\pi.(d_e)^2}{4} * t_1 \right] * \gamma_c$$

$$d_e = d_b - (d_b - d_p) * t_1 / h$$

$$G_{terreno} = \left\{ \frac{t}{3} \left[ a.b + (a + 2.t.\tan \beta)(b + 2.t.\tan \beta) + \sqrt{a.b.(a + 2.t.\tan \beta)(b + 2.t.\tan \beta)} \right] - t.a.b \right\} \gamma_t$$



Donde:

$G$  : Peso vertical total

$G_{estructura}$  : Peso de poste y accesorios

$d_e$  : diámetro de empotramiento

$d_b$  : diámetro de empotramiento

$d_p$  : diámetro de empotramiento

$t_1$  : Profundidad de enterramiento de poste

$a, b$  ( $a=b$ ) : lado base de cimentación

$\gamma_t$  : Peso específico aparente del terreno

$\gamma_c$  : Peso unitario concreto simple

El momento de encastramiento entonces será:

$$M_s = M - M_b$$

Se calcula  $C_t$  a la profundidad “t”

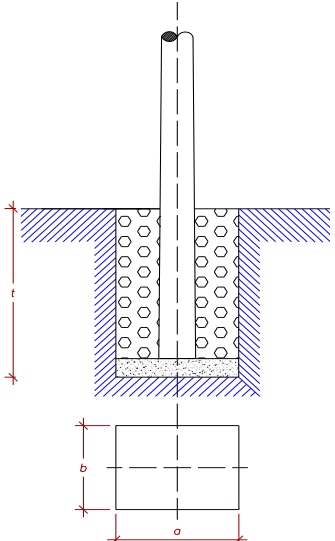
$$C_t = \frac{t}{2} C_{t,2\text{metros}}$$

La profundidad necesaria se calculara según la fórmula:

$$t = 15.34 \sqrt{\frac{M_s}{b * C_t}}$$

Una vez definida la profundidad “t” requerida, se debe verificar la estabilidad de la estructura según las fórmulas que se muestran en el cuadro N° 02.

**Cuadro N° 02**

	Momento de Encastramiento		Momento de fondo	
	$\tan \alpha_1$	$M_s$	$\tan \alpha_2$	$M_b$
	$\frac{6\mu G}{bt^2 C_t} \geq 0,01$	$\frac{bt^3}{12} C_t \tan \alpha$	$\frac{2G}{a^2 b C_b} \geq 0,01$	$\frac{ba^3}{12} C_b \tan \alpha$
	$\frac{6\mu G}{bt^2 C_t} \leq 0,01$	$\frac{bt^3}{36} C_t \tan \alpha$	$\frac{2G}{a^2 b C_b} \leq 0,01$	$G \left( \frac{a}{2} - 0,47 \sqrt{\frac{G}{b C_b \tan \alpha}} \right)$

Donde:

$\mu$ : Coeficiente de la fricción entre terreno y concreto.

Ct, Cb: Índice de compresibilidad corregida a la profundidad t.  $C_t = \frac{t}{2} C_{t,2\text{metros}}$

Tan $\alpha$  : 0,01 (Es el máximo giro permisible para llegar a las reacciones estabilizadoras del terreno).

Finalmente verificamos la relación:

$$M_s + M_b > sM$$

Los resultados del procedimiento descrito anteriormente se muestran en el Anexo 9.

## **4.5 Especificaciones de Suministro y Montaje de los componentes del Sistema Eléctrico**

### **4.5.1 Especificaciones Técnicas de Suministro de Materiales**

#### **4.5.1.1 Postes y Accesorios de Concreto**

##### **A. Alcance**

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas para la fabricación, pruebas y entrega de postes y crucetas de concreto armado que se utilizarán en la red primaria.

##### **B. Normas Aplicables**

El suministro cumplirá con la última versión de las normas:

NTP 339.027 Postes de hormigón (concreto) armado para líneas aéreas.

### C. Características Técnicas de los Postes

Los postes de concreto armado serán centrifugados y de forma tronco cónica. El acabado exterior deberá ser homogéneo, libre de fisuras, cangrejas y excoiaciones. Tendrán las siguientes características:

✓ Longitud (m)	13
✓ Carga de trabajo a 0,10 m de la cabeza (Kg.)	400
✓ Diámetro en la cabeza (mm)	180
✓ Diámetro en la base (mm)	375
✓ Coeficiente de seguridad	2
✓ Garantía de Fabricación (años)	20
✓ Recubrimiento mín. sobre el fierro (mm)	25
✓ Peso (Kg)	1 50
✓ Conicidad (mm/m)	0
✓ Armadura (varillas)	Según N.T.P
	339,027

La relación de la carga de rotura (a 0,10 m debajo de la cabeza) y la carga de trabajo será igual o mayor a 2.

Los postes deberán ser suministrados con caracteres impresos y con caracteres legibles e indelebles y en lugar visible a 4,00m, la información siguiente:

a) Marca o nombre del fabricante

- b) Fecha de fabricación
- c) Designación del poste

Un poste se designará de la siguiente manera:

**13 / 400 / 2 / 180 / 375**

				-----	Diámetro de la base	: <b>375</b> mm
				-----	Diámetro de la cima	: <b>180</b> mm
				-----	Coeficiente de seguridad:	<b>2</b>
				-----	Carga de trabajo	: <b>400</b> kg.
				-----	Longitud total	: <b>13</b> m

Los agujeros que deben tener los postes, así como sus dimensiones y espaciamientos entre ellos, se muestran en la lámina del proyecto.

### **Protección y acabado de postes de concreto**

Con el objeto de garantizar la protección de las varillas de acero y elementos metálicos (armadura) que contienen en su parte interior y evitar su deterioro por ataques de la humedad, los hongos, los ácidos, ambiente salitroso, agentes externos del intemperismo y/o corrosión, la superficie exterior de los postes se deberá cubrir totalmente con inhibidores de la corrosión y selladores tipo impermeabilizantes, de reconocida calidad.

Serán empleados según los procedimientos, aditamentos y cantidades que especifican los fabricantes en sus Catálogos Técnicos (aplicado mínimo dos capas).

De preferencia los selladores e inhibidores de la corrosión deberán ser aplicados por los mismos fabricantes de los postes de concreto.

### **Protección complementaria - base de los postes**

Adicionalmente, para asegurar la protección de la base de los postes contra los ataques de la humedad, los hongos, los ácidos, ambiente salitroso y/o agentes externos del intemperismo, hasta una altura de 3,00 m. y en especial en la circunferencia de encuentro con el bloque de cimentación y la vereda, se deberá aplicar aditivo inhibidor de la corrosión, aditivo impermeabilizante y recubrimiento sistema duplo (2 capas, con 4 mils e.p.s./capa), que deberá tener el adecuado secado para cumplir con los objetivos esperados.

Esta protección sirve a la vez de sellador en la zona de encuentro del poste con su bloque de cimentación o vereda; por tanto, durante el traslado y montaje del poste se deberá evitar en lo posible su deterioro. En caso que esto sucediera, se deberá volver a aplicar ésta hasta el e.p.s. indicado y en 2 capas.

### **D. Características Técnicas de las Crucetas**

Serán de concreto armado vibrado, con pretensado parcial, superficie lisa y de color cemento, deberán tener como protección un aditivo inhibidor de corrosión. El recubrimiento sobre las armaduras será hecha con mezcla homogénea, los orificios para la fijación de los aisladores poliméricos tipo PIN o cadena de aisladores

estarán constituidos por tubos metálicos de 4,75mm de diámetro interior, libre de rebabas que impidan el paso de los pernos especificados, con las siguientes dimensiones y características:

**a. Tipo Simétrica (Z/2,00/300)**

– Longitud	:	2,00 m
– Peso	:	60 Kg.
– Carga de trabajo transversal	:	300 Kg.
– Carga de trabajo vertical	:	150 Kg.
– Carga de trabajo longitudinal	:	300 Kg.
– Factor de seguridad	:	2,0
– Recubrimiento mín. sobre el fierro	:	25mm
– Diseño	:	Lámina N° 13

**b. Tipo Asimétrica (Za/2,00/250)**

– Longitud	:	2,00 m
– Peso	:	60 Kg.
– Carga de trabajo transversal	:	250 Kg.
– Carga de trabajo vertical	:	150 Kg.
– Carga de trabajo longitudinal	:	300 Kg.
– Factor de seguridad	:	2,0
– Recubrimiento mín. sobre el fierro	:	25mm
– Diseño	:	Lámina N° 14



## **E. Características Técnicas de las Plataformas (Media losa)**

Las plataformas serán de concreto armado vibrado con pretensado parcial, superficie lisa y de color cemento, deberán tener como protección un aditivo inhibidor de corrosión; se instalarán en la estructura aérea monoposte para soporte de trafomix. Serán de una sola pieza y tendrán una longitud de 1,30m.

- Longitud : 1,30 m
- Peso : 180 kg
- Diámetro de embone : 300 mm.
- Total agujeros pasantes : 20 de 14mmø
- Peso que soporta p/c media losa : 750 kg.
- Recubrimiento mín. sobre el fierro : 40mm
- Diseño : Lámina N° 14

## **F. Condiciones Generales**

El acabado exterior (terminado) de los postes de C.A.C. y accesorios de C.A.V., deberán ser homogéneos, libre de fisuras y excoiaciones el recubrimiento de las varillas de acero (armadura) deberá tener 25mm (postes, ménsulas, crucetas y palomillas) y 40mm (medias losas) como mínimo, respectivamente.

Todos los postes, crucetas, losas, palomillas (accesorios) llevarán un recubrimiento en doble capa de un sellador de concreto, con un rendimiento promedio de 20 m<sup>2</sup> por galón, para impermeabilizarlos contra la humedad y agentes externos.

## **G. Pruebas**

El suministro de los postes incluirá el compromiso del proveedor para efectuar las pruebas que se exigen según las Normas Técnicas vigentes y pertinentes, incluyendo sus procedimientos cualitativos y cuantitativos; cuyos resultados se consignarán en un Protocolo de Inspección y Pruebas; los que serán concordantes con la presente especificación y la oferta del proveedor. El costo de efectuar tales pruebas estará incluido en el precio cotizado por el proveedor y/o postor. Se efectuarán las pruebas de Rutina y por muestreo para cada tipo de postes: Inspección Visual, Esfuerzos Admisibles y Esfuerzos de Rotura. Las cantidades para efectuar las pruebas, están determinadas en las referidas Normas de Aplicación.

Las pruebas se efectuarán en las instalaciones del fabricante, en presencia de un representante del Propietario y del supervisor de obra.

### **4.5.1.2 Aisladores Poliméricos TIPO PIN**

#### **A. Alcance**

Esta Especificación cumple con el suministro de los aisladores poliméricos tipo PIN, y describe su calidad mínima aceptable de fabricación, pruebas y entrega.

#### **B. Normas**

El suministro cumple con la última versión de las siguientes normas:

ANSI C.29.1 AMERICAN NATIONAL STANDARD TEST  
METHODS FOR ELECTRICAL POWER  
INSULATORS

ANSI C29.6 AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR WET-  
PROCESS PORCELAIN INSULATORS (HIGH-  
VOLTAGE PIN TYPE)

### C. Características de los aisladores

Los aisladores poliméricos tipo PIN están constituidos por materiales de alta calidad y durabilidad.

El aislamiento elastomérico está conformado por Goma de Silicona de la más alta consistencia tipo HTV de DOW Corning y el núcleo del aislador es una barra de Fiberglass Round Rod del tipo ECR, el cual otorga una gran resistencia mecánica a la tracción, flexión y torsión.

Se resalta que la cabeza del aislador tipo Pín será de porcelana fina (parte donde se soporta el conductor).

#### Principales Características Técnicas

Aislador	Tipo Pin
<b>Dimensiones</b>	
A (Aleta mayor)	121mm
B (Aleta menor)	105mm

C (Altura)	345mm
<b>Propiedades mecánicas</b>	
Esfuerzo de flexión (cantiléver)	10KN
Esfuerzo de compresión	8KN
Peso	2,3Kg
<b>Propiedades eléctricas</b>	
Tensión nominal	28 Kv
Tensión disruptiva en seco	124 kV
Tensión disruptiva bajo lluvia	92 kV
Tensión de impulso negativo	208 kV
Tensión de impulso positivo	192 kV
Número de aletas	8
Distancia de arco	270mm
Línea de fuga mínima	760 mm

### Condiciones De Operación

El sistema eléctrico en el cual operarán, tiene las siguientes características:

- Nivel de Tensión de servicio de la red : 22,9KV
- Frecuencia de la red : 60 Hz

### D. Espiga soporte de los aisladores PIN

La espiga soporte del aislador tipo pín, deberá tener las siguientes características:

- Material : De acero tipo SAE 1020; forjado en una sola pieza y galvanizado en caliente.
- Rosca para el aislador: Cabeza roscada, conforme a la norma ASA C.29.6, con 38 mm. de longitud x 22 mm. de diámetro.
- Diámetro y longitud : Será de Ø 19mm y 231mm longitud; con rosca de 110mm de longitud; provisto de arandela cuadrada, arandela de presión, tuerca y contratuerca.
- Esfuerzo mecánico : 500 Kg.
- Accesorios : Se instalará con tuerca y contratuerca + 2 arandelas cuadradas de A°G°.; las que serán de acero SAE 1020.

## **E. Pruebas**

Todos los aisladores que forman parte del suministro serán sometidos durante su fabricación a todas las pruebas, controles, inspecciones o verificaciones prescritas en las normas indicadas, con la finalidad de comprobar que los aisladores satisfacen las exigencias, previsiones e intenciones del presente documento.

Los proveedores y/o fabricantes deberán alcanzar al propietario las pruebas de diseño o prototipo y las de conformidad a fin de demostrar las características de comportamiento.

### **4.5.1.3 Aisladores Poliméricos Tipo Suspensión**

#### **A. Alcances**

Estas Especificaciones cumplen con las condiciones técnicas requeridas para la fabricación, pruebas y entrega de los Aisladores Poliméricos Tipo Suspensión.

## **B. Normas Aplicables**

Los aisladores materia de esta especificación, cumplen con las prescripciones de las siguientes normas:

IEC 61109 : Composite insulators for a.c. overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria.

ASTM D 624 : Standard test method for tear strength of conventional vulcanized rubber and thermoplastic elastomers

DIN 53504 : Determination of tensile stress/strain properties of rubber

IEC 61466-1 : Composite string insulator units for overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V - Part 1: Standard strength classes and end fittings.

IEC 61466-2 : Composite string insulator units for overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V - Part 2: Dimensional and electrical characteristics.

IEC 60071-1	: Insulation co-ordination - Part 1: Definitions, principles and rules.
IEC 60383-2	: Insulators for overhead lines with a nominal voltage above 1 000 V- Part 2: Insulator strings and insulator sets for A.C. systems - definitions, test methods and acceptance criteria
IEC 60815	: Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions
ASTM G 154	: Standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of nonmetallic materials.
ASTM G 155	: Standard practice for operating xenon arc light apparatus for exposure of non-metallic materials.
ASTM A 153/A 153 M	: Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware.

## **C. Características Técnicas**

### **a. Núcleo**

El núcleo será de fibra de vidrio reforzada con resina epóxica de alta dureza de forma cilíndrica y destinada a soportar la carga mecánica

aplicada al aislador. El núcleo está libre de burbujas, sustancias extrañas o defectos de fabricación.

### **Recubrimiento del núcleo**

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

### **b. Aletas aislantes**

Las aletas aislantes son también de goma de silicón y firmemente unidos a la cubierta del cilindro de fibra de vidrio, dichas aletas son alternas con grado de inclinación y tienen un perfil diseñado de acuerdo con las recomendaciones de la Norma IEC 815.

La distancia de fuga requerida se logró ensamblando el necesario número de aletas.

### **c. Herrajes extremos**

Los herrajes extremos para los aisladores de suspensión, están destinados a transmitir la carga mecánica al núcleo de fibra de vidrio. La



conexión entre los herrajes y el cilindro de fibra de vidrio se ha efectuado por medio de compresión radial, de tal manera que asegura una distribución uniforme de la carga alrededor de la circunferencia del cilindro de fibra de vidrio.

Los herrajes para los aisladores tipo suspensión son de acero forjado o hierro maleable; el galvanizado corresponderá a la clase “C” según la norma ASTM A153.

#### Herrajes

Material de los herrajes	:	Acero forjado o hierro maleable
Norma de galvanización	:	ASTM 153
Herraje extremo de estructura	:	Horquilla (clevis)
Herraje del extremo de línea dimensiones y masa (tongue)	:	Lengüeta

#### **d. Características Técnicas Garantizadas Aislador Polimérico tipo suspensión**

Normas aplicables	:	IEC-1109 ANSI – 29.11
Tensión de diseño	:	36KV
Material del núcleo	:	Fibra de vidrio reforzado
Material del recubrimiento del núcleo	:	Goma de silicón
Material de las aletas	:	Goma de silicón

#### Valores Eléctricos

Tensión	:	36 kV
---------	---	-------

Distancia de fuga mínima	:	980 mm
Distancia de arco mínima	:	360 mm
Tensión de sostenimiento a la frecuencia industrial		
Húmedo	:	170 kV
Tensión de sostenimiento al impulso 1.2/50us	:	70 kV

#### Valores Mecánicos

Carga mecánica garantizada (sml)	:	70 kN
----------------------------------	---	-------

### **e. Características Técnicas**

#### **Grilletes tipo lira.**

Se emplearán para ensamblaje con la cadena de aisladores poliméricos como anclaje de la línea aérea de Media Tensión.

Mínima carga de rotura	:	70 KN
Peso en Kg	:	0,85
Material	:	Acero Galvanizado.
Acabado	:	Galvanizado en caliente ASTM- A 153

Se utilizarán en las estructuras ubicadas en ángulos donde se requiera dar un mayor grado de libertad a los aisladores poliméricos de anclaje.

### **f. Pruebas**

Todos los aisladores que forman parte del suministro serán sometidos durante su fabricación a todas las pruebas, controles, inspecciones o verificaciones prescritas

en las normas indicadas, con la finalidad de comprobar que los aisladores satisfacen las exigencias, previsiones e intenciones del presente documento.

Las pruebas se efectuarán en las instalaciones del fabricante, en presencia de un representante del Propietario a quien se le brindará todos los medios que le permitan verificar la calidad de los suministros.

#### **4.5.1.4 Conductor de Aleación de Aluminio**

##### **A. Alcances**

El presente documento establece las especificaciones técnicas mínimas que deberán cumplir los conductores de aleación de aluminio AAAC de 120 mm<sup>2</sup>, en cuanto a materia prima, diseño, fabricación, pruebas, transporte y operación, que se utilizará en la red de media tensión.

##### **B. Normas**

El suministro cumplirá con las últimas versiones de las siguientes normas:

- ✓ ASTM B 398M     Standard specification for Aluminium-Alloy 6201-T81 Wire  
for Electrical Purposes (metric)
- ✓ ASTM B 399M     Standard specification for Concentric-Lay-Stranded  
Aluminium Alloy 6201-T81 Conductors (metric)

##### **C. Condiciones técnicas ambientales y de operación**

###### **Condiciones ambientales de servicio**

Los conductores se instalarán en la red de media tensión cuyas características ambientales son las siguientes:

- Temperatura ambiente : 10,5°C y 35°C
- Humedad relativa : entre 50 y 90%
- Altura (m.s.n.m) : menor de 150
- Contaminación ambiental : Pesado

#### **a) Condiciones de operación del sistema**

Las características de operación del sistema son las siguientes:

- Nivel de tensión : 22,9 kV.
- Frecuencia de servicio : 60 Hz.

#### **D. Descripción del material**

Los conductores de aleación de aluminio se fabricaran con alambón de aleación de aluminio magnesio – silicio.

Estarán compuestos de alambres cableados concéntricamente y de único alambre central.

Los alambres de la capa exterior estarán cableados a la mano derecha. Las capas interiores se cablearan en sentido contrario entre sí.

Durante la fabricación y almacenaje se tomaran las precauciones necesarias para evitar la contaminación del aluminio con el cobre y otros materiales.

Los conductores tienen las siguientes características:

- Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	<b>120</b>
- Material	AAAC
- Hilos del conductor	19
- Diámetro nominal del hilo (mm)	2,85
- Diámetro exterior (mm)	14,3
- Carga de Rotura mínima (kN)	34,53
- Peso Aproximado (kg/km)	335
- Coeficiente de dilatación térmica (1/°C)	23x10-6
- Resistencia eléctrica máxima en c.c. a 20° (Ω/km)	0,663
- Temple	Duro
- Capacidad de corriente (A)	340
- Norma	RD26-EM-DGE

Otros:

Para el amarre de redes aéreas : Tipo sólido, desnudo, de aluminio 6 mm<sup>2</sup>, y varilla de armar sólo para conductor de Aluminio cuyas características se muestran en el ítem 2.5.3

## **E. Pruebas**

Los conductores que forman parte del suministro serán sometidos durante su fabricación a todas las pruebas, controles, inspecciones o verificaciones prescritas en las normas indicadas, con la finalidad de comprobar que los conductores satisfacen las exigencias, previsiones e intenciones del presente documento.

Las pruebas se efectuarán en las instalaciones del fabricante, en presencia de un representante del Propietario a quien se le brindará todos los medios que le permitan verificar la calidad de los suministros.

#### **4.5.1.5 Accesorios del Conductor de Aleación de Aluminio**

##### **A. Alcance**

Estas Especificaciones Técnicas cubren las condiciones requeridas para el suministro de accesorios del conductor de Aleación de Aluminio (AAAC) (conectores de empalme, varillas de armar, amortiguadores, etc.) describen su calidad mínima aceptable, tratamiento inspección, pruebas y entrega.

##### **A. Normas Aplicables**

El material cubierto por estas Especificaciones Técnicas cumplirá con las prescripciones de las siguientes Normas:

- ✓ ASTM A 153 Zinc Coating (Hot dip) on Iron and Steel Hardware
- ✓ ASTM B 201 Testing Chromate Coatings on Zinc and Cadmiun Surface
- ✓ ASTM B 230 Aluminiun 1350-H19 Wire for Electrical Purpose
- ✓ ASTM B 398 Aluminiun-Alloy 6201-T81 Wire for Electrical Purpose.

##### **B. Descripción de los Accesorios**

Estos accesorios se usarán con el conductor, cuyas características se muestran en las tablas técnicas.

##### **a. Grapa de Anclaje Tipo Pistola para Conductor de Aluminio.**

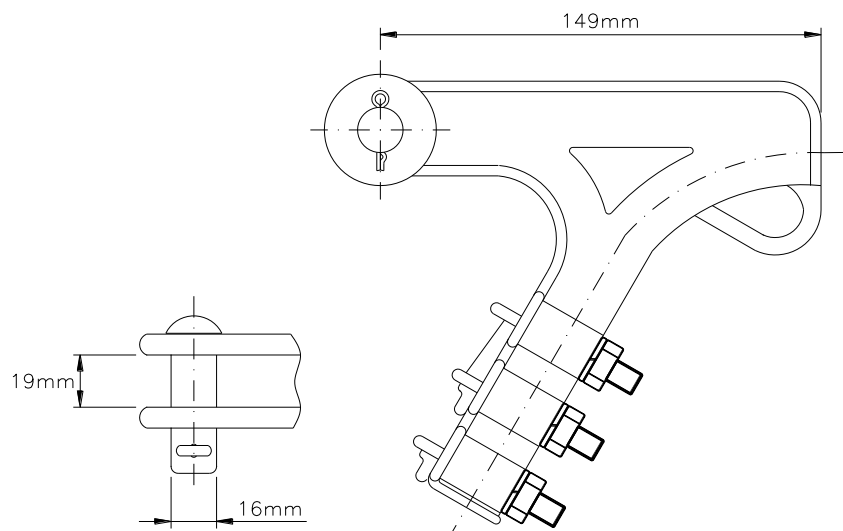
Será del tipo conductor pasante, y fabricado con aleación de aluminio de primera fusión, resistente a la corrosión comprobada, tales como Al-Mg, Al-Si, Al-Mg-Si., y para los conductores de cobre son de Acero Galvanizado.

La carga de rotura mínima de la grapa de anclaje es de 81 kN para conductor de aluminio.

Las dimensiones de la grapa son adecuadas para instalarse con conductores de aleación de aluminio de 120mm<sup>2</sup> de sección más la cinta plana de armar adecuada.

Estará provista, como mínimo 3 pernos de ajuste para conductor de Aluminio de 120mm<sup>2</sup>.

Tendrá las siguientes dimensiones:



#### **b. Alambre de amarre**

Se utilizará conductor de aluminio, tipo sólido, desnudo de 6 mm<sup>2</sup> cuyas características se detallan a continuación:

Sección nominal (mm<sup>2</sup>) : 6

Material	:	Al.
Hilos del conductor	:	1
Diámetro nominal del hilo (mm)	:	3,27
Diámetro exterior (mm)	:	3,27
Carga de Rotura mínima (KN)	:	0,25
Peso Aproximado (kg/km)	:	14,2
Coeficiente de dilatación térmica (1/°C)	:	23x10-6
Resistencia eléctrica máxima en c.c. a 20° (Ω/km)	:	3,894
Tipo	:	Gr. Elé
Temple	:	Recocido

#### **c. Cinta plana de Al para armar**

Será de aluminio grado 1 345, espesor de 1,3 mm y ancho 1 cm, protege al conductor de aleación de aluminio en instalaciones con las grapas tipo Pistola.

#### **d. Conectores de derivación tipo cuña**

Serán del tipo AMPACT para secciones de 35 y 120 mm<sup>2</sup>. Estos son adecuados para conductores del tipo Al/Al y Al/Cu. Están conformados por un cuerpo “C” y una cuña cuya configuración es apropiada para ejercer efecto resorte incluido antioxidante. Los rangos de los conductores principales y de derivación se indican en la tabla siguiente:



JJ&P SUMTEL		Conductor principal mm2							
mm2		10	16	25	35	50	70	95	120
Conductor derivado mm2	1.5	V	IV	III	G	H	K	C	L
	2.5	V	IV	III	G	H	K	C	L
	4	V	IV	III	A	A	J	C	L
	6	IV	III	III	A	A	J	C	L
	10	IV	III	II	A	B	C	C	L
	16		II	I	I	VII	D	D	L
	25			I	I	VII	VII		
	35				VII	VII	VI		
	50					VI	VI		
	70						VIII		

#### e. Galvanizado

Todas las partes metálicas ferrosas excepto aquellas de acero inoxidable, serán galvanizadas en caliente según norma ASTM A 153, debiendo tener un espesor mínimo de 100  $\mu\text{m}$ . El galvanizado tendrá textura lisa y se efectuará después de cualquier trabajo de maquinado. La preparación del material para el galvanizado y el proceso mismo del galvanizado no afectaran las propiedades mecánicas de las piezas trabajadas.

#### C. Pruebas

El suministro de los conectores tipo cuña Ampact, incluirá el compromiso del proveedor para presentar al propietario tres (03) copias certificadas de los documentos que demuestren que todas las pruebas señaladas en las Normas Técnicas vigentes y pertinentes han sido realizadas y que los resultados obtenidos están de acuerdo con la presente especificación y la oferta del postor. El costo de efectuar tales pruebas estará incluido en el precio cotizado por el proveedor y/o postor.

#### **4.5.1.6 Conductores de Cobre**

##### **A. Alcances**

El presente documento establece las especificaciones técnicas mínimas que deberán cumplir los conductores de cobre, en cuanto a materia prima, diseño, fabricación, pruebas, transporte y operación, que se utilizará en el proyecto.

Para la conexión de los equipos de seccionamiento (CUT OUT), se utilizaran conductores de cobre forrado tipo CPI, temple duro de 35 mm<sup>2</sup> de sección.

##### **B. Normas**

El suministro cumplirá con las últimas versiones de las siguientes normas:

- ✓ NTP 370.042: Conductores de cobre desnudo para uso eléctrico.

##### **C. Características constructivas**

Las características constructivas mínimas de los conductores son las siguientes:

- |                                      |   |       |
|--------------------------------------|---|-------|
| - Sección (mm <sup>2</sup> )         | : | 35    |
| - Conductor de                       | : | COBRE |
|                                      |   |       |
| - Hilos del conductor                | : | 7     |
| - Diámetro nominal de los hilos (mm) | : | 2,52  |
| - Diámetro nominal externo (mm)      | : | 7,56  |
| - Tracción de rotura mínima (Kg)     | : | 1 363 |
| - Peso total aproximado (Kg/Km)      | : | 310   |

- Temple : Duro

#### **D. Características Eléctricas**

- Sección del conductor (mm) : 35  
- Tensión nominal de servicio (KV) : 10  
- Resistencia cc a 20 °C (Ohm/Km.) : 0,53  
- Máxima corriente sin corrección (A) : 231

#### **Accesorios**

##### **Terminales de compresión**

##### **Norma aplicable**

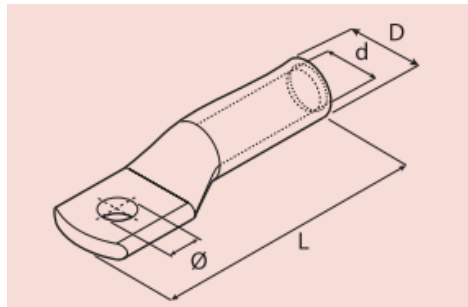
- ✓ UL 486A WIRE CONNECTORS AND SOLDERING LUGS FOR  
USE WITH COPPER CONDUCTORS
  
- ✓ ASTM B 545 STANDARD SPECIFICATION FOR  
ELECTRODEPOSITED COATINGS OF TIN

Serán de cobre tipo compresión para conductores de cobre desnudo de 35mm<sup>2</sup>.

Los terminales serán de tubo de cobre electrolítico refinado (>99,9% Cu) para uso eléctrico. Los terminales tendrán las siguientes características:

- Fabricados de tubo de cobre sin costura.
- Diámetro interior de la barra adecuado a los calibres comerciales de los conductores.

- Barra (cañon) largo.
- Biselado interno para la fácil introducción del conductor.
- Acabado estañado electrolítico, para prevenir la corrosión.
- Cada terminal estará identificado con el calibre del conductor.
- La Paleta contara con una perforación.



Item	Descripción	D (mm)	d (mm)	L (mm)	Ojal □□ (mm)	Emb (mm)
1	Terminal de compresión de 35mm <sup>2</sup>	10,5	8,2	38	12,7	100

## E. Pruebas

Los conductores que forman parte del suministro serán sometidos durante su fabricación a todas las pruebas, controles, inspecciones o verificaciones prescritas en las normas indicadas, con la finalidad de comprobar que los conductores satisfacen las exigencias, previsiones e intenciones del presente documento. Las pruebas se efectuarán en las instalaciones del fabricante, en presencia de un representante del Propietario a quien se le brindará todos los medios que le permitan verificar la calidad de los suministros.

#### 4.5.1.7 Cables de Energía

##### A. Cables de energía N2XSY

Estos cables serán apantallados. La pantalla exterior estará normalmente constituida por una cubierta semiconductora construida de material reticulado que permitirá una distribución uniforme y radial del esfuerzo eléctrico en el aislamiento y evitara la presencia de espacios vacíos ionizables entre el aislamiento y la pantalla metálica.

Los cables de energía materia de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas:

IEC 502	:	Extruded solid dielectric insulated power cables for rated voltage from 1 to 30 kV
IEC 228	:	Conductors of insulated cables
IEC 540	:	Test method of insulation and sheaths of electric cables and Cords
IEC 230	:	Impulse test on cables and their accessories

También tendrá protección exterior con chaqueta de PVC color rojo

* Nomenclatura	:	N2XSY
* Sección	:	1x70 mm <sup>2</sup>
* Tensión de diseño	:	18/30 kV.

* Tensión de servicio	:	22,9 kV
* Conformación	:	Unipolar

### Características constructivas

- Área nominal del conductor de cobre (mm <sup>2</sup> )	:	70
- N° de hilos por cada conductor	:	19
- Espesor de la cubierta de plomo (mm.)	:	2,2
- Espesor de la cubierta de PVC (mm.)	:	1,8
- Espesor del aislamiento (mm.)	:	8
- Diámetro ext. aprox del conductor ( mm.)	:	34,1
- Peso (Kg/Km)	:	1 650

### Características eléctricas

- Tensión nominal de diseño entre conductor y tierra (Eo/E) y entre conductores ( kV.)	:	18/30
- Tensión máxima de operación entre fase	:	24 kV.
- Sistema de distribución	:	Trifásico
- Resistência cc a 20 °C ( $\Omega$ / Km.)	:	0,268
- Inductancia ( $\Omega$ /Km.)	:	0,2638 ( <b>Caso A</b> ), 0,1622 ( <b>Caso B</b> )
- Máxima intensidad admisible de corriente en tubería(A.)	:	305 ( <b>Caso A</b> ), 280 ( <b>Caso B</b> )

**Caso A** = 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos paralelos con una separación mayor o igual a 7 cm

**Caso B** = 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos, agrupados en triángulo, en contacto

## **B. Pruebas**

Los cables que forman parte del suministro serán sometidos durante su fabricación a todas las pruebas, controles, inspecciones o verificaciones prescritas en las normas indicadas, con la finalidad de comprobar que los cables satisfacen las exigencias, previsiones e intenciones del presente documento.

Las pruebas se efectuarán en las instalaciones del fabricante, en presencia de un representante del Propietario a quien se le brindará todos los medios que le permitan verificar la calidad de los suministros.

### **4.5.1.8 Accesorios Eléctricos para Cables Secos N2XSY**

#### **A. Alcance**

Estas especificaciones cubrieron las condiciones técnicas de fabricación, pruebas y entrega de accesorios eléctricos que se utilizará en la red primaria.

#### **B. Normas aplicables**

Los accesorios metálicos, materia de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente a la fecha de culminación de la obra.

ASTM A 7	FORGED STEEL
ANSI A 153	ZINC COATING (HOT DIP) ON IRON AND STEEL HARDWARE
ANSI C 135.2	AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR THREADED ZINC-COATED FERROUS STRAND-EYE ANCHOR AND NUTS FOR OVERHEAD LINE CONSTRUCTION
ANSI C 135.3	AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR ZINC COATED FERROUS LAG SCREWS FOR POLE AND TRANSMISSION LINE CONSTRUCTION
ANSI C 135.4	AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR GALVANIZED FERROUS EYEBOLTS AND NUTS FOR OVERHEAD LINE CONSTRUCTION
ANSI C 135.5	AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR ZINC- COATED FERROUS EYENUTS AND EYEBOLTS FOR OVERHEAD LINE CONSTRUCTION

**C. Terminaciones termo contraíbles para cable seco N2XSY 18/30KV de 70 mm<sup>2</sup> uso exterior.**

Para efectuar las correspondientes conexiones del cable de energía tipo N2XSY con los cables de la red aérea, se emplearan terminaciones de características compatibles con el cable tipo N2XSY, del tipo Raychem, para secciones de conductor de 50 mm<sup>2</sup> de las siguientes características técnicas:



Tipo de uso	Exterior
Tensión de diseño	E <sub>0</sub> /E = 18/30kv
Tecnología de terminación	Termocontraíble
Clase de terminación	1A
Nivel de descarga corona (3pC)	13kVrms
Tensión sostenida AC por 1 minutos en Seco AC por 10 segundos en Húmedo AC por 6 horas en Seco DC por 15 minutos	50 kVrms 45 kVrms 35 kVrms 75 kV
Línea de fuga	≥700mm

#### **D. Terminales de compresión para cable seco**

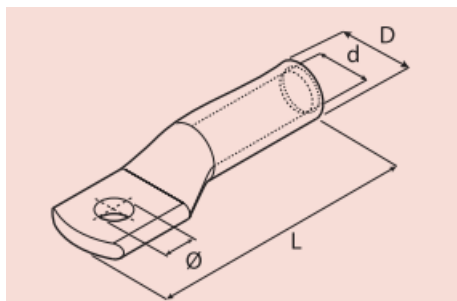
##### **Norma aplicable**

- ✓ UL 486A                      WIRE CONNECTORS AND SOLDERING LUGS FOR  
USE WITH COPPER CONDUCTORS
- ✓ ASTM B 545                STANDARD                      SPECIFICATION                      FOR  
ELECTRODEPOSITED COATINGS OF TIN

Serán de cobre tipo compresión para cable de energía subterráneo N2XSY -  
18/30 KV de 70 mm<sup>2</sup>.

Los terminales serán de tubo de cobre electrolítico refinado (>99,9% Cu) para uso eléctrico. Los terminales tendrán las siguientes características:

- Fabricados de tubo de cobre sin costura.
- Diámetro interior de la barra adecuado a los calibres comerciales de los conductores.
- Barra (cañon) largo.
- Biselado interno para la fácil introducción del conductor.
- Acabado estañado electrolítico, para prevenir la corrosión.
- Cada terminal estará identificado con el calibre del conductor.
- La Paleta contara con una perforación.

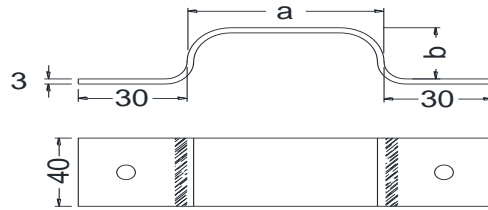


Item	Descripción	D (mm)	d (mm)	L (mm)	Ojal (mm)	Emb (mm)
1	Terminal de compresión de 70mm <sup>2</sup>	12,5	9,8	45	12,7	100

#### **E. Abrazadera de A°G° de platina 40mmx3mm, 02 Pernos 9,5x152mm**

Los cables de energía tipo N2XSy 18/30 kV, se sujetarán a las palomillas de concreto utilizando abrazaderas fabricadas de platina A°G° de 40mm de ancho y

3mm de espesor, provista además de 02 pernos de 9,5mm de diámetro por 152mm de longitud. Tendrán las siguientes dimensiones (mm):



#### **F. Tubos de A°G° - Protección de cables de Energía**

Los cables de energía tipo N2XSY 18/30 kV, se protegerán utilizando tubos de A°G° de 104mmØ x 3,20 m. de longitud (como protección mecánica del cable; que irán adosado al poste); que se ajustarán debidamente con cinta tipo Band-it y hebillas 19mm.

#### **G. La cinta señalizadora**

De plástico pesado (polietileno de alta calidad y resistente a los ácidos y álcalis), de 127mm de ancho x 0,01mm de espesor, color rojo eléctrico, con una elongación del 25%; impreso con las letras negras en forma continuada, lo siguiente "Peligro presencia de Cables de Energía Subterráneos – Nivel de Tensión 25 kV".

#### **H. Ladrillos de protección**

Conforme se describe en el numeral anterior, se utilizarán ladrillos de arcilla tipo K-K, de dimensiones 24 x 12 x 6 cm.; cocinados en hornos, sin impurezas salitrosas, estos ladrillos se colocaran en los tramos que el conductor subterráneo será instalado sin ductos, así mismo se construirá muros de contención con

ladrillo kk al inicio y final de cada tramo de cruzada con ductos de concreto con la finalidad de favorecer los trabajos.

#### **I. Ducto de concreto**

Para efectuar los cruces de zonas peatonales o paso de vehículos donde se instalará el cable de energía subterráneo, se utilizará ductos de concreto de 4 vías de las siguientes características técnicas:

Diámetro de vías $\varnothing$ mm	: 90 $\pm$ 1
Longitud exterior mm	: 253 $\pm$ 1 x 253 $\pm$ 1
Longitud nominal mm	: 1000 $\pm$ 1
Longitud entre agujeros mm	: 104 $\pm$ 1
Resistencia carga de Trabajo kN/m	: 22
Coeficiente de seguridad	: 2
Mezcla cemento :arena	: 1/3

#### **J. Buzón de concreto**

Para efectuar facilitar el ingreso a la subestación tipo caseta donde se instalará el cable de energía subterráneo, se utilizará buzones de concreto siguientes medidas:

- Será un buzón de 1,00 x 1,00 por 1,50m de profundidad.

## **K. Pruebas**

Los materiales que formen parte del suministro, serán sometidos durante su fabricación a todas las pruebas, controles, inspecciones o verificaciones prescritas en las normas indicadas con la finalidad de comprobar que los materiales satisfacen las exigencias, previsiones e intenciones del presente documento.

Las pruebas se efectuarán en las instalaciones del fabricante, en presencia de un representante del Propietario a quien se le brindará todos los medios que le permitan verificar la calidad de los suministros.

### **4.5.1.9 Accesorios Metálicos Para Postes Y Crucetas**

#### **A. Alcances**

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas para la fabricación, pruebas y entrega de accesorios metálicos para postes y crucetas que se utilizarán en las redes primarias.

#### **B. Normas Aplicables**

Los accesorios metálicos, materia de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente a la fecha de la convocatoria a adjudicación:

##### ACERO

- ✓ SAE AMS 5046                      Society of automotive engineers Standard for Carbon Steel, sheet, strip, and plate (SAE 1020 and SAE 1025) annealed

##### GALVANIZADO

- ✓ ASTM A153/ A 153M      Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware.

PERNOS MAQUINADOS, PERNO DOBLE ARMADO, PERNO DE FoGo:

- ✓ IEEE C135.1      American National Standard for zinc-coated steel bolts and nuts for overhead line construction.

PERNOS OJO:

- ✓ ANSI C135.4      American National Standard for zinc-coated ferrous eyebolts and nuts for overhead line construction

ARANDELAS:

- ✓ ASTM 436M      Standard Specification for Hardened Steel Washers [Metric]

CRUCETAS DE MADERA:

- ✓ NTP 251.001      Glosario de maderas
- ✓ NTP 251.005      Crucetas de madera
- ✓ NTP 251 026      Penetración y retención
- ✓ NTP - 251.034      Preservación a presión
- ✓ NTP- 251.035      Composición química del preservante y retención

MUESTREO:

- ✓ NTP ISO 2859 – 1      Procedimientos de Muestreo para Inspección por Atributos.

**C. Descripción de los Materiales**

**a. Perno – Ojo**

Serán de acero forjado, galvanizado en caliente de las siguientes dimensiones:

Longitud nominal mm 254 y 203

Longitud de roscado 152 y 140

Tendrán 16mm de diámetro, estarán provistas de arandelas, tuercas y contratuercas adecuadas.

En uno de los extremos tendrá un ojal ovalado, y será roscado en el otro extremo.

La carga de rotura mínima será de 55 kN. El suministro incluirá una tuerca cuadrada y una contratuerca.

#### **b. Arandelas**

Serán fabricadas de acero y tendrán las dimensiones siguientes:

Arandela cuadrada curvada de 57mm de lado y 5mm de espesor, con un agujero central de 17,5mm. Tendrá una carga mínima de rotura al esfuerzo cortante de 41 kN.

Arandela cuadrada plana de 57mm de lado y 5mm de espesor, con agujero central de 17,5mm. Tendrá una carga mínima de rotura al esfuerzo cortante de 41 kN.

#### **c. Pernos doble armado**

Serán fabricados de Acero Forjado y Galvanizado de 16 mm de diámetro x 457mm de longitud, con roscado totalmente y una carga de rotura de 55 kN, con 2 tuercas y 2 contratuerkas hexagonales.

**d. Fleje y hebilla de Acero Inoxidable**

Serán fabricados de acero inoxidable no magnético tipo AISI ó 316 liso sin bordes cortantes de 19mm de ancho por 0,76mm de espesor. La hebilla tendrá un ancho de ranura mayor a 10mm.

**e. Abrazadera Partida de dos sectores de AoGo**

Será fabricado de acero galvanizado de 6,35 mm de espesor.

Las abrazaderas se fabricarán con platina de 75 x 6,35 mm y tendrá 2 pernos de 12,7 mm de diámetro y 63,5 mm de longitud.

**D. Pruebas**

Los materiales que formen parte del suministro, serán sometidos durante su fabricación a todas las pruebas, controles, inspecciones o verificaciones prescritas en las normas indicadas con la finalidad de comprobar que los materiales satisfacen las exigencias, previsiones e intenciones del presente documento.

Las pruebas se efectuarán en las instalaciones del fabricante, en presencia de un representante del Propietario a quien se le brindará todos los medios que le permitan verificar la calidad de los suministros.



#### **4.5.1.10 Material para Puesta a Tierra**

##### **A. Alcance**

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas para la fabricación, pruebas y entrega de materiales para la puesta a tierra de las estructuras que se utilizarán en la red primaria.

##### **B. Normas Aplicables**

Los accesorios materia de esta especificación, cumplen con las prescripciones de las siguientes normas:

- ✓ N.T.P. 370.042 CONDUCTORES DE COBRE RECOCIDO PARA EL USO  
ELECTRICO
- ✓ N.T.P. 334.081 CAJAS DE REGISTRO
- ✓ ANSI C135.14 STAPLES WITH ROLLED OF SLASH POINTS FOR  
OVERHEAD LINE CONSTRUCTION
- ✓ ANSI B18.2.2 AMERICAN NATIONAL STANDARD  
FOR SQUARE AND HEX NUTS
- ✓ UNE 21-056 ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA
- ✓ ABNT NRT 13571 HASTE DE ATERRAMIENTO ACO-COBRE E  
ACCESORIOS

##### **C. Descripción de los Accesorios**

###### **a. Conductor de cobre desnudo temple blando**

El conductor será utilizado para unir las partes sin tensión eléctrica de las estructuras con tierra, será de cobre desnudo temple blando, cableado y recocido, de las siguientes características:

- Sección nominal : 35 mm<sup>2</sup>
- N° de hilos : 7
- Diámetro hilo : 2,52 mm
- Diámetro exterior del conductor : 7,56 mm
- Masa del conductor : 0,317 kg/m
- Resistencia eléctrica máxima en c.c. a 20°C : 0,524 Ohm/km
- Capacidad de corriente : 229 A

**b. Conductor de cobre forrado TW**

- Sección nominal : 35 mm<sup>2</sup>
- N° de hilos : 7
- Diámetro hilo : 2,52 mm
- Diámetro exterior del conductor : 9,60 mm
- Espesor de aislamiento : 1,50 mm
- Masa del conductor : 0,390 kg/m
- Resistencia eléctrica máxima en c.c. a 20°C : 0,524 Ohm/km
- Capacidad de corriente : 165 A

### **c. Electrodo de Copperweld**

El electrodo de puesta a tierra estará constituido por una varilla de acero revestida de una capa de cobre. Deberá ser fabricado con materiales y aplicando métodos que garanticen un buen comportamiento eléctrico, mecánico y resistencia a la corrosión.

La capa de cobre se depositará sobre el acero mediante cualquiera de los siguientes procedimientos:

- Por fusión del cobre sobre el acero (Copperweld)
- Por proceso electrolítico
- Por proceso de extrusión revistiendo a presión la varilla de acero con tubo de cobre

En cualquier caso, deberá asegurarse la buena adherencia del cobre sobre el acero.

El electrodo tendrá las siguientes dimensiones:

Diámetro nominal	:	16 mm
Longitud	:	2,40 m
Recubrimiento de cobre	:	0,33 mm

El diámetro del electrodo de puesta a tierra se medirá sobre la capa de cobre y se admitirá una tolerancia de + 0,2 mm y – 0,1 mm. La longitud se medirá de acuerdo con lo indicado en los planos del proyecto y se admitirá una tolerancia de + 5 mm y 0,0 mm.

Uno de los extremos del electrodo terminará en punta.

## **Materiales**

### **a) Núcleo**

Será de acero al carbono de dureza Brinell comprendida entre 1 300 y 2 000 N/mm<sup>2</sup>; su contenido de fósforo y azufre no excederá de 0,04%.

### **b) Revestimiento**

Será de cobre electrolítico recocido con una conductividad igual a la especificada para los conductores de cobre. El espesor de este revestimiento no deberá ser inferior a 0,33 mm.

### **d. Borne para el electrodo**

Será fabricado de bronce, conector del tipo “AB”, adecuado para garantizar un ajuste seguro entre el conductor de cobre para puesta a tierra y el electrodo.

<b>Sección de conductor (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Diámetro de varilla (mm)</b>	<b>Dimensiones L (mm)</b>	<b>Peso (N)</b>
35	16	35	1,00

### **e. Conector derivación cuña para conexiones desnudas**

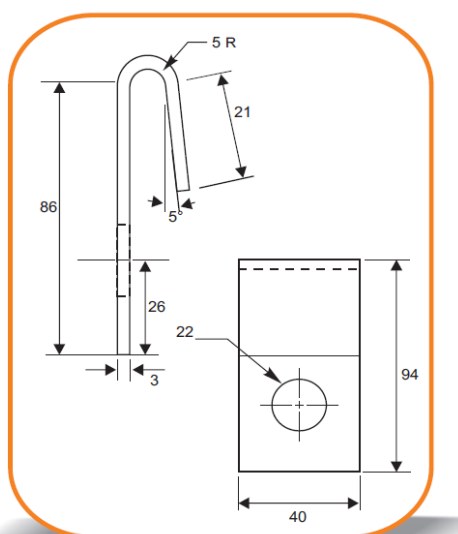
En la puesta a tierra se emplearon conectores de derivación Cuña tipo UDC, para emplear derivaciones del cable de puesta a tierra, para secciones de hasta 35 mm<sup>2</sup>

**f. Accesorios antirrobo**

Consistirá en la instalación de una arandela tipo bocamaza circular de 245mm de diámetro y 5mm de espesor provista de un perno de bronce de 10mm Ø x 30mm Long. que se fijará en forma rígida a la varilla.

**g. Plancha doblada Tipo “J”**

Se utilizará para conectar el conductor de puesta a tierra con los accesorios metálicos de fijación de los aisladores a los postes y crucetas de concreto. Se fabricaron con plancha de cobre de 3 mm de espesor.



**h. Caja de Registro de Puesta a Tierra con tapa**

Cumplirá con la Norma NTP 334.081 (\*): Cajas porta medidor de agua potable y de registros de desagüe.

(\*) Aplicable en todo, excepto a los títulos denominados: objeto, definiciones y dimensiones

Las cajas de concreto están rotuladas con el símbolo de puesta a tierra, con los colores característicos: fondo amarillo y símbolo de color negro.

Las dimensiones se muestran en las láminas N° 13 y 14.

#### **i. Tratamiento**

Pozo de tierra con tratamiento de bentonita sódica y tierra de cultivo cernida en malla de Ø ¼", de acuerdo a lámina de detalle, con las siguientes características principales:

- ✓ Tierra Vegetal cernida : 1,50 m<sup>3</sup>
- ✓ Bentonita : 50 Kg.

La bentonita es un silicato de aluminio hidratado compuesto principalmente por un mineral arcilloso de montmorionita, en cual presenta buenas propiedades geológicas. La bentonita tendrá las siguientes características:

PARAMETRO	UNIDAD	ESPECIFICACION
Contenido de Montmorillonita	%	75,0 Min
Gravedad específica		2,5
Capacidad de intercambio cationico	meg/100g	65,0 Min
Hinchamiento	cc	23 Min
Retenido de Tamiz 200 (75 u)	%	2,0 Max
Humedad (105° C 1 Hora )	%	10,0 Max

Densidad aparente	Kg/m3	675-700
Viscosidad Fann Lec 600 rpm	cP	20
Viscosidad plástica	cP	10
Filtrado API	cP	13
Rendimiento	bb/tm	75,0 Min

#### **D. Pruebas**

Los materiales que formen parte del suministro, serán sometidos durante su fabricación a todas las pruebas, controles, inspecciones o verificaciones prescritas en las normas indicadas con la finalidad de comprobar que los materiales satisfacen las exigencias, previsiones e intenciones del presente documento.

Las pruebas se efectuarán en las instalaciones del fabricante, en presencia de un representante del Propietario a quien se le brindará todos los medios que le permitan verificar la calidad de los suministros.

#### **4.5.1.11 Sistema de Protección a Tierra Exterior**

##### **A. Recloser para uso exterior de 27KV**

###### **a) Alcance**

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas para la fabricación, pruebas y entrega de interruptores trifásicos equipados con su respectivo sistema de control para utilizarse en el proyecto.

## **b) Normas Aplicables**

Los interruptores y sus respectivos sistemas de control cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas:

ANSI C37.60: IEEE Standard Requirements for Overhead, Pad Mounted, Dry Vault, and Submersible Automatic Circuit Reclosers and Fault Interrupters for AC Systems

ANSI C37.61: IEEE Standard Guide for the Application, Operation, and Maintenance of Automatic Circuit Reclosers.

### **BUSHINGS**

ASTM D 624: Standard test method for tear strength of conventional vulcanized rubber and thermoplastic elastomers

DIN 53504: Determination of tensile stress/strain properties of rubber

IEC 60587: Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion of electrical insulating materials used under severe ambient conditions.

ASTM G 154: Standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of nonmetallic materials.

ASTM G 155: Standard practice for operating xenon arc light apparatus for exposure of non-metallic materials.



ABRAZADERA

ASTM A153: ZINC COATING (HOTDIP) ON IRON & STEEL  
HARDWARE

ASTM A575: STANDARD SPECIFICATION FOR STEEL BARS,  
CARBON, MERCHANT QUALITY, M-GRADES

### **c) Equipamiento Principal**

El Recloser es de uso exterior con mecanismo de operación por resorte para uso en redes aéreas de 22,9KV integrado con un relé de sobrecorriente de fase y tierra no direccional.

Diseño hermético y compacto, con un sistema inteligente de control, alta confiabilidad.

Las ampollas de vacío así como los transformadores de corriente se encuentran encapsuladas en resina epóxica con silicona que provee alta resistencia a temperaturas extremas y a la radiación ultravioleta. Fabricado en su totalidad en acero inoxidable para evitar la corrosión.

Tensión nominal : 27 KV.

Tensión de prueba 60 Hz. 1 minuto a tierra

Y entre polos : 50 KV.

Tensión de prueba 60 Hz. 1 minuto a tierra

a través de la distancia de seccionamiento : 60 KV.

Nivel de aislamiento (Bil) a tierra y entre polos : 150 KV.

Corriente nominal	:	630 Amp.
Poder de ruptura de circuitos de transformadores en vacío	:	16 Amp.
Poder de ruptura en circuitos de cables en vacío	:	10 A
Corriente de corta duración para $I_n=400$ Amp.	:	12,5 Ka
Poder de cierre para $I_n=400$ amp.	:	40 Ka
Línea de fuga	:	$\geq 700$ mm
Tiempo de cierre/Apertura	:	25-60/18-45 mseg.

#### **d) Características del Recloser**

##### **d.1) Principio de Funcionamiento**

Mediante transformadores de corriente montados en los bornes del lado de la fuente del interruptor, será capaz de detectar corrientes de fallas mayores que un valor mínimo de disparo previamente programado para una o más fases. La energía para apertura de los contactos principales será suministrada por un mecanismo de operación o actuación magnética.

##### **d.2) Elementos de conducción de la corriente**

Los elementos conductores deberán ser capaces de soportar la corriente nominal a la frecuencia de operación sin necesidad de mantenimiento excesivo; los terminales y conexiones entre los diferentes elementos deberán diseñarse para asegurar, permanentemente, una resistencia de contacto reducida.

##### **d.3) Mecanismo de interrupción del arco**

El recloser será capaz de romper la continuidad de las corrientes de falla, de cero a su capacidad de interrupción nominal. El medio de extinción de las corrientes de falla será el vacío o gas hexafluoruro de azufre (SF6).

#### **d.4) Mecanismo de Apertura**

El mecanismo de apertura deberá diseñarse en forma tal que asegure la apertura en el tiempo especificado si el impulso de disparo se recibiera en las posiciones de totalmente o parcialmente cerrado. La energía para la apertura de los contactos principales será suministrada por un mecanismo de operación o actuación magnética.

Principales será suministrada por un mecanismo de operación o actuación magnética.

#### **d.5) Transformadores de Corriente Detector de Falla**

Estarán ubicados en los tres bornes hacia el lado de fuente del interruptor. Permitirán detectar las corrientes de falla mayores que un valor mínimo de disparo de modo que permita la operación del sistema de control electrónico. La relación de transformación de corriente garantizará las corrientes mínimas de disparo.

#### **d.6) Aislamiento**

Los aisladores del interruptor serán de porcelana o material polimérico de goma silicón diseñados de tal forma que si ocurriera una descarga a tierra por tensión de impulso con el interruptor en las posiciones de “abierto” o “cerrado”, deberá efectuarse por la parte externa, sin que se presente descarga en la parte interna o perforación del aislamiento. Se considerará, además, un diseño para instalación al exterior y ambiente contaminado teniendo en cuenta

una línea de fuga mínima de 700 mm. Asimismo, deberán tener la suficiente resistencia a la tensión, los esfuerzos razonables en los conectores y conductores, variaciones bruscas de temperatura y los producidos por sismos. El aislamiento deberá ser capaz de soportar continuamente la Tensión Máxima de Operación.

#### **d.7) Conectores Terminales**

Los conectores terminales deberán ser bimetálicos, tipo bandera, a prueba de efecto corona y con capacidad de corriente mayor que la nominal del bushing al que estén acoplados. La superficie de contacto deberá ser capaz de evitar calentamiento. El incremento de temperatura no deberá ser mayor de 30 °C.

#### **d.8) Soporte**

Los reclosers serán suministrados con todos los accesorios necesarios para su instalación en postes de concreto.

#### **d.9) Resistencia Mecánica**

Los reclosers deberán estar diseñados mecánicamente para soportar entre otros, esfuerzos debidos a:

- Cargas del viento
- Fuerzas electrodinámicas producidas por cortocircuitos
- Fuerzas de tracción en las conexiones horizontales y verticales en la dirección más desfavorable.
- Esfuerzos de origen sísmico.

### **e) Características del Sistema de Control Electrónico**

#### **e.1) Características Generales**

Recibirá la señal de corriente emitida por los transformadores de corriente montados en los bornes del lado de la fuente del interruptor, y mediante señales emitidas por un microprocesador electrónico permitirá activar los mecanismos de disparo y cierre del interruptor.

La energía eléctrica requerida para la operación del sistema de control electrónico será provista desde una llave monofásica del gabinete de tablero de baja tensión de la caseta de transformación. Asimismo, el sistema de control electrónico estará equipado con baterías de respaldo que garanticen la autonomía de suministro de energía eléctrica por un periodo no menor de 48 horas.

El sistema de control electrónico estará alojado en un gabinete metálico a prueba de intemperie y equipado con un control y calefactor eléctrico para reducir la humedad relativa al nivel tolerado por los equipos.

Permitirá la configuración, calibración, programación y toma de datos mediante una computadora personal del tipo comercial y sin ella, directamente sobre el relé, para la cual el sistema estará equipado con un conector tipo RS-232 / RS-485 para conexión de una PC comercial y una pantalla para la lectura, programación y verificación de datos. Asimismo, estará equipado con dispositivos de señal luminosa que permitan identificar localmente, entre otras cosas, el estado de funcionamiento del sistema de control electrónico, el tipo de falla y la fase fallada.

## **e.2) Requerimiento de Control**

El sistema de apertura y cierre estará previsto para ser accionado como sigue:

- Localmente, mediante un conmutadores o pulsadores.

- Automática por las órdenes emitidas desde las protecciones y automatismos locales y remotos.

### **e.3) Contador de Operaciones**

El gabinete del sistema de control electrónico deberá estar equipado con un contador mecánico de operaciones, capaz de identificar el número de operación sin la necesidad de explorar la memoria del relé.

### **e.4) Bloc de Terminales para Señalización y Comunicación**

El sistema de control electrónico estará equipado con un bloc de terminales dependientes del sistema de control electrónico para señalización y comunicación. La configuración solicitada es:

- Cinco (05) normalmente abiertos
- Cinco (05) normalmente cerrados

### **f) Características del Cable de Control**

Permitirá la conexión entre el interruptor y el sistema de control electrónico. Tendrá una longitud mínima de 5 m. Será del tipo CM/TEL suministrado como parte del equipamiento.

### **g) Accesorios**

Adicionalmente a lo especificado, cada conjunto de interruptor, deberá ser suministrado con los siguientes accesorios:

- Placa de identificación
- Indicadores mecánicos de posición, o lámparas indicadoras de posición (roja y verde)

- Pernos u orejas para el izaje
- Soporte metálico y accesorio para fijación del equipo en un poste de la línea primaria.
- Seis conectores bimetálicos tipo bandera para conductor de aleación de aluminio de 25 a 95 mm<sup>2</sup>
- Terminal de puesta a tierra con conector para conductor de cobre cableado de 16 a 70 mm<sup>2</sup>.
- Válvulas para el llenado, vaciado y extracción de muestras del medio aislante.
- Gabinetes adecuados para el alojamiento de los manuales, reportes de prueba y accesorios repuestos.
- Solo cuando el medio aislante, en el que se alojará el mecanismo y el medio de extinción de arco, sea de gas SF<sub>6</sub>, cada equipo será suministrado con los siguientes accesorios:
  - . Válvula para medición de la presión de gas
  - . Manómetro para medición de la presión de gas
  - . Dispositivo acústico detector de fuga de gas.
- Un juego adicional de cada uno de los fusibles instalados en el gabinete de control electrónico.
- Un juego adicional de la resistencia de calefacción.

## **h) Pruebas**

Los interruptores con sistema de control electrónico deberán ser sometidos a las pruebas Tipo, de Rutina y de Conformidad indicadas en las normas consignadas en el numeral b).

### **Pruebas Tipo o de Diseño**

Las pruebas tipo o de diseño están orientadas a verificar las principales características de los Interruptores y el Sistema de Control Electrónico, por lo que deberán ser sustentadas con la presentación 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.

Las pruebas a efectuar serán las solicitadas por las normas concernientes.

Los certificados y reportes de pruebas deberán ser redactados en idioma Español o Inglés.

### **Pruebas de Rutina**

Las pruebas de rutina deberán ser efectuadas al recloser y su respectivo Sistema de Control Electrónico. Los resultados satisfactorios de estas pruebas deberán ser sustentados con la presentación de certificados y los respectivos reportes emitidos por el fabricante, en el que se precisará que todos los suministros cumplen satisfactoriamente con el íntegro de las pruebas solicitadas.

Las pruebas a efectuar serán las solicitadas por las normas del numeral b).



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

Los certificados y reportes de pruebas deberán ser redactados en idioma Español o Inglés.

### **Pruebas de Aceptación**

Las pruebas de aceptación deberán ser efectuada al Recloser y sus respectivo Sistema de Control Electrónico a ser suministrado, con la participación de un representante del Propietario; caso contrario, deberá presentarse los certificados incluyendo los reportes de prueba satisfactorios emitidos por una entidad debidamente acreditada por el país de origen.

Las pruebas a efectuar serán las solicitadas por las normas del numeral b).

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

El tamaño de la muestra y el nivel de inspección para las pruebas de aceptación será determinado según lo indicado en la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 2859-1 1999: PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO PARA INSPECCION POR ATRIBUTOS, o su equivalente la norma ISO 2859-1: 1989; para el cual deberá considerarse un Plan de Muestreo Simple para Inspección General, con un Nivel de Calidad Aceptable (AQL) igual a 2,5.

Los certificados y reportes de pruebas deberán ser redactados en idioma Español o Inglés.

La inspección y pruebas en fábrica deberán ser efectuadas en presencia de un representante del Propietario o una Entidad debidamente acreditada que será propuesta por el Proveedor para la aprobación del Propietario.

#### **4.5.1.12 Seccionadores Fusibles Tipo Expulsión**

##### **A. Alcance**

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas para la fabricación, pruebas y entrega de los seccionadores fusibles tipo expulsión (cut-out), que se utilizarán en el proyecto.

##### **B. Normas Aplicables**

Los seccionadores fusibles tipo expulsión, materia de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de la siguiente norma:

- ✓ ANSI C37.40: STANDARD SERVICE CONDITIONS AND DEFINITIONS FOR HIGH VOLTAGE FUSES, DISTRIBUTION ENCLOSED SINGLE-POLE AIR SWITCHES, FUSE DISCONNECTING SWITCHES & ACCESSORIES
  
- ✓ ANSI C37.41: DESIGN FOR HIGH-VOLTAGE FUSES, DISTRIBUTION ENCLOSED SINGLE-POLE AIR SWITCHES, FUSE

DISCONNECTING SWITCHES, AND ACCESSORIES  
(INCLUDES SUPPLEMENTS)

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

**C. Características Generales**

Los seccionadores fusibles tipo expulsión serán unipolares de instalación exterior en crucetas de concreto armado vibrado, de montaje vertical y para accionamiento mediante pértigas.

**D. Características Eléctricas Principales**

- |                           |   |                                |
|---------------------------|---|--------------------------------|
| ✓ Tensión nominal         | : | 27 kV                          |
| ✓ Corriente Nominal       | : | 200 A                          |
| ✓ BIL (nivel aislamiento) | : | 150 kV                         |
| ✓ Línea de fuga mínima    | : | 700 mm.                        |
| ✓ Terminales de Cobre     | : | P/conductor 35 mm <sup>2</sup> |
| ✓ Capacidad interrupción  | : | 10 kA                          |
| ✓ Tensión de contorno     | : | 42 kV en seco                  |
| ✓ Tensión de contorno     | : | 36 kV bajo lluvia              |
| ✓ Fusible tipo chicote    | : | Serán de 60Amp; tipo "K"       |
| ✓ Peso                    | : | 11,34 Kg.                      |
| ✓ Material                | : | Polimérico                     |

## **E. Requerimientos de Diseño**

Su cuerpo será de silicona de apertura manual con pértiga y automática al fundirse el fusible; su cierre superior será a prueba de aberturas accidentales.

Tendrán los accesorios necesarios para su fijación, aptos para palomilla de concreto; y se montará en la estructura del Sistema de protección y medición (estructura PMI).

Conforme al grado de maniobrabilidad, a la máxima tensión del sistema (última etapa) y al nivel de contaminación, se deberá prever un adecuado coeficiente de seguridad (Cs), para efectos de determinar la Línea de Fuga Mínima de 700 mm.

Los fusibles serán del tipo "K" de 60A de capacidad.

## **F. Accesorios**

Los seccionadores - fusibles deberán incluir entre otros los siguientes accesorios:

- ✓ Terminal de tierra
- ✓ Placa de características
- ✓ Accesorios para fijación a cruceta
- ✓ Otros accesorios necesarios para un correcto transporte, montaje, operación y mantenimiento de los seccionadores.

## **G. Pruebas**

El Proveedor, presentará documentos que demuestren que todas las pruebas señaladas en las normas respectivas, han sido efectuadas y que los resultados obtenidos, están de acuerdo a dichas normas.

#### 4.5.1.13 Sistema de Medición en Media Tensión

##### **A. Transformador de medida**

El sistema de medición se realizara con un equipo de medición en media tensión que se ubica en la estructura ubicada al inicio de la red en media tensión, después del seccionador de potencia bajo carga exterior, con la finalidad de evitar el clandestinaje.

Con esta premisa se ha seleccionado la alternativa de utilizar para la medición del consumo energía eléctrica, un transformador mixto; TRAFOMIX, que es una unidad modular que sirve para la medición completa de voltaje y corriente, requerida en sistemas trifásicos de media tensión.

##### **Normas Aplicables**

El transformador mixto, materia de la presente especificación, cumplirá con la prescripción de las siguientes normas:

- |             |   |
|-------------|---|
| IEC 60044-1 | Transformadores de medida. Parte 1: Transformadores de intensidad.          |
| IEC 60044-2 | Transformadores de medida - Parte 2: Transformadores de tensión inductivos. |

Será un transformador mixto de 3 sistemas, y constará de 3 transformadores de corriente y 3 transformadores de tensión, con potencia de bobinado de tensión 3x50A, 22,9/0,22K V, C.P 0,2, grupo de conexión estrella con neutro YynO, bobinado de corriente 3x30A, 25-50-100/5 A, clase de precisión 0,2S, grupo de conexión IlynO Estrella. Con refrigerante dieléctrico Envirottemp FR3, caja de

conexiones en el lado de BT, borneras tipo RITZ, grado de protección de la tapa de conexiones IP-55, la polaridad deberá ser K-L en alto relieve y pintada con un color diferente al de la cuba.

Las tablas de datos técnicos se detallan a continuación:

Item	Características	Unid.	Valor Requerido
1.0	<b>Características Generales</b>		
1.1	País de Procedencia		-----
1.2	Fabricación		-----
1.3	Norma		IEC44-1/44-2
1.4	Frecuencia Nominal	Hz	60
1.5	Montaje		Exterior
1.6	Conexión		YynO/ IllynO
1.7	Clase de precisión	cl	0,2S
1.8	Altura de trabajo	msnm	Hasta 1000
2.0	<b>Transformador de corriente</b>		
2.1	Relación de transformación		
	Corrientes del primario	A	25-50-100
	Corrientes del secundario	A	5
	Numero de bobinas de corriente		3
2.2	Potencia	VA	3x30
3.0	<b>Transformador de tensión</b>		
3.1	Relación de transformación		

	Tensión nominal del devanado primario	kV	22,9
	Tensión nominal del devanado secundario	kV	0,22
	Numero de bobinas de tensión		3
3.2	Potencia	VA	3x50
4	<b>Nivel de Aislamiento interno y externo (aisladores pasatapas)</b>		
4.1	Nivel de aislamiento en el primario		
	Tensión máxima de operación	kV	25
	Tensión de onda de impulso 1,2/50 Us	kVp	150
	Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial	kV	50
4.2	Nivel de aislamiento en el secundario		
	Tensión máxima de operación	kV	1,10
	Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial	kV	3
	Línea de fuga mínima	mm	700

### **Accesorios normales**

- \* Medidor de nivel de aceite
- \* Grifo de vaciado
- \* Perno de puesta a tierra

\* Caja de bornes de baja tensión con fusibles tipo DZ para la protección de los circuitos de medición.

\* Asas de suspensión

\* Placas de características.

NOTA: El transformador de medición deberá cumplir con los niveles de aislamiento en 22,9 KV requeridos según la norma CEl.

## **Pruebas**

El transformador mixto de medición que forma parte del suministro será sometido durante su fabricación a todas las pruebas, controles, inspecciones o verificaciones prescritas en las normas indicadas en el punto 1, con la finalidad de comprobar que los materiales y equipos satisfacen las exigencias, previsiones e intenciones del presente documento.

Dentro de los 30 días calendarios siguientes a la firma del contrato, el proveedor alcanzará al propietario la lista de pruebas, controles e inspecciones que deberán ser sometidos estos equipos.

Las pruebas de rutina de materiales serán realizadas según los procedimientos de la norma IEC 60044-1 e IEC 60044-2.

Las pruebas de rutina solicitadas son:

- Medición de la resistencia eléctrica de los arrollamientos
- Medición de la relación de transformación y verificación de la polaridad para transformadores de medición monofásicos
- 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
- Prueba de la rigidez dieléctrica del aceite
- Prueba del nivel de ruido en decibelios
- Prueba de hermeticidad-funcionamiento de las empaquetaduras
- Prueba de Clase de precisión.

La inspección y pruebas en fábrica deberán ser efectuadas en presencia de un representante del Propietario y supervisor del concesionario, que será propuesta por el Proveedor para la aprobación del Propietario. Los costos que demanden la inspección y pruebas deberán incluirse en el precio cotizado por el Postor.

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

Los certificados deberán ser redactados solamente en idioma Español o Inglés.

## **B. Cables de Control – operación de Trafomix y Medidor**

Para el control y operación del Trafomix. y el medidor de energía, se realizara la conexión con cables de cobre, cableados, con forro tipo NPT, de temple recocido de 4x2,5 mm<sup>2</sup> para el control del bobinado de corriente, y de 4x4 mm<sup>2</sup> para el bobinado de tensión; todo el haz se instala embutidos en tubo de A°G° de 25,4mm Ø.

Los conductores tienen las siguientes características:

DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	
Tipo	NPT, cableado.	NPT, cableado.
Sección	4 x 2,5 mm <sup>2</sup>	4 x 4 mm <sup>2</sup>
Cantidad hilos/conductor	50	80
Ø del conductor	2.1 mm.	2.8 mm.
Ø exterior	16 mm.	18 mm.
Espesor del aislamiento	0,8 mm.	1,0 mm.
Espesor de cubierta	1,8 mm.	1,8 mm.
Peso	330 Kg/Km.	450 Kg/Km.
°C operación	75° C.	75° C.

### Normas a cumplir

N.T.P. 370.042 Conductores de cobre recocido para uso eléctrico

N.T.P. 370.050 Cables de energía y de control aislados con material extruido sólido con tensiones hasta  $E_0/E = 18/30$  kV.

### C. Caja de medición

Será metálica del tipo “LTM”, en forma de un paralelepípedo rectangular de 520 x 245 x 200 mm, confeccionada con plancha de acero laminada en frío de 2 mm en la tapa y 1,50 mm en el cajón ensamblada y asegurada por intermedio de puntos de soldadura por resistencia, con marco de puntos de soldadura (Según lámina 11).

Poseerá orificios pre estampados de 42 mm de diámetro en las paredes laterales, base y parte superior debidamente centrados. La tapa estará equipada con un visor protegido con una luna de plástico acrílico

transparente, resistente a golpes de 110 x 110 mm de dimensiones; y de una cerradura especial para candado.

Tendrá un acabado con base anticorrosiva y esmalte gris; en su interior cuenta con un tablero de madera seca, cepillada y barnizada sobre la que se instala el medidor

La caja metálica “LTM” estará ubicada en un murete junto a la estructura aérea Monoposte.

#### **D. Medidor de energía activa y reactiva**

Se instalará un medidor electrónico del tipo A1800 previsto para puerto RS 485, en el cual se puede medir la potencia activa y reactiva respectivamente.

Este tipo de medidor presenta las siguientes ventajas técnicas:

- El arranque del medidor electrónico puede ser de bajas corrientes, conservando su precisión, en todo el rango de potencia.
- El medidor ALPHA tiene una precisión de  $\pm 0,2\%$  a carga nominal.
- Para el uso con transformador de corriente mide corrientes tan bajas como 50 mA con una precisión de  $\pm 0,3\%$ .
- El medidor ALPHA viene calibrado de Fábrica con Software de calibración con factores de ajuste y usa una batería que puede tener una vida de 20 años guardada.

- El medidor ALPHA usa convertidores analógicos/digitales que tienen capacidad de tomar muestras de 3 canales de entrada simultánea y está protegido en 3 áreas contra ruido y sobrecarga.
- Se puede programar con indicador ALPHA está determinada y es multitarifario.
- La confiabilidad del medidor ALPHA está determinado por el registrador y los componentes de la fuente de potencia que se ajusta automáticamente al voltaje de la línea.
- Es más fácil reconocer si un medidor electrónico ha fallado en comparación a uno mecánico que puede mantenerse fallado por mucho tiempo sin darnos cuenta.
- El tipo ALPHA A1800 mide total de KWH, total KVAR y el usuario puede programar el medidor para KW de demanda máxima y energía y KVAR de demanda máxima y energía.

#### Características técnicas:

Tipo	: ALPHA A1800
Modelo	: Previsto para puerto RS 485
Tensión de Medición	: 220 V
Corriente de medición	: 5 A
Nº de hilos	: 4
Tipo de medición	: Activa y reactiva con indicador

de máxima demanda.

Tarifa	: Múltiple
Clase de Precisión	: 0,2

#### **E. Protección mecánica del cable de medición**

El conductor del sistema de medición, se protegerá con un tubo de A°G° ø 25,4 mm; sujeta al poste de concreto de 13 m. con abrazadera de cinta Band It de 19mm de ancho con hebillas de sujeción.

Este ingresará con curvas de PVC Ø 25,4mm, en la parte superior del murete de concreto ubicado al pie del poste, para proteger su adulteración.

#### **F. Murete de medición**

Se construirá un murete de ladrillos revestido con concreto, de dimensiones 1 300 mm x 800 mm x 300mm, en donde estará alojada la caja metálica LTM, donde se instalará el medidor electrónico. Tendrá base y sobrebase conforme a la lámina de detalle 10.

El Murete estará ubicado junto al pie de la estructura de medición, de tal manera que el tubo de protección mecánica del cable de medición NPT ingrese directamente con curva de plástico PVC Ø 25mm, a la caja metálica tipo "LTM".

#### **G. Pruebas**

El Proveedor, presentará documentos que demuestren que todas las pruebas señaladas en las normas respectivas, han sido efectuadas y que los resultados obtenidos, están de acuerdo a dichas normas.

Las pruebas se efectuarán en las instalaciones del fabricante, en presencia de un representante del Propietario a quien se le brindará todos los medios que le permitan verificar la calidad de los suministros.

#### 4.5.1.14 Subestación de Transformación Tipo Caseta

##### **A. Generalidades**

Las presentes especificaciones técnicas se refieren al equipamiento de la Subestación de Transformación tipo Caseta, correspondiente a la Planta agroindustrial.

##### **B. Celda de Llegada en 22,9 kV**

La celda de llegada en 22,9 kV en la caseta de transformación es del tipo compacta bajo cubierta metálica, compartimentada y equipadas con seccionamiento en ejecución fija, de uso interior, diseñadas para su utilización en redes de media tensión, brindando un elevado nivel de seguridad tanto para las personas como para las instalaciones, confiabilidad desde el punto de vista de la continuidad del servicio y un mantenimiento rápido y sencillo. De medidas: 0,375 m de ancho, 0,940 m de profundidad y 1,60 m de altura.

Las celdas serán del tipo SM6 modelo QM.

##### **Características:**

- Características técnicas: 24 kv – 630 A – 20 kA
- Acometida por la parte inferior
- Acceso frontal

**Contenido de cada unidad:**

- Juego de barras de CU para 630 A.
- Seccionador bajo carga en SF6, 630A con cuchillas PAT incorporadas en el mismo.
- Cuchillas de PAT inferiores, en aire.
- Comando manual, CI1 con funciones de:
  - Apertura del seccionador principal, local a pulsador
  - Cierre del seccionador principal, local a palanca
  - Apertura/cierre del seccionador de PAT, local a palanca
- Diagrama mímico móvil, con indicación de la posición del seccionador principal y de las cuchillas PAT.
- Base portafusibles tripolar, para fusibles de alta capacidad de ruptura, línea DIN.
- Señalización mecánica de fusión de fusible.
- Bloqueo por candado para el comando del seccionador principal y de las cuchillas de PAT
- Divisores capacitivos con indicación óptica de presencia de tensión.
- Bobina de apertura de 110Vcc/220 Vca, cableado a bornera frontera.
- Juego de contactos auxiliares (2NA+2NC) – Resistencia calefactora 50W.

**Fusibles línea DIN**

Los fusibles de alta capacidad de ruptura, diseñados y ensayados de acuerdo a las Normas IEC 60282 – 1

Las dimensiones de los fusibles están de acuerdo con la Norma DIN 43625.

Los fusibles serán del tipo T

### **Características Técnicas**

Corriente Nominal	:	50	Amp
Tensión Nominal	:	30	KV
Máxima corriente de Cortocircuito	:	50	kAmp.

- a) Terminales unipolares de 30 kV para cable tipo N2XSY de 1x50 mm<sup>2</sup>, con cinta de cobre para cable de 18/30 kV, con aislamiento sintético, contraíble en frío, de instalación interior y servicio a nivel del mar.

### **C. Celda de remonte en 22,9 kV**

La celda de remonte en 22,9 kV en la caseta de transformación es del tipo compacta bajo cubierta metálica y compartimentada, diseñadas para su utilización en redes de media tensión, brindando un elevado nivel de seguridad tanto para las personas como para las instalaciones, confiabilidad desde el punto de vista de la continuidad del servicio y un mantenimiento rápido y sencillo. De medidas: 0,500 m de ancho, 0,940 m de profundidad y 1,60 m de altura.

#### **Características:**

- Características técnicas: 24 kv – 630 A
- Acometida por la parte inferior
- Acceso frontal



Contenido de cada unidad:

- Juego de aisladores capacitivos de 24kV.
- Lámparas de señalización.
- Soporte para terminal de cable seco.
- Conexionado interno general

- a) Terminales unipolares de 30 kV para cable tipo N2XSY de 1x70 mm<sup>2</sup>, con cinta de cobre para cable de 18/30 kV, con aislamiento sintético, contraíble en frío, de instalación interior y servicio a nivel del mar.

#### **D. Celda de transformación**

La celda de transformación proyectada en la caseta es del tipo convencional construida con placas de concreto y es de 2,70 m de ancho, 1,60 m de profundidad y 2,40 m de altura.

Estará equipada con:

- a) Terminales unipolares de 30 kV para cable tipo N2XSY de 1x70 mm<sup>2</sup>, con cinta de cobre para cable de 18/30 kV, con aislamiento sintético, contraíble en frío, de instalación interior y servicio a nivel del mar.

#### **E. Transformador**

El transformador de potencia será trifásico, en baño de aceite, con arrollamiento de cobre y núcleos de hierro laminado en frío, para montaje interior y enfriamiento natural, fabricado de acuerdo con las

recomendaciones de la Norma N.T.P., en su versión vigente a la fecha de adquisición.

El transformador tendrá la capacidad suficiente para entregar la potencia nominal en forma continua, dentro de los límites de pérdidas y tolerancias que establece la norma, así como soportar los esfuerzos provocados por un cortocircuito trifásico exterior durante 5 segundos.

El transformador será de las siguientes características básicas:

Normas de fabricación: N.T.P. 370.002

IEC Publicaciones 60076, 60137, 60354, 60296 y 601156.

- Potencia nominal continua 1600 kVA
- Tensión del Primario 22,9 kV
- Regulación sin carga en el Primario  $\pm 2 \times 2.5\%$
- Tensión del Secundario a plena carga 460 Voltios
- Conexión del lado primario Delta en 22,9 kV
- Conexión del lado secundario Delta en 0,38kV
- Grupo de conexión Dd6
- Altitud de servicio hasta 1,000 msnm
- Instalación Interior
- Frecuencia 60 Hz
- Línea de fuga de aisladores pasatapa 700 mm
- Nivel de aislamiento Tensión de prueba en AT/BT:  
50/3 kV

Bil interno AT/BT: 95/ -kV

Bil externo AT/BT: 125/3 kV

- Tensión de cortocircuito Según fabricante

- Otras Características

- Refrigeración natural por aire y aislamiento interno en aceite
- Garantía de funcionamiento a 4/4 de carga
- Sobre temperatura con carga continua
  - Aceite 60°C
  - Arrollamiento 65°C
  - Ambiente Máximo 40°C
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial con fuente independiente durante un minuto
  - Lado de A.T. 50 kV
  - Lado de B.T. 3 kV

Asimismo, los transformadores estarán provistos de los siguientes accesorios:

- + Tanque principal con válvulas de vaciado y rellenado de aceite
- + Tanque conservador con indicador visual de nivel de aceite
- + Conmutador de toma suplementarias en vacío, con mando sobre la tapa
- + Termómetro bimetálico con contactos de alarma y desconexión e indicador de máxima temperatura para comando de equipo de Ventilación.
- + Desecador de aire

- + Grifo de vaciado y toma de muestras de aceite
- + Placa de características
- + Gancho de suspensión para levantar la parte activa o el transformador completo
- + Dotación de aceite
- + Borne de puesta a tierra del tanque.
- + Ruedas bidireccionales.
- + Protocolo de Pruebas

## **Pruebas**

El transformador será sometido, por el fabricante en presencia de un representante del propietario, a las siguientes pruebas antes de su entrega al

Cliente (pruebas de rutina):

- Medida de la relación de transformación
- Polaridad
- Prueba de vacío (medida de las pérdidas en el hierro)
- Prueba de cortocircuito (medida de las pérdidas en el cobre)
- Medida de la resistencia de aislamiento

## **F. Equipos de Maniobra y Materiales**

### **Equipos de Maniobra**

La Subestación de Transformación, deberá estar provista de los siguientes equipos de maniobra:

- + Guantes de jebe de 25 kV

- + Pértiga de maniobra de 25 kV
- + Balde con arena
- + Banco de madera

### **Equipos y Materiales**

- Para cada celda se suministrará placas de identificación y datos, de plástico laminado o similar de 3 mm de espesor.
- Juegos de avisos de peligro, en plancha acrílica de 1/16" de espesor apta para ser colocada en cada celda y en la puerta de ingreso a la Subestación. Comprenderá símbolos de presencia de corriente y muerte y la leyenda **PELIGRO** y **SOLO PARA PERSONAL AUTORIZADO**, según modelos impresos en el Código Nacional de Electricidad Tomo I.
- Una cartilla plastificada escrita en idioma español de primeros auxilios, en caso de accidentes por contacto eléctrico de dimensiones no menor de 1,00 mx 0,80 m.

### **G. Línea y Pozo de Tierra**

De acuerdo a lo indicado en el diseño de la Subestación de Transformación, se instalarán líneas de tierra, a través de las cuales se conectarán a los pozos de tierra de media y baja tensión, todas las estructuras metálicas de las celdas, inclusive equipos de protección.

Estas líneas se harán con conductor de cobre electrolítico desnudo.

Cada sistema de puesta a tierra, de media y baja tensión, estará constituido por:

- a) Un dispersor vertical (jabalina) compuesto por una varilla de cobre electrolítico de 16mm de diámetro y 2,40 m. de largo.
- b) La unión de conductor a jabalina se realizará mediante grampa igual o similar al tipo J-AB de Blackburn.

## **H. Ventilación**

La ventilación natural será complementada con extracción de aire forzada, para lo cual se considera para efectos de una adecuada ventilación, la instalación de una unidad de extracción de aire de las características siguientes: 2394 m<sup>3</sup>/h, 220 V., 60 Hz.

### **4.5.1.15 Acometida en Baja Tensión**

#### **A. Cable de energía NYY**

Los cables de energía NYY serán fabricados según las normas:

**N.T.P. – IEC 60228:** Conductores para cables aislados.

**N.T.P. – IEC 60502-1:** Cables de energía con aislamiento extruido y sus aplicaciones para tensiones nominales desde 1 kV y 3 kV.

Se Conectará los bornes de Baja Tensión del transformador con el Interruptor Termomagnético localizado dentro del tablero principal de la sala de tableros de la Planta.

Para la tensión de 380 V se utilizará conductor NYY: 7 - (3-1x185) mm<sup>2</sup>

Será del tipo NYY -1 kV, 3 unipolares conformación triplex, constituidos por conductores de cobre electrolítico, temple blando, cableados concéntricamente, aislados y enchaquetados individualmente con PVC, cableados entre sí, para una tensión de servicio de hasta 1 kV.

### Triplex

CALIBRE	NUMERO HILOS	ESPESORES		PESO	CAPACIDAD DE CORRIENTE (*)		
CABLE		AISLAMIENTO	CUBIERTA		ENTERRADO	AIRE	DUCTO
Nº x mm²		mm	mm		A	A	A
3 x 1 x 185	37	2,0	1,8	6160	483	470	367

### B. Interruptor termo magnético

Norma aplicable:

IEC 60947-2 Aparata de baja tensión. Parte 2: Interruptores automáticos.

Se instalará en el tablero principal ubicado dentro de la sala de tableros de la Planta. Será del tipo termo magnético **NO FUSE** encapsulado trifásico de 3 x 3200 Amp, de tensión nominal 690 Voltios, capaz de interrumpir hasta 35 KA de corriente de cortocircuito.

El interruptor termo magnético, contara con regulación térmica y magnética, de **0,6 a 1** de la In de acuerdo a estándares de calidad.

Tipo	:	Trifásico
Nº polos	:	3
Tensión de servicio AC-60 Hz (V)	:	690

Tensión de impulso (KV)	:	8
Tensión de aislamiento (V)	:	800
Poder asignado de cortocircuito	:	100%
Tiempo de apertura (ms)	:	7-10
Durabilidad N° maniobras/operaciones h)	:	20 000/120
Capacidad de corriente (A)	:	3200

### **C. Terminales de compresión**

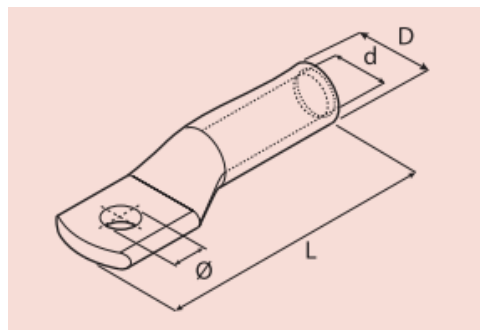
#### **Norma aplicable**

✓ IEC 60439-1/2/3/4/5 : Conjuntos de aparamenta de baja tensión.

Los terminales serán de tubo de cobre electrolítico refinado (>99,9% Cu) para uso eléctrico. Se usarán para cable de energía NYY-1 KV de 500 mm². Los terminales tendrán las siguientes características:

- Fabricados de tubo de cobre sin costura.
- Diámetro interior de la barra adecuado a los calibres comerciales de los conductores.
- Barra (cañon) largo.
- Biselado interno para la fácil introducción del conductor.
- Acabado estañado electrolítico, para prevenir la corrosión.
- Cada terminal estará identificado con el calibre del conductor.
- La Paleta contara con una perforación.





Item	Descripción	D (mm)	d (mm)	L (mm)	Ojal □□ (mm)	Emb (mm)
1	Terminal de compresión 02 agujeros de 185mm <sup>2</sup>	38	33,30	155	12,7	18

#### D. Conexión trafo - tablero

Los 7 conectores por fase del cable NYY no se hará directamente hacia al interruptor termo magnético, sino más bien la conexión de los conectores por fase irán prensados en las barras de cobre instaladas en el tablero autosoportado de donde se conectara al interruptor termo magnético a través de esas barra de cobre.

#### E. Pruebas

Los materiales que formen parte del suministro, serán sometidos durante su fabricación a todas las pruebas, controles, inspecciones o verificaciones prescritas en las normas indicadas con la finalidad de comprobar que los materiales satisfacen las exigencias, previsiones e intenciones del presente documento.

Las pruebas se efectuarán en las instalaciones del fabricante, en presencia de un representante del Propietario a quien se le brindará todos los medios que le permitan verificar la calidad de los suministros.

#### 4.5.1.16 Accesorios de Anclaje de Trafomix

Los accesorios de anclaje consisten en pernos maquinados que se instalarán asociados al seguro de anclaje y el riel soporte base del trafomix. Los pernos, con sus arandelas planas, tuercas y contratuercas serán debidamente ajustados y requintados con torquímetro.

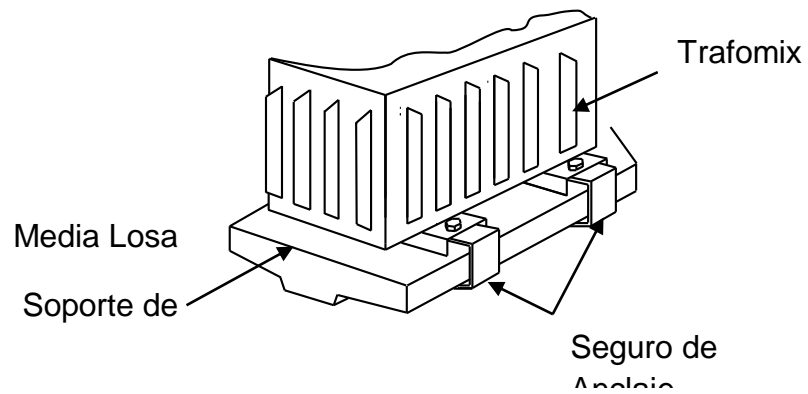
El perno de 12,7mm Ø x 38mm se instalarán en cualquiera de las cinco tuercas de la platina seguro de anclaje de 12,7mm de espesor, determinándose en el momento de su instalación y dependiendo del tamaño del trafomix. El seguro del trafomix deberá quedar debidamente ajustado y acanalado respecto al perfil superior de la media loza soporte del Trafomix.

El trafomix deberá de ser anclados a su correspondiente losa soporte.

Estos accesorios consistirán en un conjunto compuesto de 04 seguros moldeados de AoGo. + 04 pernos de AoGo. + Accesorios de AoGo.; que presentan los siguientes detalles:

- 04 pernos de AoGo. de 13 mm Ø x 38 mm; y cada uno incluye 01 arandela planas cuadradas de 57 mm x 57 mm x 6 mm de espesor, con tuerca y contratuerca.
- 04 seguros moldeadas (seguro de anclaje) de AoGo. de forma conforme a diseño adjunto, de platina de 51 mm de ancho x 6 mm de espesor; de 375 mm de longitud total desarrollada.
- Todas las partes metálicas serán de AoGo.; con galvanizado por inmersión

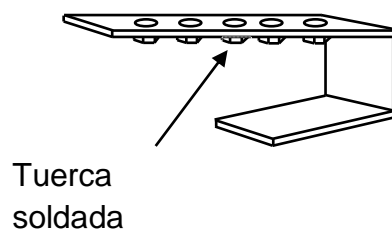
en caliente y no deberá tener menos de 100 micras de e.p., (Norma ASTM A 90, Standard Test Method For Weight Of Coating On Zing - Coated (Galvanized) Iron Of Steel Articles).



Cada seguro de anclaje tendrá dos dobleces, de modo que se acople al perfil de la media losa soporte de trafomix; a la vez que se ajusta al riel tipo “U” de la base del trafomix.

Finalmente, cada perno sujetará al seguro de anclaje y el riel soporte base del trafomix; que se ajustará debidamente con su tuerca soldada y su contratuerca libre (no soldada).

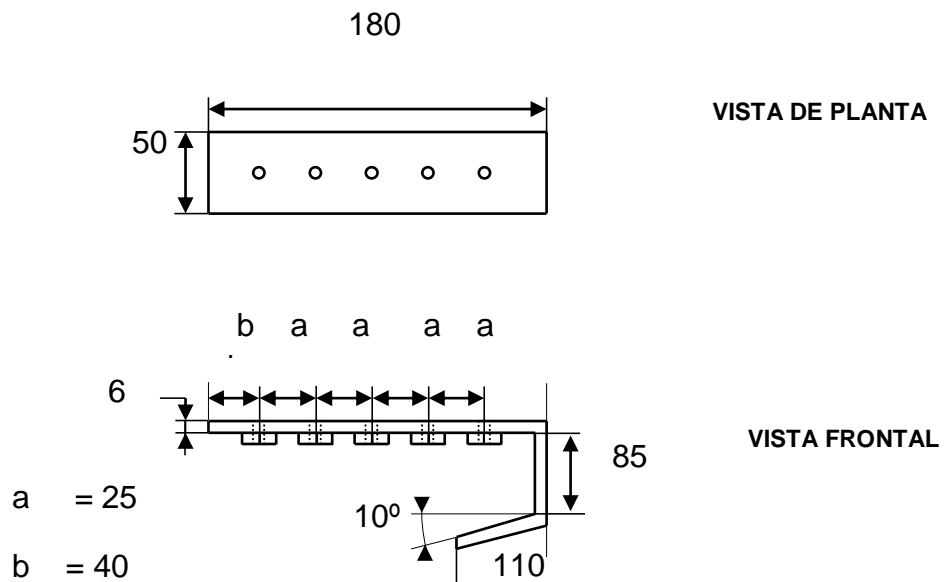
El perno de 13 mm Ø x 38 mm se instalará en cualquiera de las 5 tuercas, determinándose en el momento de su instalación y dependiendo del tamaño del trafomix.



El seguro de anclaje tendrá 5 agujeros de 14,3 mm Ø, en donde por la parte interior se le soldará 5 tuercas de 13 mm Ø.

Los agujeros se ubicarán debidamente alineados y espaciados cada 25 mm.; y las tuercas soldadas deberán quedar en forma concéntrica.

Los dobleces serán a 180 mm., 85 mm. y 110 mm.; de modo que permita cubrir y acanalar al perfil superior de la media losa soporte del transformador, conforme se muestra en el diseño adjunto.



Finalmente, cada perno sujetará al seguro de anclaje y el riel soporte base del transformador; que se ajustará debidamente con su tuerca soldada y su contratuerca libre (no soldada); incluye 01 arandela plana circular.

#### 4.5.1.17 Pinturas para Señalización Externa

Con el propósito de señalar zonas donde se deben prevenir o advertir peligros de RIESGO ELECTRICO, se deberán inscribir en las partes visibles de éstas simbologías apropiadas con las dimensiones y características que se indican en las Normas Técnicas DGE “Terminología en Electricidad” y “Símbolos Gráficos en Electricidad”, aprobadas según Resolución Ministerial N° 091-2002-EM/VME; o según los diseños normalizados por la Empresa Regional.

La señalización también incluye la numeración de los postes, que será efectuada siguiendo los criterios de normalización y uniformización, para lo cual se deberá de coordinar con la Empresa Concesionaria, quienes proporcionarán los detalles para la correcta identificación y numeración (tipos de caracteres, color, contenido, altura de pintado, etc).

Para estos trabajos se emplearán pinturas de colores amarillo y negro (u otros, conforme a los diseños requeridos por la Empresa Concesionaria) tipo esmalte; que se aplicarán previa limpieza de las superficies preestablecidas. Los trabajos de señalización se efectuarán después que las partes o áreas por señalar hayan sido correctamente montadas (incluye fraguado, ajustado y acabados, según corresponda).

Otros detalles respecto a la señalización, se consignarán en el Cuaderno de Obra, por parte de la Supervisión; que serán atendidos por el Residente de Obra.

#### 4.5.1.18 Cintas Aisladoras

Para los acabados finales en los cables y conductores en los puntos de

empalmes con conectores tipo Ampact, que permitan asegurar la mejor preservación ante las inclemencias del medio ambiente (incluye la protección y limpieza de compuesto tipo SR1, que garantizará su performance), se utilizarán cintas aisladoras:

- Cinta de PVC, tipo aislante de 19 mm x 20 m.
- Cinta de PVC, tipo vulcanizante de 19 mm x 10 m; N° 23 de 3M o similar.

#### **4.5.2 Especificaciones de Montaje**

##### **4.5.2.1 Montaje De Postes De Concreto**

El Contratista deberá someter a la aprobación de la Supervisión el procedimiento que utilizará para el izaje de los postes.

En ningún caso los postes serán sometidos a daños o a esfuerzos excesivos.

Los postes serán instalados mediante una grúa de 8 toneladas montada sobre la plataforma de un camión.

Antes del izaje, todos los equipos y herramientas, tales como ganchos de grúa, estribos, cables de acero, deberán ser cuidadosamente verificados a fin de que no presenten defectos y sean adecuados al peso que soportarán.

Durante el izaje de los postes, ningún obrero, ni persona alguna se situará por debajo de postes, cuerdas en tensión, o en el agujero donde se instalará el poste.

No se permitirá el escalamiento a ningún poste hasta que éste no haya sido completamente cimentado.

La Supervisión se reserva el derecho de prohibir la aplicación del método de izaje propuesto por el Contratista si no presentara una completa garantía contra daños a las estructuras y la integridad física de las personas.

Los postes de c.a.c., se izarán en el terreno en agujeros de 1,00 x 1,00 x 1,70 m; para las estructuras de 13m y 1,00 x 1,00 x 1,80 m para las estructuras de la subestación y trafomix.

El fondo del agujero llevará solado de concreto pobre de 0.1 m. de espesor.

La excavación para la cimentación debe ser la necesaria, sin alterar al terreno adyacente, modificando su resistencia mecánica.

Antes de izar los postes deberán ser protegidos con un sellador de reconocida calidad, desde su base hasta 3 m.

Se cimentarán con concreto ciclópeo, con mezcla C:H = 1:10 (Cemento : Hormigón) + 30% piedra mediana.

El material agregado será de cantera debidamente certificada. Las mezclas de concreto se realizarán en recipiente adecuado, evitando que se efectúe directamente en el suelo o tome contacto con éste.

Se alinearán en línea recta a lo largo del terreno.

Deberán observar verticalidad en el eje del poste y no deberá exceder de 5 mm/m.

Todos los postes deberán ser puestos en posición vertical y en alineamiento, no permitiéndose una desviación de la vertical que exceda 1/200 de la altura útil del poste con el conductor instalado.

#### 4.5.2.2 Montaje De Accesorios De Concreto

Los accesorios de concreto (crucetas y medias loza de C.A.V.) se ciñeran a lo indicado en las láminas de detalle N° 02, que constituyen parte del presente proyecto, todas ellas se instalarán bien niveladas.

Se respetarán las alturas de instalación y su adecuado alineamiento y perpendicularidad con relación al eje de la línea.

Se fraguara con mortero de cemento y tacones de madera para tapar los orificios, previamente se instalarán los pernos doble armado para evitar movimientos y cambios de dirección, a causa del viento o en maniobras de mantenimiento.

Su montaje se realizará totalmente antes del izado y cimentación de los postes, debiendo cuidar que conserven perpendicularidad con ellos y al eje de la línea los de alineamiento.

Luego de concluida la instalación de las estructuras, los postes deben quedar verticales y las crucetas horizontales y perpendiculares al eje de trazo en alimentación, o en la dirección de la bisectriz del ángulo de desvío en estructuras de ángulo.

Las tolerancias máximas son las siguientes:

- Verticalidad del poste : 0,5 cm/m
- Alineamiento : +/- 5 cm
- Orientación : 0,5°
- Desviación de crucetas : 1/200 Le

Le = Distancia del eje de la estructura al extremo de la cruceta.

Cuando se superen las tolerancias indicadas, el Contratista desmontará y corregirá el montaje sin costo adicional para el Propietario.



Una vez concluido la instalación de crucetas, el Contratista deberá suministrar y aplicar una capa del sellador de concreto el cual se realizará de acuerdo al mismo procedimiento descrito para los postes de Concreto Armado Centrifugado.

La instalación de ferretería tales como perno ojo, tuerca ojo, espigas de fierro galvanizado, grapas de anclaje, grilletes, tuercas y arandelas etc., se realizarán con el mayor cuidado a fin de evitar que el galvanizado sea afectado durante su manipulación.

El ajuste final de todos los pernos se efectuará, cuidadosa y sistemáticamente, por una cuadrilla especial.

A fin de no dañar la superficie galvanizada de pernos y tuercas, los ajustes deberán ser hechos con las llaves adecuadas.

El ajuste deberá ser verificado mediante torquímetros de calidad comprobada. La magnitud de los torques de ajuste deben ser previamente aprobados por la Supervisión.

#### 4.5.2.3 Montaje De Aisladores

##### Aisladores poliméricos tipo Pin

Los aisladores tipo Pin se instalarán en los respectivos postes, de acuerdo al tipo de armado, verificando su posición vertical, teniendo especial cuidado en aquellos

instalados en la punta del poste, donde se debe fijar apropiadamente el aislador para mantener la verticalidad y sellar posteriormente con concreto el agujero de la punta del poste.

Se verificará antes de su instalación, que no presentes defectos y que estén limpios de polvo, grasa, material de embalaje, tarjeta de identificación, etc.

Si durante esta inspección se detectaran aisladores que estén agrietados o astillados que presentaran daños en las superficies metálicas, serán rechazados y marcados de manera indeleble a fin de verificar que no sean instalados.

Se efectuará el montaje de los aisladores tipo pín instalando primeramente su espiga de AoGo en su correspondiente cruceta; y debe incluir su acabado con arandelas, tuerca, contratuerca y platina tipo “J”, debidamente ajustados.

Luego se montará el aislador polimérico, orientándolo a la dirección de la línea y enroscándolo debidamente ajustado en la espiga de AoGo.

Se considerará que el montaje de los aisladores ha sido correcto luego de efectuar las pruebas de aislamiento, con resultados conformes; en caso se detecten fallas, los aisladores comprometidos serán cambiados.

#### Aisladores de Anclaje Poliméricos

El armado de los aisladores, se efectuará en forma cuidadosa, prestando especial atención que los seguros queden debidamente instalados.

Antes de proceder al ensamblaje, se verificará que sus elementos no presenten defectos y que estén limpios. La instalación se realizará en el poste ya instalado, teniendo cuidado que durante el montaje de los aisladores a su posición, no se produzcan golpes que puedan dañar las aletas y herrajes. La parte metálica del aislador, así como perno ojo, arandelas y otros elementos de sujeción serán untados con una capa de grasa neutra, teniendo especial cuidado en no impregnar grasa a la superficie del aislador polimérico.

El montaje de los aisladores de anclaje tipo poliméricos se efectuará pre ensamblándolos a nivel del piso y luego se procederá a su montaje en el poste. Luego se concluye su acabado y ajuste con arandelas, tuerca, contratuerca y platina tipo “J”; quedando expedita la cadena completa para su ensamble con el conductor de la Red Aérea de M.T.; conforme al tipo de armado.

#### 4.5.2.4 Montaje De Conductores

Todos los equipos completos con accesorios y repuestos, propuestos para el tendido, serán sometidos por el Contratista a la inspección y aprobación de la Supervisión. Antes de comenzar el montaje y el tendido, el Contratista demostrará a la Supervisión, en el sitio, la correcta operación de los equipos.

El conductor será tendido bajo tracción, empleándose dispositivo de frenado adecuados para asegurar que el conductor se mantenga con la tracción suficiente, para evitar que toque el suelo o ser arrastrado retirándose todo tipo de obstáculos como árboles o elementos que dificulten el tendido de la línea y sufra deterioro.

No se permitirá el entorchado de los conductores entre sí, ni empalmes en vanos adyacentes o en vanos que crucen carreteras, ríos, edificios u otras líneas aéreas (comunicación, etc.).

El conductor deberá ser puesto en flecha después de 24 horas de ser efectuado el tendido y de acuerdo a las tablas de templado preparadas en este proyecto.

La flecha real no debe superar la flecha técnica admitiendo una tolerancia de 0,5% sobre el nivel técnico.

#### 4.5.2.5 Montaje De Cables Subterráneos

Los cables subterráneos quedaran instalados en una zanja de 0,80 m x1,20 m de profundidad debiendo quedar parejo en el fondo, sobre el que se instalara una cama de arenilla de 0,20m de espesor.

Luego se instalara el cable y será cubierto con otra cama de arenilla de 0,20m. Posteriormente se colocara la hilera de ladrillo king kong se coloca tierra cernida compactada hasta una altura de 0.20 m, Luego se coloca cinta señalizadora color rojo y se termina de cerrar la zanja compactando mecánicamente en capas de 0,20m.

Se aprovechará el buzón de concreto para realizar los cambios de dirección y facilitar el tendido del cable al ingreso a la subestación tipo caseta. Será de 1,00 x 1,00m por 1,50m de profundidad.

En el área de estacionamiento de camiones se instalarán ductos de concreto en zanja de 0,80m x 1,20m, donde se colocará un solado de 0,10m posteriormente se colocarán los ductos en hilera de tal manera que embone uno con otro para luego colocar un anillo de concreto en las uniones. Luego se coloca arenilla hasta una altura de 0,30m.

Posteriormente se colocará tierra cernida compactada hasta una altura de 0,20 m, Luego se coloca cinta señalizadora color rojo y se termina de cerrar la zanja compactando mecánicamente en capas de 0,20m.

#### 4.5.2.6 Montaje Electromecánico De Subestación Tipo Caseta

Los equipos eléctricos de protección y maniobra instalados en las celdas cumplirán con las principales normas de fabricación así como las principales normas de montaje de la D.G.E. del M.E.M.

En la celda de Llegada se instalará el seccionador de potencia bajo carga muy bien cimentado en la estructura metálica de manera que soporte los movimientos bruscos de apertura y cierre de su mecanismo. La instalación de estos elementos y sus accesorios deben realizarse de manera segura y guardando las distancias de montaje correctas.

En la celda de transformación Los transformadores que se instalarán deberán cumplir con las principales normas de fabricación: VDE, CEI y N.T.P. así como las principales normas de montaje de la DGE del Ministerio de Energía y Minas.

El transformador nuevo será montado en la celda de Transformación, se cuidará que los aisladores del transformador estén completamente limpios y en buen estado, que no presenten daños que afecten a su aislamiento.

Todas las partes metálicas deben ir puestos a tierra rigurosamente. Se deberá verificar el nivel de aceite en el tanque y se hará el meghado respectivo de cada una de las fases en media y baja tensión alcanzando los valores correctos, (estas verificaciones se efectuarán previo a su instalación; y luego que ésta se ha efectuado). El transformador deberá mantenerse siempre en posición vertical, tanto en el transporte como durante el montaje de obra. Las gatas hidráulicas deberán colocarse únicamente en lugares previstos para tal fin.

El transformador estará provisto de orejas de izaje, que deberá utilizarse para las maniobras con grúa de capacidad comprobada y cable de acero apropiado. Los cables de izaje no formarán en ningún caso un ángulo menor a  $60^\circ$  con la horizontal. Se hará una inspección rigurosa en busca de fugas de aceite y/o golpes externos en la grúa. Una vez instalado el transformador en su lugar definitivo de emplazamiento, se instalarán los accesorios.

#### 4.5.2.7 Montaje en Punto de Diseño

La conexión del sistema de utilización en el punto de diseño se realizará de tal forma que se evitará conectarse directamente de los aisladores existentes, para ello se implementarán los materiales mostrados en la lámina de detalle N° 01 tales como aisladores, cruceta de madera, conectores cuña AMPAC, etc.

Para la interconexión de la nueva carga se programarán cortes de energía en los seccionadores de línea. El tiempo estimado del corte es de 1 hora por lo que se coordinará con el Concesionario para tal fin.

Alternativamente se podrá optar por realizar el empalme en caliente, cuyos trabajos serán realizados por personal especializado de la concesionaria, previo a lo cual se deberá contar con la conformidad de obra por parte de la Supervisión. Dichos trabajos cumplirán con las condiciones técnicas estipuladas en el CNE-S.

#### 4.5.2.8 Equipamiento De Estructura De Seccionamiento Protección Y Medición

Previo al equipamiento de la estructura de seccionamiento, protección y medición, se deberá observar el correcto ensamblaje y su adecuado secado (del mortero) de todos los accesorios de concreto en su estructura soporte.

Conforme al planteamiento del proyecto, se efectuara el montaje de los equipos de protección, teniendo en consideración las prescripciones del CNE-S, respecto al método de montaje por ejecutar y las distancias de seguridad permisibles.

Las bajadas desde la red hasta los seccionadores CUT OUT se realizarán con conductor de cobre forrado temple duro CPI de 35mm<sup>2</sup> y las subidas con cables N2XSJ de 18/30KV de 70 mm<sup>2</sup>.

La estructura de seccionamiento, protección y medición será tipo barbotante de 13m/400Kg, y tendrá los siguientes equipos:

- **Seccionadores fusibles tipo cut out**, que se instalaran con sus abrazaderas en la media palomilla teniendo cuidado que el pivote de

basculación se encuentre en la parte inferior y respetando las distancias de seguridad que estipula el CNE-S.

- **Recloser**, se instalara con sus abrazaderas, si es necesario se colocara una riostra para soportarla de forma que gane distancia y quede equidistante entre postes, permitiendo también el giro o pivoteo de la palanca para desconexión manual.

Se coordinará con la Empresa Concesionaria los parámetros de programación para los ajustes y calibraciones.

- **Trafomix tipo**, que se izara con un medio mecánico hasta la loza soporte, verificando que quede perfectamente nivelado.
- **Medidor electrónico**, debidamente conexionado con el trafomix, se instalara dentro de la caja portamedidor tipo LTM que irá empotrado en murete de concreto de 1,30x0,80x0,30m.
- **Cables de conexionado y conectores tipo cuña**, para efectuar el conexionado para el control y operación de los equipos de la estructura de seccionamiento y medición, se utilizaran los conductores conforme se muestra en las láminas de detalle.

#### 4.5.2.9 Montaje Del Transformador De Medición Mixto

El trafomix se izara con un medio mecánico (grúa) hasta la loza soporte, verificando que quede perfectamente nivelado.



El transformador mixto TRAFOMIX estará suspendido en una plataforma que se embonara en la estructura de concreto monoposte PMI, según se muestra en el Plano.

El trafomix se fijará a la plataforma mediante pernos de sujeción.

Todas las partes metálicas que pueden presentar contacto peligroso de tensión deberán ser puestas a tierra rigurosamente.

Se deberá conectar los terminales de medición en baja tensión desde la caja de bornes del TRAFOMIX con conductor NPT 4x2,5 + 4x4mm<sup>2</sup> hasta la caja metálica tipo "LTM" de medición; estos conductores estarán protegidos mecánicamente por un tubo de AoGo de 25,4 mm (1") y  $\emptyset$  con curva para subir al murete de medición.

Se deberá rellenar el ingreso de los cables al tubo de AoGo con masilla aislante eléctrica para evitar el ingreso de tierra o agua al tubo.

#### 4.5.2.10 Instalación De Caja Porta medidor Y Medidor Electrónico

La caja portamedidor se instalará en el murete de concreto que se construirá debajo de la estructura soporte de trafomix, debiendo llegar a esta el tubo de PVC SAP de  $\phi$ 25,4 mm x 6,4m con su correspondiente codo donde estará embutido los cables de control del trafomix, de acuerdo a las alturas y posiciones que se muestran en la lámina de detalles. El murete tendrá una base de 0,05m y una sobrecarga de 0,30m.

Dentro de la caja portamedidor se montará el medidor electrónico, que se fijara en la base de madera mediante sus pernos de fijación.

Los cables de control serán instalados dentro del tubo de A°G° de  $\phi 25,4$  mm x 6,4m, todos serán debidamente identificados mediante stickers, así también deberán ser continuos en toda su extensión.

La carcasa del medidor electrónico, que involucra las partes metálicas de la caja portamedidor (masas metálicas), deberá estar conectada a un pozo de puesta a tierra (puesta a tierra sistema de medición).

La caja portamedidor deberá portar sus elementos de seguridad que se maniobra mediante bisagra, y luego de la instalación del medidor electrónico, deberá portar un candado cuyas copias de llaves estarán en poder de la Empresa Concesionaria.

#### 4.5.2.11 Instalación Cables Acometida A Subestación

El cable NYY en baja tensión irá hacia las barras de cobre internas del tablero autoportado principal de la planta a donde llegaran los terminales de compresión del cable NYY, donde la conexión al interruptor termo magnético se hará a través de las barras de cobre.

Se precisa que la sala de tableros forma parte del proyecto de instalaciones eléctricas y automatización de la Planta.

#### 4.5.2.12 Montaje De Puestas A Tierra

La estructura de medición y sistema de protección en M.T. llevará cuatro (04) puestas a tierra, una para MT, otra para el interruptor, otra para el Trafomix y la cuarta será exclusivamente para el medidor electrónico.

La subestación caseta llevará dos puestas a tierra una para MT y otra para BT.

Para la puesta a tierra del medidor, el valor será menor de 3 ohmios.

Para la puesta a tierra de M.T., el valor será menor de 10 ohmios.

Para la puesta a tierra de B.T., el valor será menor de 25 ohmios.

Previamente se comprobará la resistencia del terreno y si es superior a lo indicado se mejorará la resistividad del terreno hasta lograr los valores requeridos.

Para la instalación de la varilla de puesta a tierra, ésta no deberá clavarse ni golpearse; se deberá realizar el hueco completo para su instalación. Si fuera terreno rocoso o duro, se podrá instalar en posición horizontal a 0,6 ú 0,8 m de profundidad.

La puesta a tierra deberá llevar una caja de registro de concreto para señalización debidamente pintada con la indicación de puesta a tierra y se deberá usar Bentonita como agregado para el tratamiento del terreno.

La Bentonita se mezclará con la tierra de cultivo, tratando de homogeneizar dicha mezcla, para luego rellenar la poza de tierra e isla compactando en segmentos conforme se vaya cubriendo por la mezcla preparada.

Para la instalación de la puesta a tierra se realizará una excavación de 0,80 x 0,80 x 2,70 m donde se alojará el electrodo y luego se cubrirá con tierra vegetal y su dosis de bentonita. Finalmente se instalará la caja de registro la cual es de forma circular.

#### **4.6 Presupuesto que involucra la implementación del Sistema Eléctrico**

El presupuesto que involucra la implementación del Sistema Eléctrico es de US\$ 359 388,08.

Item	Descripción	Total (USD)
------	-------------	-------------

1,00	Suministro de Materiales	250009,10
2,00	Montaje Electromecánico	50001,82
3,00	Transporte de Materiales	12500,45
	<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>312511,37</b>
4,00	Gastos Generales y Utilidades	46876,71
	<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>359388,08</b>

El detalle lo apreciamos en el Anexo 10

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

De acuerdo al estudio realizado para el presente proyecto, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- El actual Suministro de la Planta Procesadora de Limón y Mango no cumple con la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, puesto que existen un promedio de 04 interrupciones mensuales, lo cual origina que el proceso de Mango y Limón se interrumpa, acarreando perdidas económicas a la empresa.
- Las condiciones actuales del Suministro de Energía Eléctrica de la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB son:
  - Tensión Promedio: 226,0 Voltios,
  - Tensión Armónicas Promedio:  $V_1 = 391,53 \text{ V}$ ,  $V_3 = 2,1488 \text{ V}$ ,  $V_5 = 1,79996 \text{ V}$ ,  $V_7 = 1,647 \text{ V}$ .
  - Factor de Distorsión Total por Efecto de las Corrientes Armónicas Promedio:  $I_1 = 5,29\%$ ,  $I_2 = 5,21\%$ ,  $I_3 = 4,97\%$
  - Variación de la Frecuencia Promedio: 0,22%
  - Potencia Activa Promedio: 1358,76 W
  - Los requerimientos de energía de la Planta, por lo que el transformador existente de 3150 kVA, trabaja sobrecargado, produciendo sobrecalentamiento y en algunas oportunidades salga fuera de servicio.

- Los requerimientos de energía eléctrica de la Planta Procesadora de Limón y Mango de Agroindustrias AIB ubicada en Motupe – Lambayeque es de 1 400 kW, es decir 1 600 kVA.
- El Sistema Eléctrico que permita cubrir dichos requerimientos de energía eléctrica es el SISTEMA ELECTRICO DE REDES ELECTRICAS CONVENCIONALES existente en Motupe, cuya concesionaria es la empresa eléctrica ELECTRONORTE SA.
- De acuerdo a los cálculos justificativos seleccionamos un transformador de 1 600 kVA de relación de tensión 22,9/0,38 kV; un Trafomix de 25-50-100/5 A, 22,9/0,22 kV, Cable NYY de 7 - (3x1x185) mm<sup>2</sup>; Interruptor Termomagnético standard de 690V 3200 Amp, con regulación térmica y magnética, de 0.6 a 1 de la In; Seccionador Fusible Cut Out Polimérico, 27 kV, 200 A, 150 kV BIL, LF=700mm; Poste De Concreto Armado Centrifugado 13/400/180/375; Crucetas Simétrica De Concreto Armado Vibrado De Z/2,00/300; Media Losa de Concreto Armado 1,30/750; Aislador Polimérico tipo suspensión 36 kV, con herrajes de F<sup>0</sup>G<sup>0</sup>, con LF = 780 mm; Aislador Polimérico Tipo PIN 28KV, con LF = 760mm, completo con accesorios.
- El suministro y montaje de todo el equipo electromecánico debe realizarse de acuerdo a lo especificado por el fabricante.
- El presupuesto que involucra la implementación del Sistema Eléctrico es de US\$ 359 388,08.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se deberá supervisar el cumplimiento del Programa de Salud y Seguridad en el Proyecto, previniendo posibles accidentes u otras condiciones de riesgos que puedan afectar la salud de los trabajadores en su lugar de trabajo, así como Declaración de Impacto Ambiental del Sistema Eléctrico también se deberá evaluar las condiciones físicas del lugar de trabajo, y los equipos y materiales empleados.
- Se deberá realizar el muestreo, medición y análisis de la calidad de los factores ambientales afectados (agua, aire, ruido, vibraciones y campo magnético), garantizando la periodicidad del cumplimiento de este programa propuesta en el Programa de Monitoreo Ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Bibliografía

- Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844 y su Reglamento.
- Código Nacional de Suministro 2011.
- Normas: MEM/DEP -311, MEM/DEP -312, MEM/DEP -501, MEM/DEP -411, MEM/DEP -412, MEM/DEP -502.
- Otras Normas Técnicas vigentes aprobadas por la Dirección General del Ministerio de Energía y Minas.
- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Sistema Eléctrico de Distribución- Yebra Moron, Juan Carlos- Edición 2009



## **ANEXOS**

**ANEXO 1: DETALLE DE LA MAXIMA DEMANDA**

**ANEXO 2: DIAGRAMA UNIFILAR**

**ANEXO 3: CAIDA DE TENSIÓN**

**ANEXO 4: RESISTENCIA**

**ANEXO 5: FUSIBLES**

**ANEXO 6: CASETA**

**ANEXO 7: CALCULO MECÁNICO**

**ANEXO 8: CALCULO DE ESTRUCTURAS**

**ANEXO 9: CIMENTACIÓN**

**ANEXO 10: PRESUPUESTO**

**ANEXO 11: ANALIZADOR DE REDES Y CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**ANEXO 12: MEDICIONES REALIZADAS**

**ANEXO 13: PLANOS Y LAMINAS DE DETALLE**

## **ANEXO 1: DETALLE DE LA MAXIMA DEMANDA**

## **ANEXO 2: DIAGRAMA UNIFILAR**

### **ANEXO 3: CAIDA DE TENSIÓN**

## **ANEXO 4: RESISTENCIA**

## **ANEXO 5: FUSIBLES**

## **ANEXO 6: CASETA**

## **ANEXO 7: CALCULO MECÁNICO**



## **ANEXO 8: CALCULO DE ESTRUCTURAS**

## **ANEXO 9: CIMENTACIÓN**

## **ANEXO 10: PRESUPUESTO**

## **ANEXO 11: ANALIZADOR DE REDES Y CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

## **ANEXO 12: MEDICIONES REALIZADAS**

## **ANEXO 13: PLANOS Y LAMINAS DE DETALLE**