

T/621.3/C21

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELÉCTRICA**



**OPTIMIZACIÓN EN EL MONTAJE DE LA LÍNEA**  
**DE TRANSMISIÓN DE 60KV L-621-L-622 Y**  
**L-621-L-624 DE LUZ DEL SUR**

**INGENIERO ELECTRICISTA**  
**ARTURO CALLUPE YUPANQUI**

**LIMA - PERU**  
**2007**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Arturo y Norma, así como a mi hermano Dante quienes contribuyeron en la obtención de mi Título Profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo expresar mi agradecimiento a los amores de mi vida a mis hijas Olenka, Kasandra y Sachenka, así como a mi esposa Magaly.

## INDICE

INDICE .....	1
A. RESUMEN.....	2
B. INTRODUCCION .....	2
C. MARCO TEORICO.....	2
1.0 CRITERIOS DE INGENIERÍA .....	2
1.1 Criterios de Diseño Eléctrico .....	2
1.2 Criterios de Diseño Mecánico .....	7
1.3 Red Subterránea 60Kv.....	9
2.0 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	11
2.1 Línea de Transmisión Aérea 60kV.....	11
2.2 Red Subterránea 60kV .....	16
2.3 Paralelismo con Líneas de Comunicaciones.....	17
2.4 Cruce de Arboles .....	17
3.0 ESPECIFICACIONES DE SUMINISTRO .....	17
3.1 Estructuras metálicas.....	17
3.2 Postes de Madera Importada .....	26
3.3 Cruceta de Madera Importada .....	36
3.4 Accesorios Metálicos para Postes y Crucetas.....	46
3.5 Conductor AAAC.....	52
3.6 Accesorios del Conductor .....	66
3.7 Aisladores Polimericos Tipo Suspensión.....	73
3.8 Aisladores Polimericos Tipo Line Post.....	81
3.9 Accesorios de Aisladores.....	88
3.10 Materiales de Puesta a Tierra .....	102
3.11 Accesorios de Cables Subterráneos de 60kv.....	106
4.0 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	116
4.1. Diseño Electromecánico de Líneas de Transmisión.....	116
D. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	156
E. RESULTADOS .....	157
F. ANEXOS.....	158

## **A. RESUMEN**

Luz del Sur ha proyectado la modificación del recorrido del tramo de la línea 60 kV L-621/L-622 y L-621/L-624, doble terna, comprendido entre las torres 75A y 91, ubicados en las cercanías de la SET Lurín, con la finalidad de desafectar la faja de servidumbre en este tramo y en consecuencia salvaguardar la integridad física de las personas que circundan la zona, el proyecto comprende principalmente los siguientes puntos:

Diseño de una Línea de Transmisión en 60kV de 3,67km de longitud total, dividido en dos tramos:

- Tramo A: Torre N° 75A a SET Lurín de 1,37 km de longitud
- Tramo B: SET Lurín a Torre N° 91 de 2,3 km de longitud

Cabe indicar que el Tramo B presenta para el enlace con la torre N° 91, un tramo con cable subterráneo de 159m de longitud.

## **B. INTRODUCCION**

La línea de transmisión L-621/622 de 60 kV en su instalación en el año de 1967 se encontraba libre de afectaciones, actualmente con el pasar de los años esta línea de transmisión ha sido afectada por viviendas en el tramo comprendido por la torre 75 y el poste 91, zona en donde los últimos años han ocurrido varios accidentes, por tal motivo se planteo el proyecto de reubicación de este tramo de la línea de transmisión a una zona libre donde la faja de servidumbre este desafectada.

Para la realización del proyecto se consideraron nuevos métodos de montaje de líneas de transmisión y se regularizo la servidumbre de la línea de transmisión.

## **C. MARCO TEORICO**

### **1.0 CRITERIOS DE INGENIERÍA**

#### **1.1 Criterios de Diseño Eléctrico**

##### **1.1.1 Normas Aplicables**

Los criterios empleados en el diseño de la línea de transmisión en 60 kV, se rigen por las disposiciones del Nuevo Código Nacional de Electricidad del Perú (CNE), Norma VDE 0210, Norma IEC, Código NESC, Manual de Líneas de Transmisión REA y otras normas internacionales, las mismas que establecen los requerimientos mínimos a que se sujeta el desarrollo de la ingeniería del proyecto

##### **1.1.2 Características climáticas**

Temperatura Ambiente

Máxima	: 32 °C
Media	: 20 °C
Mínima	: 5 °C

Velocidad Viento

- a) 80 km/h, 15 °C (Tabla 250-1.A CNE)
- b) 50 km/h, 10 °C (Tabla 250-1-B CNE)

Humedad Relativa : 90 %-100 %  
 Nivel cerámico : 0 días – tormenta / año  
 Nivel de contaminación : Cercanía al mar con ambiente altamente salino polvo en suspensión

### 1.1.3 Condiciones Generales de Operación

Tensión nominal : 60 kV  
 Tensión máxima de operación : 72,5 kV  
 Nivel Básico de Aislamiento : 325 kV  
 Corriente de Falla Monofásica : 6,4 kA (SET Lurín)

### 1.1.4 Capacidad Térmica del Conductor

#### Características del Conductor

Sección Nominal : 304 mm<sup>2</sup>  
 Configuración : 37 x 3,23 mm  
 Diámetro exterior : 22,63 mm  
 Peso : 0,838 kg/m (8,22 N/m)  
 Carga de rotura : 9 311 kg (91,34 kN)  
 Coeficiente térmico de dilatación : 0,000023 1/°C  
 Módulo de elasticidad final : 5 700 kg/mm<sup>2</sup> (55,86 kN/ mm<sup>2</sup>)

#### Ampacidad

El procedimiento esta basado en el IEEE Standard 738 para el cálculo de la relación corriente – temperatura de conductores desnudos (International Electrical and Electronical Engineers – Standard for Calculating the Current – Temperature Relationship of Bare Conductors).

Los parámetros utilizados se resumen en el cuadro siguiente:

DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
<b>Conductor:</b>	-	AAAC 304 mm <sup>2</sup>
Diámetro	mm	22,63
Resistencia eléctrica a:		
- 25°C	Ohm/km	0,1132
- 75°C	Ohm/km	0,1321
Coefficiente de absorción solar	-	0,5
Emisividad	-	0,5
<b>Medio ambiente:</b>		
Temperatura ambiente	°C	32
Velocidad del viento	m/s	0,61
Angulo de viento sobre el conductor	grados	90
Latitud	°Sur	12
Hora del día	Hras	10
Dirección del conductor	-	Norte-Sur
Atmósfera	-	Industrial

## Capacidad Térmica

La capacidad térmica de transmisión se determina a partir de la siguiente expresión:

$$S = \sqrt{3} * V * I * 10^{-3}$$

- S : Capacidad de transmisión, MVA  
V : Voltaje entre fases, kV  
I : Corriente de fase, A

Considerando una temperatura límite de diseño para el conductor AAAC 304mm<sup>2</sup> de 80 °C (Norma DIN VDE 48201), su capacidad máxima de corriente llega a 693 A.

Por lo tanto, se garantiza una capacidad de transmisión máxima de 72 MVA.

### 1.1.5 Diseño de Aislamiento

Los criterios para la selección del aislamiento son los siguientes:

- Selección por nivel de aislamiento a frecuencia industrial
- Selección por nivel de aislamiento a impulso
- Selección por distancia de fuga.
- Uso de aisladores poliméricos según lo indicado por Luz del Sur.

Las cotas o elevaciones son inferiores a los 1000 m.s.n.m. y por lo tanto no se requieren correcciones por altura de los valores estimados de sobretensiones ni verificación del comportamiento de la línea ante descargas atmosféricas.

#### Selección por nivel de aislamiento a frecuencia industrial bajo lluvia

De acuerdo a normas IEC 71-1 el nivel de aislamiento a frecuencia industrial es 140 kV rms para la tensión máxima de servicio de 72,5 kV.

#### Selección por nivel de aislamiento a impulso

De acuerdo a normas IEC 71-1 el nivel de aislamiento a impulso es de 325 kV rms para la tensión máxima de servicio de 72,5 kV.

#### Diseño del aislamiento por distancia de fuga

La línea de transmisión se caracteriza por atravesar áreas contaminadas (fabricas industriales, zona urbana) con lluvias escasas. Por lo tanto, se les ubicó en el nivel de contaminación alto (Nivel IV) según norma IEC-815, para el cuál se recomienda una distancia de fuga mínima de 31 mm/kVff para la tensión máxima de servicio.

La distancia mínima de fuga requerida  $D_f$  es igual a:

$$D_f = 72,5 \times 31 \text{ mm/kV}$$

$$D_f = 2248 \text{ mm}$$

### 1.1.6 Distancias de Seguridad

Las cotas o elevaciones son inferiores a los 1000 m.s.n.m. y por lo tanto no se requieren correcciones por altura.

#### 1.1.6.1 Distancias Mínimas de Seguridad al Terreno

Tomando como referencia el Nuevo Código Nacional de Electricidad (CNE) Tabla 232-1a, se considera como distancias mínimas de seguridad al terreno

DESCRIPCION	LÍNEA DE 60 kV
- Al cruce de carreteras y avenidas	7,6 m
- Al cruce de calles	7,6 m
- Al cruce de vías de ferrocarril	9,4 m
- A lo largo de carreteras y avenidas	7,0 m
- A lo largo de calles	7,0 m
- A áreas no transitado por vehículos	5,5 m
- Sobre el nivel más alto de río no navegable	7,0 m

#### 1.1.6.2 Distancia Mínima entre Conductores que se cruzan

Como referencia el Nuevo Código Nacional de Electricidad (CNE), Tabla 233-1, corregida por tensiones que sobrepasan 23 kV (Art. 233.C.2.a).

NIVEL INFERIOR	LÍNEA DE 60 kV
2. Comunicaciones: retenidas, conductores, cables y cables mensajeros	2,3 m

#### 1.1.6.3 Distancia Mínima Horizontal entre Conductores

Referencia Art. 235.B.1.b (2) y Art. 235.B.2, conductores de línea mayores de 35 mm<sup>2</sup>

$$H = 7.6 * kV + 8 * \sqrt{2.12 * S} + l_c * \text{Sen}\Phi$$

Donde:

- H : Distancia mínima horizontal entre conductores (mm)
- kV : Máxima tensión de servicio (72,5 kV)
- S : Flecha (2400 mm para: T=15°C, PV=303 Pa Vano=170 m)
- $\Phi$  : Máximo ángulo a (40° para: T=15°C, PV=303 Pa)
- l<sub>c</sub> : Longitud de cadena de aislador (1245 mm)

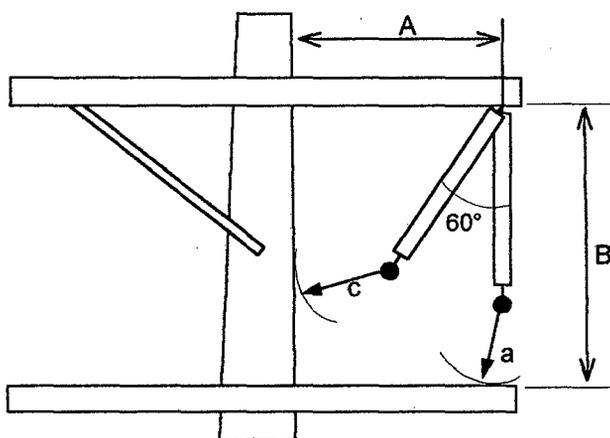
$$H = 1\ 922\ \text{mm}$$

#### 1.1.6.4 Distancia Mínima del Conductor a Masa

El Nuevo Código Nacional de Electricidad, Art. 235.E, no establece claramente las distancias de seguridad del conductor a masa (estructura). Se adoptará como criterio de diseño el Manual de Líneas de Transmisión de Alta Tensión (REA), Tabla 7-1 (Pág. 7-4).

Donde:

- a : 0.64 m (condición diaria)
- b : 0.41 m (condición 1 vez/año, para  $T=25^{\circ}\text{C}$ ,  $P=76$  Pa, probabilidad que ocurra una sobretensión de maniobra)
- c : 0.13 m (condición 1 vez/10 años, para  $T=20^{\circ}\text{C}$ ,  $P=303$  Pa, probabilidad que ocurra una sobretensión de frecuencia industrial)



$$A = Lc \cdot \text{Sen}60^{\circ} + c \quad A = 1,21 \text{ m}$$
$$B = Lc + a \quad B = 1,90 \text{ m}$$

#### 1.1.7 Puestas a Tierra

Los criterios para dimensionar las puestas a tierra serán los siguientes:

- Seguridad de las personas, manteniendo las tensiones de toque y de paso dentro de los valores permisibles.
- Obtener un valor mínimo de resistencia de puesta a tierra de 25 ohmios tal como lo exige el Nuevo Código Nacional de Electricidad en el Artículo: 036.B. Este valor debe ser confirmado por Luz del Sur.
- Sección mínima de conductor exigida por normas.
- Normalización con materiales existentes. En particular se verificarán para los materiales disponibles en almacenes de Luz del Sur.

Las puestas a tierra se definirán finalmente en función de los valores de la resistividad del terreno medidos en la zona y los valores de corriente de cortocircuito de la SET Lurín proporcionados por Luz del Sur.

## **1.2 Criterios de Diseño Mecánico**

### **1.2.1 Hipótesis de carga del conductor**

De las características climatológicas establecidas en el ítem 2.1.2, se aplica las condiciones más exigentes según lo establece el CNE, para nuestro caso la presión de viento será de 80 km/h a 15°C.

HIPOTESIS Nº 1 : TENSIÓN DE CADA DIA (EDS)

- Temperatura media : 20°C
- Presión del viento : 0 kg/m<sup>2</sup>
- Esfuerzo de Trabajo : 14% de carga de rotura (inicial)

HIPOTESIS Nº 2 : MÁXIMO ESFUERZO (Viento Máximo)

- Temperatura media : 15°C
- Presión del viento : 30,82 kg/m<sup>2</sup> (80 km/h)
- Esfuerzo de Trabajo : <60% de carga de rotura (Art. 261.H.2.a CNE)

HIPOTESIS Nº 3 : ESFUERZO SIN CARGA EXTERNA

- Temperatura : 25°C
- Presión del viento : 0 kg/m<sup>2</sup>
- Esfuerzo de Trabajo : <20% de carga de rotura (Art. 261.H.2.b CNE)

HIPOTESIS Nº 4 : TEMPERATURA MAXIMA

- Temperatura máxima: 80°C + CREEP (Art. 232.A.2)
- Presión del viento : 0 kg/m<sup>2</sup>

HIPOTESIS Nº 5 : FLECHA MINIMA (TEMPERATURA MINIMA)

- Temperatura mínima : 5°C
- Presión del viento : 0 kg/m<sup>2</sup>
- Esfuerzo de Trabajo : <60% de carga de rotura (Art. 261.H.2.a CNE)

HIPOTESIS Nº 6 : OSCILACION DE LA CADENA

- Temperatura media : 25°C (Art. 235.B.2)
- Presión del viento : 29,5 kg/m<sup>2</sup> (78.3 km/h, P=290 Pa)

### **1.2.2 Cálculo Mecánico de las Estructuras**

Se definen las hipótesis de carga y los diagrama de carga actuantes sobre la estructura.

#### **1.2.2.1 Definiciones Básicas de Diseño para el Cálculo Mecánico de Estructuras.**

Cada tipo de estructura se diseñará en función de sus vanos característicos siguientes:

- Vano lateral: El vano más largo admisible de los adyacentes a la estructura, que determina las dimensiones geométricas.

- Vano viento: La longitud igual a la semisuma proyectada de los vanos adyacentes.
- Vano peso: La distancia horizontal entre los puntos más bajos (reales o ficticios) del perfil del conductor en los dos vanos adyacentes a la estructura y que determinan la reacción vertical sobre la estructura en el punto de amarre del conductor.

En el diseño de las estructuras, se tendrá en consideración el ángulo de desvío máximo admitido para los conductores.

### 1.2.2.2 Hipótesis de Carga para el Cálculo de las Estructuras

Referencia: Norma VDE 0210/5.69

#### **Caso 1: Cargas Normales – Máximo Esfuerzo: Hip 2, Hip 5 (Item 2.2.1)**

En condiciones de cargas normales se admitirá que la estructura está sujeta a la acción simultánea de las siguientes fuerzas:

Cargas Verticales:

- El peso de los conductores, aisladores y accesorios para el vano gravante correspondiente.
- El peso propio de la estructura.

Cargas Transversales:

- La presión del viento sobre el área total neta proyectada de los conductores, y cadena de aisladores para el vano medio correspondiente.
- La presión del viento sobre la estructura.
- La componente horizontal transversal de la máxima tensión del conductor determinada por el ángulo máximo de desvío.

Cargas Longitudinales:

- El tiro unilateral resultante del desequilibrio de cargas de todos los conductores.

#### **Caso 2: Cargas Excepcionales – (Rotura de Conductor Superior)**

Para una de las ternas, en condiciones de carga excepcional se admitirá que la estructura estará sujeta, además de las cargas normales, a una fuerza horizontal correspondiente a la rotura del conductor superior.

Esta fuerza tendrá el valor siguiente:

- Para estructuras de suspensión: 50% de la máxima tensión del conductor

- Para estructuras de anclaje y terminal: 100% de la máxima tensión del conductor

Esta fuerza será determinada en sus componentes longitudinal y transversal según el correspondiente ángulo de desvío.

### **Caso 3. Cargas Excepcionales – (Rotura de Conductor Medio)**

Idem al Caso 2 para el conductor medio.

### **Caso 4. Cargas Excepcionales – (Rotura de Conductor Inferior)**

Idem al Caso 2 para el conductor inferior.

### **Caso 5 - Cargas de Montaje**

Se considerarán cargas verticales iguales al doble de las máximas cargas verticales normales.

## **1.2.3 Factores de Sobrecarga para Estructuras**

Se tomará como referencia el Nuevo Código Nacional de Electricidad para el caso de grado de construcción tipo C, (Art. 253 - Tabla 253-1), esto es:

Estructuras de Madera:

- Cargas Verticales	:	1,50
- Cargas Transversales debido al viento	:	1,75
- Cargas Transversales debido a la tensión:		1,30

Estructuras Metálicas:

- Cargas Verticales	:	1,50
- Cargas Transversales debido al viento	:	2,20
- Cargas Transversales debido a la tensión:		1,10
- Cargas Longitudinales en anclajes	:	1,10

## **1.2.4 Factores de Resistencia para Estructuras**

El Código Nacional de Electricidad (Tabla 261-A) establece que los valores de sobrecarga dados en el ítem anterior deberán ser utilizados con los siguientes factores de resistencia:

- Estructuras de Madera	:	0,85
- Estructuras Metálicas	:	1,00

## **1.3 Red Subterránea 60kV**

### **1.3.1 Generalidades**

Los siguientes criterios, describen las condiciones generales para el diseño de cables subterráneos en 60kV a emplearse en la modificación de la Línea de Transmisión L-621 / L-622 y L-621 / L-624, doble terna.

### 1.3.2 Normas Aplicables

Las siguientes normas se aplicaran para el diseño, fabricación y pruebas del cable a suministrar:

Relativas al conductor y aislamiento:

- IEC 228, Conductors of Insulated Cables
- AEIC CS7-93, Specifications for Cross-Linked Polyethylene Insulated Shielded Power Cables

Relativas a las pruebas:

- IEC 60840, Test for Power Cables With Extruded Insulation For Rated Voltages Above 30kV up to 150kV
- IEC 230, Impulse Test on Cables and accessories
- IEC 540, Test Methods for insulation and Sheaths of Electric Cables and Cords (Elastomeric and Thermoplastic Compounds)

### 1.3.3 Condiciones de Servicio y Operación

Condiciones de Servicio

- |                                     |         |
|-------------------------------------|---------|
| - Tensión nominal                   | 60 kV   |
| - Tensión máxima de operación       | 72,5 kV |
| - Frecuencia del sistema            | 60 Hz   |
| - Nivel isocerámico                 | Nulo    |
| - Nivel básico de aislamiento (BIL) | 350 kV  |
| - Potencia máxima a transmitir      | 72 MVA  |

Condiciones de Operación

Referido como las temperaturas máximas del conductor, de acuerdo a la Norma AEIC CS7-93:

- |                              |      |
|------------------------------|------|
| - Operación Normal           | 90°  |
| - Operación de Emergencia    | 130° |
| - Operación de Cortocircuito | 250° |

### 1.3.4 Forma de Instalación

Los cables se instalarán directamente enterrados y en ductos. Bajo estas formas se tendrán los siguientes valores de los parámetros involucrados:

- |                                       |               |
|---------------------------------------|---------------|
| - Temperatura del terreno             | 25°C          |
| - Resistividad térmica del terreno    | 1,5 °K-m/W    |
| - Resistividad del bloque de concreto | 0,8 °K-m/W    |
| - Material del ducto                  | PVC           |
| - Diámetro interior del ducto         | 152,4 mm (6") |
| - Espesor del ducto de PVC            | 4,1 mm        |

### 1.3.5 Obras Civiles para Red Subterránea 60kV

#### Excavación:

La excavación en suelo se realizara en forma manual con una profundidad de 1.70m.

#### Relleno:

El relleno se realizara con el mismo material de excavación debidamente compactado.

## 2.0 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 2.1 Línea de Transmisión Aérea 60kV

#### 2.1.1 Características Principales de la Línea de Transmisión

- Tensión : 60 kV
- Nº de circuitos : 2
- Longitud : 3,67 km
- Conductor activo : AAAC 304 mm<sup>2</sup>
- Estructuras : Postes de madera para estructuras de suspensión en doble terna.  
Estructuras metálicas de acero galvanizado para estructuras de ángulo y retención en doble terna.
  
- Aisladores : Tipo Suspensión y tipo Line Post de composite de goma de silicona

#### 2.1.2 Ruta de la Línea

De acuerdo a la información proporcionada por parte de la Dirección Municipal de Desarrollo Urbano - DORU de la Municipalidad Metropolitana de Lima, se prevé en un futuro la ejecución del proyecto "Actualización del Sistema Vial Metropolitano", el cual comprende la remodelación de todo el recorrido de lo que actualmente es la carretera Antigua Panamericana Sur, de acuerdo a lo consignado en el Oficio N° 445-2003/MML-DMDU-DORU presentado a LUZ DEL SUR, la misma que se adjunta al final del presente documento.

Considerando lo anterior el eje de la línea se deberá desplazar necesariamente por una de las dos bermas proyectadas en dicho estudio.

Para efectos de construcción, el recorrido de la línea de transmisión 60kV entre las torres 75-A y 91 se ha dividido en dos tramos:

#### Tramo A: TORRE 75A - SET LURIN

El trazo de ruta del Tramo A se inicia en la torre N° 75-A ubicada en el km 32,7 de la carretera Antigua Panamericana Sur. El eje de la línea se desplaza de norte a sur inicialmente por la futura berma del lado izquierdo de la carretera Antigua Panamericana Sur hasta llegar a la SET Lurín ubicado en el km 34,1.

El trazo de ruta de este tramo presenta las siguientes características:

- Longitud total : 1,37 km
- Numero de vértices : 7 (V-1 al V-7)
- Altitud estructura de salida : 35,75 m.s.n.m.
- Altitud SET Lurín : 28,87 m.s.n.m.
- Cruce vías principales : Carretera Antigua Panamericana Sur

El trazo de ruta descrito se muestra en los planos N° 9236EM002 (1/10 al 5/10) a escala 1 : 1000, los que se incluyen en el Volumen V del presente informe.

### **Tramo B: SET Lurín –TORRE 91**

El trazo de ruta del Tramo B se inicia a partir de la SET Lurín, desde donde el eje de la línea continua por el lado derecho de la carretera Antigua Panamericana Sur y siempre con dirección al sur hasta llegar a la torre N° 91 ubicada en el km 36,3 de la misma carretera.

En este tramo, la conexión con la torre N° 91 existente se proyecta realizar a través de cable con bajada subterránea de 159m de longitud desde la estructura terminal proyectada tipo T1+3 ubicada en el vértice V-12.

Además, en este tramo de la línea se prevé el cambio de una línea aérea en 10kV, doble terna a red subterránea, el mismo que sale de la SET Lurín y llega hasta la Av. San Pedro, recorriendo 1,8km.

El trazo de ruta de este tramo presenta las siguientes características:

- Longitud total : 2,3 km
- Numero de vértices : 5 (V-8 al V-12)
- Tramo subterráneo 60kV : 159 m
- Tramo subterráneo 10kV : 1,8 km
- Altitud SET Lurín : 28,87 m.s.n.m.
- Altitud estructura de llegada : 19,91 m.s.n.m.
- Cruce vías principales : Carretera a playa San Pedro

El trazo de ruta descrito se muestra en los planos N° 9236EM002 (5/10 al 10/10) a escala 1 : 1000, los que se incluyen en el Volumen V del presente informe.

## **2.1.3 Materiales de la Línea de Transmisión**

### **2.1.3.1 Conductor**

#### **Tipo y Material**

Se utilizará el conductor de aleación de aluminio de 304 mm<sup>2</sup>, engrasado internamente, cuya adquisición esta en proceso a cargo de Luz del Sur.

#### **Características**

- Sección Nominal : 304 mm<sup>2</sup>
- Configuración : 37 x 3,23 mm
- Diámetro exterior : 22,63 mm
- Peso : 0,838 kg/m (8,22 N/m)

- Carga de rotura : 9 311 kg (91,34 kN)
- Coeficiente térmico de dilatación : 0,000023 1/°C
- Módulo de elasticidad final : 5 700 kg/mm<sup>2</sup> (55,86 N/mm<sup>2</sup>)

### 2.1.3.2 Aislamiento

Se utilizará aisladores poliméricos tipo Suspensión y tipo Line Post, cuya adquisición está en proceso y a cargo de Luz del Sur.

#### a) Características del aislador de goma de silicona tipo Suspensión:

Tipo	:	Suspensión
Norma	:	IEC -1109
Material		
- Núcleo	:	Fibra de vidrio
- Recubrimiento	:	Goma de silicón
- Campanas	:	Goma de silicón
Conexiones	:	Bola – rotula
Longitud total máximo	:	1000 mm
Línea de fuga	:	>= 2 248 mm
Carga mecánica garantizada	:	120 kN

Tensión de sostenimiento		
A frecuencia industrial bajo lluvia		
En seco	:	> 370 kV
Bajo Lluvia	:	> 250 kV

A Impulso		
Positivo	:	> 570 kV
Negativo	:	> 520 kV

Peso neto aprox.	:	4,5 kg
------------------	---	--------

#### b) Características del aislador de goma de silicona tipo Line Post:

Tipo	:	Rígido posición horizontal
Norma	:	IEC -61952

Material		
- Núcleo	:	Fibra de vidrio reforzado
- Recubrimiento	:	Goma de silicón
- Campanas	:	Goma de silicón

Herrajes		
- Material de Herrajes	:	Acero forjado
- Herraje extremo del poste	:	Base – soporte
- Herraje extremo con tensión	:	Terminal con doble ojo

Línea de fuga	:	>= 2 248 mm
Resistencia al cantilever máximo de diseño	:	6,6 kN

Tensión de sostenimiento		
A frecuencia industrial bajo lluvia		

En seco	:	> 370 kV
Bajo Lluvia	:	> 250 kV
A Impulso		
Positivo	:	> 570 kV
Negativo	:	> 520 kV
Peso neto aprox.	:	18 kg

### **Ensamble de Cadenas de Aisladores**

Los ensambles de las cadenas de aisladores deberán soportar un esfuerzo electromecánico mínimo de 12000 kg. Tendrán las siguientes características:

#### **a) Ensamble de Suspensión Normal (SN)**

Constituido por:

- Adaptador Horquilla - bola
- Adaptador Casquillo – ojo corto
- Grapa de suspensión

#### **b) Ensamble de Suspensión para Cuello Muerto (SJ)**

Constituido por:

- Grillete tipo lira
- Adaptador Eslabón - bola
- Adaptador Casquillo – ojo corto
- Grapa de suspensión

#### **c) Ensamble de Suspensión con Aislador Line Post (SH)**

Constituido por:

- Adaptador Horquilla – ojo revirada
- Grapa de suspensión

#### **d) Ensamble Anclaje Normal (AN)**

Constituido por:

- Grillete tipo lira
- Adaptador Eslabón – bola
- Adaptador Casquillo – ojo largo
- Grapa de anclaje tipo pasante

Para el ensamble de los aisladores rígidos tipo "Line Post", en el caso de las estructuras de suspensión tipo S2, se utilizarán además extensores o suples metálicos los cuales actuarán como dispositivos de sujeción de estos aisladores a los postes de madera, tal como se especifica en el plano respectivo.

### 2.1.3.3 Estructuras

Se utilizarán los siguientes tipos de estructuras:

#### a) Estructuras de Poste de Madera

##### Material

Se utilizarán postes de madera solo en el caso de las estructuras de suspensión con el objeto de minimizar el uso de componentes metálicos en casi todo el tramo de la línea de transmisión en 60kV. Evitándose además el empleo de cables de retenida.

Las longitudes de los postes componentes de las estructuras van desde los 75 pies hasta los 100 pies. Los postes mas altos se emplearán para evitar obstáculos tales como árboles, cruces con líneas existentes, letreros, etc.

##### Tipos de Estructuras de Madera

De acuerdo al trazo de ruta, se ha previsto los siguientes tipos de estructuras para doble terna:

TIPO	UTILIZACION	ANGULO
S1	Suspensión Normal	0°
S2	Suspensión Angular	0° – 1°

#### b) Estructuras Metálicas de Acero Galvanizado

##### Material

Se utilizarán estructuras tipo celosía en perfiles angulares de acero galvanizado autoportantes, preparadas para llevar dos circuitos (doble terna) en disposición vertical.

El galvanizado recomendado para estas estructuras será por inmersión en caliente con un recubrimiento mínimo de 600 gr/cm<sup>2</sup> (Norma ASTM A123, A153, A394)

##### Tipos de Estructuras Metálicas

De acuerdo al trazo de ruta, se ha previsto los siguientes tipos de estructuras para doble terna:

TIPO	UTILIZACIÓN	ANGULO
A	Anclaje Angular	0° – 10°
T1	Anclaje Terminal	0° – 60°
T2	Anclaje Especial	
T2+E	Anclaje Especial con Extensión Recta	

### 2.1.3.4 Puesta a Tierra

Los materiales para la puesta a tierra son los siguientes:

**a) Cable de puesta a tierra**

Se usará conductor de cobre de 35mm<sup>2</sup> de sección transversal.

**b) Varillas de puesta a tierra**

Se usará las varillas de copperweld de 16 mm  $\phi$  x 2,4 m de longitud.

**c) Conector conductor varilla**

**d) Conector doble vía tipo termosoldable**

Los tipos de puestas a tierra son:

Configuración C1 : Dos varillas verticales unidos por contrapesos en forma de anillo

Configuración C2 : Dos varillas verticales unidos por contrapesos en forma de anillo más contrapesos en la dirección longitudinal, a ambos lados, y en longitudes variables dependiendo del valor de la resistividad.

#### **2.1.4 Ancho de la Franja de Servidumbre**

Según el Código Nacional de Electricidad (CNE), regla 219.B.4. (Tabla 219), el ancho mínimo de la Franja de Servidumbre a lo largo de toda la línea será de 16 m (líneas de transmisión en 60 kV)

En los planos de Servidumbre, se muestran el ancho de la franja considerada según la norma, ubicación, área de cada afectado y nombre de los propietarios y/o posesionarios.

### **2.2 Red Subterránea 60kV**

#### **2.2.1 Características Principales de la red Subterránea en 60kV**

- Tensión : 60 kV
- N° de circuitos : 2
- N° conductores/fase : 1
- Longitud : 159 m (llegada a torre 91)
- Conductor : Cobre 400 mm<sup>2</sup>
- Aislamiento : Polietileno reticulado (XLPE) de 12 mm de espesor
- Pantalla conductora : Alambres de cobre de 130 mm<sup>2</sup> de sección total
- Forma de instalación : Directamente enterrados y en ductos de concreto en 1 solo nivel de 6 cables unipolares en disposición horizontal.

## 2.3 Paralelismo con Líneas de Comunicaciones

En el tramo comprendido entre la torre N° 75A y la SET Lurín, el eje de la línea de transmisión 60kV proyectada se desplaza por encima y en forma paralela a líneas de comunicaciones existentes de propiedad de Telefónica del Perú.

Debido a que la línea de transmisión en 60kV ejercerá efectos de inducción que sobrepasan los límites permisibles sobre la línea de comunicación, se recomienda tomar cualquiera de las siguientes medidas:

- a) Emplear los medios de protección adecuados para soportar la tensión esperada que será aplicada al aislamiento, evitando someter al usuario del aparato telefónico o acometida telefónica a tensiones de toque o de paso peligroso. Estos medios de protección en los cables de comunicación deberán ser empleados incluso cuando se instalen de forma subterránea debajo de la línea de transmisión y en forma paralela.
- b) Reubicar la línea de comunicación a más de 10m del eje de recorrido de la línea de transmisión en 60kV.

## 2.4 Cruce de Árboles

Al comienzo del primer tramo (Tramo A), el eje de la línea pasa bastante cerca de una fila de árboles antiguos de hasta 16m de altura. Debido a esto se prevé el empleo de estructuras lo suficientemente altas para evitar el acercamiento de los conductores a dichos árboles. A pesar de ello se deberán realizar en la etapa de montaje y de operación de la línea la poda de estos árboles de tal forma de mantener una separación de más de 3m de distancia hasta los conductores.

## 3.0 ESPECIFICACIONES DE SUMINISTRO

### 3.1 Estructuras Metálicas

#### 3.1.1 Alcances

Esta Especificación Técnica cubre los requerimientos para el diseño, fabricación y prueba en fábrica de estructuras metálicas autosoportadas del proyecto Modificación del Recorrido del Tramo de la Línea 60 kV. L-621/L-622 y L-621/L-624 Doble Terna comprendido entre las Torres 75-A y 91.

#### 3.1.2 Normas de Referencia

El conjunto del suministro será previsto de modo que cumpla con las características y normas de la presente especificación o sus equivalentes que aseguren igual o superior calidad, pero que deberán ser previamente aprobadas por el propietario, estas normas son las siguientes:

ASTM A 36	General Requirements for Rolled Steel Plates, Shapes, Sheet Piling, and Bars for Structural Use.
ASTM A 572	High strength low alloy structural steel.
ASTM A 394	Galvanized Steel Transmission Tower Bolts and Nuts
ASTM A 153	Zinc Coating (hot dip) on Iron and Steel Hardware
ASTM A 123	Zinc Coating (hot dip) on Iron and Steel Products

### 3.1.3 Diseño

Los diseños de las estructuras se muestran en los Diagramas Estructurales correspondientes, sin embargo, estos pueden ser modificados por el Contratista de acuerdo a sus cálculos y/o disponibilidad de materiales en el mercado, o por razones constructivas o de montaje; siempre que dichas modificaciones sean aprobadas por **LUZ DEL SUR S.A.A.** El Contratista desarrollará todos los planos de taller necesarios, tomando como base los Diagramas Estructurales respectivos.

Para los cálculos se deben considerar dos tipos de carga, es decir:

Cargas Normales  
Cargas Excepcionales  
Cargas de Montaje

Dichas cargas se adjuntan a la presente y los factores de seguridad a emplear en cada caso serán de acuerdo al Nuevo código nacional De Electricidad.

La relación de esbeltez de los elementos en compresión no excederá los límites siguientes:

Para montantes y crucetas	:	150
Para riostras, diagonales y otros	:	200
Para elementos redundantes	:	250

### 3.1.4 Tipos de Estructuras

Las Torres serán estructuras metálicas autosoportantes del tipo reticulado en perfiles de acero galvanizado, ensamblados por pernos y tuercas. Su forma estará de acuerdo a los planos de los Diagramas Estructurales.

### 3.1.5 Características Técnicas Constructivas

#### 3.1.5.1 Generales

Las conexiones entre perfiles serán hechas de manera tal que sus ejes se encuentren en el mismo punto, reduciendo al mínimo las excentricidades.

Las uniones entre los elementos de la estructura se realizará por pernos y tuercas, utilizando también placas de unión donde sean necesarias, y evitando soldaduras entre perfiles.

#### 3.1.5.2 Materiales

##### a) Perfiles

Los perfiles laminados serán del tipo angular de lados iguales de acero estructural normal o de alta resistencia y deberán estar conforme a las normas ASTM A-36 y ASTM A-572 ó ST 37 y ST 52 de acuerdo a la Norma DIN 17100. Las propiedades mecánicas mínimas de estos aceros se indican a continuación:

	ASTM A36 (ST-37)	ASTM A572 (ST-52)
Esfuerzo de fluencia (kg/mm <sup>2</sup> )	25	36
Resistencia de tensión (kg/mm <sup>2</sup> )	37-45	52-62
Alargamiento de rotura	25%	22%

Las propiedades dimensionales de los perfiles serán las indicadas en las Tablas de Perfiles del "Manual of Steel Construction" del American Institute of Steel Construction. Cualquier variación de estas propiedades deberá limitarse a las tolerancias establecidas en la misma Norma.

#### **b) Pernos de ensamble**

La calidad y características de resistencia para pernos, tuercas y arandelas, deberán estar conformes a la Norma ASTM A394.

Los pernos tendrán la cabeza hexagonal forjados de una barra sólida, perfectamente concéntricas y a escuadra con el vástago, el cual será perfectamente recto.

Arandelas de presión serán provistas bajo todas las tuercas. Las arandelas serán de acero y de por lo menos tres milímetros de espesor. Arandelas estructurales biseladas serán provistas cuando sea necesario.

Todos los pernos se suministrarán con sus tuercas atornilladas en talleres a fin de asegurar su ajuste correcto. Las tuercas deberán atornillarse manualmente a los pernos y serán rechazadas si en opinión del Supervisor se consideran que tienen un juego excesivo o están demasiadas ajustadas.

Las roscas de todos los pernos y tuercas serán aceitadas antes de la expedición.

Deberá suministrarse una cantidad de pernos, tuercas y arandelas equivalentes al 5% del total necesario para las torres.

### **3.1.5.3 Tamaños mínimos**

#### **a) Perfiles**

No se utilizarán perfiles inferiores a 2.5" x 2.5" x ¼" para elementos de las montantes y estos elementos montantes serán de preferencia acero de alta resistencia ASTM A-572.

Los demás elementos sometidos a esfuerzos y secundarios no serán menores a 2" x 2" x ¼" de acero normal ASTM A-36.

El espesor mínimo permitido para las placas no podrán ser menores a ¼" , el material será acero estructural normal ASTM A-36.

#### **b) Pernos**

El tamaño y cantidad de los pernos en cada punto de unión de las estructuras será determinado en función del valor de las cargas normales y excepcionales.

El diámetro mínimo de los pernos será 5/8" para las montantes y otros elementos, cualquiera sea su material. En las estructuras se procurará de reducir al mínimo el número de diámetros diferentes de pernos que se usarán y no se utilizarán más que tres diámetros distintos.

El largo de los pernos será tal que ninguna rosca quedará sometida a esfuerzos de corte una vez montados y ajustados los pernos. La longitud admisible mínima que debe sobre salir el perno después de ajustado deberá ser como sigue:

Perno	Longitud de rosca
5/8"	mayor que 5 mm
3/4"	mayor que 6 mm
1"	mayor que 8 mm

### 3.1.5.4 Fabricación

#### a) Corte

Las placas de esfuerzos y los cubrejuntas, etc., serán cortadas con guía y podrán ser cizallados o aserrados y toda la rebaba del metal será cuidadosamente eliminada. Todos los perfiles, refuerzos y cubrejuntas, etc., serán perfectamente rectos.

#### b) Doblado

Cuando los perfiles y placas de refuerzo necesiten ser doblados, éste se realizará en caliente. Si por razones particulares los elementos son doblados en frío, el material será posteriormente recocido o aliviado de tensiones.

#### c) Perforaciones

Los elementos de las estructuras tendrán todas sus perforaciones hechas en taller de manera que no sea necesario hacer perforaciones en el sitio para añadir cualquier elemento.

Los espaciamientos mínimos entre agujeros y bordes de perfiles será como se indica a continuación:

Diámetro Nominal	Espaciado entre pernos		Mínima Distancia al Borde	
	Mínimo	Máximo	Perfil	Plancha
mm	mm	Mm	mm	mm
5/8"	50	160	22	30
3/4"	60	200	25	35
1"	80	240	31	45

El aspecto final de las perforaciones deberá ser circular, sin rebabas o grietas.

#### d) Tolerancias

La máxima tolerancia admisible en el corte de las piezas será de 1 por mil.

La diferencia máxima admisible entre el diámetro de la perforación y el diámetro del perno no excederá 1.5 mm.

Las máximas tolerancias admisibles en la posición mutua de los agujeros serán las siguientes:

- En el mismo extremo del perfil:  $\pm 0.5$  mm
- Entre extremos opuestos del perfil:  $\pm 1$  mm

No se admitirá ninguna tolerancia en la posición de los ejes de las perforaciones con respecto a los ejes del perfil.

#### **e) Juntas**

Las juntas de los montantes serán del tipo de tope. Sin embargo, se podrá utilizar juntas de recubrimiento previa aprobación del propietario.

Las esquinas de los perfiles cubrejuntas interiores serán chaflanadas a fin de asegurar un contacto directo y continuo entre las paredes de los perfiles a empalmar. El largo mínimo de las juntas será de 300 mm con 6 pernos como mínimo.

#### **f) Soldaduras**

No está permitido el uso de soldaduras en ningún elemento de la torre.

#### **g) Marcado**

Todos los elementos de las estructuras serán marcados con la misma identificación de los planos de fabricación y de montaje.

#### **h) Galvanizado**

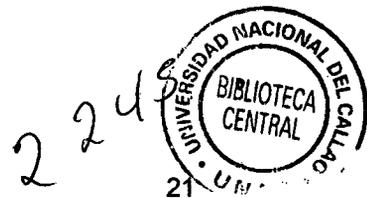
Todos los elementos componentes de las estructuras serán galvanizados después de que hayan sido cortados, taladrados, punzonados, esmerilados, etc. y después que sus superficies estén limpias de óxidos.

Todos los elementos de las estructuras y los destinados a ser empotrados en el concreto, serán galvanizados en conformidad con las normas ASTM A123, A153 y A394, según corresponda.

Si el galvanizado de las piezas va a ser realizado fuera de la planta del fabricante el contratista lo indicará así en su propuesta.

En el caso que se encuentre partes galvanizadas con formación de "moho blanco" en el almacén de fábrica, la Supervisión por parte del propietario tendrá la facultad de aprobar un sistema de limpieza a aplicarse, si en su opinión éste es conveniente.

La cantidad mínima admisible de galvanizado será de 800 g/m<sup>2</sup> para perfiles y planchas y de 400 g/m<sup>2</sup> para pernos y tuercas



#### **i) Placas de Ensamble**

Las placas de ensamble serán montadas en dirección perpendicular a la de los conductores. Serán calculadas para un tiro del conductor de 2,200 kg y además serán del tipo adecuado para acoplar las cadenas de aisladores y/o anclajes del conductor o cable de guarda.

#### **j) Dispositivos de escalamiento**

También llamados Escalines, son barras de acero montados en un lado externo de una montante de la Torre, para poder escalar con toda la seguridad del caso hasta los conductores y cable de guarda.

El inicio de estos escalines deberá tener una altura mínima de 1.5 m.

#### **k) Dispositivos de Antiescalamiento**

Es un enmallado de cables con púas o barras de acero en punta colocados alrededor de la Torre a una altura mínima de 4.50 m, para impedir el acceso a la misma de personas extrañas.

#### **l) Embalaje y Embarque**

Terminado el proceso de fabricación, los elementos de las estructuras serán almacenados en lugares adecuados.

Los haces de perfiles serán apropiadamente atados, cuidando que sean robustos y no excesivamente largos para la manipulación durante el embarque o transporte. Los mazos serán tan grandes como sea posible para darles la rigidez y resistencia necesarias para resistir a una negligente manipulación.

Cada paquete contendrá elementos de una misma marca y del mismo tipo de estructura.

Adecuadas medidas serán tomadas durante la manipulación y transporte a fin de evitar daños al galvanizado y protegerlo contra la corrosión. Cualquier daño o pérdida como consecuencia de un embalaje inadecuado o realizado sin la necesaria diligencia serán de exclusiva responsabilidad del Contratista.

### **3.1.6 Controles y Pruebas**

El control de calidad es responsabilidad del fabricante de las estructuras, quien deberá tener su sistema de control de calidad total, claramente definidos y disponibles para su revisión y aprobación por el propietario. No se iniciará ningún proceso de fabricación mientras los programas de control de calidad y los criterios de aceptación y rechazo no hayan sido aprobado por el propietario.

#### **a) Supervisión**

La Supervisión asignada por el propietario verificará la calidad del producto, debiendo el fabricante permitir el acceso a todas sus instalaciones. Los reportes de control de calidad elaborados por el fabricante, deberán ser aprobados por la Supervisión. Asimismo los ensayos de control de calidad deberán realizarse en presencia de la Supervisión.

## **b) Prueba de ensamblado**

A fin de controlar la calidad de la fabricación, los elementos correspondientes a un ejemplar de cada tipo serán seleccionados al azar y ensamblados en el suelo en presencia del Supervisor en el taller del fabricante, con todos los elementos, pernos y tuercas completos.

Todas las partes deberán ajustar exactamente con las otras correspondientes, sin necesitar ninguna otro elemento que las arandelas previstas en los planos. Ningún ajuste de perforación o deformación de cualquier parte será permitida durante esta prueba.

## **c) Pruebas de Rutina**

### **Certificados de Prueba de Materiales**

Antes de proceder con cualquier prueba o ensayo de rutina tal como se describe a continuación, el fabricante someterá a la aprobación ante la supervisión del propietario el certificado de los perfiles, pernos y tuercas, que incluirá el análisis físico-químico del material, expedido por la fábrica.

### **Modalidades de Ejecución**

A menos que se establezcan prescripciones contrarias en las presentes Especificaciones Técnicas, el método de selección de las cantidades de muestras por cada lote, así como los tipos y modalidades de ejecución de las pruebas y los criterios para la aceptación o el rechazo, estarán conformes a las normas de fabricación y pruebas propuestas por el contratista y aprobadas por el propietario ó a falta de tales prescripciones, según las instrucciones dictadas por la Supervisión.

### **Pruebas a Efectuar**

Se realizará la prueba del galvanizado a las muestras seleccionadas según el párrafo anterior y quedará a juicio del supervisor realizar las que se indican a continuación especialmente si el material es importado:

Prueba de tracción  
Prueba de doblado  
Prueba de resistencia

## **3.1.7 Planos y Documentos**

El Contratista deberá remitir los siguientes documentos y planos al propietario:

Especificación y certificados físico-químicos del tipo de acero utilizado.  
Informes de pruebas certificadas para las pruebas requeridas por las normas aplicables para: acero, pernos y galvanizados.  
Planos de fabricación y detalles de las torres.  
Lista de materiales y peso respectivo de las torres.

### 3.1.8 Datos Técnicos Garantizados

La presente especificación no es limitativa. El fabricante entregará un suministro completo, en perfecto estado para su instalación.

El fabricante tendrá libre elección para ofrecer su material, siempre que cumpla con las exigencias técnicas detalladas en el presente documento.

#### DATOS TECNICOS ACERO NORMAL ASTM – A36

Pág. 1/3

DESCRIPCION	UNIDAD	REQUERIDO	GARANTIZADO
<b>A. CARACTERISTICAS GENERALES</b>			
1. Tipo de acero		ASTM A-36	
2. Utilización			
3. Fabricante			
4. Procedencia			
5. Normas aplicables			
<b>B. COMPOSICION QUIMICA</b>			
6. Carbono	%		
7. Manganeso	%		
8. Azufre	%		
9. Fósforo	%		
<b>C. CARACTERISTICAS MECANICAS</b>			
10. Carga de rotura	Kg/mm <sup>2</sup>	40.8	
11. Límite elástico	Kg/mm <sup>2</sup>	25.4	
12. Alargamiento a rotura	%	20	
13. Dureza	Kg/mm <sup>2</sup>		
14. Módulo de elasticidad	Kg/mm <sup>2</sup>		
<b>D. GALVANIZACION</b>			
15. Taller y lugar de galvanizado			
16. Normas aplicables		ASTM A123	

**DATOS TECNICOS**  
**ACERO NORMAL ASTM – A572**

Pág. 2/3

DESCRIPCION	UNIDAD	REQUERIDO	GARANTIZADO
<b>A. CARACTERISTICAS GENERALES</b>			
1. Tipo de acero		ASTM A-572	
2. Utilización			
3. Fabricante			
4. Procedencia			
5. Normas aplicables			
<b>B. COMPOSICION QUIMICA</b>			
6. Carbono	%		
7. Manganeso	%		
8. Azufre	%		
9. Fósforo	%		
<b>C. CARACTERISTICAS MECANICAS</b>			
10. Carga de rotura	Kg/mm <sup>2</sup>	45.8	
11. Límite elástico	Kg/mm <sup>2</sup>	35.2	
12. Alargamiento a rotura	%	18	
13. Dureza	Kg/mm <sup>2</sup>		
14. Módulo de elasticidad	Kg/mm <sup>2</sup>		
<b>D. GALVANIZACION</b>			
15. Taller y lugar de galvanizado			
16. Normas aplicables		ASTM A123	

**DATOS TECNICOS**  
**ACERO PARA PERNOS Y TUERCAS**

Pág. 3/3

DESCRIPCION	UNIDAD	REQUERIDO	GARANTIZADO
<b>A. CARACTERISTICAS GENERALES</b>			
1. Tipo de acero		ASTM A-394	
2. Utilización			
3. Fabricante			
4. Procedencia			
5. Normas aplicables			
<b>B. COMPOSICION QUIMICA</b>			
6. Carbono	%		
7. Manganeso	%		
8. Azufre	%		
9. Fósforo	%		
<b>C. CARACTERISTICAS MECANICAS</b>			
10. Carga de rotura	Kg/mm <sup>2</sup>		
11. Límite elástico	Kg/mm <sup>2</sup>		
12. Alargamiento a rotura	%		
13. Dureza	Kg/mm <sup>2</sup>		
14. Módulo de elasticidad	Kg/mm <sup>2</sup>		
<b>D. GALVANIZACION</b>			
15. Taller y lugar de galvanizado			
16. Normas aplicables		ASTM - 153	

### 3.2 Postes de Madera Importada

#### 3.2.1 Alcance

Estas especificaciones técnicas cubren las condiciones requeridas para el dimensionamiento, definición de propiedades, fabricación, tratamiento con preservante, pruebas, transporte y entrega de los postes de madera que se utilizarán en el proyecto y describen su calidad mínima aceptable.

#### 3.2.2 Normas Aplicables

Los postes de madera tratada, materia de esta especificación, deberán ser cortados y/o rebajados, tratados y suministrados en concordancia con las prescripciones especificadas en la versión vigente de las normas que se mencionan a continuación. Los ítems no especificados se conformarán a los

requerimientos de la Rural Electrification Administration REA 1728F-700 y 1728F-702 , seguida de la American Standard Institute ANSI O5.1.

REA Bulletin 1728F-700	Rural Electrification Administration - Specification for wood poles, stubs and anchors logs.
REA Bulletin 1728F-702	Rural Electrification Administration - Specification for quality control and inspection of timber products.
ANSI O5.1 - 1992	American Standard Institute for wood poles - Specifications and dimensions.
AWPA A3-91	American Wood Preserver's Association - Standard method for determining penetration of preservatives and fire retardents.
AWPA A5-91	American Wood Preserver's Association - Standard method for analysis of oil-borne preservatives.
AWPA A9-90	American Wood Preserver's Association - Standard method for analysis of treated wood and treating solutions by X-ray spectroscopy.
AWPA C1-91	American Wood Preserver's Association - All Timber Products Preservative Treatment by Pressure Processes.
AWPA P8-91	American Wood Preserver's Association - Standard for oil-borne preservatives.
AWPA P9-91	American Wood Preserver's Association - Standards for solvents and formulations for organic preservation systems.

### **3.2.3 Descripción de los postes de madera**

Gran parte de las estructuras de la línea estarán conformadas por postes de madera tratada. Las estructuras de suspensión normal tipo S1 y de suspensión angular tipo S2 llevaran un poste de madera.

#### **3.2.3.1 Características**

Los postes de madera que el proveedor oferte deberán cumplir o superar a las características principales consignadas en la Tabla de características Técnicas Garantizadas y serán sustentadas mediante las normas indicadas en el numeral 3.2 de la presente especificación.

Los postes procederán de madera en verde, cortados y fabricados de la especie forestal Southern Yellow Pine (SYP), y serán de Clase 1, con un esfuerzo último de 564 kg/cm<sup>2</sup> (8000 psi). Tanto las dimensiones como los materiales se deberán conformar a los requerimientos de la norma REA 1728F-700 y ANSI O5.1.

### **3.2.3.2 Tratamiento Preservante**

Los postes de madera deberán ser preservados a vacío – presión de acuerdo con las normas indicadas en el numeral 3.2, aceptándose únicamente como preservante al CCA (Cromo Cobre Arsénico) – Tipo C, con la composición química y pureza indicada en la norma AWWA-P5-95 sección 6, con una retención mínima de 0.6 pcf (9.61 kg/m<sup>3</sup>) y con una penetración indicada en las normas del numeral 3.2 para la especie forestal ofertada.

### **3.2.4 Calidad de los postes de madera**

El material para la fabricación de los postes de madera será elegido tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Empleo exclusivo de materiales de primera calidad
- Selección de materiales de construcción duradera.
- Todos los materiales serán uniformes, de la misma procedencia.
- Asistencia a las pruebas que el fabricante realizará a sus productos

### **3.2.5 Rebajos y Protectores**

Todos los postes de madera, en general, llevarán un rebajo en la punta, realizándose un solo corte con un ángulo de 30° ó bien dos cortes simétricos, tal que evite la acumulación de precipitación pluvial.

En dicha punta se colocará protectores metálicos con protección anticorrosiva pesada que eviten las Tajaduras. Esta protección anticuardeo tendrá la forma de anillo metálico.

### **3.2.6 Identificación de los postes de madera**

Todos los postes de madera tendrán una identificación grabada a fuego de manera permanente y legible, utilizando letras no más pequeñas que 25 mm (1") de altura que indiquen:

- - Nombre del Fabricante o símbolo.
- - Año de Fabricación.
- - Clase.
- - Longitud del poste de madera en pies.
- - Especie forestal de la madera.
- - Tipo de tratamiento y retención preservativa.

No se usarán etiquetas metálicas. Para todos los postes de madera la marca a fuego indicando la longitud del mismo se deberá encontrar a una distancia de 4 m (13' 1 ½") ± 50 mm (2") de la parte inferior del poste de madera.

### **3.2.7 Defectos prohibidos o inadmisibles**

Los postes de madera deberán estar libres de los defectos prohibidos que se indican en las normas señaladas en el numeral 3.2 de la presente especificación

técnica. La presencia de dichos defectos prohibidos provocará el rechazo de los postes de madera.

Estos defectos prohibidos incluyen, entre otros: podredumbre, ralladuras importantes, agujeros, hoyos en los extremos, daños causados por moluscos, clavos o puntas metálicas o todo otro elemento metálico descrito en la norma REA 1728F-100, Anexo 1, Artículo 5.

### **3.2.8 Defectos tolerables y limitados**

Los postes de madera deberán estar libres de defectos, aceptándose sólo los que se indican en las normas señaladas en el numeral 3.2 de la presente especificación técnica.

Estos defectos tolerables y limitados incluyen, entre otros: "firm red heart", "hollow pith centers", manchas de savia y cicatrices. Todos estos defectos serán aceptados de acuerdo a lo indicado en la norma REA 1728F-700, Anexo A, Artículos 6 y 7.

Deberán cumplir, además, con lo siguiente:

**Nudos:** En el caso de postes de madera con cuatro nudos o más, localizados en una longitud de 3 pulgadas, la suma de estos diámetros de nudos no deberá ser mayor a la mitad de la suma máxima de diámetros indicado en la tabla N° 2 de la norma ANSI O5.1.

**Forma:** Se aceptarán postes de madera que presenten una curvatura en un plano y en una sola dirección medida de acuerdo a la norma ANSI O5.1. Se aceptarán postes de madera con dos curvaturas solamente si la línea recta que contiene el punto medio de la base con el punto medio de la cabeza se encuentra dentro del cuerpo del poste de madera. No se aceptarán postes de madera con torcedura o doble torcedura indicados en el diagrama 3, casos 1, 2 y 3 de la norma ANSI O5.1.

**Rajaduras y grietas:** Además de lo indicado por la norma ANSI O5.1, las grietas en cualquier parte del poste de madera, medidos después del secado y antes de su tratamiento, no debe tener una abertura mayor a 3/8" (0,9 cm) y no excederá de 4' (1,20 m) de longitud.

**Cicatrices:** No se aceptarán postes de madera con cicatrices que estén ubicadas a 2' (61 cm) debajo y sobre la Línea de Tierra. Para las cicatrices que se encuentren en otros puntos del poste de madera se aceptarán hasta la profundidad de 1" (2,54 cm), con una longitud no mayor de 7" (17,8 cm) y un ancho que no supere el 10 % de la circunferencia en el punto de mayor abertura. Estas cicatrices deben estar libres de podredumbre o daño de insectos.

### **3.2.9 Fabricación de los postes de madera**

Para la fabricación se cumplirán con las normas que se indican en el numeral 3.2 de la presente especificación técnica y, adicionalmente, se tendrá en cuenta lo siguiente:

Todos los postes de madera en blanco serán ofrecidos para su inspección después del secado al horno o condicionamiento (secado al medio ambiente) y deberán ser tratados en un periodo no mayor a 5 días calendario después de su inspección.

Los postes de madera serán tratados con un contenido de humedad de 25 % o menos, el método de secado deberá ser aceptado por el inspector en concordancia a la especie forestal ofertada. No se aceptará el secado al aire libre para los postes de madera fabricados a base de las especies *Pinus elliottii*, *Pinus taeda*, *Pinus paultris* y *Pinus echinata*.

Los postes de madera deben tener dos marcas, con la descripción y medida señaladas en el numeral 7.5 de la norma ANSI O5.1 y AWWA – M6, la primera en la sección de la base y la segunda a 14 ' (4,3 m) de la base, impreso en bajo relieve utilizando el equipo quemador.

Los postes de madera deben estar enteros, sin perforaciones e incisiones. El corte de la base y de la cabeza será limpio y perpendicular a su eje.

Tanto el acabado final (desprovisto de corteza) como los cortes, terminaciones y virutas (si utilizada) se conformarán a lo especificado en la norma REA 1728F-300, anexo A, artículo 9.

### **3.2.10 Dimensiones de los postes de madera**

Las dimensiones de los postes de madera, entre la punta y la base, son las indicadas en la tabla 8 de la norma REA 1728F-300, y sus tolerancias dimensionales estarán de acuerdo con indicado en la norma REA 1728F-300, anexo A, artículo 8.

La clase – circunferencia exacta de los postes de madera se conformará a lo especificado en la norma REA 1728F-300, anexo A, artículo 8.3.

Asimismo, se deberá tomar en cuenta los siguientes aspectos:

La circunferencia en la parte superior del poste de madera será medida a 1" debajo de la cabeza.

La tolerancia de la circunferencia a 6' (1,8 m) de la base no deberá ser mayor al 2 % luego del secado y antes de su tratamiento de preservación.

La longitud real de los postes de madera no deberá ser menor a 6" (15 cm) o mayor a 12" (30 cm), respecto a la longitud nominal de los mismos.

### **3.2.11 Preservación y Tratamiento**

#### **3.2.11.1 Generalidades**

Los postes de madera deberán ser tratados en toda su longitud y preservados a vacío – presión de acuerdo con las normas indicadas en el numeral 3.2, aceptándose únicamente como preservante al CCA (Cromo Cobre Arsénico) – Tipo C, con la composición química y pureza indicada en la norma AWWA-P5-95 sección 6

### 3.2.11.2 Incisiones

Se realizarán incisiones en los postes de madera previo al tratamiento, con una profundidad mínima de 2 ½" (65 mm), conforme a lo especificado en la norma REA 1728-F700, anexo A.

Los postes de madera no serán taladrados radialmente.

### 3.2.11.3 Retención mínima y penetración del preservante

La retención mínima y penetración del preservante no será menor a lo definido para el Area 1, tal como se indica en la norma REA 1728F-700, anexo H, que se resume a continuación:

<b>Especie Forestal</b>	Southern Yellow Pine (SYP)
<b>Retención</b>	0.6 pcf (9.61 kg/m <sup>3</sup> ) – Acorde con la norma AWWA A2 ó A9 última versión.
<b>Penetración</b>	3" (76 cm) y 90 % de la savia - Acorde con la norma AWWA C1 y C4.

En las incisiones, la penetración será de la profundidad de las mismas y no menor a 2 ½" (65 mm).

### 3.2.11.4 Cromo – cobre - arsénico (CCA)

El CCA es el nombre que se le da a un compuesto químico preservante de madera por su composición que consta de cromo, cobre y arsénico. Sus componentes y la función que cumple cada uno de ellos se indican a continuación:

Oxido de cromo: Actúa como fijador irreversible

Oxido de cobre: Actúa como fungicida.

Pentaóxido de arsénico: Actúa como insecticida.

### 3.2.11.5 Acondicionamiento, secado y limitaciones del tratamiento

Todos los postes de madera cumplirán con los requerimientos de la norma REA 1728F-700, apéndice A, artículo 4.2.

### 3.2.12 Inspecciones y Pruebas

Tanto el control de la calidad como las inspecciones deberán conformarse a los requerimientos de las normas REA 1728F-700, artículo 4 y REA 1728F-702.

El PROPIETARIO o su representante autorizado deberán contar con libre acceso a las instalaciones del fabricante y permitir la inspección de los trabajos conforme a lo establecido en estas especificaciones técnicas.

### **3.2.12.1 Inspección independiente en fábrica**

Para la inspección independiente, el proveedor propondrá como mínimo tres (03) empresas inspectoras especializadas incluyendo sus calificaciones, de las cuales el PROPIETARIO seleccionara una, cuyo costo deberá estar incluido en la oferta presentada. El proveedor presentará el protocolo de inspección, previa coordinación con la inspección seleccionada, para la revisión y conformidad del PROPIETARIO.

El fabricante presentará un cronograma de producción mensual de los postes de madera al inspector independiente y al PROPIETARIO, señalando las cantidades en cada etapa de producción.

Las labores que el inspector independiente realizará y reportará al PROPIETARIO comprenderán como mínimo lo siguiente:

#### **a) Inspección antes del tratamiento de preservación**

Verificará la especie forestal de los postes de madera ofertada por el proveedor, previamente al proceso de secado según las normas señaladas en el numeral 3.2 de la presente especificación técnica. En esta oportunidad el fabricante entregará toda la información sustentatoria de la especie forestal, incluyendo la certificación efectuada por una entidad especializada y autorizada por un organismo oficial del país de origen, la que será verificada y visada por el inspector, en señal de conformidad y aceptación de la especie forestal de los postes de madera.

Verificación y aprobación por el inspector del proceso de secado de los postes de madera por el método propuesto por el fabricante de acuerdo con las normas señaladas en el numeral 3.2 de la presente especificación técnica, previamente al proceso de tratamiento con el preservante. Al finalizar el secado, el inspector verificará que este proceso cumpla con la norma aplicable del numeral 3.2 y requisitos complementarios de la presente especificación técnica, en cuanto a su contenido de humedad, a las dimensiones del poste de madera, características físicas y defectos permisibles. Los postes de madera aprobados contarán con el sello del inspector en señal de aprobación en bajo relieve en la base del poste de madera.

#### **b) Inspección durante el tratamiento de preservación**

Antes de iniciar el preservado, el inspector verificará y aprobará la calidad del preservante a ser utilizado en el proceso de tratamiento, mediante la ejecución de un análisis químico del preservante realizado en el laboratorio del fabricante. Previamente, el inspector verificará la certificación de calibración vigente de los equipos e instrumentos de medición.

Verificará el proceso de tratamiento de preservación de los postes de madera de acuerdo a la norma AWWA.

El inspector tomará muestras para determinar la penetración y la retención por cada carga según lo determinado en la norma AWWA. Se utilizarán los laboratorios del inspector o del fabricante previa certificación de calibración vigente de sus equipos e instrumentos de medición.

c) Inspección después del tratamiento de preservación

Aprobado el tratamiento de preservación de cada carga, los postes de madera contarán con el sello del inspector en la cabeza del poste en señal de aprobación.

Si los resultados de penetración y retención no cumplieran con lo señalado en la norma AWWA y lo requerido en el numeral 3.11.3 de la presente especificación técnica, se rechazará la carga completa. En este caso el fabricante reiniciará el tratamiento según la norma AWWA, sin costo alguno para el PROPIETARIO.

d) Verificaciones

Las verificaciones que efectúe el Inspector, cubrirán las diferentes etapas de producción de los postes de madera y serán efectuadas tomando muestras aleatorias de los postes de madera hasta por una cantidad total equivalente al 15 % de los postes a ser suministrados. Durante el proceso de inspección, se rechazará el lote inspeccionado al encontrarse más del 5 % de postes de madera defectuosos del total de la muestra.

El inspector independiente entregará el informe final al PROPIETARIO, indicando en forma detallada la inspección, verificación y control realizados en los postes de madera, en cada etapa del proceso de producción, mediante los cuales sustentará la aprobación del 100 % de los postes de madera.

El fabricante emitirá un certificado en original, indicando que los postes de madera han sido fabricados de la especie forestal ofertada y tratados de acuerdo a las normas descritas en el numeral 3.2 de la presente especificación técnica, visados por el inspector independiente. Asimismo, al finalizar el tratamiento del total de postes de madera, el fabricante presentará las hojas de carga y sus respectivos resultados de retención y penetración por carga, debiendo tener el visto bueno y la aprobación del inspector independiente.

### **3.2.12.2 Inspección del PROPIETARIO en fábrica**

El proveedor programará una inspección en fábrica por el PROPIETARIO, cuyos costos deberán estar incluidos en la oferta presentada, con el objetivo de verificar los trabajos realizados por el fabricante y el inspector independiente. Durante esta inspección, el fabricante informará al inspector las cantidades de postes de madera que se encuentran en estado húmedo, seco y tratado, dando además las facilidades de materiales y equipos de control de humedad, de análisis de penetración y retención. La inspección del PROPIETARIO desarrollará las siguientes actividades:

El representante del PROPIETARIO escogerá cuatro (04) postes de madera al azar, los cuales serán sometidos a pruebas de rotura del poste.

El representante del PROPIETARIO definirá un lote al azar en un tamaño de muestra del 1 % del total de postes de madera que se encuentren en estado seco y preservados en fábrica, para verificar las dimensiones, secado, defectos permisibles, marcado y características físicas, antes del embarque. Si durante

esta calificación se detectan postes de madera que no cumplen con el requerimiento de la presente especificación técnica en una proporción mayor al 6 % de la muestra tomada, el representante del PROPIETARIO rechazará el lote inspeccionado.

En el caso el tratamiento, el representante del PROPIETARIO seleccionará las cargas a ser inspeccionadas, a estas cargas se le determinará el nivel de penetración y retención según las normas AWPA. En caso de que el representante del PROPIETARIO encuentre que una carga no cumple con el tratamiento indicado en la presente especificación técnica rechazará la carga, consecuentemente el fabricante, a su costo, dará las facilidades para que el inspector independiente inspeccione todas las cargas.

En ambos casos, los ajustes que efectuará el fabricante a que se refiere el numeral 3.12.1, por efecto de rechazo, no implicarán mayor costo al PROPIETARIO.

### **3.2.13 Manipulación y Entrega de los postes de madera**

Ningún producto podrá ser enviado antes de contar con la autorización escrita del inspector del PROPIETARIO, en donde conste que los productos a enviar cumplen con las exigencias de estas especificaciones técnicas (Autorización de envío).

Los postes de madera serán manipulados y depositados de acuerdo a los requerimientos de la norma REA 1728F-700, anexo A, artículo 10. En este artículo también se define la forma correcta para depositar los postes de madera en espera de envío por barco.

Cuando sean depositados para el envío, los postes de madera serán ubicados y zunchados de manera que se eviten cargas sobre ellos e impidan movimientos durante el transporte. Se deberá asegurar que los postes de madera sean cargados y descargados del barco sin recurrir a ganchos o a cables individuales o a todo otro método que pueda dañar los postes de madera.

Las maniobras en muelle serán dirigidas por el fabricante, disponiendo para ello de por lo menos tres estrobos de nailon y en los puntos de apoyo de éstos se dispondrá de puntos de alivio de esfuerzos. Postes de madera con signos de maltrato serán inmediatamente rechazados.

Los postes de madera deberán ser entregados en los almacenes del PROPIETARIO y en las fechas previstas, de tal modo que en las maniobras no sean sometidos a esfuerzos dinámicos que produzcan deterioro de los mismos. Los postes de madera serán apilados de acuerdo a la norma ANSI O5.1, sección 8.1 y 8.2.

El método de apilado aceptado es el "apilado horizontal" en forma piramidal hasta una altura de 6' (1.80 m), sobre durmientes tratados y bajo sombra (yute), trabajo que debe ser ejecutado por el proveedor utilizando sólo grúa. Se evitará daños mecánicos ocasionados durante su transporte, indicados en la sección 8.3 y 8.4 de la misma norma.

EL PROPIETARIO se reserva el derecho de rechazar en el punto de entrega o en destino final si alguno de los postes de madera no se ajusta a la presente especificación técnica y si estas superan el 2 % del total de los postes de madera, el proveedor deberá reponer el total de postes de madera rechazados en un periodo de un tercio (1/3) del plazo de contrato. Los gastos que ocasionen esta reposición deberán ser a cuenta del proveedor.

### 3.2.14 Plazo de entrega

El plazo de entrega en el Puerto del Callao será el menor plazo posible. El plazo de entrega será un elemento de evaluación a favor del fabricante.

### 3.2.15 Información Técnica requerida

El postor deberá presentar junto con su oferta la siguiente información:

- Tabla de características técnicas garantizadas debidamente llenadas, firmadas y selladas.
- El método de secado para la especie forestal ofertada.
- Garantía de vida útil de los postes de madera de la especie forestal ofertada.
- Características detalladas de los postes.
- Descripción del método de preservación y características químicas de los preservantes.
- El currículum de las tres (03) empresas de inspección independiente.
- Programa y métodos para llevar a cabo las inspecciones y pruebas de los postes de madera.
- Descripción detallada de la prueba de rotura.
- Referencias Técnicas y Comerciales de materiales similares suministrados anteriormente (plazo de 1 año como mínimo) con el tipo de tratamiento similar al ofertado.

**TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS  
POSTES DE MADERA IMPORTADA**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO		VALOR GARANTIZADO
1.0	FABRICANTE				
2.0	NORMAS DE FABRICACION, TRATAMIENTO Y PRUEBAS		ANSI O.51 y AWPA		
3.0	ESPECIE FORESTAL		Southern Yellow Pine (SYP)		
4.0	LONGITUD	m (pies)	22.86 (75)	30.48 (100)	
5.0	CLASE		1	1	

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO		VALOR GARANTIZADO
6.0	CIRCUNFERENCIA MINIMA EN LA CABEZA	cm (pulg)	68,55 (27)	68,55 (27)	
7.0	CIRCUNFERENCIA MINIMA EN LA LÍNEA DE TIERRA	cm (pulg)	130,11 (51,2)	143,50 (56,5)	
8.0	ESFUERZO MÁXIMO DE FLEXIÓN	MPa (psi)	55,2 (8000)	55,2 (8000)	
9.0	MÓDULO DE ELASTICIDAD	MPa	12 400	12 400	
10.0	MASA POR UNIDAD	kg			
11.0	TRATAMIENTO PRESERVANTE Método Sustancia preservante Retención mínima del preservante Penetración del preservante	pcf (kg/m <sup>3</sup> ) plg (cm)	Vacío – Presión CCA – Tipo C 0.60 (9,61) 3 (76) / 90% de la savia		
12.0	GARANTIA	años	5		

### 3.3 Cruceta de Madera Importada

#### 3.3.1 Alcances

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas para el dimensionamiento, definición de propiedades, fabricación, tratamiento de preservación, inspección, pruebas y entrega de crucetas de madera importada que se utilizarán en el proyecto y describen su calidad mínima aceptable.

#### 3.3.2 Normas aplicables

Las crucetas de madera importada, materia de la presente especificación, serán suministradas en concordancia con las prescripciones especificadas en la versión vigente de las normas que se mencionan a continuación.

REA Bulletin 1728H-700 Rural Electrification Administration - Specification for wood poles, stubs and anchor Logs.

REA Bulletin 1728F-701 Rural Electrification Administration - Specification for wood crossarms (solid and ILaminated), transmission timbers and pole keys.

REA Bulletin 1728F-702 Rural Electrification Administration - Specification for quality control and inspection of timber products.

ANSI 05.3 - 1996	American National Standard Institute for solid sawn-wood crossarms and braces - Specifications and dimensions
WCLIB Standard No 17-1991	West Coast Lumber Inspection Bureau - Grading rules for west coast lumber.
ATIC 117-93	American Institute of Timber Construction - Glued laminated timber, design values and specifications.
ANSI/ATIC A190.1 – 1992	American National Standards/American Institute of Timber Construction - Structural glued laminated timber.
AWPA A3-91	American Wood Preservers Association - Standard method for determining penetration of preservatives and fire retardant.
AWPA A5-91	American Wood Preservers Association - Standard method for analysis of oil-borne preservatives.
AWPA A9-90	American Wood Preservers Association - Standard method for analysis of treated wood and treating solutions by X-ray spectroscopy.
AWPA P8-91	American Wood Preservers Association - Standard for oil-borne preservatives.
AWPA P9-91	American Wood Preservers Association - Standards for solvents and formulations for organic preservation systems.

Además, las crucetas de madera cumplirán los requisitos complementarios que se indican en la presente especificación técnica. Los ítems no indicados en estas especificaciones técnicas se conformarán de acuerdo a los requerimientos de las normas REA 1728H-701 y ANSI O5.3. En caso de conflicto u omisión las normas REA Bulletins 1728F-701 y 1728F-702 prevalecerán seguida de la norma ANSI O5.3

### **3.3.3 Requerimientos técnicos del material**

#### **3.3.3.1 Generalidades**

Se define a la cruceta de madera como toda pieza en forma de paralelepípedo, de escuadría, longitud y perforaciones especificadas, destinada a sostener líneas aéreas.

#### **3.3.3.2 Especie forestal**

Las crucetas de madera importada serán fabricadas de la especie forestal denominada Coastal Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii* variedad *menziesii*).

La madera deberá ser de reciente corta, de densidad selecta, cuyas características sean iguales o superiores a las consignadas en la Tabla de Características Técnicas Garantizadas.

### **3.3.4 Calidad de las crucetas de madera**

Las crucetas se conformarán de acuerdo a lo mencionado en los párrafos 170 y 170a o a los brazos de transmisión aplicables indicados en los párrafos 169 y 169a de la WCLIB Standard N° 17.

No se admitirán agujeros causados por insectos o zonas podridas con diámetros mayores que 3/32" (2.4 mm).

### **3.3.5 Contenido de humedad en las crucetas de madera**

El contenido medio de humedad de equilibrio para cada una de las crucetas de madera que serán instaladas en las áreas planas y desérticas del Perú será del 12 % o inferior. El contenido de humedad en las crucetas de madera laminadas, en el momento del colado, estará dentro del rango especificado en la norma ANSI 05.3

Tanto el contenido de humedad como el gradiente de humedad serán medidos conforme a lo especificado en la norma ANSI 05.3

Los límites en el contenido de humedad de las piezas individuales o del total de las piezas de un lote serán aceptados o rechazados conforme a lo especificado en la norma ANSI 05.3

### **3.3.6 Identificación de las crucetas de madera**

Todas las crucetas de madera serán marcadas de acuerdo con las normas mencionadas en el numeral 4.2 de la presente especificación técnica. Dicha identificación deberá una profundidad de 1/16" (1.6 mm) aproximadamente, ser legible y permanente (marcas a fuego después del tratamiento), debiendo utilizar para ello, letras y figuras de altura no menor que 25 mm (1").

La identificación de las crucetas de madera deberá incluir la información siguiente:

- Nombre del fabricante o símbolo.
- Año de fabricación.
- Longitud de la cruceta de madera en pies.
- Especie forestal de la madera.
- Tipo de tratamiento y retención preservativa.

Las marcas de identificación serán ubicadas en la cara más ancha de la madera y a partir de una distancia aproximada de 1.2 m (4') del extremo.

### **3.3.7 Defectos prohibidos o inadmisibles**

No se aceptarán crucetas fabricadas con médula y estarán libres de rajaduras (splits), fracturas (crack) y de los siguientes defectos prohibidos indicados en la norma ANSI 05.3 antes y después del tratamiento de preservación:

- Madera de compresión (Compression wood)
- Falla de compresión (Compression failure)
- Pudrición por hongos avanzada (Advanced decay)
- Daños por insectos (Insect damage)

- Nudos agrupados (Knot clusters)
- Baja densidad o madera quebradiza (Low density or brashness)
- Acebolladuras (Shakes)

### **3.3.8 Defectos tolerables y limitados**

Las crucetas de madera que serán suministradas deberán estar libres de defectos, aceptándose solamente los indicados en el numeral 12.3 la norma ANSI O5.3-95. Además deberá considerarse lo siguiente:

- Para el grano cruzado, desvíos del grano y densidad de la madera, solo se aceptarán los límites permitidos en la norma ANSI O5.3. El grano deberá ser paralelo al eje longitudinal de la cruceta de madera, su desviación no debe exceder de 25 mm en 250 mm de longitud paralela a la arista.
- No se admitirá agujeros de nudos ni orificios producidos por insectos que exceda a 10 mm de diámetro y de 5 mm de profundidad. Asimismo, otros orificios de insectos o nudos que conecten las caras opuestas o las caras tangenciales de la cruceta de madera.
- No se aceptarán las crucetas de madera con nudos que superen 1/3 del ancho de la cruceta de madera.
- Las grietas y defectos de forma serán evaluados antes y después del tratamiento de preservación. La longitud de una grieta en cualquiera de las caras de la cruceta de madera no deberá ser mayor a un octavo (1/8) de la longitud nominal de la cruceta de madera. En cualquiera de las secciones finales, la longitud o profundidad de una sola grieta no debe ser mayor a la mitad (1/2) del ancho de la cruceta de madera, o la suma de profundidad en las caras opuestas no debe ser mayor a la mitad (1/2) del ancho de la cruceta de madera.
- En cualquiera de las secciones finales, la longitud de una rajadura no debe ser mayor a la mitad (1/2) del ancho de la cruceta de madera.

### **3.3.9 Fabricación de las crucetas de madera**

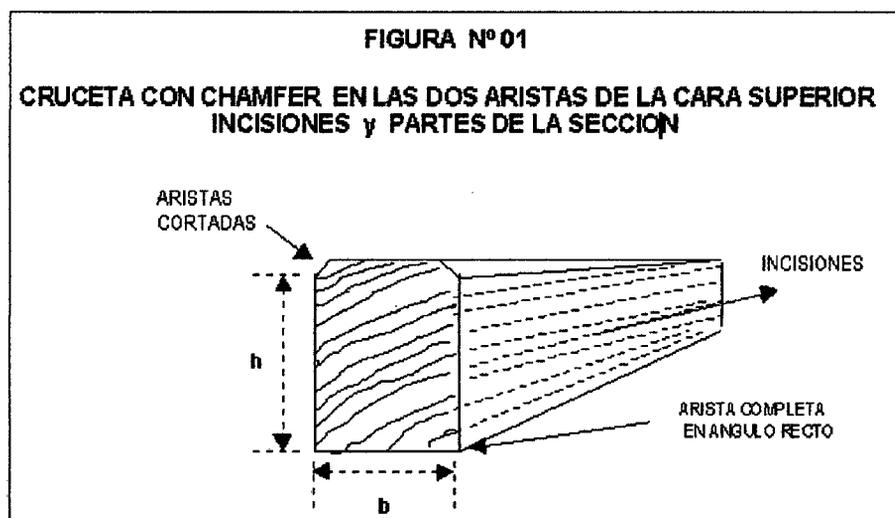
#### **3.3.9.1 Secado**

Las crucetas de madera deberán ser secadas al horno antes de su preservación de tal manera que presenten un contenido de humedad promedio de 12 % o menos y con un máximo que no exceda de 22 % a dos centímetros de profundidad, aceptándose una gradiente de humedad no mayor al 5 % del centro hacia la superficie de la cruceta de madera, tal como señalan los numerales 12.2 y 14 de la norma ANSI O5.3.

#### **3.3.9.2 Manufactura y acabados**

- Las crucetas de madera deberán tener el grano paralelo, con corte limpio y escuadrado en las secciones finales de los brazos. Asimismo, éstas deberán ser cepilladas y lijadas en sus cuatro caras y no se aceptará astillados por un incorrecto cepillado.
- Se aceptará solo una tolerancia de  $\pm 1/8"$  ( $\pm 3$  mm) en el ancho (width) y altura (depth) de la sección especificada en la norma ANSI O5.3. Esta tolerancia será verificada en la sección media y final de las crucetas de madera.
- La longitud de la cruceta de madera no deberá ser menor ni mayor a  $\pm 1/4"$  ( $\pm 6$  mm), respecto a la longitud nominal solicitada.

- Las crucetas de madera deberán estar completas, sin huecos ni perforaciones.
- Se aceptará incisiones no mayores a 5 mm de profundidad en las crucetas de madera, con el objeto de permitir una mayor penetración del tratamiento preservante, de acuerdo al numeral 13.4 de la norma ANSI O5.3.
- Se aceptará las secciones de las crucetas de madera con aristas completas o rebanadas en el lado superior con un radio no menor que 1/8" (3 mm) y no mayor que 3/8" (9 mm) y ángulo de 45° en el lado superior de la cruceta de madera (chamfer) de acuerdo a la norma ANSI O5.3 (Ver figura N° 01). Las aristas en el lado opuesto a la cara superior de la cruceta de madera deberán ser completas y angulares.
- Las crucetas de maderas en las dos secciones extremas podrán llevar placas anticuardeo de metal galvanizado y fuerte, con espigas propias que le permitan fijarse en la madera.



### 3.3.10 Dimensiones de las crucetas de madera

Las dimensiones de las crucetas de madera que se solicitan están indicadas en la Tabla de Características Técnicas Garantizadas y corresponden al acabado final. Tanto las medidas métricas como las inglesas podrán ser usadas. En el caso de conflicto, las medidas inglesas prevalecerán.

Las dimensiones tanto en ancho como en espesor son medidas exactas basadas en los anchos estándar netos para Western Species según lo listado en la norma AITC 117, Artículo 6.2.2 y un espesor neto de 38 mm (1½"). Los anchos y espesores terminados de las crucetas serán los especificados  $\pm 1/16"$  (1.6 mm). Las crucetas de madera deberán ser derechas con una tolerancia de  $\pm 1/4"$  (6.4 mm) para crucetas de hasta 20' (6.1 m) de largo.

### 3.3.11 Preservación y tratamiento de las crucetas de madera

#### 3.3.11.1 Generalidades

Las crucetas de madera deberán ser tratadas en toda su longitud y preservadas por el método vacío – presión de acuerdo con las normas indicadas en el numeral 4.2, aceptándose únicamente como preservante al CCA (Cromo Cobre

Arsénico) – Tipo C, con la composición química y pureza indicada en la norma AWPA.

### **3.3.11.2 Incisiones**

En las caras más anchas de las crucetas se practicarán incisiones de una profundidad no inferior a 2/4" (6.4 mm). Dichas incisiones serán realizadas con herramientas apropiadas y con una separación uniforme de manera a asegurar una penetración uniforme del preservante.

### **3.3.11.3 Retención mínima y penetración del preservante**

La penetración mínima del preservante será al 100 % de la savia, de acuerdo a lo especificado en la norma AWPA A3. Al interior de la madera la penetración no será inferior a 3" (75 mm) en los extremos y alrededor de los agujeros. En general y para toda las superficie la penetración mínima será de 3/16" (4.8 mm).

La mínima retención del preservante no será inferior a 0.4 lbs/pie<sup>3</sup> (6.4 kg/m<sup>3</sup>), la misma que deberá verificarse en los 6/10" (15 mm) exteriores de la zona de ensayo y conforme a lo especificado en la norma AWPA A5.

La retracción será conforme a lo especificado en la norma REA 1728H-701, Artículo 9.6.

### **3.3.11.4 Cromo – cobre - arsénico (CCA)**

El CCA es el nombre que se le da a un compuesto químico preservante de madera por su composición que consta de cromo, cobre y arsénico. Sus componentes y la función que cumple cada uno de ellos se indican a continuación:

- Oxido de cromo: Actúa como fijador irreversible
- Oxido de cobre: Actúa como fungicida.
- Pentaóxido de arsénico: Actúa como insecticida.

### **3.3.11.5 Acondicionamiento previo al tratamiento**

Las crucetas de madera serán acondicionadas de acuerdo a lo especificado en la norma REA 1728H-701, Artículo 7, en lo que se refiere al equilibrio del contenido de humedad del 12 % indicado en estas especificaciones

### **3.3.11.6 Acondicionamiento adicional**

En caso de ser necesario el acondicionamiento adicional consistirá en el calentamiento del preservante según los requerimientos de la norma REA 1728H-701, Artículo 8.

## **3.3.12 Inspecciones y pruebas**

### **3.3.12.1 Inspección Independiente en fábrica**

- Para la inspección independiente, el proveedor propondrá como mínimo tres (03) empresas inspectoras incluyendo sus calificaciones y experiencias, de las cuales el PROPIETARIO seleccionará de entre ellas a la que efectuará el control de calidad de las crucetas de madera,

antes y después del tratamiento de preservado, cuyo costo estará incluido en la oferta presentada. Para este fin, el proveedor brindará toda la información del requerimiento al inspector y presentará el protocolo de la inspección independiente en fábrica, para la revisión y conformidad del PROPIETARIO.

- El proveedor presentará un cronograma de producción mensual de las crucetas al Inspector Independiente y al PROPIETARIO, señalando las diferentes etapas de producción.
- Las labores que el inspector realizará y reportará al PROPIETARIO comprenderán como mínimo, lo siguiente:

a) Inspección antes del tratamiento

- Verificará la madera de la especie forestal ofertada previamente al proceso de secado. En esta oportunidad el proveedor entregará la información sustentatoria de la especie forestal y procedencia certificada por una entidad especializada y autorizada por un organismo oficial del país de origen, la que será verificada y visada por el inspector, en señal de conformidad y aceptación.
- Verificación y aprobación del manufacturado, acabados y secado de las crucetas de madera. Asimismo, al finalizar el secado, verificará su contenido de humedad, las dimensiones, características físicas y defectos permisibles y requisitos complementarios de la presente especificación técnica. Las crucetas de madera aprobadas contarán con el sello del inspector en señal de aprobación en bajo relieve en una sección final de la cruceta de madera.

b) Inspección durante el tratamiento de preservación

- Antes de iniciar el preservado, el inspector verificará y aprobará la calidad del preservante a ser utilizado en el proceso de tratamiento, mediante la ejecución de un análisis químico del preservante realizado en el laboratorio del fabricante. Previamente, el inspector verificará la certificación de calibración vigente de los equipos e instrumentos de medición.
- Verificará el proceso de tratamiento de preservación de las crucetas de madera de acuerdo a la norma AWWA.
- Al finalizar la impregnación, evaluará y aprobará el programa de preservado seguido y anotado por cada carga.
- El inspector tomará muestras para determinar la penetración y la retención por cada carga (10 crucetas de madera por carga) según lo determinado en la norma AWWA. Se utilizarán los laboratorios del inspector o del fabricante previa certificación de calibración vigente de sus equipos e instrumentos de medición.

c) Inspección después del tratamiento de preservación

- Aprobado el tratamiento de preservación de cada carga, las crucetas de madera contarán con el sello del inspector en la otra sección final e la cruceta de madera en señal de aprobación.
- Si los resultados de penetración y retención no cumplieran con lo señalado en la norma AWWA y lo requerido en el numeral 4.11.3 de la presente especificación técnica, se rechazará la carga completa. En

este caso el fabricante reiniciará el tratamiento según la norma AWWA, sin costo alguno para el PROPIETARIO.

- Verificará el proceso de almacenamiento en fábrica previamente a la inspección del PROPIETARIO y embarque.
- Entrega del informe final de la verificación y control realizados en cada etapa del proceso de producción antes y después del tratamiento de preservación, que sustente y certifique la aprobación del 100 % de las crucetas de madera fabricadas con las normas indicadas en el numeral 4.2 de la presente especificación técnica.
- El inspector enviará al PROPIETARIO debidamente firmadas las hojas de carga con los resultados del análisis de retención, antes de que las crucetas de madera sean embarcadas a destino final.

d) Verificaciones

- Las verificaciones que efectúe el Inspector, cubrirán las diferentes etapas de producción de las crucetas de madera y serán efectuadas al 100 % del suministro. Durante el proceso de inspección, se rechazará el lote inspeccionado al encontrarse más del 5 % de crucetas de madera defectuosas del total de la muestra.
- El inspector independiente entregará el informe final al PROPIETARIO, indicando en forma detallada la inspección, verificación y control realizados en las crucetas de madera, en cada etapa del proceso de producción, mediante los cuales sustentará la aprobación del 100 % de las crucetas de madera.
- El fabricante emitirá un certificado en original, indicando que las crucetas de madera han sido fabricadas de la especie forestal ofertada y tratadas de acuerdo a las normas descritas en el numeral 4.2 de la presente especificación técnica, visados por el inspector independiente. Asimismo, al finalizar el tratamiento del total de crucetas de madera, el fabricante presentará las hojas de carga y sus respectivos resultados de retención y penetración por carga, debiendo tener el visto bueno y la aprobación del inspector independiente.

### 3.3.12.2 Inspección del PROPIETARIO en fábrica

El proveedor programará una inspección en fábrica por el PROPIETARIO, cuyos costos deberán estar incluidos en la oferta presentada, con el objetivo de verificar los trabajos realizados por el fabricante y el inspector independiente. Durante esta inspección, el fabricante informará al inspector las cantidades de crucetas de madera que se encuentran en estado húmedo, seco y tratado, dando además las facilidades de materiales y equipos de control de humedad, de análisis de penetración y retención. La inspección del PROPIETARIO desarrollará las siguientes actividades:

- El representante del PROPIETARIO tomará al azar en una muestra del 5 % del total de crucetas de madera por cada lote que se encuentren en estado seco y preservados en fábrica, para verificar las dimensiones, secado, defectos permisibles, marcado y características físicas, antes del embarque. Si durante esta calificación se detectan crucetas de madera que no cumplen con el requerimiento de la presente especificación técnica en una proporción mayor al 6 % de la muestra tomada, el representante del PROPIETARIO rechazará el lote inspeccionado.

- En el caso el tratamiento, el representante del PROPIETARIO seleccionará las cargas a ser inspeccionadas, a estas cargas se le determinará el nivel de penetración y retención según las normas AWWA. En caso de que el representante del PROPIETARIO encuentre que una carga no cumple con el tratamiento indicado en la presente especificación técnica rechazará la carga, consecuentemente el fabricante, a su costo, dará las facilidades para que el inspector independiente inspeccione todas las cargas.
- En ambos casos, los ajustes que efectuará el fabricante a que se refiere el numeral 4.12.1, por efecto de rechazo, no implicarán mayor costo al PROPIETARIO.

### **3.3.13 Manipulación y entrega de las crucetas de madera**

- Ningún producto podrá ser enviado antes de contar con la autorización escrita del inspector del PROPIETARIO, en donde conste que los productos a enviar cumplen con las exigencias de estas especificaciones técnicas (Autorización de envío).
- Las crucetas de madera deberán ser manipuladas, protegidas y depositadas de acuerdo a los requerimientos de la norma REA 1728H-701, la AITC 117 y específicamente los requerimientos de la norma REA 1728-700, Apéndice A, Artículo 10.
- Las crucetas de madera deberán ser entregadas en los almacenes del PROPIETARIO y en las fechas previstas, debidamente ordenadas y apiladas sobre durmientes de madera y deberán ser cubiertas con un techo que ofrezca sombra permanente a cada ruma, de tal modo que les permitan mantener su rectitud, ventilación y protección contra los rayos solares o lluvia durante su almacenamiento en destino final. El costo de las actividades de apilado, así como de materiales y equipos necesarios para cumplir con este requerimiento deberá estar incluido en la oferta presentada.
- Será responsabilidad del proveedor la carga y descarga de crucetas, y entrega debidamente apiladas sobre durmientes de madera. Cualquier deficiencia debido a un mal almacenaje será atribuido al proveedor.
- Para el apilado se deberá tener en cuenta lo siguiente:
  - a) Las crucetas de madera serán apiladas sobre durmientes de madera preservada que los separe del suelo 20 cm en todos sus puntos. Se evitará desniveles a fin de no ocasionar deformaciones.
  - b) Las crucetas de madera apiladas deberán mantenerse bajo sombra permanente y separadas con listones y filetes de madera entre hileras de crucetas de madera y paquetes de tal manera que les permita la libre circulación de aire.
  - c) En la carga, descarga y apilado no se deberá usar maquinaria y/o herramientas con puntas que dañen las crucetas de madera.
- El PROPIETARIO se reserva el derecho de rechazar en el punto de entrega o en destino final si alguna de las crucetas de madera no se ajusta a la presente especificación técnica y si estas superan el 2 % del total de las crucetas de madera, el proveedor deberá reponer el total de crucetas de madera rechazadas en un periodo de un tercio (1/3) del

plazo de contrato. Los gastos que ocasionen esta reposición deberán ser a cuenta del proveedor.

### 3.3.14 Plazo de entrega

El plazo de entrega en el Puerto del Callao será el menor plazo posible. El plazo de entrega será un elemento de evaluación a favor del fabricante.

### 3.3.15 Información Técnica requerida

- El postor deberá presentar junto con su oferta la siguiente información:
- Tablas de Características Técnicas Garantizadas debidamente llenadas, firmadas y selladas.
- El método de secado para la especie ofertada.
- Referencias Técnicas y Comerciales de materiales similares suministrados anteriormente (plazo de 1 año como mínimo) con el tipo de tratamiento similar al ofertado.
- El curriculum de las tres empresas para la Inspección Independiente.

**TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS  
CRUCETAS DE MADERA IMPORTADA**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO
1.0	FABRICANTE			
2.0	NORMAS DE FABRICACION, TRATAMIENTO Y PRUEBAS		ANSI O5.3-95 y AWPA	
3.0	ESPECIE FORESTAL		Douglas Fir (Coast)	
4.0	LONGITUD	pies	11	
5.0	DIMENSIONES	pulg - pulg	4 1/2" x 5 1/2"	
6.0	ESFUERZO DE FLEXION	psi	53	
7.0	MODULO DE ROTURA (*)	MPa		
8.0	MODULO DE ELASTICIDAD (*)	MPa	10 800	
9.0	COMPRESION PARALELA AL GRANO (*)	MPa	26	
10.0	COMPRESION PERPENDICULAR AL GRANO (*)	MPa	2.61	
11.0	CIZALLAMIENTO	MPa	6.20	
12.0	PESO POR UNIDAD	kg		
13.0	TRATAMIENTO PRESERVANTE Método Sustancia preservante Retención mínima del preservante Penetración del preservante		Vacío – Presión CCA – Tipo C 0.4 (6.4) 3/16 (4.8)	
14.0	GARANTIA	años	5	

(\*) Reference (Green) – USA Wood Handbook – Forest Products Laboratory USDA – 1999

### **3.4 Accesorios Metálicos para Postes y Crucetas**

#### **3.4.1 Definición**

El conjunto integrado por piezas de ferretería para postes de madera, incluye tuercas, pernos, arandelas, coronas anti-deslizantes, estribos y cualquier otro material especificado en este documento.

#### **3.4.2 Alcance**

Estas especificaciones técnicas cubren el suministro, fabricación y transporte de los materiales.

#### **3.4.3 Normas Aplicables**

La lista de publicaciones mencionadas a continuación forman parte de estas especificaciones:

ASTM A 7	FORGED STEEL
ANSI A 153	ZINC COATING (HOT DIP) ON IRON AND STEEL HARDWARE
ANSI C 135.1	AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR GALVANIZED STEEL BOLTS AND NUTS FOR OVERHEAD 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 GALVANIZED FERROUS EYENUTS AND EYELETS 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 135.20	AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR LINE CONSTRUCTION - ZINC COATED FERROUS INSULATOR CLEVISES
ANSI C 135.31	AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR ZINC-COATED FERROUS SINGLE AND DOUBLE UPSET SPOOL INSULATOR BOLTS FOR OVERHEAD LINE CONSTRUCTION

#### **3.4.4 Fabricación**

Los productos de acero forjado ó hierro maleable galvanizado deberán ser fabricados exclusivamente por Proveedores con amplia experiencia en el suministro de dichos materiales o similares.

La fabricación de los materiales mencionados en el presente documento se efectuará de acuerdo a los requerimientos de las Normas establecidas en esta Especificación.

El control de la calidad deberá regirse por las Normas de Calidad ISO correspondientes o su equivalente.

### 3.4.5 Descripción de los Materiales

#### 3.4.5.1 Elementos de Acero Forjado Galvanizado

La siguiente numeración de artículos está de acuerdo a la planilla detallada de materiales como aparecen en los Diseños

ARTICULO	DESCRIPCIÓN
3	Riostra de F°G° de 2 ½" x 2 ½" x ¼", longitud 2208mm
4	Perno en "U" de 16 mm (5/8") diám, longitud 10", con tuerca
5	Placa soporte de aislador (doblado)
6	Placa antimovimiento
10	Perno cabeza hexagonal 19 mm (3/4") diám, longitud 22", con tuerca
11	Perno cabeza hexagonal 16 mm (5/8") diám, longitud 16" con tuerca
12	Perno cabeza hexagonal 16 mm (5/8") diám, longitud 7" con tuerca
13	Perno cabeza hexagonal 16 mm (5/8") diám, longitud 8", con tuerca
14	Arandela redonda 6.5mm (1/4") espesor, con agujero 17.5 mm (11/16")
15	Contratuerca hexagonal para perno de 16 mm (5/8") diám
16	Varilla roscada doble armado con 4 tuercas

#### 3.4.5.2 Acero Forjado Galvanizado

Todos los tipos de accesorios serán de acero forjado o hierro maleable galvanizado en caliente. Será adecuada para perno de 16 mm de diámetro. Su carga mínima de rotura será de 55 kN.

#### 3.4.5.3 Piezas Fundidas de Acero

El proceso de fundición que conduce a la obtención del material tendrá que ser aquel que recupere la cera perdida.

Si las piezas son fabricadas con moldes de arena o mediante un proceso de molde permanente, deberán ser sometidas por separado a un examen de Rayos-X para determinar la calidad de las mismas. Dicha calidad será confirmada por un documento legalizado, producido para cada pieza examinada.

#### 3.4.5.4 Resistencia de los pernos

Todos los pernos deberán tener un mínimo de resistencia a la tracción; valor que no podrá ser menor al ya indicado anteriormente y que deberá ser confirmado mediante pruebas.

Diámetro del Perno	Resistencia
16 mm (5/8")	55 kN(12,400 lbs)
19 mm (3/4")	81 kN(18,350 lbs)

#### **3.4.5.5 Tuercas**

Todos los pernos maquinados serán entregados con una tuerca rectangular. Todos los pernos dobles deberán ser entregados con 4 tuercas rectangulares.

#### **3.4.5.6 Dimensiones**

Se utilizan ambos sistemas de medida: métrico decimal e imperial. Si bien cualquiera de los dos sistemas puede ser usado, es necesario que todos los componentes sean compatibles en uno u otro sistema.

#### **3.4.5.7 Agujeros**

Los agujeros pueden ser perforados o taladrados, de superficie lisa y no se admitirán imperfecciones.

#### **3.4.5.8 Identificación**

Empleándose letras de no menos de 16 mm (5/8") de alto se tendrán que marcar o grabar en todos los ítems el número correspondiente de ítem con cifras legibles y en un lugar visible.

En lo que se refiere a la ferretería de los puntales las marcas y datos grabados deberán ubicarse a ambos lados de las placas.

#### **3.4.6 Ensayos**

Deberán realizarse los siguientes ensayos. En reemplazo de ellos se admitirán las constancias de conformidad.

Para los pernos maquinados de 16, 19 mm de diámetro, los pernos dobles y para todas especificados se realizarán los ensayos de tracción conforme a la ASTM.

Dichos ensayos tendrán por objeto confirmar la mínima resistencia a la tracción que será de 55 kN y 81 kN respectivamente.

#### **3.4.7 Embalaje**

Todos los materiales deberán ser embalados y enviados en cajas de madera sólida o de metal, zunchados adecuadamente para su traslado por mar y tierra.

Solo artículos similares podrán ser zunchados, embolsados e introducidos en cajas juntos.

Todas los paquetes, bolsas o cajas deberán ser embaladas en las cajas especiales de manera que los artículos no sufran ningún daño durante su traslado

### 3.4.8 Inspección y Pruebas

El material cubierto por esta especificación será inspeccionado por un inspector designado por el Propietario.

Las pruebas de aceptación del lote fabricado serán realizadas en presencia del representante del PROPIETARIO. Las pruebas de aceptación o liberación de embarques serán realizadas en presencia del representante del Propietario.

En la oferta estará incluido los gastos de desplazamiento y estadía hacia las fabricas y laboratorios de prueba de un (01) Inspector del Propietario por un periodo de (05) días útiles, sin considerar el tiempo de viaje para ejecutar las pruebas y recepción del suministro.

### 3.4.9 Información Técnica a presentar

El Postor adjuntará a su oferta la siguiente información:

- a) Tablas de Características Técnicas Garantizadas debidamente llenadas, firmadas y selladas.
- b) Planos con las dimensiones de cada tipo de conjunto de dispositivos a escala 1:5.
- c) Planos con las dimensiones de cada pieza de los diversos dispositivos, a escala 1 : 1, con indicación del peso y del material usado.
- d) Descripción de los dispositivos contra el aflojamiento de los pernos.
- e) Información solicitada en cada una de las Especificaciones Técnicas.

#### TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS ACCESORIOS METÁLICOS PARA POSTES Y CRUCETAS

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO
<b>A. PERNO MAQUINADO</b>			
1. Fabricante			
2. País de fabricación			
3. Material de fabricación		Acero	
4. Normas aplicables			
5. Clase de galvanizado según ASTM		ANSI C 135.1	
6. Carga de rotura mínima			
- Perno de 16 mm (5/8")	kN	55	
- Perno de 19 mm (3/4")	kN	81	
7. Masa por unidad			
- Perno cab. Hexag. 16 mm diam x 8"	kg		
- Perno cab. Hexag. 16 mm diam x 7"	kg		
- Perno cab. Hexag. 16 mm diam x 26"	kg		
- Perno cab. Hexag. 16 mm diam x 16"	kg		
- Perno cab. Hexag. 16 mm diam x 10"	kg		
- Perno cab. Hexag. 16 mm diam x 3"	kg		

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO
- Perno cab. Hexag. 16 mm diam x 12"	kg		
<b>B. PERNO EN "U"</b>			
1. Fabricante		Acero	
2. Material de fabricación			
3. Clase de galvanización según ASTM		ANSI C 135.1	
4. Dimensiones			
- Longitud	Pulg	10	
- Diámetro	mm	16	
5. Norma de fabricación			
6. Carga mínima de rotura	kN	55	
7. Masa	kg		
<b>C. VARILLA ROSCADA DOBLE ARMADO</b>			
1. Fabricante			
2. País de fabricación			
3. Material de fabricación		Acero	
4. Normas Aplicables			
5. Clase de galvanizado según ASTM		ANSI C135.1	
6. Dimensiones			
- Longitud	pulg		
- Diámetro	pulg	3/4	
7. Carga de rotura mínima	kN	81	
8. Número de tuercas		4	
9. Masa	kg		
<b>D. CONTRATUERCA</b>			
1. Fabricante		Acero	
2. Material de fabricación			
3. Clase de galvanización según ASTM		ANSI C 135.1	
4. Dimensiones			
- Longitud	Pulg		
- Diámetro	mm		
5. Norma de fabricación			
6. Carga mínima de rotura	kN		
7. Masa	kg		

**TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS**  
**ACCESORIOS METÁLICOS PARA POSTES Y CRUCETAS**  
**(CONT.)**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO
<b><u>E. ARANDELA REDONDA</u></b>			
1. Fabricante			
2. País de fabricación			
3. Material de fabricación		Acero	
4. Normas aplicables			
5. Clase de galvanizado según ASTM		ANSI C 135.1	
6. Dimensiones			
- Diámetro	mm	76.2 (3")	
- Espesor	mm	6.35 (1/4")	
7. Diámetro del agujero central			
- Arandela A	mm	17.5 (11/16")	
- Arandela B	mm	20.6 (13/16")	
8. Carga mínima por rotura a corte	kN	55	
9. Masa por unidad	kg		
<b><u>F. PLACA SOPORTE DE AISLADOR</u></b>			
1. Fabricante		Acero	
2. Material de fabricación			
3. Clase de galvanización según ASTM		ANSI C 135.1	
4. Dimensiones			
Placa soporte aislador (40)			
- Longitud	mm	320	
- Ancho	mm	512.5	
Placa soporte aislador (41)			
- Longitud	mm	320	
- Ancho	mm	607.5	
5. Carga mínima de rotura	kN	55	
6. Masa	kg		
<b><u>G. PLACA ANTIMOVIMIENTO</u></b>			
1. Fabricante		Acero	
2. Material de fabricación			
3. Clase de galvanización según ASTM		ANSI C 135.1	
4. Dimensiones			
Placa soporte aislador (40)			
- Longitud	mm	320	
- Ancho	mm	512.5	
Placa soporte aislador (41)			
- Longitud	mm	320	
- Ancho	mm	607.5	
5. Carga mínima de rotura	kN	55	
6. Masa	kg		

### **3.5 Conductor AAAC**

#### **3.5.1 Alcances**

Estas especificaciones establecen las condiciones técnicas mínimas que deben ser seguidas para la fabricación, inspección, pruebas y el suministro del conductor de aleación de aluminio (AAAC), el cual será utilizado como conductor de fase en el presente proyecto.

#### **3.5.2 Normas aplicables**

El suministro del conductor de aleación de aluminio (AAAC) deberá realizarse en estricta conformidad con las últimas revisiones de las normas ASTM (American Society for Testing and Materials) e IEC que se indican, en el orden y precedencia indicado. Se exceptúa lo que esté contrariamente establecido en esta especificación, en cuyo caso regirá esta última.

##### **3.5.2.1 Normas para fabricación**

ASTM B 398 Aluminum-Alloy 6201-T81 wire for electrical purposes.

ASTM B 399 Concentric lay stranded Aluminum-Alloy 6201-T81 conductors.

##### **3.5.2.2 Normas para inspección y pruebas**

IEC 104 (1987) Aluminum-magnesium-silicon alloy wire or overhead line conductors.

IEC 1089 Round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors.

En el caso que el postor proponga la aplicación de normas equivalentes distintas a las señaladas, deberán presentar junto con su propuesta una copia de éstas para la evaluación correspondiente.

#### **3.5.3 Calidad del conductor de aleación de aluminio**

El conductor que debe ser fabricado, probado y suministrado para aplicación como conductor de fase del presente proyecto, será el conductor de aleación de aluminio AAAC calibre 304 mm<sup>2</sup>.

El conductor deberá ser fabricado con un acabado superficial cuidadosamente controlado en lo que respecta a las trenzas individuales, tal que se proporcione un acabado perfectamente liso y completamente libre de suciedad, ralladuras abrasiones o deformaciones de cualquier naturaleza.

El Fabricante deberá suministrar los certificados de análisis que indiquen el porcentaje y naturaleza de cualquier impureza del metal usado en la fabricación del conductor.

#### **3.5.4 Requerimientos técnicos del material**

El conductor deberá estar de acuerdo con las especificaciones ASTM B 398 y ASTM B 399, para conductores de aleación de aluminio trenzado en capas concéntricas.

El conductor estará compuesto por 37 hilos de aleación de aluminio 6208-T81 y deberá tener las siguientes características:

#### 3.5.4.1 Hilo de Aleación de Aluminio 6201-T81

a) Resistividad eléctrica

El hilo de aleación de aluminio 6201-T81 tendrá resistividad eléctrica máxima de 0.032841 Ohm-mm<sup>2</sup>/m a la temperatura de 20 °C (promedio para el lote o muestra individual – conductividad en volumen del 52.5 % IACS).

b) Diámetro y variaciones en el diámetro

El diámetro del hilo de aleación de aluminio 6201-T81 será de 3.23 milímetros. La variación permitida para el diámetro medio del hilo de aleación de aluminio 6201-T81 será de  $\pm 1.0 \%$

c) Tensión mecánica y alargamiento

La mínima tensión mecánica requerida para el hilo de aleación de aluminio 6201-T81, para un alargamiento mínimo en 10 pulgadas de 3.0 %, será:

Promedio para el lote: 48.0 ksi (331 MPa).

Muestra individual : 46.0 ksi (317 MPa).

#### 3.5.4.2 Conductor AAAC 6201-T81

a) Características del Conductor

Peso por metro (sin grasa)	:	0.838 kg/m (mínimo)
Peso por metro (con grasa)	:	De acuerdo a normas
Diámetro nominal	:	22.63 mm
Carga nominal de ruptura	:	9 311 kg (mínimo)
Area de la sección recta	:	304 mm <sup>2</sup>

b) Composición Química

El conductor de aleación de aluminio será fabricado con alambres de aleación de aluminio tratados térmicamente y que tengan aproximadamente siguiente composición química, según lo establecido por la norma ASTM B398, para lo cual el fabricante deberá presentar al PROPIETARIO los certificados correspondientes:

ELEMENTO	COMPOSICION (%)
Cobre (máximo)	0.10
Acero (máximo)	0.50
Silicio	0.50 – 0.90
Manganeso (máximo)	0.03
Magnesio	0.60 – 0.90
Zinc (máximo)	0.10
Cromo (máximo)	0.03
Boro (máximo)	0.06
Otros elementos (máximo)	0.13
Aluminio	Resto

Todos los alambres integrantes del conductor deberán estar libres de polvo, grietas, escamas, marcas de troquel, raspaduras y toda clase de imperfecciones no compatibles con la mejor práctica comercial y que pudieran aumentar apreciablemente la radiointerferencia y las pérdidas.

c) Dirección de enrollado de la capa externa

La dirección de trenzado de la capa exterior del conductor de aleación de aluminio 6201-T81 de 304 mm<sup>2</sup> deberá ser dextrógira ("right hand"). Las capas sucesivas deberán en todos los casos, tener trenzado opuesto.

### **3.5.5 Condiciones de fabricación del conductor de aleación de aluminio**

La fabricación del conductor de aleación de aluminio se realizará en estricta concordancia con lo establecido en las normas ASTM B398 y ASTM B399 y el tipo de aleación 6201 - T81 ó similar en otras normas. Asimismo el proceso y procedimiento para la fabricación del conductor se efectuará en ambientes especialmente acondicionados para tal propósito

En la fabricación de los hilos, se deberá tener en cuenta que la fecha de solubilización del alambón será la adecuada, de tal manera que no transcurra más de seis meses desde dicha fecha y el proceso de trefilado. Esto debe ser debidamente documentado por el Fabricante, indicando con certificados la procedencia del alambón y fecha de su Fabricación. Estos documentos deberán ser enviados al PROPIETARIO una semana antes del inicio del trefilado.

Durante la fabricación y almacenaje se deberán tomar precauciones para evitar cualquier daño físico del conductor, así como se deberá evitar toda posibilidad de contaminación del conductor por el cobre u otros materiales que puedan causar efectos adversos sobre la aleación de aluminio.

En caso que la maquinaria a utilizarse para la fabricación del conductor de aleación de aluminio haya sido utilizada en la fabricación de conductores distintos a los de aleación de aluminio, el Postor lo indicará en su Oferta; y durante la fabricación proporcionará al PROPIETARIO un certificado que la maquinaria ha sido cuidadosamente limpiada antes de ser usada en la fabricación.

En todo momento del proceso de fabricación del conductor, el fabricante deberá prever que las longitudes en fabricación sean tales que en una bobina alcance el conductor de una sola longitud, sin empalmes de ninguna naturaleza, caso contrario este será rechazado, salvo acuerdo previo y aceptación por parte del PROPIETARIO. La longitud de conductor mínima por bobina será de 3 000 metros.

En la fabricación de los conductores se cuidará de alcanzar la mínima rotación natural y la máxima adherencia entre los alambres de cada capa y entre capas, a fin de evitar daños cuando se desarrollen bajo tensión mecánica.

### **3.5.6 Engrasado del conductor de aleación de aluminio**

Para proteger el conductor de aleación de aluminio contra el peligro de corrosión, las capas interiores del conductor serán protegidas con una grasa especial, de la mejor calidad, y de alto punto de goteo (mayor a 95 °C), que deberá llenar todo

el espacio entre los alambres dentro de un cilindro circunscrito por la capa exterior.

La grasa tendrá el más bajo coeficiente de fricción posible, para facilitar el desenrollado bajo tensión mecánica y deberá resistir a las condiciones ambientales prevalecientes en el sitio y a una temperatura permanente de 80°C sin alteración de sus propiedades. El certificado de calidad de la grasa empleada deberá ser entregado al PROPIETARIO una semana antes del proceso de cableado.

El tipo de grasa y el método de aplicación deberá ser especificado de manera tal que se pueda prevenir el peligro de que la grasa alcance la superficie externa del conductor.

La grasa deberá ser adecuada para su uso en ambientes húmedos y de alta contaminación.

### **3.5.6.1 Características de la grasa**

La grasa deberá ser un producto basado en aceites minerales perfectamente neutro, y será capaz de resistir agentes atmosféricos y ambientales sin pérdida de sus propiedades. La grasa deberá reunir las siguientes condiciones:

- a) La acidez total (o libre) expresado en mg de KOH/g deberá ser menor que 1.4 mg. La acidez inorgánica (ácido inorgánico y compuesto de sulfuro soluble en agua) después de la extracción del agua deberá ser cero. La acidez orgánica resultado de la diferencia entre los dos valores de acidez mencionados, expresados como mg de KOH/g, consecuentemente deberá ser menor que 1.4 mg.
- b) El contenido de azufre y sus componentes deberán ser nulo. Método de verificación a utilizar: una placa de plata pulida sumergida en grasa a 120 °C durante 50 horas, no deberá mostrar ningún cambio en su apariencia.
- c) El contenido de cenizas determinado por el método de cenizas asulfatadas deberá ser menor que 3.0 %.
- d) La grasa no deberá ser corrosiva. Método de verificación a utilizar: una muestra de acero dulce (0.1 a 0.7% de contenido de carbón) es pulida de acuerdo a las reglas generalmente aceptadas en exámenes metalográficos y será sumergida durante 50 horas a la acción de la grasa calentado a 120 °C

La muestra será inmediatamente limpiada mediante el siguiente procedimiento:

- Remover tanto como sea posible la grasa mientras se encuentre caliente;
- Lavar con benceno o tetracloruro de carbono químicamente puro y libre de tiofeno;
- Limpiar con un paño suave limpio y lavar rápidamente otra vez con benceno o tetracloruro de carbono.

La superficie pulida será inmediatamente examinada con un microscopio amplificador (en más o menos 50 veces en diámetro) y no deberá revelar ningún trazo de corrosión.

El punto de goteo determinado por el método ASTM D 127, no deberá ser menor que 100 °C (en ambiente húmedo y de alta contaminación). Cualquier diferencia hacia abajo resultará en un rechazo completo del cable.

Las características especificadas de la grasa deben permanecer intactas después de un calentamiento a partir de 20°C hasta el punto de goteo por 168 horas.

El índice de penetración a 25 °C deberá ser menor de 250 mm/10. Durante esta prueba no deberá aparecer separación entre los productos que componen la grasa.

Permeabilidad al agua: la grasa no deberá presentar ninguna absorción de agua después de la inmersión en agua durante 48 horas. El contenido de agua será determinado de acuerdo al método IP 74/62 (IP: Institute of Petroleum)

### **3.5.6.2 Método de aplicación de la grasa**

Durante la aplicación, no está permitido el calentamiento de la grasa, si ello ocurre es probable que cause la separación de los productos componentes y puede alterar las propiedades del producto. Para la verificación, se tomarán muestras de la grasa durante la aplicación y serán analizadas.

### **3.5.6.3 Elementos a ser engrasados**

El conductor deberá ser engrasado en sus capas interna y externa por una grasa libre de impurezas de la mejor calidad de una temperatura de goteo no menor a 100°C, la grasa no debe corroer los hilos del conductor y además no debe salir o fluir grasa del conductor cuando este tenga una temperatura de 100°C

### **3.5.6.4 Masa de grasa a ser aplicada**

La masa de grasa a ser aplicada se calculará usando el método descrito en el Anexo C de la Norma IEC 1089.

Deberá anotarse que el espesor de la capa de grasa en los alambres a ser engrasados no deberá ser menor que 0.1 mm en cualquier lugar, de manera de estar seguro que todos los alambres a ser engrasados estén cubiertos completamente con una capa de grasa.

Para conductores con múltiples capas, la masa total de grasa en un conductor se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$M_g = k \times d_a^2$$

donde:

K = factor que depende del trenzado del conductor y de la densidad de grasa y el factor de película (porcentaje de volumen teórico), obtenido de la tabla C.1 del Anexo C de la Norma IEC 1089;

d<sub>a</sub> = diámetro del alambre en mm;

M<sub>g</sub> = masa de grasa, en kg/km.

### **3.5.7 Información a entregar previo a la fabricación del conductor**

El Postor ganador deberá presentar a la semana de haber obtenido la buena pro lo siguiente:

#### **3.5.7.1 Información sobre los conductores**

- a) Tipo de conductor
- b) Área del conductor total (mm<sup>2</sup>)
- c) Diámetro del conductor (mm)
- d) Masa del conductor (kg/mm)
- e) Carga mínima de rotura del conductor (en kg y en kN)
- f) Resistencia eléctrica DC a 20°C (ohm/Km)
- g) Descripción de cada capa del conductor:
  - Cantidad de hilos
  - Material (Grado EC o descripción de al aleación)
  - Diámetro o diámetro equivalente de los hilos (mm)

#### **3.5.7.2 Cálculo del módulo de elasticidad (kg/mm<sup>2</sup>)**

#### **3.5.7.3 Cálculo de la resistencia eléctrica de AC 60 Hz a 25°C y 75°C (ohm/Km)**

**3.5.7.4 Cálculo de la capacidad de corriente (A) a 90°C, para la irradiación solar de 1200 W/m<sup>2</sup>, viento transversal: 0.6 m/s, temperatura de ambiente: 32°C, coeficiente de emisividad: 0.8, coeficiente de absorción: 0.5.**

**3.5.7.5 Cálculo de la capacidad de corriente (A) a 75°C, para la irradiación solar de 1300 W/m<sup>2</sup>, viento transversal: 0.6 m/s, temperatura de ambiente: 32°C, coeficiente de emisividad: 0.8, coeficiente de absorción: 0.5.**

### **3.5.8 Inspecciones y pruebas**

#### **3.5.8.1 Generalidades**

El fabricante deberá contar con ambientes y equipos necesarios, así proporcionará las facilidades del caso, para las inspecciones y pruebas que se requieran previa coordinación con el PROPIETARIO en forma anticipada.

Los instrumentos a utilizarse en las mediciones y pruebas deberán tener certificado de calibración vigente expedido por un organismo de control estatal o institución particular autorizada.

El PROPIETARIO podrá verificar los datos relativos al peso, longitud del tramo en carretes; cuando lo considere oportuno, para lo cual el fabricante proporcionará las facilidades necesarias.

Las pruebas tipo han sido previstas para verificar las características principales del conductor, el cual dependerá principalmente de su diseño.

Las pruebas de rutina serán llevadas a cabo en muestras de conductor completo para verificar el cumplimiento de los detalles especificados en el cuadro de características técnicas del conductor.

Las pruebas de muestreo se efectuarán sobre muestras de alambre tomados del conductor trenzado; asimismo la aceptación o rechazo serán realizadas en presencia del inspector del PROPIETARIO o sus representantes.

El Fabricante será el único responsable por la ejecución y costos de todas las inspecciones y pruebas exigidas en estas especificaciones técnicas. El Fabricante deberá proporcionar al PROPIETARIO todos los recursos necesarios para la ejecución de los trabajos de inspección.

### **3.5.8.2 Pruebas a efectuarse**

El Fabricante deberá ejecutar pruebas de control de calidad en todo el proceso de fabricación del conductor tipo AAAC de 304 mm<sup>2</sup>.

Las pruebas tipo, de rutina y de muestreo serán realizadas según lo establecido en las normas IEC 1089 e IEC 104 y en presencia de los inspectores del PROPIETARIO, considerándose las siguientes:

#### **a) Pruebas tipo**

- Curvas esfuerzo – deformación
- Resistencia de rotura del conductor
- Empalme en alambres de aleación de aluminio

#### **b) Pruebas de rutina y de muestreo**

- En alambres antes del trenzado
  - De acuerdo con la aplicación de alambre normalizados
- En el conductor
  - Area de la sección transversal
  - Diámetro exterior
  - Densidad lineal
  - Condición de la superficie
  - Relación y dirección de capas
- En alambres después del trenzado
  - Resistencia a la rotura de alambres (Prueba de tensión mecánica)

- Prueba de elongación.
- Medida del diámetro y control de la superficie de los alambres
- Prueba de conductividad
- Prueba de resistividad

Deberán ser ejecutadas además:

- Pruebas de dimensiones geométricas, rotura de hilo y alargamiento, según los límites indicados en la norma ASTM B398 y ASTM B399.
- Análisis químico de los elementos constitutivos del alambroón de aleación de aluminio, realizado sobre una muestra al azar, según la composición dada por la norma ASTM B398 ó norma equivalente.
- Prueba de goteo de la grasa del conductor de aleación de aluminio, dado por el protocolo de pruebas del fabricante de la grasa.
- Prueba de conductividad eléctrica del conductor según el procedimiento de la norma ASTM B193.

### **3.5.9 Selección de las muestras**

#### **3.5.9.1 Tamaño de la muestra**

Las muestras para las pruebas especificadas en el numeral 9.2., serán tomadas en forma aleatoria del 10 % del extremo final de la bobina del conductor. Sin embargo, la inspección de la condición de la superficie del conductor será llevada a cabo en cada bobina antes del embalaje.

#### **3.5.9.2 Longitud de la muestra**

La longitud de muestra requerida para las pruebas de tensión y esfuerzo - deformación será al menos 400 veces el diámetro del conductor pero no menor que 10 m.

Las muestras para pruebas de alambres individuales después del trenzado comprenderán una longitud de 1.50 m, cortado del extremo final de la bobina del conductor.

La longitud de las muestras, será el mínimo requerido para una buena precisión de las curvas esfuerzo - deformación.

#### **3.5.9.3 Aceptación o rechazo**

La falla en una prueba realizada sobre la muestra, para cumplir con cualquiera de los requerimientos de la Norma IEC 1089, dará lugar al rechazo del lote representado por la muestra.

Si el lote probado es rechazado, el fabricante tendrá el derecho a probar, solamente una vez, todas las bobinas de conductores del lote, sometiéndolos a

las pruebas, los cuales deberán satisfacer todos los requerimientos para su aceptación.

### **3.5.10 Desarrollo de las pruebas tipo**

#### **3.5.10.1 Curvas esfuerzo – deformación**

Las pruebas esfuerzo - deformación realizadas en el conductor de aleación de aluminio, deberán efectuarse en estricta concordancia con el método dado en el Anexo B de la Norma IEC 1089.

Las curvas esfuerzo – deformación obtenidas como resultado de esta prueba tipo, registrarán el alargamiento axial en función de la tensión aplicada, y serán entregados al PROPIETARIO por el fabricante de conductor.

#### **3.5.10.2 Prueba de tensión del conductor**

Esta prueba servirá para controlar y verificar el módulo de elasticidad y el límite de rotura del material.

La prueba de resistencia a la rotura del conductor de aleación de aluminio, será llevada a cabo sin rotura de cualquier alambre a no menos que el 95 % de su resistencia nominal calculado de acuerdo a la cláusula 5.7 de la norma IEC 1089 (primera edición 1991-05).

La resistencia a la rotura del conductor de aleación de aluminio será determinada mediante jalado del conductor en una máquina adecuada de prueba de tensión, teniendo una precisión de al menos  $\pm 1$  %. La tasa de incremento de carga deberá ser uniforme en la prueba y el tiempo requerido para alargar 30 % del RTS (Resistencia a la Tensión Nominal) no será menor que 1 minuto ni mayor que 2 minutos.

Para realizar esta prueba, se deberán instalar herrajes adecuados en los extremos de la muestra de conductor. Durante esta prueba, la resistencia a la rotura del conductor será determinada por la carga alcanzada en el cual uno o más alambres del conductor se rompe.

Hasta tres pruebas podrán ser realizadas si la rotura del alambre ocurre a una distancia de un centímetro de los herrajes y si la tensión resistente cae bajo los requerimientos de resistencia a la rotura especificado.

#### **3.5.10.3 Soldadura de hilos de aluminio**

El Fabricante deberá demostrar que el método usado para empalmar los hilos de aleación aluminio reúne los requerimientos de resistencia definidos en la cláusula 5.5.5 de la norma IEC 1089, mediante resultados recientes de pruebas o por desarrollo de las pruebas necesarias.

### **3.5.11 Desarrollo de las pruebas de rutina y muestreo**

Las pruebas de rutina serán llevadas a cabo en muestras de conductor completo para verificar el cumplimiento de los detalles especificados en el cuadro de características técnicas del conductor, mientras que las pruebas de muestreo se efectuarán sobre muestras de alambre tomados del conductor trenzado.

### **3.5.11.1 Área de sección transversal**

El área de la sección transversal del conductor trenzado de aleación de aluminio, será tomada como la suma de áreas de los alambres de aleación de aluminio que forman el conductor, basada en la medición de sus diámetros usando un calibrador graduado. El diámetro "d" de los alambres en milímetros será el promedio de lecturas máximas y mínimas tomadas en puntos ubicados cerca al final y en el centro de la muestra.

Esta área no deberá variar del valor nominal por más de  $\pm 2\%$  en cualquier muestra y por más de  $\pm 1.5\%$  para el promedio de cuatro valores medidos en sitios seleccionados aleatoriamente con un espaciamiento mínimo de 20 centímetros.

### **3.5.11.2 Diámetro del conductor**

El diámetro de conductor será medido, en la mitad entre el extremo cortado y el cabrestante de la máquina de trenzado. Las mediciones serán realizadas con un calibrador graduado para lecturas de 0.01 mm.

El diámetro será el promedio de dos lecturas, redondeando a dos decimales de un milímetro, tomados en ángulo recto para uno u otro en la misma ubicación. El diámetro del conductor de aleación de aluminio no deberá variar en  $\pm 1\%$ .

### **3.5.11.3 Densidad lineal – Masa por unidad de longitud**

La densidad lineal (masa por unidad de longitud) del conductor será determinada usando aparatos capaces de realizar esta medición con una precisión de  $\pm 0,1\%$ .

La masa del conductor por unidad de longitud sin grasa no variará de su valor nominal dado en tablas por más de  $\pm 2\%$ .

La masa de grasa en el conductor será determinada de la diferencia entre la masa con el conductor con grasa y su masa después de remover toda la grasa; la masa de grasa será correspondiente al mínimo valor especificado en el Anexo C de la Norma IEC 1089.

### **3.5.11.4 Resistencia a la rotura de alambres**

La prueba de resistencia a la rotura deberá ser realizada en alambres obtenidos de conductores después del trenzado. La muestra de alambre será tomada de la muestra de conductor y será removida de su posición y enderezada, teniendo cuidado en no alargarla.

### **3.5.11.1 Área de sección transversal**

El área de la sección transversal del conductor trenzado de aleación de aluminio, será tomada como la suma de áreas de los alambres de aleación de aluminio que forman el conductor, basada en la medición de sus diámetros usando un calibrador graduado. El diámetro "d" de los alambres en milímetros será el promedio de lecturas máximas y mínimas tomadas en puntos ubicados cerca al final y en el centro de la muestra.

Esta área no deberá variar del valor nominal por más de  $\pm 2\%$  en cualquier muestra y por más de  $\pm 1.5\%$  para el promedio de cuatro valores medidos en sitios seleccionados aleatoriamente con un espaciamiento mínimo de 20 centímetros.

### **3.5.11.2 Diámetro del conductor**

El diámetro de conductor será medido, en la mitad entre el extremo cortado y el cabrestante de la máquina de trenzado. Las mediciones serán realizadas con un calibrador graduado para lecturas de 0.01 mm.

El diámetro será el promedio de dos lecturas, redondeando a dos decimales de un milímetro, tomados en ángulo recto para uno u otro en la misma ubicación. El diámetro del conductor de aleación de aluminio no deberá variar en  $\pm 1\%$ .

### **3.5.11.3 Densidad lineal – Masa por unidad de longitud**

La densidad lineal (masa por unidad de longitud) del conductor será determinada usando aparatos capaces de realizar esta medición con una precisión de  $\pm 0,1\%$ .

La masa del conductor por unidad de longitud sin grasa no variará de su valor nominal dado en tablas por más de  $\pm 2\%$ .

La masa de grasa en el conductor será determinada de la diferencia entre la masa con el conductor con grasa y su masa después de remover toda la grasa; la masa de grasa será correspondiente al mínimo valor especificado en el Anexo C de la Norma IEC 1089.

### **3.5.11.4 Resistencia a la rotura de alambres**

La prueba de resistencia a la rotura deberá ser realizada en alambres obtenidos de conductores después del trenzado. La muestra de alambre será tomada de la muestra de conductor y será removida de su posición y enderezada, teniendo cuidado en no alargarla.

El área de la sección transversal del alambre es determinada de las mediciones de diámetro indicadas en 6.11.2, luego el alambre enderezado será instalado en una máquina adecuada de prueba de tensión. La carga será aplicada gradualmente con una velocidad de separación de las mandíbulas no menor que 25 mm por minuto y no más grande que 100 mm por minuto.

La carga de falla dividida entre el área de la sección transversal del alambre no será menor que el 95 % de los esfuerzos requeridos aplicados anterior al

trenzado (la reducción de 5 % se estima por manejo y enrollado de alambres en el trenzado).

### **3.5.11.5 Condición de superficie**

La superficie del conductor será libre de toda imperfección visible a los ojos (se acepta lentes correctivos normales) tales como cortes, depresiones, etc. no consistentes con la buena práctica comercial.

### **3.5.11.6 Relación de cableado y dirección de cableado**

La relación de cableado de cada capa del conductor, será obtenida a través de la relación de la longitud axial medido (paso) y el diámetro externo de la capa aplicable.

Los alambres del conductor de aleación de aluminio serán concéntricamente trenzados.

Las capas de alambres adyacentes serán trenzadas, con la dirección de capa en sentido contrario. La dirección de trenzado de la capa externa será de "mano derecha".

Los alambres en cada una de las capas serán iguales y sólidamente trenzados alrededor del alambre o alambres centrales.

La relación entre paso de cableado y el diámetro externo de la correspondiente capa de alambres en el conductor trenzado de aleación de aluminio deberá ser cómo sigue:

- La relación de la longitud del paso con el diámetro de la capa externa de alambres de aleación de aluminio no será menor que 10 ni mayor que 14.
- La relación de la longitud del paso con el diámetro de las capas interiores de alambres de aleación de aluminio no será menor que 10 ni mayor que 16.

### **3.5.12 Embalaje**

Los conductores serán embalados en carretes de acuerdo a la norma IEC 109.

Los conductores vendrán embalados en carretes no retornables de metal resistente a la corrosión u otros agentes que puedan deteriorar la protección de los conductores.

El cilindro interior del carrete llevará un revestimiento protector químicamente neutro. No deben sobresalir clavos u otros objetos punzantes en el espacio del enrollado del conductor.

Todas las bobinas envueltas en los carretes tendrán una capa protectora de papel impermeable alrededor y en contacto con toda la superficie. Luego, serán protegidos externamente con listones de madera ajustados a los lados de la bobina y asegurados con dos o más zunchos de acero.

Los carretes serán de constitución robusta, que garanticen que el conductor sea particularmente bien protegido para resistir los malos tratos de las operaciones de embarque y desembarque. Asimismo, se les protegerá de la humedad, mediante

un material higroscópico. El Fabricante deberá remitir un plano de diseño del carrete, una semana antes del cableado con el fin de verificar su robustez mecánica.

Cada carrete deberá llevar impreso claramente con pintura indeleble sobre las bridas del carrete los datos que se consignan a continuación. Adicionalmente, la misma información deberá estamparse sobre una lámina metálica resistente a la corrosión, la que estará fijada a una de las caras laterales externas del carrete.

- Nombre del PROPIETARIO.
- Nombre del proyecto: Línea de 60 kV L-621/L-622 y L-621/L-624
- Número de código de la bobina.
- Lote de producción.
- Peso neto y bruto.
- Tipo y formación del conductor.
- Sección nominal del conductor.
- Nombre del fabricante y fecha de fabricación.
- Longitud del conductor.
- Sentido de arrollamiento.
- Diámetro del carrete.
- Ancho del carrete.
- Una flecha indicadora del sentido en que debe ser rodado el carrete durante su desplazamiento.

La longitud mínima del conductor por bobina será de 3 000 metros. La longitud total del conductor de una sección transversal determinada se distribuirá de la forma más uniforme posible en todos los carretes. Ningún carrete tendrá más del 3% de la longitud real del conductor respecto a la longitud nominal indicada en el carrete.

Los carretes serán adecuados para ser sostenidos y/o manipulados en su parte central en un eje de 80 mm de diámetro con refuerzos metálicos en ambos lados del carrete.

### **3.5.13 Manipulación y entrega del conductor de aleación de aluminio**

El Postor deberá considerar que los suministros serán almacenados sobre un terreno compactado, a la intemperie, en ambiente salino y húmedo.

Previo a la salida de embalaje y almacenaje de los suministros para revisión y aprobación del PROPIETARIO; los planos deberán precisar las dimensiones del embalaje y, de ser el caso, la cantidad y características principales de los

contenedores en los que serán transportados y la lista de empaque. Adicionalmente deberá remitir los certificados y reportes de pruebas solicitados.

La recepción de los suministros se efectuará con la participación de un representante del Proveedor, quien dispondrá del personal y los equipos necesarios para la descarga, inspección física y verificación de la cantidad de elementos a ser recepcionados. El costo de estas actividades estará incluido en el precio cotizado por el postor.

Previo a la entrega de los suministros, el Proveedor del suministro deberá entregar al PROPIETARIO un juego original de la versión vigente de las normas indicadas en el numeral 6.2 y, de ser el caso, adicionalmente el original de las normas que propuso en su oferta técnica. El costo de las normas deberá ser incluido en el precio cotizado por el Postor.

#### **3.5.14 Plazo de entrega**

El plazo máximo de entrega en el Puerto del Callao será de sesenta (60) días calendario. Un plazo de entrega menor, será un elemento de evaluación a favor del Fabricante.

Dos semanas antes del embarque, el Fabricante deberá remitir una Lista de expedición, indicando para cada bobina:

- Número de código.
- Tipo de conductor.
- Longitud exacta de cada bobina.
- Peso Neto y bruto de cada bobina.

#### **3.5.15 Información técnica requerida**

El postor deberá presentar junto con su oferta la siguiente información:

- a) Tabla de características técnicas garantizadas debidamente llenadas.
- b) Planos, características técnicas y detalles del embalaje propuesto.
- c) Curvas de Esfuerzo - Deformación (Stress - Strain curve) para el tipo de conductor que se licita. Se incluirán cuando menos la curva inicial y final de una hora, 24 horas, un año y 10 años de envejecimiento, indicando las condiciones en las que han sido determinadas.
- d) Información técnica sobre el comportamiento de los conductores a la vibración, recomendando esfuerzos de trabajo adecuados, así como datos sobre los accesorios que los protejan del deterioro por vibración.
- e) Experiencia del postor de los últimos 10 años de haber suministrado este tipo y sección del conductor.
- f) Certificado de buen funcionamiento del conductor, emitidos por las empresas que vienen utilizando este tipo y sección de conductor.
- g) Relación de empresas de electricidad, de preferencia en el Perú, a las que se haya suministrado este tipo de conductor y fecha de suministro.
- h) Catálogos completos descriptivos del fabricante, en los que se indique el código de los suministros, dimensiones, características de operación mecánica y eléctrica, y la masa del conductor. Esta información deberá estar actualizada.
- i) Copia de las pruebas tipo efectuadas al conductor en una laboratorio de prestigio.

### **3.6.4.2 Criterios eléctricos**

#### **Calentamiento:**

Ningún accesorio o pieza por donde circule la corriente eléctrica deberá alcanzar una temperatura superior a la del conductor, en las mismas condiciones operativas y ambientales, cualquiera que sea el valor de la corriente. La resistencia eléctrica de los empalmes y manguitos no será superior al 80 % correspondiente a la longitud comprendida del conductor.

#### **Efecto corona:**

Para evitar efluvios eléctricos la forma y el diseño de todas las piezas bajo tensión será tal que evite esquinas agudas o pronunciadas, que originen concentraciones excesivas del campo eléctrico.

#### **Corriente:**

La corriente de cortocircuito a tierra máximo a considerarse será de 30 kA.

### **3.6.5 Descripción de las varillas de armar**

Las varillas de armar se instalarán sobre los conductores de fase y toda esta unidad estará dentro de la grapa de suspensión a ser descrita posteriormente.

Las varillas de armar serán de Aleación de Aluminio, para asegurar la protección eléctrica y mecánica de los conductores.

Las varillas de armar tendrán una longitud mayor o igual a 2.3 metros, según la sección del conductor solicitado, y serán del tipo preformado, para ser montadas fácilmente en su correspondiente conductor, enrolladas en la dirección contraria a la de la capa exterior de alambres del conductor. Los extremos deberán ser redondeados y de superficie lisa.

Las varillas deberán tener forma tal como para evitar toda posibilidad de daño a los alambres del conductor, sea durante el montaje o durante la sucesiva explotación de la línea en cualquier condición de servicio.

Una vez montadas, las varillas de armar deberán proveer una capa protectora uniforme, sin intersticios, y con una presión adecuada para evitar aflojamiento debidos a envejecimiento.

### **3.6.6 Descripción de las juntas de empalme**

Las juntas de empalme del conductor serán de Aleación de Aluminio, del tipo compresión.

El tiro de rotura mínimo de la junta será mayor o igual que el 90% del tiro de rotura del conductor o del cable de guarda según corresponda. Todas las juntas de empalme (manguitos) tendrán una resistencia eléctrica no mayor que la de los conductores y estarán libres de todo defecto y no dañarán al conductor luego de efectuada la compresión con el juego de dados apropiado.

Para el montaje de las juntas de empalme se deberá indicar el tipo de dado que deberá utilizarse, y el esfuerzo de compresión a aplicar. Además dichos

**TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS  
CONDUCTOR DE ALEACIÓN DE ALUMINIO (AAAC)**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO
<b>1.0</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>			
	1. Tipo y denominación del conductor		AAAC 6201-T81	
	2. Fabricante			
	3. País de fabricación			
	4. Normas de fabricación		ASTM B 398 y ASTM B 399	
	5. Normas de pruebas		IEC 1089 e IEC 104	
<b>2.0</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES</b>			
	6. Número y diámetro de hilos de aleación de aluminio	N° x mm	37 x 3.23	
	7. Sección total	mm <sup>2</sup>	304	
	8. Diámetro exterior	mm	22.63	
<b>3.0</b>	<b>CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS</b>			
	9. Peso unitario del conductor, sin grasa	kg / m	0.838	
	10. Peso unitario del conductor, con grasa	kg / m		
	11. Carga de ruptura mínima de tracción	Kg	9 311	
	11. Módulo de elasticidad inicial	kg / mm <sup>2</sup>		
	12. Módulo de elasticidad final	kg / mm <sup>2</sup>	5 700	
	13. Coeficiente de dilatación térmica línea	°C x 10 <sup>-6</sup>	23	
<b>4.0</b>	<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b>			
	14. Resistencia en CC, a 20 °C	Ohm / km	0.1102	
	15. Coeficiente de resistividad	°C <sup>-1</sup>		
	16. Resistencia a 60 Hz en CA, a 25 °C	Ohm / km		
	17. Resistencia a 60 Hz en CA, a 50 °C	Ohm / km		
	18. Resistencia a 60 Hz en CA, a 75 °C	Ohm / km		
	19. Conductividad IACS	%		
<b>5.0</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE FABRICACIÓN</b>			
	20. Máxima longitud del conductor sobre el carrete	m		
	21. Tolerancia máxima permitida sobre el peso de conductor acabado	%		
<b>6.0</b>	<b>EMBALAJE</b>			
	22. Carretes		Metal	
	23. Diámetro exterior	m	2.2	
	24. Ancho total	m	1.4	
	25. Longitud mínima de bobina	m	3 000	
	26. Tolerancia de longitud del conductor en cada carrete	%	+/- 3	
	27. Peso del carrete vacío	kg		
	28. Peso de carrete con conductor	kg		
	29. Capacidad de corriente (90°C)	A (*)		
	30. Capacidad de corriente (75°C)	A (**)		

(\*) Para una irradiación solar de 1200 W/m<sup>2</sup>, viento transversal de 0.6 m/s, temperatura de ambiente de 32°C, coeficiente de emisividad de 0.8, coeficiente de absorción de 0.5

(\*\*) Para una irradiación solar de 1300 W/m<sup>2</sup>, viento transversal de 0.6 m/s, temperatura de ambiente de 32°C, coeficiente de emisividad de 0.8, coeficiente de absorción de 0.5

## **3.6 Accesorios del Conductor**

### **3.6.1 Alcances**

Estas especificaciones establecen las condiciones técnicas mínimas que deben ser consideradas para el suministro de accesorios de los conductores de Aleación de Aluminio - AAAC (juntas de empalme, manguitos de reparación y herramientas para su aplicación, varillas de armar, amortiguadores, etc), describiendo su calidad mínima aceptable, tratamiento, inspección, pruebas y entrega.

### **3.6.2 Normas aplicables**

El material cubierto por esta Especificaciones Técnicas cumplirá con las prescripciones de las siguientes Normas, en donde sea aplicable, según la versión vigente en la fecha de la convocatoria a licitación:

ASTM A 153 Zinc Coating (Hot Dip) on Iron and Steel Hardware;

ASTM B 201 Testing Chromate Coatings on Zinc and Cadmium Surfaces;

ASTM B 230 Aluminum 1350-H19 Wire for Electrical Purposes;

ASTM B 398 Aluminum-Alloy 6201-T81 Wire for Electrical Purposes.

### **3.6.3 Descripción de los accesorios del conductor**

Estos accesorios para el conductor son un conjunto de piezas utilizadas para facilitar el montaje del conductor, así como también el empalme de los diversos tramos, la reparación de leves daños en los alambres exteriores y la protección mecánica del conductor para la sujeción con grapas y amortiguadores de vibraciones.

### **3.6.4 Prescripciones generales**

Para el suministro de los accesorios del conductor se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

#### **3.6.4.1 Criterios Mecánicos**

Todas las piezas sujetas a esfuerzos mecánicos de tracción, serán dimensionadas de manera tal que el factor de seguridad, es decir la relación entre la carga de rotura mínima garantizada y la carga máxima a la cual está sujeta la pieza en las condiciones de servicio más desfavorable, sea por lo menos mayor o igual a 3.

La tensión de trabajo EDS para el conductor AAAC de 304 mm<sup>2</sup> es 1676 kg (UTS = 9311 kg)

elementos deberán contener la pasta correspondiente en su interior y deberán llevar sellos herméticos.

### **3.6.7 Descripción de los manguitos de reparación**

Los manguitos de reparación del conductor serán de Aleación de Aluminio, del tipo compresión, apropiados para reforzar conductores con hilos dañados.

La longitud será adecuada a la sección del conductor o del cable de guarda correspondiente. La utilización del manguito será solamente en caso de leves daños locales en la capa exterior del conductor y sus características mecánicas serán similares a las de la junta de empalme descrita anteriormente.

Para el montaje de los manguitos de reparación se deberá indicar el tipo de dado que deberá utilizarse, y el esfuerzo de compresión a aplicar. Además dichos elementos deberán contener la pasta correspondiente en su interior y deberán llevar sellos herméticos.

### **3.6.8 Descripción de las uniones bifilares**

El cuerpo será de Aleación de Aluminio, de una pureza no menor de 99.5 %. Su conformación se adecuará para la sujeción paralela de dos conductores de AAAC 304 mm<sup>2</sup>. El ajuste de los conductores se efectuará a través de pernos.

El cuerpo deberá tener una longitud igual o mayor a 5 veces el diámetro del conductor, como mínimo.

Las uniones bifilares no permitirán el deslizamiento de los conductores.

### **3.6.9 Descripción de la pasta para aplicación de empalmes y uniones bifilares**

La pasta especial es un compuesto rellenedor, de todos los accesorios de compresión y uniones bifilares, el cual será suministrado junto con dichos accesorios.

La pasta será una sustancia químicamente inerte (que no ataque a los conductores), de alta eficiencia eléctrica (que produzca conexiones de baja resistencia eléctrica) e inhibidor contra la oxidación. La pasta deberá retener una viscosidad normal indefinidamente, no se escurrirá ni a temperaturas de 120 °C y permanecerá manejable a -15 °C como mínimo. Será insoluble con el agua y también será no tóxico y tendrá larga vida en almacenamiento.

El suministro de la pasta rellenedora será en envases de 500 gr aproximadamente, para inyectarlos en pistolas rellenedoras especiales, para realizar un correcto uso de ella. Estos accesorios adicionales también deberán ser incluidos en las ofertas de los postores.

El suministro de la pasta rellenedora también incluirá un juego de escobillas adecuadas de limpieza de la superficie del conductor.

### **3.6.10 Galvanizado**

Todas las partes metálicas ferrosas excepto aquellas de acero inoxidable, serán galvanizadas en caliente según Norma ASTM A 153, debiendo ser la capa

protectora de zinc equivalente a 600 gr/m<sup>2</sup>. El galvanizado tendrá textura lisa y se efectuará después de cualquier trabajo maquinado. La preparación del material para el galvanizado y el proceso mismo del galvanizado no afectarán las propiedades mecánicas de las piezas trabajadas.

### **3.6.11 Inspecciones y pruebas**

Los accesorios materia de la presente especificación técnica, serán completamente probados en fábrica de acuerdo a lo prescrito en los párrafos siguientes. El proveedor proporcionará al PROPIETARIO tres (03) copias del Reporte o Protocolo de Prueba certificados antes de cada embarque.

El costo de realizar las pruebas estarán incluidos en los precios cotizados por los postores.

#### **3.6.11.1 Selección de las muestras**

Las muestras serán tomadas al azar de cada lote de accesorios. El número de las mismas será igual al 2 % de la cantidad total de cada tipo de accesorio, con un mínimo de 2 muestras por tipo. Cada muestra podrá ser utilizada para más de una prueba.

#### **3.6.11.2 Pruebas**

Las pruebas de aceptación serán realizadas a la finalización de la fabricación y en presencia de los inspectores del PROPIETARIO.

Se realizarán las siguientes pruebas:

a) Control de las dimensiones y del ensamblaje

Se verificarán las dimensiones y los pesos de todos los elementos constitutivos de los dispositivos de suspensión y de anclaje. Se verificará el ensamble adecuado de los accesorios.

b) Prueba de tracción

Se ejecutará solamente para piezas sujetas a esfuerzo mecánico, y deberán cumplir los requerimientos de la norma VDE 0212.

Las muestras individuales serán montadas en la máquina de prueba, en una posición tan cercana como sea posible a su posición de servicio. Una carga de tracción igual al 50 % de la carga de rotura mínima garantizada será aplicada y aumentada a una rapidez constante hasta llegar a la rotura mínima garantizada. La falla de las piezas no deberá ocurrir a una carga menor que la carga de rotura mínima garantizada.

c) Prueba de galvanización

Se ejecutará sobre las muestras de cada tipo de pieza galvanizada, de acuerdo con los requerimientos de la norma VDE 0210, ASTM 153 y de la publicación IEC 383, cláusula 27.

Se efectuarán:

- Pruebas de uniformidad de la capa, mediante 5 inmersiones.
- Pruebas del peso del zinc.
- Prueba del espesor mínimo de la capa de zinc.

d) Pruebas eléctricas

Se aplicarán a los empalmes de compresión, considerándose un ensayo de tensión de choque y un ensayo de tensión de cortocircuito.

### **3.6.11.3 Rechazos**

Si una muestra no pasara una prueba de rutina cualquiera, se escogerán dos nuevas muestras que serán sometidas a todas las pruebas.

Si las dos muestras, o una de las muestras de reemplazo, no pasaran una prueba cualquiera, el lote será rechazado.

### **3.6.11.4 Inspección técnica**

El representante del PROPIETARIO (Inspector) tendrá acceso en cualquier momento a inspeccionar el trabajo en proceso de manufactura y efectuar aquellas pruebas que considere recomendable, siempre y cuando esto no ocasione demoras en la producción del material o de unidades aceptables, para lo cual el fabricante deberá tener los certificados de calibración vigente de los instrumentos a utilizar.

El fabricante deberá proveer, por su cuenta, facilidades razonables, incluyendo herramientas e instrumentos para tales fines y para la obtención de aquella información que el Inspector requiera respecto del progreso y el modo en que se efectúa la fabricación, y del carácter de los materiales usados.

Sin embargo, la inspección final será efectuada después que el fabricante comunique que se ha concluido con la fabricación. El hecho de que los materiales o las unidades hayan sido razonablemente inspeccionadas, probadas y aceptadas por el Inspector, no liberará al fabricante de su responsabilidad en el caso del descubrimiento posterior de defectos.

### **3.6.12 Marcas**

Todos los accesorios deberán ser marcados permanentemente con la siguiente información:

- Número de pedido – LUZ DEL SUR
- Nombre del fabricante
- Código del accesorio
- Capacidad mecánica en kN y en libras (SML)
- Año de fabricación

### **3.6.13 Embalaje**

Todos los accesorios deberán ser cuidadosamente embalados en cajas de madera de dimensiones adecuadas para su transporte, por vía marítima y terrestre, junto con los respectivos folletos de instrucciones, lista de empaque e instrucciones especiales para su almacenamiento. No se aceptará material de cartón para su embalaje.

Todos los accesorios deberán ser protegidos contra cualquier perjuicio y contra la corrosión durante su traslado, manipulación y almacenamiento al exterior. Adicionalmente deberán ser protegidos de la humedad, mediante un material higroscópico.

Cada caja deberá tener impresa la información del fabricante, tipo de accesorios que contenga, cantidad, peso neto y peso bruto.

Todas las cajas deberán ser cerradas con suficiente seguridad ya sea añadiéndoles una tapa que se fijará con clavos o recurriendo a otra modalidad adecuada, debiendo ser selladas con no menos de dos (02) zunchos de acero.

### **3.6.14 Plazo de entrega**

El plazo de entrega en el Puerto del Callao será el menor plazo posible. El plazo de entrega será un elemento de evaluación a favor del fabricante.

### **3.6.15 Información técnica requerida**

El postor deberá presentar junto con su oferta la siguiente información:

- a) Tabla de características técnicas garantizadas debidamente llenadas, firmadas y selladas.
- b) Certificados de las pruebas de tipo, si se tiene disponibles.
- c) Planos detallado, en escala 1 / 5 y 1 / 1, con dimensiones de cada pieza, sección transversal, con la indicación del peso y del material utilizado.
- d) Descripción de los dispositivos contra el aflojamiento de los pernos.
- e) Diagramas que muestran las características mecánicas de los amortiguadores para frecuencia de vibración de 5 hasta 50 ciclos/segundo y recomendaciones técnicas para su empleo.
- f) Catálogos completos descriptivos del fabricante con la información técnica actualizada.
- g) Normas de fabricación de los accesorios.
- h) Relación de empresas de electricidad, de preferencia en el Perú, a las que han suministrado los accesorios propuestos y fecha de suministro.

Dos semanas después e la Orden de proceder, el fabricante deberá presentar obligatoriamente la siguiente información:

- Normas de fabricación y protocolos de pruebas de todos los accesorios solicitados.
- Plano de detalles finales de fabricación, los que serán devueltos debidamente firmados por el representante del PROPIETARIO.

**TABLA DE CARACTERISTICAS TECNICAS GARANTIZADAS  
ACCESORIOS DEL CONDUCTOR AAAC**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANT.
1.0	<b>VARILLAS DE ARMADO PARA EL CONDUCTOR</b>			
	Fabricante			
	Modelo o Número de Catálogo			
	País de fabricación			
	Norma de fabricación			
	Material constitutivo	---	Aleación de Aluminio	
	Número y diámetro de los alambres	mm		
	Longitud total de la varilla	mm	>= 2 300	
	Paso de la hélice	mm		
	Diámetro interno de la hélice	mm		
	Rango de aplicación: Diámetro del conductor ( $\varnothing_0$ )	mm	$\varnothing_0 \pm 0.5$ mm	
	Sentido de conformado	---	Mano derecha	
Peso de la varilla completa	daN			
Número de Varillas mínimo	---	11		
Forma de Instalación	---	Manual		
2.0	<b>MANGUITO DE EMPALME PARA CONDUCTOR</b>			
	Fabricante			
	Modelo o Número de Catálogo			
	País de fabricación			
	Norma de fabricación			
	Material constitutivo	---	Aleación de Aluminio	
	Peso	daN		
	Carga de rotura mínima	kN	100	
	Diámetro interno del tubo antes de compresión	mm	25	
	Diámetro externo del tubo antes de compresión	mm		
Longitud del tubo antes de compresión	mm	>= 470		
Forma de compresión	---	Redonda o hexagonal		
Resistencia eléctrica a 20 °C entre entrada y salida del conductor	Ohm			
3.0	<b>MANGUITO DE REPARACION PARA CONDUCTOR</b>			
	Fabricante			
	Modelo o Número de Catálogo			
	País de fabricación			
	Norma de fabricación			
	Material constitutivo	---	Aleación de Aluminio	
	Peso	daN		
Carga de rotura mínima	kN	100		
Diámetro interno del tubo antes de compresión	mm	25		
Diámetro externo del tubo antes de compresión	mm			
Longitud del tubo antes de compresión	mm	>= 300		

**TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS  
ACCESORIOS DEL CONDUCTOR AAAC  
(CONT.)**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANT.
	Forma de compresión	---	Redonda o hexagonal	
	Resistencia eléctrica a 20 °C entre entrada y salida del conductor	Ohm		
	Conductividad			
<b>4.0</b>	<b>UNIONES BIFILARES</b>			
	Fabricante			
	Modelo o Número de Catálogo			
	País de fabricación			
	Norma de fabricación			
	Material constitutivo del cuerpo			
	Mínimo número de pernos de ajuste			
	Material de los pernos			
	Torque de ajuste mínimo de pernos			
	Rango de diámetro de conductor admisible			
	Dimensiones			
	B :			
	C :			
	D :			

### 3.7 Aisladores Polimericos Tipo Suspension

#### 3.7.1 Alcances

Estas especificaciones establecen las condiciones técnicas mínimas que deben ser consideradas para la fabricación, pruebas y entrega de aisladores poliméricos tipo suspensión a ser utilizados en líneas de transmisión.

#### 3.7.2 Normas aplicables

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

IEC 1109 Composite Insulators for A. C. Overhead Lines with a Nominal Voltage greater than 1000 V – Definitions, Test Methods and Acceptance Criteria

IEC 815 Guide for Selection of Insulators in Respect of Polluted Conditions

ANSI C29.11 American National Standard for Composite Suspension Insulators for Overhead Transmission Lines Tests

ANSI / IEEE Std 987	IEEE Guide for Application of Composite Insulators
ANSI C29.1	Test Methods for Electrical Power Insulators
ASTM A153	Specification for Zinc Coating (Hot Dip) on Iron and Steel Hardware

En el caso que el Postor proponga la aplicación de normas equivalentes distintas a las señaladas, presentará, con su propuesta, una copia de éstas para la evaluación correspondiente.

### **3.7.3 Características técnicas**

Los aisladores poliméricos de suspensión y/o anclaje deberán cumplir con las normas señaladas en el numeral 8.2 de la presente especificación técnica. El uso de cualquier otra norma deberá ser aprobada previamente por el PROPIETARIO.

Adicionalmente, los aisladores poliméricos de suspensión y/o anclaje deberán cumplir también con las siguientes especificaciones de diseño y construcción:

#### **3.7.3.1 Núcleo de fibra de vidrio**

El núcleo del aislador será de fibra de vidrio reforzada, del tipo "rodillo de fibra de vidrio con resina epóxica o vinylester" de alta dureza y resistencia mecánica y dieléctrica.

El núcleo del aislador tendrá forma cilíndrica y estará destinado a soportar la carga mecánica aplicada al aislador. Para ello, deberá ser mecánicamente y eléctricamente confiable, estar libre de burbujas de aire, sustancias extrañas o defectos de fabricación.

La fibra de vidrio también deberá ser resistente a la corrosión (ácidos) y, por tanto, a la rotura frágil.

#### **3.7.3.2 Superficie polimérica aislante**

El material polimérico aislante que recubre el rodillo, y el de los discos aislantes tendrá una estructura química de 100 % de goma de Silicón antes de la adición de compuestos de relleno (fillers). El polímero final tendrá menos de 20 % de carbono por unidad de peso.

#### **3.7.3.3 Recubrimiento polimérico aislante del núcleo**

El núcleo de fibra de vidrio tendrá un revestimiento hidrófugo de goma de silicón de una sola pieza aplicado por extrusión o moldeo por inyección. Este recubrimiento no tendrá juntas ni costuras, será uniforme alrededor de la circunferencia del rodillo, en toda la longitud del aislador, y deberá tener un espesor mínimo de 3 mm en todos sus puntos.

El recubrimiento de Goma de Silicón estará firmemente unido al rodillo de fibra de vidrio, y deberá ser suave y libre de imperfecciones. La resistencia de la interfase entre el recubrimiento de Goma de Silicón y el rodillo de fibra de vidrio será mayor que la resistencia al desgarramiento (tearing strength) de la Goma de Silicón, garantizando la hermeticidad del aislador.

#### **3.7.3.4 Discos aislantes**

Los discos aislantes serán también hidrófugos, de Goma de Silicón, y estarán firmemente unidas a la cubierta del rodillo de fibra de vidrio, bien sea por vulcanización a alta temperatura o moldeados como parte del recubrimiento del núcleo. Estos serán suaves y libres de imperfecciones, presentarán diámetros iguales o diferentes y tendrán, preferentemente, un perfil diseñado de acuerdo con las recomendaciones de la Norma IEC 815.

La longitud de la línea de fuga requerida deberá lograrse mediante la provisión del necesario número de discos aislantes. El recubrimiento y los discos aislantes serán de color gris.

La resistencia de la interfase entre los discos de Goma de Silicón al recubrimiento polimérico del rodillo deberá ser mayor que la resistencia a desgarramiento (tearing strength) de la Goma de Silicón.

#### **3.7.3.5 Herrajes de los extremos**

Los herrajes extremos para los aisladores poliméricos de suspensión deberán ser de acero forjado y el galvanizado corresponderá a la clase "C" según la norma ASTM A153. Estos herrajes extremos estarán destinados a transmitir la carga mecánica al núcleo de fibra de vidrio. Por ello, la conexión entre los herrajes y el núcleo de fibra de vidrio se efectuará por medio del método de compresión radial, de tal manera que asegure una distribución uniforme de la carga alrededor de la circunferencia de este último.

Los tipos de acoplamiento de los herrajes serán los definidos en la tabla de características técnicas garantizadas que adjunta.

El sellamiento de la interfase entre los herrajes y el rodillo deberá ser por medio de un compuesto de goma de silicón, vulcanizado a temperatura ambiente y que impida el ingreso de humedad, asegurando la hermeticidad del conjunto.

#### **3.7.4 Requerimientos de calidad**

El Fabricante deberá mantener un sistema de calidad que cumpla con los requerimientos de la Norma ISO 9001, lo cual deberá ser probado por un certificado otorgado por una reconocida entidad certificadora en el país del fabricante. Una copia de este certificado deberá entregarse junto con la oferta.

#### **3.7.5 Inspecciones y pruebas**

Todos los aisladores poliméricos de suspensión deberán haber completado las pruebas de Diseño, Tipo, Rutina y Muestreo descritas en la norma IEC 1109, incluyendo el Anexo C "Envejecimiento Acelerado" y el de lavado a Alta Presión.

##### **3.7.5.1 Pruebas de diseño**

Los aisladores poliméricos de suspensión, solicitados bajo la presente especificación, deberán cumplir satisfactoriamente las pruebas de diseño prescritas en la norma IEC-1109.

Se aceptarán solamente certificados de las pruebas de diseño a prototipos demostrando que los aisladores han pasado satisfactoriamente estas pruebas, siempre y cuando el diseño del aislador y los requerimientos de las pruebas no hayan cambiado; caso contrario se efectuarán las pruebas de diseño.

Las pruebas de diseño, de acuerdo con las normas IEC-1109, comprenderán:

- Pruebas de las interfases y conexiones de los herrajes metálicos terminales
- Prueba de carga – tiempo del núcleo ensamblado
- Pruebas del recubrimiento: Prueba de caminos conductores (tracking) y erosión
- Pruebas del material del núcleo

Se incluirán con la propuesta copia de los reportes de envejecimiento acelerado y pruebas de lavado a alta presión de acuerdo con la norma IEC-1109-Anexo C "Envejecimiento Acelerado", realizadas por laboratorios independientes de reconocido prestigio internacional.

### **3.7.5.2 Pruebas de tipo**

La norma IEC-1109 define el tipo de aislador desde el punto de vista eléctrico, por medio de los parámetros siguientes: distancia de arco, distancia de fuga, inclinación de los discos, diámetro y separación de los discos aislantes y presencia o no de dispositivos de arqueo.

Los aisladores poliméricos de suspensión procurados bajo esta especificación deberán cumplir con las pruebas de tipo prescritas en la norma IEC – 1109. El Postor deberá presentar, junto con su oferta, los reportes de las pruebas de tipo correspondientes a los aisladores ofrecidos.

Las pruebas de Tipo comprenderán:

- Prueba de tensión crítica al impulso tipo rayo
- Prueba de tensión a la frecuencia industrial bajo lluvia
- Prueba mecánica de carga – tiempo
- Prueba de tensión de radiointerferencia
- Prueba de resistencia del núcleo a la carga por corrosión

El PROPIETARIO de reserva el derecho de requerir la realización de pruebas de tipo en aisladores de igual tipo que los ofrecidos, para lo cual solicitará oportunamente la oferta correspondiente.

### **3.7.5.3 Pruebas de muestreo**

Las pruebas de muestreo se realizarán de común acuerdo entre el PROPIETARIO y el Postor, siguiendo las previsiones aplicables de la norma IEC-1109. El Postor presentará junto con su oferta el cronograma de pruebas de muestreo previsto.

Las pruebas de muestreo que se realicen contarán con la participación de un representante del PROPIETARIO; caso contrario, deberá presentarse tres (03) certificados emitidos por una entidad debidamente acreditada, la que será propuesta por el fabricante para la aprobación del PROPIETARIO y certificará los resultados satisfactorios de las pruebas efectuadas.

Las pruebas de muestreo, de acuerdo con la norma IEC–1109, comprenden:

- Verificación de las dimensiones
- Prueba del sistema de bloqueo (aplicable sólo a aisladores de suspensión con acoplamiento de casquillo)
- Verificación de la carga mecánica especificada (SML)
- Prueba de galvanizado
- Los instrumentos a utilizarse en las mediciones y pruebas deberán tener un certificado de calibración vigente expedido por un organismo de control autorizado.

#### **3.7.5.4 Pruebas de rutina**

Las pruebas de rutina se realizarán siguiendo las prescripciones aplicables descritas en la norma IEC–1109, y deberán ser realizadas en cada uno de los aisladores fabricados. El costo para efectuar estas pruebas estará incluido en el precio cotizado por el postor.

Los resultados satisfactorios de estas pruebas deberán ser certificados por el fabricante, el mismo que deberá ser redactado en idioma español o inglés. Estas pruebas comprenderán:

- Identificación de los aisladores poliméricos de suspensión
- Verificación visual
- Prueba individual de carga mecánica

#### **3.7.5.5 Inspección técnica**

El representante del PROPIETARIO (Inspector) tendrá acceso en cualquier momento a inspeccionar el trabajo durante el proceso de manufactura y podrá solicitar que se ejecuten las pruebas que considere conveniente, siempre y cuando esto no ocasione demoras en la producción del material o unidades aceptables.

El fabricante deberá proyectar por su cuenta, todas las facilidades razonables para tales fines, y para la obtención de aquella información que el Inspector requiera respecto del progreso y el modo en que se efectúa la fabricación y del carácter de los materiales usados.

La inspección final será efectuada en la fábrica, luego que el fabricante comunique al PROPIETARIO que ha culminado con la fabricación del pedido. Sin embargo, si un lote de aisladores no satisface los requerimientos de esta especificación técnica, será rechazado.

El hecho de que los aisladores hayan sido inspeccionados, probados y aceptados por el Inspector, no liberará al fabricante de su responsabilidad en el caso del descubrimiento posterior de defectos.

### **3.7.6 Marcas**

Los aisladores deberán ser marcados permanentemente con la siguiente información:

- Número de pedido – Luz del Sur
- Nombre del fabricante
- Código del aislador
- Año de fabricación
- Carga Mecánica Especificada (SML), en kN y en libras.

Las marcas se harán en la aleta superior del aislador utilizando pintura silicónica blanca de la mejor calidad u otro método aceptable por el PROPIETARIO.

### **3.7.7 Embalaje**

Los aisladores deberán ser empacados en cajones de madera provistas de bastidores incorporados, especialmente contruidos para asegurar el transporte y las operaciones de embarque y desembarque. La fijación de los aisladores al bastidor de madera se realizará mediante medias gargantas que aseguren la inmovilización de los mismos en el embalaje cualquiera que sea su situación de transporte o almacenaje. La distancia entre las gargantas será tal que evitará las deformaciones por flexión de los bastidores. Asimismo se les protegerá de agentes biológicos, atmosféricos u otros que puedan deteriorar la protección del aislador.

Cada cajón deberá ser marcado con un código, seleccionado por el fabricante, con el propósito de identificar el lote y el tipo de aislador. Estas marcas serán resistentes a la intemperie y a las condiciones normales durante el transporte y el almacenaje.

Los cajones de aisladores deberán ser despachados encima de paletas diseñadas para manejo con vehículo montacargas (forklifter). Las paletas deberán estar hechas de madera robusta no retornable, la cual deberá estar tratada para retardar su degradación.

Las paletas incluyendo los cajones con los contenedores impermeables deberán ser de tal construcción y resistencia que permitan colocar hasta 3 paletas una encima de la otra. Las paletas deberán tener suficientes bandas metálicas ajustadas para prevenir cualquier desplazamiento de los cajones durante el manejo y el transporte.

Cada cajón - paleta de aisladores deberá ser marcado con pintura indeleble indicando el número de unidades, tipo de aislador, el nombre del PROPIETARIO, el fabricante y el número del pedido, claramente visibles. Adicionalmente se indicará en una tarjeta dentro de un bolsillo plástico, en el interior del cajón.

### **3.7.8 Plazo de entrega**

El plazo de entrega en el Puerto del Callao será el menor plazo posible. El plazo de entrega será un elemento de evaluación a favor del fabricante.

### **3.7.9 Información técnica requerida**

El postor deberá presentar junto con su oferta la siguiente información:

Tabla de características técnicas garantizadas debidamente llenadas, firmadas y selladas.

Copia del protocolo de las pruebas de tipo.

Copia de los resultados de las pruebas de envejecimiento.

Plano detallado, en escala 1/10, con dimensiones de contorno y sección transversal del aislador propuesto con lista de materiales.

Especificaciones técnicas que describen en detalle los métodos de fabricación de las partes aislantes, y métodos y materiales utilizados para la inserción de las partes metálicas y aislantes.

Catálogos completos descriptivos del fabricante con la información técnica actualizada.

Copia de las normas de fabricación del aislador.

Relación de empresas de electricidad a las que hayan suministrado, de preferencia en el Perú. El tipo de aislador solicitado y la fecha de suministro.

**TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS**  
**AISLADORES POLIMÉRICOS TIPO SUSPENSIÓN**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO
1.0	Fabricante			
2.0	Modelo o número de Catálogo			
3.0	País de fabricación			
4.0	Normas de Fabricación		IEC-1109 IEC – 61466-1 ANSI – C29.11	
5.0	Tensión nominal	kV	60	
6.0	Tensión de diseño	kV AC	72.5	
7.0	Herrajes			
	7.1. Material de los herrajes		Acero forjado	
	7.2. Galvanizado según norma		ASTM A153	
	7.3. Tipo de Herraje (extremo hacia la estructura)		Socket (rotula)	
	7.4. Tipo de Herraje (extremo hacia el conductor) (1)		Bola (Ball)	
8.0	Composición			
	8.1. Material aislante		Goma de silicona	
	8.2. Material del núcleo		Fibra de vidrio	
9.0	Longitud de fuga total	mm	> = 2,247.5	
10.0	Longitud de fuga específica	mm / kV	31	
11.0	Longitud del aislador (máximo)	mm	1,000	
12.0	Valores mecánicos			
	12.1. SML mínimo	kN	120	
	12.2. RTL	kN	60	
13.0	Valores eléctricos			
	13.1. Tensión crítica disruptiva al impulso 1.2/50			
	- Positivo	kV	> 570	
	- Negativo		> 520	
	13.2. Tensión crítica disruptiva a frecuencia industrial			
	- En seco	kV	> 370	
	- Bajo lluvia	kV	> 250	

La bola (ball) deberá ser fabricada de acuerdo a la norma IEC Publicación 120 (16 mm de diámetro)

### **3.8 Aisladores Poliméricos Tipo Line Post**

#### **3.8.1 Alcances**

Estas especificaciones establecen las condiciones técnicas mínimas que deben ser consideradas para la fabricación, pruebas y entrega de aisladores poliméricos tipo Line Post a ser utilizados en líneas de transmisión.

#### **3.8.2 Normas aplicables**

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

IEC 1109	Composite Insulators for A. C. Overhead Lines with a Nominal Voltage greater than 1000 V – Definitions, Test Methods and Acceptance Criteria
IEC 815	Guide for Selection of Insulators in Respect of Polluted Conditions
ANSI C29.11	American National Standard for Composite Suspension Insulators for Overhead Transmission Lines Tests
ANSI / IEEE Std 987	IEEE Guide for Application of Composite Insulators
ANSI C29.1	Test Methods for Electrical Power Insulators
ASTM A153	Specification for Zinc Coating (Hot Dip) on Iron and Steel Hardware

En el caso que el Postor proponga la aplicación de normas equivalentes distintas a las señaladas, presentará, con su propuesta, una copia de éstas para la evaluación correspondiente.

#### **3.8.3 Características técnicas**

Los aisladores poliméricos tipo Line Post deberán cumplir con las normas señaladas en el numeral 9.2 de la presente especificación técnica. El uso de cualquier otra norma deberá ser aprobada previamente por el PROPIETARIO.

Adicionalmente, los aisladores poliméricos tipo Line Post deberán cumplir también con las siguientes especificaciones de diseño y construcción:

##### **3.8.3.1 Núcleo de fibra de vidrio**

El núcleo del aislador será de fibra de vidrio reforzada, del tipo “rodillo de fibra de vidrio con resina epóxica o vinylester” de alta dureza y resistencia mecánica y dieléctrica.

El núcleo del aislador tendrá forma cilíndrica y estará destinado a soportar la carga mecánica aplicada al aislador. Para ello, deberá ser mecánicamente y eléctricamente confiable, estar libre de burbujas de aire, sustancias extrañas o defectos de fabricación.

La fibra de vidrio también deberá ser resistente a la corrosión (ácidos) y, por tanto, a la rotura frágil.

### **3.8.3.2 Superficie polimérica aislante**

El material polimérico aislante que recubre el rodillo, y el de los discos aislantes tendrá una estructura química de 100 % de goma de Silicón antes de la adición de compuestos de relleno (fillers). El polímero final tendrá menos de 20 % de carbono por unidad de peso.

### **3.8.3.3 Recubrimiento polimérico aislante del núcleo**

El núcleo de fibra de vidrio tendrá un revestimiento hidrófugo de goma de silicón de una sola pieza aplicado por extrusión o moldeo por inyección. Este recubrimiento no tendrá juntas ni costuras, será uniforme alrededor de la circunferencia del rodillo, en toda la longitud del aislador, y deberá tener un espesor mínimo de 3 mm en todos sus puntos.

El recubrimiento de Goma de Silicón estará firmemente unido al rodillo de fibra de vidrio, y deberá ser suave y libre de imperfecciones. La resistencia de la interfase entre el recubrimiento de Goma de Silicón y el rodillo de fibra de vidrio será mayor que la resistencia al desgarramiento (tearing strength) de la Goma de Silicón, garantizando la hermeticidad del aislador.

### **3.8.3.4 Discos aislantes**

Los discos aislantes serán también hidrófugos, de Goma de Silicón, y estarán firmemente unidas a la cubierta del rodillo de fibra de vidrio, bien sea por vulcanización a alta temperatura o moldeados como parte del recubrimiento del núcleo. Estos serán suaves y libres de imperfecciones, presentarán diámetros iguales o diferentes y tendrán, preferentemente, un perfil diseñado de acuerdo con las recomendaciones de la Norma IEC 815.

La longitud de la línea de fuga requerida deberá lograrse mediante la provisión del necesario número de discos aislantes. El recubrimiento y los discos aislantes serán de color gris.

La resistencia de la interfase entre los discos de Goma de Silicón al recubrimiento polimérico del rodillo deberá ser mayor que la resistencia a desgarramiento (tearing strength) de la Goma de Silicón.

### **3.8.3.5 Herrajes de los extremos**

La base – soporte del aislador tipo Line Post será de acero forjado y su galvanizado corresponderá a la clase “C” según la norma ASTM A153. Sus dimensiones deberán ser las apropiadas para soportar las cargas mecánicas especificadas en la Tabla de Características Técnicas Garantizadas.

El extremo final también será de acero forjado y su galvanizado corresponderá a la clase “C” según la norma ASTM A153. Este extremo final estará provisto de un herraje con doble ojo, cuyas dimensiones deberán ser las apropiadas para permitir el acoplamiento de una grapa de suspensión y soportar las cargas mecánicas especificadas en la Tabla de Características Técnicas Garantizadas.

Estos herrajes extremos estarán destinados a transmitir la carga mecánica al núcleo de fibra de vidrio. Por ello, la conexión entre los herrajes y el núcleo de fibra de vidrio se efectuará por medio del método de compresión radial, de tal manera que asegure una distribución uniforme de la carga alrededor de la circunferencia de este último.

El sellamiento de la interfase entre los herrajes y el rodillo deberá ser por medio de un compuesto de goma de silicón, vulcanizado a temperatura ambiente y que impida el ingreso de humedad, asegurando la hermeticidad del conjunto.

### **3.8.4 Requerimientos de calidad**

El Fabricante deberá mantener un sistema de calidad que cumpla con los requerimientos de la Norma ISO 9001, lo cual deberá ser probado por un certificado otorgado por una reconocida entidad certificadora en el país del fabricante. Una copia de este certificado deberá entregarse junto con la oferta.

### **3.8.5 Inspecciones y pruebas**

Todos los aisladores poliméricos tipo Line Post deberán haber completado las pruebas de Diseño, Tipo, Rutina y Muestreo descritas en la norma IEC 1109, incluyendo el Anexo C "Envejecimiento Acelerado" y el de lavado a Alta Presión.

#### **3.8.5.1 Pruebas de diseño**

Los aisladores poliméricos tipo Line Post, solicitados bajo la presente especificación, deberán cumplir satisfactoriamente las pruebas de diseño prescritas en la norma IEC-1109.

Se aceptarán solamente certificados de las pruebas de diseño a prototipos demostrando que los aisladores han pasado satisfactoriamente estas pruebas, siempre y cuando el diseño del aislador y los requerimientos de las pruebas no hayan cambiado; caso contrario se efectuarán las pruebas de diseño.

Las pruebas de diseño, de acuerdo con las normas IEC-1109, comprenderán:

- Pruebas de las interfases y conexiones de los herrajes metálicos terminales
- Prueba de carga – tiempo del núcleo ensamblado
- Pruebas del recubrimiento: Prueba de caminos conductores (tracking) y erosión
- Pruebas del material del núcleo

Se incluirán con la propuesta copia de los reportes de envejecimiento acelerado y pruebas de lavado a alta presión de acuerdo con la norma IEC-1109-Anexo C "Envejecimiento Acelerado", realizadas por laboratorios independientes de reconocido prestigio internacional.

#### **3.8.5.2 Pruebas de tipo**

La norma IEC-1109 define el tipo de aislador desde el punto de vista eléctrico, por medio de los parámetros siguientes: distancia de arco, distancia de fuga, inclinación de los discos, diámetro y separación de los discos aislantes y presencia o no de dispositivos de arqueo.

Los aisladores poliméricos tipo Line Post procurados bajo esta especificación deberán cumplir con las pruebas de tipo prescritas en la norma IEC – 1109. El Postor deberá presentar, junto con su oferta, los reportes de las pruebas de tipo correspondientes a los aisladores ofrecidos.

Las pruebas de Tipo comprenderán:

- Prueba de tensión crítica al impulso tipo rayo
- Prueba de tensión a la frecuencia industrial bajo lluvia
- Prueba mecánica de carga – tiempo
- Prueba de tensión de radiointerferencia
- Prueba de resistencia del núcleo a la carga por corrosión

El PROPIETARIO de reserva el derecho de requerir la realización de pruebas de tipo en aisladores de igual tipo que los ofrecidos, para lo cual solicitará oportunamente la oferta correspondiente.

### **3.8.5.3 Pruebas de muestreo**

Las pruebas de muestreo se realizarán de común acuerdo entre el PROPIETARIO y el Postor, siguiendo las previsiones aplicables de la norma IEC-1109. El Postor presentará junto con su oferta el cronograma de pruebas de muestreo previsto.

Las pruebas de muestreo que se realicen contarán con la participación de un representante del PROPIETARIO; caso contrario, deberá presentarse tres (03) certificados emitidos por una entidad debidamente acreditada, la que será propuesta por el fabricante para la aprobación del PROPIETARIO y certificará los resultados satisfactorios de las pruebas efectuadas.

Las pruebas de muestreo, de acuerdo con la norma IEC–1109, comprenden:

- Verificación de las dimensiones
- Verificación de la carga mecánica especificada (SML)
- Verificación de la carga mecánica de CANTILEVER.
- Prueba de galvanizado

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

### **3.8.5.4 Pruebas de rutina**

Las pruebas de rutina se realizarán siguiendo las prescripciones aplicables descritas en la norma IEC–1109, y deberán ser realizadas en cada uno de los aisladores fabricados. El costo para efectuar estas pruebas estará incluido en el precio cotizado por el postor.

Los resultados satisfactorios de estas pruebas deberán ser certificados por el

fabricante, el mismo que deberá ser redactado en idioma español o inglés. Estas pruebas comprenderán:

- Identificación de los aisladores poliméricos tipo Line Post
- Verificación visual
- Prueba individual de carga mecánica

#### **3.8.5.5 Inspección técnica**

El representante del PROPIETARIO (Inspector) tendrá acceso en cualquier momento a inspeccionar el trabajo durante el proceso de manufactura y podrá solicitar que se ejecuten las pruebas que considere conveniente, siempre y cuando esto no ocasione demoras en la producción del material o unidades aceptables.

El fabricante deberá proyectar por su cuenta, todas las facilidades razonables para tales fines, y para la obtención de aquella información que el Inspector requiera respecto del progreso y el modo en que se efectúa la fabricación y del carácter de los materiales usados.

La inspección final será efectuada en la fábrica, luego que el fabricante comunique al PROPIETARIO que ha culminado con la fabricación del pedido. Sin embargo, si un lote de aisladores no satisface los requerimientos de esta especificación técnica, será rechazado.

El hecho de que los aisladores hayan sido inspeccionados, probados y aceptados por el Inspector, no liberará al fabricante de su responsabilidad en el caso del descubrimiento posterior de defectos.

#### **3.8.6 Marcas**

Los aisladores deberán ser marcados permanentemente con la siguiente información:

- Número de pedido – Luz del Sur
- Nombre del fabricante
- Código del aislador
- Año de fabricación
- Carga Mecánica Especificada (SML), en kN y en libras.

Las marcas se harán en la aleta superior del aislador utilizando pintura silicónica blanca de la mejor calidad u otro método aceptable por el PROPIETARIO.

#### **3.8.7 Embalaje**

Los aisladores deberán ser empacados en cajones de madera provistas de bastidores incorporados, especialmente construidos para asegurar el transporte y las operaciones de embarque y desembarque. La fijación de los aisladores al bastidor de madera se realizará mediante medias gargantas que aseguren la inmovilización de los mismos en el embalaje cualquiera que sea su situación de transporte o almacenaje. La distancia entre las gargantas será tal que evitará las

deformaciones por flexión de los bastidores. Asimismo se les protegerá de agentes biológicos, atmosféricos u otros que puedan deteriorar la protección del aislador.

Cada cajón deberá ser marcado con un código, seleccionado por el fabricante, con el propósito de identificar el lote y el tipo de aislador. Estas marcas serán resistentes a la intemperie y a las condiciones normales durante el transporte y el almacenaje.

Los cajones de aisladores deberán ser despachados encima de paletas diseñadas para manejo con vehículo montacargas (forklifter). Las paletas deberán estar hechas de madera robusta no retornable, la cual deberá estar tratada para retardar su degradación.

Las paletas incluyendo los cajones con los contenedores impermeables deberán ser de tal construcción y resistencia que permitan colocar hasta 3 paletas una encima de la otra. Las paletas deberán tener suficientes bandas metálicas ajustadas para prevenir cualquier desplazamiento de los cajones durante el manejo y el transporte.

Cada cajón - paleta de aisladores deberá ser marcado con pintura indeleble indicando el número de unidades, tipo de aislador, el nombre del PROPIETARIO, el fabricante y el número del pedido, claramente visibles. Adicionalmente se indicará en una tarjeta dentro de un bolsillo plástico, en el interior del cajón.

### **3.8.8 Plazo de entrega**

El plazo de entrega en el Puerto del Callao será el menor plazo posible. El plazo de entrega será un elemento de evaluación a favor del fabricante.

### **3.8.9 Información técnica requerida**

El postor deberá presentar junto con su oferta la siguiente información:

- Tabla de características técnicas garantizadas debidamente llenadas, firmadas y selladas.
- Copia del protocolo de las pruebas de tipo.
- Copia de los resultados de las pruebas de envejecimiento.
- Plano detallado, en escala 1/10, con dimensiones de contorno y sección transversal del aislador propuesto con lista de materiales.
- Especificaciones técnicas que describen en detalle los métodos de fabricación de las partes aislantes, y métodos y materiales utilizados para la inserción de las partes metálicas y aislantes.
- Catálogos completos descriptivos del fabricante con la información técnica actualizada.
- Copia de las normas de fabricación del aislador.
- Relación de empresas de electricidad a las que hayan suministrado, de preferencia en el Perú. El tipo de aislador solicitado y la fecha de suministro.

**TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS**

**AISLADORES POLIMÉRICOS TIPO LINE POST**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO
1.0	Fabricante			
2.0	Modelo o número de Catálogo			
3.0	País de fabricación			
4.0	Normas de Fabricación		IEC-1109 IEC – 61466-1 ANSI – C29.11	
5.0	Tensión nominal	kV	60	
6.0	Tensión máxima de diseño	kV AC	72.5	
7.0	Materiales		Fibra de vidrio reforzado Goma de Silicón Goma de Silicón	
	7.1. Núcleo			
	7.2. Recubrimiento del núcleo			
	7.3. Campanas			
8.0	Herrajes		Acero forjado Base – soporte Terminal con doble ojo	
	8.1. Material de los herrajes			
	8.2. Herraje extremo del poste			
	8.3. Herraje extremo de la línea			
	8.4. Grapas de suspensión y pernos de base			
	8.5. Norma de galvanización		ASTM 153	
9.0	Dimensiones y masa			
	9.1. Longitud de línea de fuga	mm	>= 2 247,5	
	9.2. Distancia de arco en seco	mm		
	9.3. Longitud total	mm		
	9.4. Nivel grado de contaminación según norma IEC-815	mm / kV	> 31	
	9.5. Distancia conductor - base	mm		
	9.6. Angulo de Montaje	°	>= 12	
	9.7. Diámetro mínimo del núcleo	mm		
	9.8. Número de campanas	#		
	9.9. Diámetro de cada campana	mm		
	9.10. Espaciamiento entre campanas	mm		
	9.11. Masa total	kg		
10.0	Valores de resistencia mecánica			
	10.1. Carga mecánica de flexión (CANTILEVER)	kN	8.2	
	10.2. Carga mecánica de compresión	kN	6.3	
	10.3. Carga mecánica de tracción	kN	6.3	
11.0	Tensiones eléctricas de prueba			
	11.1. Tensión crítica disruptiva al impulso 1.2/50			
	- Positivo	kV	> 570	
	- Negativo		> 520	
	11.2. Tensión crítica disruptiva a frecuencia industrial			
	- En seco	KV	> 370	
	- Bajo lluvia	KV	> 250	
12.0	Máximo desplazamiento en punta para un cantilever de 6,6 kN y una compresión de 6.3 kN	cm		

### **3.9 Accesorios de Aisladores**

#### **3.9.1 Alcances**

Estas especificaciones establecen las condiciones técnicas mínimas que deben ser consideradas para el suministro de accesorios de las cadenas de aisladores, tanto en suspensión como el anclaje (adaptadores, grapas y contrapesos), describiendo su calidad mínima aceptable, tratamiento, inspección, pruebas y entrega.

#### **3.9.2 Normas aplicables**

El material cubierto por estas especificaciones técnicas cumplirá con las prescripciones de las siguientes Normas, en donde sea aplicable, según la versión vigente en la fecha de la solicitud de presentación de ofertas:

ASTM B 6	Specification for slab zinc
ASTM A 153	Zinc coating (hot dip) on Iron and Steel Hardware.
ASTM B 201	Testing Chromate Coatings on Zinc and Cadmium Surfaces.
ASTM A 36	General Requiriments for Rolled Steel Plates, Shapes, Sheet Piling, and Bars for Structural Use.
ASTM A 123	Zinc Coating (hot dip) on Iron and Steel Products

#### **3.9.3 Prescripciones generales**

Para el suministro de los accesorios de aisladores se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

##### **3.9.3.1 Criterios mecánicos**

Las grapas de suspensión no permitirán ningún deslizamiento ni deformación o daño al conductor.

Las grapas de anclaje y los empalmes no permitirán ningún deslizamiento o daño al conductor con tensiones inferiores al 95% de la carga de rotura de los mismos.

##### **3.9.3.2 Criterios eléctricos**

Ningún accesorio o pieza atravesada por corriente eléctrica, deberá alcanzar una temperatura superior al conductor y/o cable de guarda respectivo en las mismas condiciones.

La resistencia eléctrica de las grapas de anclaje no será superior al 80% del largo correspondiente al del conductor y/o cable de guarda.

Para evitar efluvios eléctricos, la forma y el diseño de todas las piezas bajo tensión será tal que evite esquinas agudas o resaltos que produzcan un excesivo gradiente de campo eléctrico.

### **3.9.3.3 Criterios de montaje e instalación**

Los diversos dispositivos de los accesorios estarán completos con todas las piezas y elementos de conexión para obtener un montaje fácil y sin posibilidades de errores que produzcan una disminución en las características electromecánicas.

Todos los dispositivos estarán integrados por una cantidad suficiente de piezas articuladas, a fin de absorber sin daño los choques que puedan ocurrir durante el montaje o en caso de rotura del conductor.

A fin de evitar el aflojamiento de los pernos de los conjuntos, todas las tuercas serán fijadas por medio de un dispositivo de seguridad.

Las piezas sujetas a rozamientos por movimientos relativos entre ellas, serán diseñadas de tal manera de repartir el movimiento sobre la superficie más ancha posible.

El diseño de las partes mecánicas contiguas y de sus superficies será tal que permitan mantener un buen contacto eléctrico, bajo las más desfavorables condiciones de servicio.

El diseño de todos los accesorios serán tales como para impedir la entrada y el depósito de humedad en el conductor y/o cable de guarda y en las piezas, así como la corrosión de las partes metálicas.

En el diseño de los diversos tipos de accesorios se normalizarán lo más posible los diversos tipos de piezas utilizadas en particular pernos, tuercas, arandelas y chavetas, a fin de reducir la variedad de repuestos.

### **3.9.4 Prescripciones constructivas**

Los accesorios de los aisladores deberán ser diseñados según las recomendaciones de la International Electrotechnical Commission (IEC), Publicación 120, considerando que se usará aisladores tipo suspensión que tendrá como uno de sus extremos el tipo bola, con un pin de 16 mm de diámetro.

#### **3.9.4.1 Piezas Bajo Tensión Mecánica**

Las piezas sujetas a esfuerzos mecánicos serán preferiblemente en acero forjado, si no en hierro fundido, adecuadamente tratado para aumentar su resistencia a choques y a rozamientos.

#### **3.9.4.2 Piezas Bajo Tensión Eléctrica**

Accesorios y piezas normalmente bajo tensión serán fabricados de material antimagnético.

#### **3.9.4.3 Resistencia a la Corrosión**

Los accesorios serán fabricados con materiales compatibles que no den origen a reacciones electrolíticas, bajo cualquier condición de servicio.

#### **3.9.4.4 Acabados**

Las superficies en contacto con el conductor serán preferentemente lisas y libres de cualquier imperfección o irregularidad de tal forma, que no puedan causar abrasiones, deformaciones o daños. Las superficies exteriores de todas las piezas serán sin esquinas agudas o resaltes, eliminando las irregularidades que puedan causar concentraciones del campo eléctrico superficial.

#### **3.9.4.5 Piezas de fijación**

Las roscas de los pernos serán cubiertas con una grasa inmediatamente antes del ajuste en el montaje. Las chavetas para asegurar la fijación de los accesorios al aislador serán de acero inoxidable y serán apoyados por arandelas de tamaño y calibre adecuado.

#### **3.9.4.6 Marcado**

Todos los accesorios deberán ser marcados permanentemente con la siguiente información:

- Número de pedido – LUZ DEL SUR
- Nombre del fabricante
- Código del accesorio
- Capacidad mecánica en kN y en libras (SML)
- Año de fabricación

#### **3.9.4.7 Galvanizado**

Una vez terminado el maquinado y marcado, todas las partes de fierro y acero de los accesorios serán galvanizados mediante inmersión en caliente según norma ASTM A153.

La galvanización tendrá textura lisa, uniforme, limpia y de un espesor estándar en toda la superficie.

La preparación del material para el galvanizado y el proceso mismo de galvanizado no afectarán las propiedades mecánicas de las piezas trabajadas. La capa de zinc tendrá un espesor mínimo de 800 gr/m<sup>2</sup>.

#### **3.9.5 Características particulares de diseño**

Todas las partes metálicas serán lisas y estarán libres de herrumbre, rebabas, aristas cortantes y otros defectos, de tal modo que las piezas puedan ensamblarse fácilmente.

Los accesorios para aisladores tendrán una resistencia a la rotura mínima de 120 kN.

Las piezas de ajuste serán de acero forjado galvanizados en caliente por inmersión. La capa de Zinc del galvanizado será de 800 g/m<sup>2</sup> para todos los accesorios y 550 g/m<sup>2</sup> para los pernos y tuercas.

El diámetro mínimo de los pernos será de 16 mm. Todos los pasadores de horquilla serán de bronce o acero galvanizado y serán de autobloqueo.

### **3.9.5.1 Accesorios de la cadena de aisladores**

Los ensambles a ser descritos deberán soportar un esfuerzo electromecánico mínimo de 120 kN y ser compatibles con el suministro de aisladores.

#### **a) Ensamble Suspensión Simple Estructura de Madera (S1)**

Constituido por los siguientes elementos:

- Adaptador horquilla paralela – bola.
- Adaptador casquillo – ojo corto.
- Grapa de suspensión para conductor.

Para la selección de la grapa de suspensión debe tomarse en cuenta que el conductor estará provisto de varillas de armar.

#### **b) Ensamble para Aislador tipo Line Post (Estructuras tipo S2 y S3)**

Constituido por los siguientes elementos:

- Suple metálico para aislador tipo Line Post (solamente para estructuras tipo S2).
- Adaptador horquilla – ojo revirado.
- Grapa de suspensión para conductor.

Para la selección de la grapa de suspensión debe tomarse en cuenta que el conductor estará provisto de varillas de armar.

#### **c) Ensamble Anclaje Simple Normal Estructura de Poste de Acero (T y TS)**

Constituido por los siguientes elementos:

- Grillete tipo lira.
- Adaptador eslabón – bola.
- Adaptador casquillo – ojo alargado.
- Grapa de anclaje para conductor.

### 3.9.5.2 Descripción de los accesorios de la cadena de aisladores

#### a) Adaptador horquilla paralela - bola

El adaptador horquilla – bola se utilizará para conectar el extremo tipo casquillo del aislador con el estribo de la cruceta en las estructuras de madera usadas como suspensión. El cuerpo del accesorio será de acero forjado o fundido, galvanizado en caliente, con una resistencia mínima a la rotura de 120 kN.

#### b) Adaptador casquillo – ojo corto

El adaptador casquillo - ojo corto se utilizará para conectar el extremo tipo bola del aislador con la grapa de suspensión. El cuerpo del accesorio será de acero forjado, galvanizado en caliente, y con una resistencia mínima a la rotura de 120 kN.

La parte interna de la rótula o casquillo tendrá la dimensión adecuada para que inserte la bola del aislador de acuerdo a la norma IEC Publicación 120 (diámetro de 16 mm). El pasador de ajuste será de bronce o acero inoxidable.

#### c) Grapa de suspensión para conductor

Será adecuada para utilizarse con el conductor de aleación de aluminio de 304 mm<sup>2</sup> de sección y 22.63 mm de diámetro con sus respectivas varillas de armar.

Las grapas de suspensión para los conductores de fase serán de tipo “trunnion” con acoplamiento de horquilla y serán tan livianas como sea posible. El cuerpo será de Aleación de Aluminio, de una pureza no menor de 99.5 % y el ajuste del conductor se efectuará a través de pernos. Las demás partes serán de acero galvanizado en caliente.

Las grapas de suspensión deberán tener el menor momento de inercia posible y deberán poder balancear, libremente en el plano vertical hasta un ángulo de 60° con la horizontal, debiendo ser diseñadas para evitar la deformación de los conductores cableados.

La longitud de la parte inferior de la grapa de suspensión será mayor o igual a 10 veces el diámetro del conductor correspondiente, mientras que la parte superior tendrá el largo mínimo compatible con una distribución uniforme de la presión de ajuste. En todos los casos la longitud de la grapa de suspensión será la más adecuada al ángulo de enrollamiento del conductor en el punto de amarre.

El radio de curvatura de la ranura de la grapa de suspensión en correspondencia de la extremidad de la parte superior será mayor o igual a 25 veces el diámetro del conductor y deberá permitir el contacto del conductor con la ranura, fuera de la parte superior por un largo de por lo menos 3 veces el diámetro del conductor.

Las embocaduras de las ranuras de soporte en las piezas en contacto con el conductor serán adecuadamente acampanadas.

Toda la grapa de suspensión será diseñada para eliminar cualquier posibilidad de deslizamiento y deformación de los conductores cableados y de separación de los hilos del conductor, con tensiones inferiores a 50 % de la máxima tensión en el conductor. Las partes internas de la grapa de suspensión serán lisas y libre de ondulaciones, bordes cortantes y otras irregularidades.

La carga de rotura de la grapa de suspensión no deberá ser inferior al 60% de la tensión de rotura del conductor.

d) Grillete tipo lira

El grillete tipo lira se utilizará para conectar el adaptador eslabón-bola con el ojal de la estructura de acero usada como anclaje. El cuerpo del accesorio será de acero forjado o fundido, galvanizado en caliente, con una resistencia mínima a la rotura de 120 kN.

e) Adaptador eslabón – bola

El adaptador eslabón-bola se utilizará para conectar el extremo tipo casquillo del aislador con el grillete tipo lira. El cuerpo del accesorio será de acero forjado, galvanizado en caliente, y con una resistencia mínima a la rotura de 120 kN.

f) Adaptador casquillo – ojo alargado

El adaptador casquillo – ojo alargado se utilizará para conectar el extremo tipo bola del aislador con la grapa de anclaje. El cuerpo del accesorio será de acero forjado, galvanizado en caliente, y con una resistencia mínima a la rotura de 120 kN.

La parte interna de la rótula o casquillo tendrá la dimensión adecuada para que inserte la bola del aislador de acuerdo a la norma IEC Publicación 120 (diámetro de 16 mm). El pasador de ajuste será de bronce o acero inoxidable.

g) Grapa de anclaje para conductor

Serán del tipo pasante, adecuadas para ser utilizadas con el conductor de aleación de aluminio de 304 mm<sup>2</sup> de sección y 22.63 mm de diámetro.

El cuerpo será de Aleación de Aluminio, de una pureza no menor de 99.5 %, con una forma tal que uno de los extremos esté provisto de un ojo con su espárrago de soporte (pin) de acero galvanizado de 16 mm de diámetro. En el otro extremo, deberá ser debidamente acampanada y provista de un ojal para tensionamiento mecánico. El ajuste del conductor se efectuará a través de pernos.

La parte inferior del cuerpo de la grapa, de pase del conductor al cuello muerto, deberá tener un radio de curvatura de por lo menos 20 veces el

diámetro del conductor correspondiente, el que tendrá continuidad por la parte recta, inclinada con un ángulo entre 45° y 60°, con por lo menos 4 pernos "U".

La grapa de anclaje no permitirá ninguna posibilidad de deslizamiento o deformación del conductor, ni de separación de sus hilos, y tendrá una resistencia a la rotura que no deberá ser inferior al 95% de la carga de rotura del conductor.

h) Suple metálico para aislador Line Post.

El supe metálico se utilizará para fijar los aisladores Line Post al poste de madera, y deberá ser adecuado para su uso en configuración doble terna.

El Fabricante desarrollará todos los planos de taller necesarios, tomando como base los Diagramas adjuntos respectivos.

Para los cálculos se deben considerar dos tipos de carga, es decir:

Cargas Normales

Cargas Excepcionales

Las uniones entre los elementos del soporte y el poste de madera se realizará por pernos y tuercas, utilizando también placas de unión donde sean necesarias.

Las planchas metálicas serán de acero estructural ASTM A36, la calidad y características de resistencia para pernos, tuercas y arandelas, deberán estar conformes al tipo SAE grado 5.

El espesor mínimo permitido para las planchas no podrán ser menores a 1/4", el material será acero estructural normal A-36, el tamaño y cantidad de los pernos en cada punto de unión de las estructuras será determinado en función del valor de las cargas normales y excepcionales.

El largo de los pernos será tal que ninguna rosca quedará sometida a esfuerzos de corte una vez montados y ajustados los pernos. La longitud admisible mínima que debe sobre salir el perno después de ajustado deberá ser como sigue:

Perno	Longitud de rosca
5/8"	mayor que 5 mm
3/4"	mayor que 6 mm
1"	mayor que 8 mm

Todos los elementos componentes del soporte serán galvanizados después de que hayan sido cortados, taladrados, punzonados, esmerilados, etc. y después que sus superficies estén limpias de óxidos.

Todos los elementos del soporte serán galvanizados en conformidad con las normas ASTM A123, A153, según corresponda.

La cantidad mínima admisible de galvanizado será de 800 g/m<sup>2</sup> para perfiles y planchas y de 400 g/m<sup>2</sup> para pernos y tuercas.

El Fabricante deberá remitir los siguientes documentos y planos al propietario:

Especificación y certificados físico-químicos del tipo de acero utilizado.  
Informes de pruebas certificadas para las pruebas requeridas por las normas aplicables para: acero, pernos y galvanizados.

Planos de fabricación y detalles del soporte.

Lista de materiales y peso respectivo del soporte.

La presente especificación no es limitativa. El fabricante entregará un suministro completo, en perfecto estado para su uso.

El fabricante tendrá libre elección para ofrecer su material, siempre que cumpla con las exigencias técnicas detalladas en el presente documento

i) **Adaptador horquilla – ojo revirado**

El adaptador horquilla – ojo revirado se utilizará para conectar el herraje del extremo del conductor del aislador Line Post con la grapa de suspensión. El cuerpo del accesorio será de acero forjado, galvanizado en caliente, y con una resistencia mínima a la rotura de 120 kN.

### **3.9.6 Inspecciones y pruebas**

Las pruebas de modelo, de rutina y de aceptación serán realizadas en presencia del inspector del PROPIETARIO. El costo de realizar las pruebas estarán incluidos en los precios cotizados por los postes.

#### **3.9.6.1 Pruebas de tipo**

a) **Muestras**

Se efectuarán las pruebas de tipo a describirse sobre dispositivos de suspensión y de anclaje, constituidos por muestras elegidas al azar entre las piezas de la primera partida de accesorios sometidos a inspección. Los accesorios necesarios para formar los conjuntos sometidos a las pruebas, serán proporcionados por el respectivo fabricante, eligiéndolas al azar de una partida del suministro en presencia de la Supervisión.

Todas las muestras serán sometidas a inspección y control de dimensiones antes de someterlas a pruebas y todos los montajes, corte de conductores y/o cables de guarda, y cualquier trabajo para montar los dispositivos en los conjuntos de prueba serán llevados a cabo empleando los métodos y herramientas propuestas para el montaje en el sitio.

b) **Prueba Mecánica**

Las pruebas de tracción serán llevadas a cabo en un conjunto de anclaje formado por:

- Un dispositivo de anclaje
- Un conductor (cable de guarda) de un largo libre de por lo menos 4 m.

- Un empalme
- Un conductor (cable de guarda) de un largo libre de por lo menos 4 m
- Un dispositivo de anclaje
- El conjunto será montado en la máquina de prueba y sujetado en una posición aproximada, tan cercano como sea posible, a la posición en servicio, tomándose las precauciones para evitar formación de nudos en el conductor

Una carga de tracción aproximadamente igual al 50% de la carga de ruptura del conductor será aplicada. La carga será entonces mantenida y el conductor marcado en la desembocadura de cada grapa y empalme. La carga será entonces lentamente aumentada hasta que ocurra el deslizamiento del conductor o la falla de una pieza.

### **3.9.6.2 Pruebas de modelo**

#### **a) Muestras**

Para cada partida de accesorios sometida a inspección se efectuarán las pruebas de modelo descritas en los párrafos a continuación, sobre el número de muestras elegidas al azar, igual al 0.5% de la cantidad de cada tipo de pieza de la partida, con un mínimo de 3 muestras por tipo.

Cada muestra podrá ser utilizada para más de una prueba, con el acuerdo de la Supervisión.

#### **b) Control de las Dimensiones y del Ensamblaje**

Se verificará las dimensiones y los pesos de todos los elementos constitutivos de los dispositivos de suspensión y de anclaje, y luego los dispositivos serán completamente ensamblados, utilizando también muestras de los correspondientes aisladores, conductores y cables de guarda del suministro.

El ensamblaje deberá llevarse a cabo utilizando solamente los métodos y las herramientas prescritas por el fabricante para el montaje en el sitio.

El embalaje deberá efectuarse fácilmente, no admitiéndose ningún ajuste y no deberá causar ninguna deformación o modificación de cualquier parte del dispositivo o del conductor (cable de guarda).

#### **c) Pruebas de Tracción**

Estas especificaciones técnicas, son aplicables solamente a las piezas sujetas a esfuerzo mecánico.

Las muestras, individuales o ensambladas según las instrucciones de la Supervisión, serán montadas en la máquina de prueba en una posición tan cercana como sea posible a su posición en servicio.

Una carga de tracción igual al 50% de la carga de ruptura mínima garantizada será aplicada y aumentada a una rapidez constante. La falla

de las piezas no deberá ocurrir a una carga menor que la carga de ruptura mínima garantizada.

**d) Pruebas de Galvanizado**

La prueba de galvanizado será llevada a cabo sobre las muestras de cada tipo de pieza galvanizada, de acuerdo con la norma ASTM A 153.

**e) Rechazo**

Si una muestra no pasara una prueba de modelo cualquiera, se escogerán dos nuevas muestras que serán sometidas a todas las pruebas.

Si dos muestras, o una de las muestras del reemplazo no pasaran una prueba cualquiera, la partida será rechazada.

**3.9.7 Embalaje**

Todos los accesorios deberán ser cuidadosamente embalados en cajas de madera de dimensiones adecuadas para su transporte, por vía marítima y terrestre, junto con los respectivos folletos de instrucciones, lista de empaque e instrucciones especiales para su almacenamiento. No se aceptará material de cartón para su embalaje.

Todos los accesorios deberán ser protegidos contra cualquier perjuicio y contra la corrosión durante su traslado, manipulación y almacenamiento al exterior. Adicionalmente deberán ser protegidos de la humedad, mediante un material higroscópico.

Cada caja deberá tener impresa la información del fabricante, tipo de accesorios que contenga, cantidad, peso neto y peso bruto.

Todas las cajas deberán ser cerradas con suficiente seguridad ya sea añadiéndoles una tapa que se fijará con clavos o recurriendo a otra modalidad adecuada, debiendo ser selladas con no menos de dos (02) zunchos de acero.

**3.9.8 Plazo de entrega**

El plazo de entrega en el Puerto del Callao será el menor plazo posible. El plazo de entrega será un elemento de evaluación a favor del fabricante.

**3.9.9 Información técnica requerida**

El postor deberá presentar junto con su oferta la siguiente información:

- a) Tabla de características técnicas garantizadas debidamente llenadas, firmadas y selladas.
- b) Certificados de las pruebas de tipo, si se tiene disponibles.
- c) Planos detallado, en escala 1 / 5 y 1 / 1, con dimensiones de cada pieza, sección transversal, con la indicación del peso y del material utilizado.
- d) Descripción de los dispositivos contra el aflojamiento de los pernos.

- e) Catálogos completos descriptivos del fabricante con la información técnica actualizada.
- f) Normas de fabricación de los accesorios.
- g) Relación de empresas de electricidad, de preferencia en el Perú, a las que han suministrado los accesorios propuestos y fecha de suministro.

Dos semanas después e la Orden de proceder, el fabricante deberá presentar obligatoriamente la siguiente información:

- Normas de fabricación y protocolos de pruebas de todos los accesorios solicitados.
- Plano de detalles finales de fabricación, los que serán devueltos debidamente firmados por el representante del PROPIETARIO.

**TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS N° 1**

**ACCESORIOS DE AISLADORES**

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO	
<b>A</b>	<b>ADAPTADOR HORQUILLA PARALELA – BOLA</b>				
	Fabricante				
	Modelo o Número de Catálogo				
	País de fabricación				
	Norma de fabricación				
	Material constitutivo		Acero forjado galvanizado		
	Carga de rotura	kN	120		
	Galvanizado : masa de zinc depositado	g / m <sup>2</sup>	800		
	Peso	daN			
<b>B</b>	<b>ADAPTADOR CASQUILLO - OJO CORTO</b>				
	Fabricante				
	Modelo o Número de Catálogo				
	País de fabricación				
	Norma de fabricación				
	Material constitutivo		Acero forjado galvanizado		
	Carga de rotura	kN	120		
	Galvanizado : masa de zinc depositado	g / m <sup>2</sup>	800		
		Dimensiones			
		A :	mm	>= 60	
		B :	mm	>= 16	
	C :	mm			
	D :	mm	18		
	Peso	daN			
<b>C</b>	<b>ADAPTADOR HORQUILLA – OJO REVIRADA</b>				
	Fabricante				
	Modelo o Número de Catálogo				
	País de fabricación				
	Norma de fabricación				
	Material constitutivo		Acero forjado galvanizado		
	Carga de rotura	kN	120		
	Galvanizado : masa de zinc depositado	g / m <sup>2</sup>	800		
	Peso	daN			
<b>D</b>	<b>GRAPA DE SUSPENSIÓN PARA CONDUCTOR</b>				
	<b>MATERIALES</b>				
	Fabricante				
	Modelo o Número de Catálogo				
	País de fabricación				
	Norma de fabricación				
	Material constitutivo				
	Cuerpo de la grapa		Aleación de Aluminio		
	Perno de ajuste y pin de acoplamiento		Acero Galvanizado		
	Carga mínima de ruptura de la pieza	kN	120		
	Límite elástico equivalente				
	Alargamiento a la ruptura				
	Resiliencia				
		Diámetro del conductor admisible (incluyendo uso de varillas de armar)	mm	30 – 40	
		<b>CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS</b>			
		No. de dibujo del conjunto			
		Longitud máximo de la grapa	mm		
		Longitud de la pieza superior, entre los ejes de los estribos	mm		
		Angulo de salida de la grapa	°	20	
		Radio de curvatura máximo	mm		
	Momento de inercia respecto al eje vertical en el plano de los conductores				

**TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS N° 2**

**ACCESORIOS DE AISLADORES**

<b>ÍTEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR REQUERIDO</b>	<b>VALOR GARANTIZADO</b>
	Dimensiones			
	A :	mm	16	
	B :	mm	>= 49	
	C :	mm	>= 50	
	D :	mm	>= 260	
	E :	mm	16	
	<b>CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS</b>			
	Peso total	N		
	Carga mínima de ruptura del dispositivo	kN	120	
	Carga mínima de deslizamiento del conductor	KN		
	Presión de viento sobre el conductor admisible	MPa		
	<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b>			
	Pérdidas eléctricas máximas garantizadas	W		
	<b>GALVANIZACIÓN</b>			
	Masa de zinc depositado	g / m <sup>2</sup>	800	
<b>E</b>	<b>GRILLETE TIPO LIRA</b>			
	Fabricante			
	Modelo o Número de Catálogo			
	País de fabricación			
	Norma de fabricación			
	Material constitutivo		Acero forjado galvanizado	
	Carga de rotura	kN	120	
	Galvanizado : masa de zinc depositado	g / m <sup>2</sup>	800	
	Peso	daN		
<b>F</b>	<b>ADAPTADOR ESLABON – BOLA</b>			
	Fabricante			
	Modelo o Número de Catálogo			
	País de fabricación			
	Norma de fabricación			
	Material constitutivo		Acero forjado galvanizado	
	Carga de rotura	kn	120	
	Galvanizado : masa de zinc depositado	g / m <sup>2</sup>	800	
	Dimensiones			
	L :	mm		
	B :	mm		
	A :	mm		
	ØC :	mm		
	Peso	daN		
<b>G</b>	<b>ADAPTADOR CASQUILLO - OJO ALARGADO</b>			
	Fabricante			
	Modelo o Número de Catálogo			
	País de fabricación			
	Norma de fabricación			
	Material constitutivo		Acero forjado galvanizado	
	Carga de rotura	kN	120	
	Galvanizado : masa de zinc depositado	g / m <sup>2</sup>	800	
	Dimensiones			
	A :	mm	>= 200	
	B :	mm	>= 20	
	C :	mm		
	D :	mm	20,64 mm (13/16")	
	Peso	daN		



### 3.10 Materiales de Puesta a Tierra

#### 3.10.1 Alcances

Estas especificaciones establecen las condiciones técnicas mínimas que deben ser consideradas para la fabricación y el suministro de accesorios para el Sistema de Puesta a Tierra de las estructuras de postes de madera y de acero, describiendo su calidad mínima aceptable, tratamiento, inspección, pruebas y entrega.

#### 3.10.2 Normas aplicables

El material cubierto por estas especificaciones técnicas cumplirá con las prescripciones de las siguientes Normas, en donde sea aplicable, según la versión vigente en la fecha de la solicitud de presentación de ofertas:

ANSI C135.14      Staples with rolled of slash points for overhead line construction

Normas ASTM correspondientes a Metales no ferrosos

El postor indicará claramente qué normas o valores particulares adoptará en su oferta para los accesorios que se refiere la presente especificación.

#### 3.10.3 Descripción de los accesorios

##### 3.10.3.1 Conductor de puesta tierra

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

Sección nominal	:	35 mm <sup>2</sup>
Número de hilos	:	7
Diámetro exterior del conductor	:	7.42 mm
Masa del conductor	:	0.303 kg/m
Resistencia eléctrica máxima en c.c. a 20 °C	:	0.555 Ohm/km

##### 3.10.3.2 Electrodo

Será de acero con recubrimiento de cobre (Copperweld o similar) y tendrá las siguientes dimensiones:

Diámetro nominal : 16 mm (5/8")

Longitud nominal : 2.40 m (8')

### **3.10.3.3 Conector electrodo – conductor**

Será de acero con recubrimiento de cobre, del tipo AB, apto para unir el electrodo tipo copperweld de 5/8" de diámetro con el conductor de cobre de puesta a tierra de 35 mm<sup>2</sup>.

### **3.10.3.4 Conector de conductor (vías paralelas)**

Será de bronce, del tipo termosoldable, apto para unir entre sí dos conductores de cobre puesta a tierra de 35 mm<sup>2</sup> cada uno.

### **3.10.3.5 Conector estructura – conductor**

Será un terminal de bronce estañado, del tipo a compresión, y unirá el conductor de cobre de puesta a tierra de 35 mm<sup>2</sup> con la estructura del poste de acero por medio de un perno de ajuste.

### **3.10.3.6 Plancha doblada (conector tipo "J")**

Se utilizará para conectar el conductor de puesta a tierra con los accesorios metálicos de fijación de los aisladores cuando se utilicen postes y crucetas de madera. Se fabricará con plancha de cobre de 3 mm de espesor.

### **3.10.3.7 Grapas para fijar conductor a poste**

Serán de acero recubierto con cobre en forma de "U" con sus extremos puntiagudos para facilitar la penetración al poste de madera. Serán adecuadas para fijación del tubo de PVC de 25.4 mm (1") de diámetro que protegerán a los conductores de cobre de puesta a tierra de 35 mm<sup>2</sup> de sección.

## **3.10.4 Inspecciones y pruebas**

El proveedor presentará al PROPIETARIO seis (06) copias certificadas de los documentos que demuestren que todas las pruebas señaladas en las normas consignadas en el numeral 11.2 de la presente especificación han sido realizadas y que los resultados obtenidos están de acuerdo con estas especificaciones técnicas.

Las pruebas serán realizadas en presencia del inspector del PROPIETARIO y su costo de realización estará incluido en los precios cotizados por los postes.

## **3.10.5 Embalaje**

El conductor se entregará en carretes de madera de suficiente rigidez para soportar cualquier tipo de transporte y debidamente cerrado con duelas de listones, también de madera para proteger al conductor de cualquier daño.

Los otros materiales serán cuidadosamente embalados en cajas de madera de dimensiones adecuadas.

Cada caja deberá tener impresa la siguiente información:

- Nombre del fabricante

- Tipo de material y cantidad
- Masa neta y total

### **3.10.6 Plazo de entrega**

El plazo de entrega en el Puerto del Callao será el menor plazo posible. El plazo de entrega será un elemento de evaluación a favor del fabricante.

### **3.10.7 Información técnica requerida**

El postor deberá presentar junto con su oferta la siguiente información:

- a) Tabla de características técnicas garantizadas debidamente llenadas, firmadas y selladas.
- b) Planos con las dimensiones de cada tipo de conjunto de dispositivos a escala 1 / 5
- c) Planos con las dimensiones de cada pieza de los diversos dispositivos, a escala 1 / 1, con indicación del peso y del material usado.
- d) Descripción de los dispositivos contra el aflojamiento de pernos.

**TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS**

**MATERIALES DE PUESTA A TIERRA**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR GARANTIZADO
<b>1.0</b>	<b>CONDUCTOR DE COBRE DESNUDO 35 mm<sup>2</sup></b>			
	Fabricante			
	Procedencia			
	Norma de fabricación y pruebas			
	Material		Cobre	
	Sección nominal	Mm <sup>2</sup>	35	
	Sección real	Mm <sup>2</sup>		
	Número de hilos	#	7	
	Diámetro de los hilos	Mm		
	Diámetro exterior	Mm	7,41	
	Peso unitario	kg / m	0,305	
	Resistencia eléctrica a 20 °C	Ohm / km	0,555	
	Dimensiones de bobina			
<b>2.0</b>	<b>ELECTRODO</b>			
	1. Fabricante			
	2. Procedencia			
	3. Catálogo de fabricante			
	4. Material		Acero con recubrimiento de cobre	
	5. Longitud	m	2,40	
	6. Diámetro	Mm	16	
	7. Espesor de Cu	Micras		
<b>3.0</b>	<b>CONECTOR ELECTRODO – CONDUCTOR</b>			
	1. Fabricante			
	2. Procedencia			
	3. Catálogo de fabricante			
	4. Norma de fabricación			
	5. Material		Acero con recubrimiento de cobre	
	6. Calibre del conductor	Mm <sup>2</sup>	35	
	7. Diámetro de varilla	Mm	16	
<b>4.0</b>	<b>CONECTOR CONDUCTOR – CONDUCTOR</b>			
	1. Fabricante			
	2. Procedencia			
	3. Catálogo de fabricante			
	4. Norma de fabricación			
	5. Material		Bronce	
	6. Calibre del conductor	Mm <sup>2</sup>	35	
<b>5.0</b>	<b>CONECTOR ESTRUCTURA – CONDUCTOR</b>			
	1. Fabricante			
	2. Procedencia			
	3. Catálogo de fabricante			
	4. Norma de fabricación		Bronce estañado	
	5. Material	Mm <sup>2</sup>	35	
	6. Calibre del conductor			

### **3.11 Accesorios de Cables Subterráneos de 60kv**

#### **3.11.1 Alcances**

Las presentes especificaciones cubren las características técnicas mínimas aceptables para el suministro de accesorios de cables subterráneos de 60 kV, según se muestran en las Figs. 1 al 6.

Los accesorios materia de estas especificaciones son:

- Empalme aislante de cable
- Terminal unipolar intemperie de cable
- Aislador rígido polimérico intemperie
- Conector de terminal de cable
- Caja de conexión directa a tierra de pantalla de cable
- Caja de cruzamiento (cross-bonding) de pantalla de cable con limitador de tensión y conexión a tierra
- Cable unipolar de conexión de pantalla y continuidad de tierra
- Cable concéntrico de cruzamiento de pantalla
- Lubricante para tendido de cables
- Sellador para ductos de cables

#### **3.11.2 Condiciones de Servicio**

Tensión nominal	60 kV
Tensión máxima de operación	72.5 kV
Nivel básico de aislamiento (BIL)	350 kV
Altitud	20 m.s.n.m
Zona de ubicación	Area urbana de Lima
Medio ambiente	De contaminación muy severa, salina e industrial, equivalente al nivel IV de la Norma IEC 815; de alta humedad relativa (hasta de 99%), con ausencia de lluvias
Temperatura ambiente	5 – 32 °C

#### **3.11.3 Normas**

En los procesos de diseño y fabricación el fabricante empleará normas apropiadas como ANSI, IEC, VDE y otros.

#### **3.11.4 Características Técnicas**

##### **3.11.4.1 Empalme Unipolar aislante de Cable**

Los empalmes unipolares aislantes de cable, según el esquema mostrado en la Fig. 1, serán del tipo termorretráctil para uso directamente enterrado o en cámaras de empalme, adecuados para cables unipolares de polietileno reticulado (XLPE), de 400 mm<sup>2</sup> de sección de cobre, de un diámetro sobre el aislamiento del orden de 50 mm y provistos de pantalla conductora de cintas e hilos de cobre.

Los empalmes aislarán la pantalla conductora del cable de uno al otro lado del mismo, estando provistos de terminales apropiados para conexión de pantallas.

El Postor deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

#### **3.11.4.2 Terminal Unipolar Intemperie de Cable**

Los terminales unipolares intemperie de cable, según el esquema mostrado en la Fig. 2, serán del tipo termorretráctil para uso exterior, adecuados para cables unipolares de polietileno reticulado (XLPE), de 400 mm<sup>2</sup> de sección de cobre, de un diámetro sobre el aislamiento del orden de 50 mm y provistos de pantalla conductora de cintas e hilos de cobre.

Los terminales unipolares vendrán provistos de campanas de aislamiento, para proporcionar la necesaria longitud de fuga, la que no será menor a 2248 mm. El extremo de conexión del terminal será del tipo espiga (tubular sólido), con ajuste por medio de pernos de autocizallamiento. Deberá venir provisto además de dos terminales de conexión de pantalla.

El postor deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

#### **3.11.4.3 Aislador Rígido Polimérico Intemperie**

Será del tipo polimérico, para una tensión nominal de 60 kV y una máxima tensión de operación de 72.5 kV, según el esquema mostrado en la fig. 3.

Este aislador se empleará en paralelo con el terminal unipolar a fin de darle la necesaria rigidez mecánica. Se conectará de un lado al terminal unipolar y por otro al conductor que sale de la grapa de anclaje conforme se ilustra en la Fig. 4.

La longitud de fuga no será menor de 2248 mm.

Deberá venir provisto del conector descrito en el numeral 12.4.4.

El Postor deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

#### **3.11.4.4 Conector de Aislador Rígido**

El conector de aislador rígido conectará éste con el terminal unipolar y el conductor de salida de la grapa de anclaje, de 304 mm<sup>2</sup> de sección y 22,63 mm de diámetro, según se muestra en la Fig. 5.

- El conector será de característica bimetálica (para conductor de cobre y/o aleación de aluminio), según la Fig. 5.

El postor deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

#### **3.11.4.5 Caja Tripolar de Conexión Directa a Tierra de Pantalla de Cable**

Para conectar directamente a tierra la pantalla de los cables unipolar, según Fig. 6 (a).

Deberá ser del tipo hermético (a prueba de agua), de acero inoxidable y que emplee barras de conexión removibles ajustadas con pernos. La carcasa deberá ser apropiada para instalarse en una superficie plana.

Deberá ser apropiada para cables de conexión de 120 mm<sup>2</sup> de cobre y tener también una conexión a tierra.

El postor deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

#### **3.11.4.6 Caja Tripolar de Conexión a Tierra de Pantalla de Cable con Limitador de Tensión (SVL)**

Para conectar a tierra la pantalla de los cables unipolares a través de limitadores de tensión de 3 kV, según Fig. 6 (b).

Deberá ser del tipo hermético (a prueba de agua) de acero inoxidable y que emplee barras de conexión removibles ajustadas con pernos. La carcasa deberá ser apropiada para instalarse en una superficie plana.

Deberá ser apropiada para cables de conexión de 120 mm<sup>2</sup> de cobre y tener también una conexión a tierra.

Los limitadores de tensión serán del tipo de óxido de zinc.

El Postor deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

#### **3.11.4.7 Caja Tripolar de Cruzamiento de Pantalla de Cable, con limitador de Tensión y Conexión a Tierra**

Para cruzar las pantallas conductoras de diferentes fases de los cables unipolares (cross-bonding), conectándolos a tierra a través de limitadores de tensión de 3 kV, según Fig. 7.

Deberán ser apropiadas para emplearse con cables concéntricos de conexión de 120 mm<sup>2</sup>, de cobre.

Deberá ser de tipo hermético (a prueba de agua), de acero inoxidable, que emplee barras de conexión removibles y ajustadas con pernos.

La salida de los limitadores de tensión (SVL) y las carcasa de la caja deberá tener conexiones a tierra.

Los limitadores de tensión serán del tipo de óxido de zinc.

El Postor deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

#### **3.11.4.8 Cable de Conexión de Pantalla y Continuidad de Tierra**

Se empleará para conectar directamente a tierra las pantallas conductoras de los cables subterráneos de 60 kV, así como cable de continuidad de tierra.

Este cable será de cobre de 120 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de XLPE para 2.5 kV y con cubierta exterior de PVC o PE.

El postor deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

#### **3.11.4.9 Cable Concéntrico de Conexión de Pantalla de Cable**

Se empleará para cruzar las pantallas de distintas fases de los cables. Será de cobre de 2 x 120 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de XLPE para 2.5 kV y con cubierta exterior de PVC o PE.

El Postor deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

#### **3.11.4.10 Lubricante para Tendido de Cables**

Se empleará para tender los cables en ductos de PVC, instalados en bloques de concreto.

Deberá reducir sustancialmente la fricción entre la cubierta exterior de OPE del cable y la superficie interior de PVC del ducto.

Su aplicación deberá ser manualmente y mediante una bomba manual. No deberá presentar toxicidad para el personal que lo aplica.

El Postor deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

#### **3.11.4.11 Sellador para Ductos de Cables**

Se empleará para sellar los extremos de cables instalados en ductos de PVC, dentro de bloques de concreto.

Deberá impedir el ingreso de agua, partículas de material y cualquier otro elemento nocivo, al interior del tramo de cable instalado en ductos.

Su aplicación deberá ser manual y mediante una bomba manual. No deberá presentar toxicidad para el personal que lo aplica.

El Postor deberá proporcionar la información técnica solicitada en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados anexa.

#### **3.11.5 Pruebas**

El Postor deberá remitir los protocolos de pruebas efectuadas a los materiales que ofrece, como respaldo de la calidad de producto.

#### **3.11.6 Garantía de Calidad Técnica**

La garantía de calidad técnica de los materiales solicitados será no menos de 3 años luego de su envío a los almacenes de Luz del Sur.

### **3.11.7 Presentación de Oferta**

#### **3.11.7.1 Información Técnica**

El Postor deberá remitir los cuadros anexos de Tabla de Datos Técnicos Garantizados, debidamente llenados. Los datos de la columna Garantizado deben cumplir o superar lo solicitado; en caso contrario el postor deberá justificar los distintos valores que adopte.

Deberá remitir además, los planos, esquemas, protocolos de prueba y otra información pertinente, relacionada con los materiales ofrecidos.

#### **3.11.7.2 Lista de Suministros similares**

Efectuados en los últimos 10 años, indicando cliente, cantidad y fecha. Se deberá incluir además copia de certificados de funcionamiento satisfactorio de empresas de servicio público de electricidad, respecto al empleo de los accesorios especificados u otros similares.

**TABLA DE DATOS TECNICOS GARANTIZADOS N°1**  
**ACCESORIOS DE CABLES SUBTERRÁNEOS DE 60KV**

POS.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO	GARANTIZADO
<b>I. EMPALME UNIPOLAR AISLANTE DE CABLE</b>				
1	Norma de fabricación y prueba	---	---	
2	Tipo de material	---	Termorretráctil	
3	Tensión nominal	kV	60	
4	Tensión máxima de operación	kV	72.5	
5	Adecuado para cable XLPE de 400 mm <sup>2</sup> Cu, con diámetro sobre aislamiento del orden de 50 mm		Sí	
6	Rango de aplicación sobre el diámetro de aislamiento del cable	mm	---	
7	Dimensiones según Fig. 1 Longitud L Diámetro D	mm mm		
8	Longitud de fuga	mm	2248	
9	Conexión de conductor de cable Diámetro de tubo conector Ajuste	mm	— Con pernos de autocizallamiento	
10	Peso	kg		
<b>II.- TERMINAL UNIPOLAR INTEMPERIE DE CABLE</b>				
11	Norma de fabricación y prueba	---	---	
12	Tipo de material	---	Termorretráctil	
13	Tensión nominal	kV	60	
14	Tensión máxima de operación	kV	72.5	
15	Adecuado para cable XLPE de 400 mm <sup>2</sup> Cu, con diámetro sobre aislamiento del orden de 50 mm		Sí	
16	Rango de aplicación sobre el diámetro de aislamiento del cable	mm	---	
17	Dimensiones según Fig. 2 Longitud L Diámetro Ds	mm mm		
18	Longitud de fuga	mm	2248	
19	Extremo de conexión			
	Tipo		Espiga (tubular Sólido)	
	Diámetro de espiga	mm	30	
	Ajuste		Con pernos de Autocizallamiento	
20	Peso	kg		
<b>III.- AISLADOR RIGIDO POLIMERICO INTEMPERIE</b>				
21	Norma de fabricación y prueba	---	---	
22	Tipo de material		Polímero	
23	Tensión nominal	kV	60	

**TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS N°2**  
**ACCESORIOS DE CABLES SUBTERRÁNEOS DE 60KV**

POS.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO	GARANTIZADO
24	Tensión máxima de operación	kV	72.5	
25	Dimensiones según Fig. 3 Longitud L Diámetros D1 y D2	mm mm		
26	Longitud de Fuga	mm	2248	
27	Diámetro de campana de aislamiento	mm		
28	Carga de trabajo en voladizo (cantilever)	kg	100	
29	Peso	kg		
<b>IV.- CONECTOR DE AISLADOR RIGIDO</b>				
30	Norma de fabricación y prueba	---	---	
31	Para instalarse sobre el aislador rígido polimérico		Sí	
32	Tipo de material		Bimetálico (para conductor de Cu y/o Al)	
33	Para conectar la espiga de cable de 30 mm y el conductor de Al de 22,63 mm de diámetro según Fig. 4		Sí	
34	Dimensiones según Fig. 5 Diámetros D1 y D2	mm		
35	Torque de ajuste	kg-m		
36	Peso	kg		
<b>V.- CAJA TRIPOLAR DE CONEXIÓN DIRECTA A TIERRA DE PANTALLA DE CABLE</b>				
37	Norma de fabricación y prueba	---	---	
38	Para conectar directamente a tierra la pantalla de 3 cables unipolares		Sí	
39	Con carcasa (caja) de acero inoxidable		Sí	
40	De diseño compacto y sellado herméticamente (a prueba de agua), apropiado para instalarse directamente enterrado o en cámaras Grado de hermeticidad	IP	---	
41	Adecuado para conductor aislado de conexión de 120 mm <sup>2</sup> de cobre y diámetro exterior de 19 mm		Sí	
42	Diámetro de los agujeros de entrada del conductor de conexión	mm		
43	Con un sistema de sellado contraíble por calor (heat shrink sealing) de los conductores de conexión, al interior y exterior de la caja			
44	Provisto de conexión a tierra		Sí	
45	Resistencia de presión de agua	bar		
46	Dimensiones según Fig. 6(a) Longitud L	mm		

**TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS N°3**

**ACCESORIOS DE CABLES SUBTERRÁNEOS DE 60KV**

POS.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO	GARANTIZADO
	Ancho W	mm		
	Altura H	mm		
47	Peso	kg		
<b>VI.- CAJA TRIPOLAR DE CONEXIÓN A TIERRA DE PANTALLA DE CABLE CON LIMITADOR DE TENSIÓN</b>				
48	Norma de fabricación y prueba	---	---	
49	Para conectar a tierra la pantalla de 3 cables unipolares a través de limitadores de tensión (SVL)		Sí	
50	Tipo de limitador de tensión		ZnO	
51	Nivel de limitador de tensión	kV	3	
52	Con carcasa (caja) de acero inoxidable		Sí	
53	De diseño compacto y sellado herméticamente (a prueba de agua), apropiado para instalarse directamente enterrado o en cámaras Grado de hermeticidad	IP	---	
54	Adecuado para conductor aislado de conexión de 120 mm <sup>2</sup> de cobre y diámetro exterior de 19 mm		Sí	
55	Diámetro de los agujeros de entrada del conductor de conexión	mm	---	
56	Con un sistema de sellado contraíble por calor (heat shrink sealing) de los conductores de conexión, al interior y exterior de la caja		Sí	
57	Provisto de conexión a tierra		Sí	
58	Resistencia de presión de agua	bar		
59	Dimensiones según Fig. 6(b) Longitud L Ancho W Altura H	mm mm mm		
60	Peso	kg		
<b>VII.- CAJA TRIPOLAR DE CRUZAMIENTO DE PANTALLA DE CABLE, CON LIMITADOR DE TENSIÓN Y CONEXIÓN A TIERRA</b>				
61	Norma de fabricación y prueba	---	---	
62	Para cruzar las pantallas de 3 cables unipolares (cross-bonding) y conectarlos a tierra a través de limitadores de tensión (SVL)		Sí	
63	Tipo de limitador de tensión		ZnO	
64	Nivel de limitador de tensión	kV	3	
65	Con carcasa (caja) de acero inoxidable		Sí	
66	De diseño compacto y sellado herméticamente (a prueba de agua), apropiado para instalarse directamente enterrado o en cámaras Grado de hermeticidad	IP	---	

**TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS N°4**

**ACCESORIOS DE CABLES SUBTERRÁNEOS DE 60KV**

POS.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO	GARANTIZADO
67	Adecuado para conductor aislado de conexión de 120 mm <sup>2</sup> de cobre y diámetro exterior de 19 mm		Sí	
68	Diámetro de los agujeros de entrada del conductor de conexión	mm	---	
69	Con un sistema de sellado contraíble por calor (heat shrink sealing) de los conductores de conexión, al interior y exterior de la caja		Sí	
70	Provisto de conexión a tierra		Sí	
71	Resistencia de presión de agua	bar		
72	Dimensiones según Fig. 7 Longitud L Ancho W Altura H	mm mm mm		
73	Peso	kg		
<b>VIII.- CABLE DE CONEXIÓN DE PANTALLA Y CONTINUIDAD DE TIERRA</b>				
74	Norma de fabricación y prueba	---	---	
75	Material		Cobre	
76	Sección	mm <sup>2</sup>	120	
77	Diámetro del conductor	mm		
78	Nivel de aislamiento	kV	2.5 kV	
79	Espesor de aislamiento de XLPE	mm		
80	Cubierta exterior		PVC ó PE	
81	Espesor de cubierta exterior	mm		
82	Diámetro exterior del conductor aislado	mm		
83	Peso	kg/m		
<b>IX.- CABLE CONCÉNTRICO DE CONEXIÓN DE PANTALLA DE CABLE</b>				
84	Norma de fabricación y prueba	---	---	
85	Material		Cobre	
86	Sección (1 núcleo + 1 o 2 coronas)	mm <sup>2</sup>	2 x 120	
87	Diámetro del conductor	mm		
88	Nivel de aislamiento	kV	2.5	
89	Espesor de aislamiento de XLPE	mm		
90	Cubierta exterior		PVC ó PE	
91	Espesor de cubierta exterior	mm		
92	Diámetro exterior del cable	mm		
93	Peso	kg/m		
<b>X.- LUBRICANTE PARA TENDIDO DE CABLES</b>				
94	Norma de fabricación y prueba	---	---	
95	Material		A base de silicona	
96	Grado de toxicidad		Ninguno	
97	Efecto nocivo sobre cubierta exterior de PE del cable		Ninguno	
98	Material inflamable		No	

**TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS N°5**

**ACCESORIOS DE CABLES SUBTERRÁNEOS DE 60KV**

POS.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	REQUERIDO	GARANTIZADO
99	Rango de temperatura de aplicación			
100	Coeficiente de fricción obtenibles y cantidad de aplicación, para una longitud de 30 m de cable con cubierta exterior de PE (de 70 mm de diámetro exterior y 7 kg/m de peso), dentro de un ducto de PVC de 150 mm de diámetro interior. Coeficiente estático: Coeficiente dinámico: Cantidad de lubricante a emplear:	--- --- galón		
101	Envase de suministro	galón	5	
<b>XI.- SELLADOR PARA DUCTOS DE CABLES</b>				
102	Norma de fabricación y prueba	---	---	
103	Material	---		
104	Grado de toxicidad		Ninguno	
105	Efecto nocivo sobre cubierta exterior de PE del cable		Ninguno	
106	Material inflamable		No	
107	Rango de temperatura de aplicación	°C	---	
108	Coeficiente de fricción obtenibles y cantidad de aplicación, para una longitud de 30 m con cubierta exterior de PE (de 70 mm de diámetro exterior y 7 kg/m de peso), dentro de un ducto de PVC de 150 mm de diámetro interior. Cantidad de sellador a emplear:	galón o kit de aplicación		
109	Envase de suministro	Galón o kit de aplicación		

## 4.0 CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

### 4.1. Diseño Electromecánico de Líneas de Transmisión

#### CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN

##### Generalidades

Luz del Sur ha proyectado la modificación del recorrido del tramo de la línea 60 kV L-621/L-622 y L-621/L-624, doble terna, comprendido entre las torres 75A y 91, ubicados en las cercanías de la SET Lurín. El nuevo recorrido de este tramo se realizará a lo largo de la carretera Antigua Panamericana Sur. Además Luz del Sur ha previsto el enlace de ambas ternas con la SET Lurín, el cual se encuentra ubicado en el trayecto de la línea entre las torres de enlace 75A y 91. Por lo tanto el diseño comprende los siguientes aspectos:

- Diseño de una Línea de Transmisión en 60kV de 3,67km de longitud total, dividido en dos tramos:  
  
Tramo A: Torre N° 75A a SET Lurín de 1,37 km de longitud  
Tramo B: SET Lurín a Torre N° 91 de 2,3 km de longitud
- Modificación de la línea aérea existente en 10kV a red subterránea entre la SET Lurín y la Av. San Pedro de 1,78 km de longitud.

##### Características Principales de la Línea de transmisión

- Tensión : 60 kV
- N° de circuitos : 2
- Longitud : 3,67 km
- Conductor activo : AAAC 304 mm<sup>2</sup>
- Estructuras : Postes de madera para estructuras de suspensión en doble terna  
Torres metálicas de acero galvanizado para estructuras de ángulo y retención en doble terna
- Aisladores : Tipo Suspensión y tipo Line Post de composite de goma de silicona

##### Características Climáticas

###### Temperatura Ambiente

Máxima	:	32 °C
Media	:	20 °C
Mínima	:	5 °C

###### Velocidad Viento

a)	80 km/h, 15 °C	(Tabla 250-1.A CNE)
b)	50 km/h, 10 °C	(Tabla 250-1-B CNE)
Humedad Relativa	:	90 %-100 %
Nivel cerámico	:	0 días – tormenta / año

## Ruta de la Línea

De acuerdo a la información proporcionada por parte de la Dirección Municipal de Desarrollo Urbano – DORU de la Municipalidad Metropolitana de Lima, se prevé en un futuro la ejecución del proyecto “Actualización del Sistema Vial Metropolitano”, el cual comprende la remodelación de todo el recorrido de lo que actualmente es la carretera Antigua Panamericana Sur, según se detalla en la Sección A-1 que se adjunta en el Anexo N° 8.

Considerando lo anterior el eje de la línea se deberá desplazar necesariamente por una de las dos bermas proyectadas en dicho estudio.

Para efectos de construcción, el recorrido de la línea de transmisión 60kV entre las torres 75-A y 91 se ha dividido en dos tramos:

### Tramo A: TORRE 75A - SET LURIN

El trazo de ruta del Tramo A se inicia en la torre N° 75-A ubicada en el km 32,7 de la carretera Antigua Panamericana Sur. El eje de la línea se desplaza de norte a sur inicialmente por la futura berma del lado izquierdo de la carretera Antigua Panamericana Sur hasta llegar a la SET Lurín ubicado en el km 34,1.

El trazo de ruta de este tramo presenta las siguientes características:

- Longitud total	:	1,37 km
- Numero de vértices	:	7 (V-1 al V-7)
- Altitud estructura de salida	:	35,75 m.s.n.m.
- Altitud SET Lurín	:	28,87 m.s.n.m.
- Cruce vías principales	:	Carretera Antigua Panamericana Sur

El trazo de ruta descrito se muestra en los planos N° 9236EM002 (1/10 al 5/10) a escala 1 : 1000, los que se incluyen en el Volumen V del presente informe.

### Tramo B: SET Lurín –TORRE 91

El trazo de ruta del Tramo B se inicia a partir de la SET Lurín, desde donde el eje de la línea continua por el lado derecho de la carretera Antigua Panamericana Sur y siempre con dirección al sur hasta llegar a la torre N° 91 ubicada en el km 36,3 de la misma carretera.

En este tramo, la conexión con la torre N° 91 existente se proyecta realizar a través de cable con bajada subterránea de 159m de longitud desde la estructura terminal proyectada tipo TS ubicada en el vértice V-14.

Además, en este tramo de la línea se prevé el cambio de una línea aérea en 10kV, doble terna a red subterránea, el mismo que sale de la SET Lurín y llega hasta la Av. San Pedro, recorriendo 1,8km.

El trazo de ruta de este tramo presenta las siguientes características:

- Longitud total	:	2,3 km
- Numero de vértices	:	5 (V-8 al V-12)
- Tramo subterráneo 60kV	:	159 m

- Tramo subterráneo 10Kv : 1,8 km
- Altitud SET Lurín : 28,87 m.s.n.m.
- Altitud estructura de llegada : 19,91 m.s.n.m.
- Cruce vías principales : Carretera a playa San Pedro

El trazo de ruta descrito se muestra en los planos N° 9236EM002 (5/10 al 10/10) a escala 1 : 1000, los que se incluyen en el Volumen V del presente informe.

## **CÁLCULOS ELÉCTRICOS**

### **Normas Aplicables**

Los criterios empleados en el diseño de la línea de transmisión en 60 kV, se rigen por las disposiciones del Nuevo Código Nacional de Electricidad del Perú (CNE), Norma VDE 0210, Norma IEC, Código NESC, Manual de Líneas de Transmisión REA y otras normas internacionales, las mismas que establecen los requerimientos mínimos a que se sujeta el desarrollo de la ingeniería del proyecto.

### **Condiciones Generales de Operación**

Tensión nominal	:	60 kV
Tensión máxima de operación	:	72,5 kV
Nivel Básico de Aislamiento	:	325 kV

### **Capacidad Térmica del Conductor**

#### **Tipo y Material**

Se utilizará el conductor de aleación de aluminio de 304 mm<sup>2</sup>, engrasado internamente, cuya adquisición esta en proceso a cargo de Luz del Sur.

### **Características**

Sección Nominal	:	304 mm <sup>2</sup>
Configuración	:	37 x 3,23 mm
Diámetro exterior	:	22,63 mm
Peso	:	0,838 kg/m
Carga de rotura	:	9 311 kg (109.89 kN)
Coefficiente térmico de dilatación	:	0,000023 1/°C
Módulo de elasticidad final	:	5 700 kg/mm <sup>2</sup>

### **Ampacidad**

El procedimiento esta basado en el IEEE Standard 738 para el cálculo de la relación corriente – temperatura de conductores desnudos (International Electrical and Electronical Enginners – Standard for Calculating the Current – Temperature Relationship of Bare Conductors).

Los parámetros utilizados se resumen en el cuadro siguiente:

DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
<b>Conductor:</b>	-	AAAC 304 mm <sup>2</sup>
Diámetro	mm	22,63
Resistencia eléctrica a:		
- 25°C	Ohm/km	0,1132
- 75°C	Ohm/km	0,1321
Coefficiente de absorción solar	-	0,5
Emisividad	-	0,5
<b>Medio ambiente:</b>		
Temperatura ambiente	°C	32
Velocidad del viento	m/s	0,61
Angulo de viento sobre el conductor	grados	90
Latitud	°Sur	12
Hora del día	Hras	10
Dirección del conductor	-	Norte-Sur
Atmósfera	-	Industrial

### Capacidad Térmica

La capacidad térmica de transmisión se determino a partir de la siguiente expresión:

$$S = \sqrt{3} * V * I * 10^{-3}$$

- S : Capacidad de transmisión, MVA  
V : Voltaje entre fases, kV  
I : Corriente de fase, A

Considerando una temperatura límite de diseño para el conductor AAAC 304mm<sup>2</sup> de 80 °C, su capacidad máxima de corriente llega a 693 A (Ver gráfico Anexo N° 1).

Por lo tanto, se garantiza una capacidad de transmisión máxima de 72 MVA.

### Efecto Creep

El efecto creep es calculado internamente por el programa PLS-CADD aplicando el método no lineal, similar al de ALCAN.

Las tensiones y flechas para el conductor en la “condición inicial” suponen una relación esfuerzo-elongación para el conductor descrita por un polinomio de cuarto grado, con la elongación  $\epsilon$  expresada en por ciento de la longitud del cable sin tensión:

$$\sigma = k_0 + k_1 \epsilon + k_2 \epsilon^2 + k_3 \epsilon^3 + k_4 \epsilon^4$$

Donde los cinco coeficientes  $k_0$  hasta  $k_4$  son determinados por la curva que se ajusta a datos experimentales propios del conductor a emplearse.

El efecto creep aumenta la elongación bajo tensión constante en el transcurso del tiempo, la mayor parte del efecto creep del conductor ocurre durante los primeros días después del tendido, pero continua a lo largo de la vida de la línea aunque en relación decreciente. La curva elongación – esfuerzo después de creep o “condición final”, representa la relación entre un esfuerzo aplicado asumido constante, a una temperatura determinada y durante un periodo de 10 años, y la elongación total resultante del conductor. Esta curva se representa por un polinomio de cuarto grado similar al utilizado para la “condición inicial”

Para la distribución de estructuras será necesario considerar la “condición final” (después de creep) para la condición de máxima flecha.

En el Anexo N° 1, se incluye la curva de esfuerzo – elongación para el conductor seleccionado.

### **Diseño de Aislamiento**

Los criterios para la selección del aislamiento son los siguientes:

- a. Selección por nivel de aislamiento a frecuencia industrial
- b. Selección por nivel de aislamiento a impulso
- c. Selección por distancia de fuga.
- d. Uso de aisladores poliméricos según lo indicado por Luz del Sur.

Las cotas o elevaciones son inferiores a los 1000 m.s.n.m. y por lo tanto no se requieren correcciones por altura de los valores estimados de sobretensiones ni verificación del comportamiento de la línea ante descargas atmosféricas.

#### **Selección por nivel de aislamiento a frecuencia industrial bajo lluvia**

De acuerdo a normas IEC 71-1 el nivel de aislamiento a frecuencia industrial es 140 kV rms para la tensión máxima de servicio de 72,5 kV.

#### **Selección por nivel de aislamiento a impulso**

De acuerdo a normas IEC 71-1 el nivel de aislamiento a impulso es de 325 kV rms para la tensión máxima de servicio de 72,5 kV.

### **Diseño del aislamiento por distancia de fuga**

La línea de transmisión se caracteriza por atravesar áreas contaminadas (fabricas industriales, zona urbana) con lluvias escasas. Por lo tanto, se les ubicó en el nivel de contaminación alto (Nivel IV) de la norma IEC-815, para el cuál se recomienda una distancia de fuga mínima de 31 mm/kVff para la tensión máxima de servicio.

La distancia mínima de fuga requerida  $D_f$  es igual a:

$$D_f = 72,5 \times 31 \text{ mm/kV}$$

$$D_f = 2248 \text{ mm}$$

Este valor deberá ser comparado con las características de comportamiento de aisladores existentes utilizados por Luz del Sur considerando que en la práctica este parámetro es el de mayor incidencia en la selección de estos materiales.

### **Características Técnicas a ser requeridas del aislador**

Se utilizarán aisladores poliméricos tipo Suspensión y tipo Line Post, cuya adquisición está en proceso y a cargo de Luz del Sur. Los requerimientos mínimos del aislador se establecerán para las características siguientes, las cuáles ya se han definido parcialmente.

#### **a) Características del aislador de goma de silicona tipo Suspensión:**

Tipo	:	Suspensión
Norma	:	IEC -1109
Material		
Núcleo	:	Fibra de vidrio
Recubrimiento	:	Goma de silicona
Campanas	:	Goma de silicona
Conexiones	:	Bola – rotula
Longitud total máximo	:	1000 mm
Línea de fuga	:	$\geq 2\ 248$ mm
Carga mecánica garantizada	:	120 kN
Tensión de sostenimiento		
A frecuencia industrial bajo lluvia		
En seco	:	$> 370$ kV
Bajo Lluvia	:	$> 250$ kV
A Impulso		
Positivo	:	$> 570$ kV
Negativo	:	$> 520$ kV
Peso neto aprox.	:	4,5 kg

#### **b) Características del aislador de goma de silicona tipo Line Post:**

Tipo	:	Rígido posición horizontal
Norma	:	IEC -1109
Material		
Núcleo	:	Fibra de vidrio reforzado
Recubrimiento	:	Goma de silicon
Campanas	:	Goma de silicon
Herrajes		
- Material de Herrajes	:	Acero forjado
- Herraje extremo del poste	:	Base – soporte
- Herraje extremo con tensión	:	Terminal con doble ojo
Línea de fuga	:	$\geq 2\ 248$ mm
Resistencia al cantilever máximo de diseño	:	6,6 kN

Tensión de sostenimiento	
A frecuencia industrial bajo lluvia	
En seco	: > 370 kV
Bajo Lluvia	: > 250 kV
A Impulso	
Positivo	: > 570 kV
Negativo	: > 520 kV
Peso neto aprox.	: 18 kg

## Dimencionamiento de las Estructuras

### Distancia Mínima Horizontal entre Conductores

Referencia Art. 235.B.1.b (2) y Art. 235.B.2, conductores de línea mayores de 35 mm<sup>2</sup>

$$H = 7.6 * kV + 8 * \sqrt{2.12 * S} + l_c * \text{Sen}\Phi$$

Donde:

- H : Distancia mínima horizontal entre conductores (mm)
- kV : Máxima tensión de servicio (72,5 kV)
- S : Flecha (2400 mm para: T=15°C, PV=303 Pa Vano=170 m)
- : Máximo ángulo a (40° para: T=15°C, PV=303 Pa)
- l<sub>c</sub> : Longitud de cadena de aislador (1245 mm)

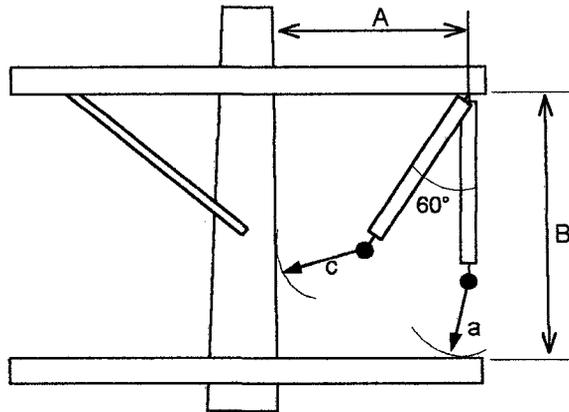
$$H = 1\ 922 \text{ mm}$$

### Distancia Mínima del Conductor a Masa

El Nuevo Código Nacional de Electricidad, Art. 235.E, no establece claramente las distancias de seguridad del conductor a masa (estructura). Se adoptará como criterio de diseño el Manual de Líneas de Transmisión de Alta Tensión (REA), Tabla 7-.1 (Pág. 7-4), el mismo que se presenta en el Anexo N° 8.

Donde:

- a : 0.64 m (condición diaria)
- b : 0.41 m (condición 1 vez/año, para T=25°C, P=76 Pa, probabilidad que ocurra una sobretensión de maniobra).
- c : 0.13 m (condición 1 vez/10 años, para T=20°C, P=303 Pa, probabilidad que ocurra una sobretensión de frecuencia industrial).



$$A = Lc \cdot \text{Sen}60^\circ + c \quad A = 1,21 \text{ m}$$

$$B = Lc + a \quad B = 1,90 \text{ m}$$

### Conclusión

Considerando un diámetro de 0,30 m para el poste de madera, se obtiene:

- Distancia Horizontal Mínima entre puntos de sujeción del aislador = 2,7 m

Se adoptará 3,0 m como Distancia Horizontal entre los puntos de sujeción de los conductores.

Considerando una altura de 5 ½"  $\leftrightarrow$  0,14m, para la cruceta de madera, se tiene:

- Distancia Vertical Mínima entre puntos de sujeción de crucetas = 2,04 m

Se adoptará 2,3 m como Distancia Vertical entre puntos de sujeción de crucetas.

### Distancias de Seguridad

Las cotas o elevaciones son inferiores a los 1000 m.s.n.m. y por lo tanto no se requieren correcciones por altura.

### Distancias Mínimas de Seguridad al Terreno

Tomando como referencia el Código Nacional de Electricidad (CNE) Tabla 232-1a, se considera las siguientes distancias mínimas de seguridad al terreno:

DESCRIPCIÓN	LÍNEA DE 60 KV
- Al cruce de carreteras y avenidas	7.6 m
- Al cruce de calles	7.6 m
- Al cruce de vías de ferrocarril	9.4 m
- A lo largo de carreteras y avenidas	7 m
- A lo largo de calles	7 m
- A áreas no transitado por vehículos	5.5 m
- Sobre el nivel más alto de río no navegable	7 m

## **Distancia Mínima entre Conductores que se Cruzan**

Se toma como referencia el Código Nacional de Electricidad (CNE), Tabla 233-1, corregida por tensiones que sobrepasan 23 kV (Art. 233.C.2.a):

<b>NIVEL INFERIOR</b>	<b>LINEA DE 60 kV</b>
2. Retenidas de comunicación, conductores, cables y cables mensajeros	2,3 m

## **Resistividad del Terreno**

### **Objetivo**

El presente capítulo, tiene como finalidad determinar las características eléctricas del suelo en el nuevo recorrido del tramo de las líneas de transmisión L-621/L-622 y L-621/L-624, comprendido entre las torres 75-A y 91, de modo que sus parámetros puedan ser considerados en los diseños de los sistemas de tierra.

### **Fuentes de Información**

PEPSA para la realización del presente, ha tenido en cuenta lo establecido en la norma IEEE Standards 80 y 81.

## **Desarrollo de los Trabajos**

### **Campaña de Medición**

La campaña de medición se realizó entre los días 23 y 24 de Enero. Se llevaron a cabo mediciones de resistividad del suelo en cuatro puntos característicos del trazo de ruta de la línea en 60kV de 3,67km de longitud: dos puntos en el tramo Torre 75A – SET Lurín y dos puntos en el tramo SET Lurín – Torre 91. Dichas mediciones se efectuaron esencialmente en la dirección longitudinal y transversal al eje de la línea, en algunos casos solo se tomo la medición longitudinal o transversal, debido a la limitación de espacio.

Los puntos considerados para la campaña de medición se describen en el Cuadro N° 01 del Anexo N° 2. En este anexo se muestran los cuadros con las mediciones efectuadas en cada punto.

El equipo utilizado para la campaña de medición fue un telurómetro digital del tipo MEGGER modelo DET5/4D de la marca AVO, el cual mide la resistividad específica del suelo con una precisión del 2.5%. Este tipo de equipo son aptos para medir la resistividad del suelo a través del método de Wenner (método de los cuatro puntos).

## Método de Medición de la Resistividad del Terreno

Existen diversos métodos para la determinación de la resistividad del terreno, entre los cuales se pueden citar, el basado en la toma de muestras y el de los cuatro electrodos. También, en alguna ocasión, se utiliza el sistema consistente en medir la resistencia de un electrodo vertical que responda a una fórmula conocida para determinar, a partir de ahí, la resistividad del terreno que lo rodea, método que tiene la ventaja de proporcionar una medida global pero cuya aplicación no resulta adecuada.

El método más utilizado es el método de "Wenner" para determinar la resistividad del terreno; el cual es una simplificación del método de los cuatro puntos; el cual ha sido utilizado por PEPSA para la toma de datos.

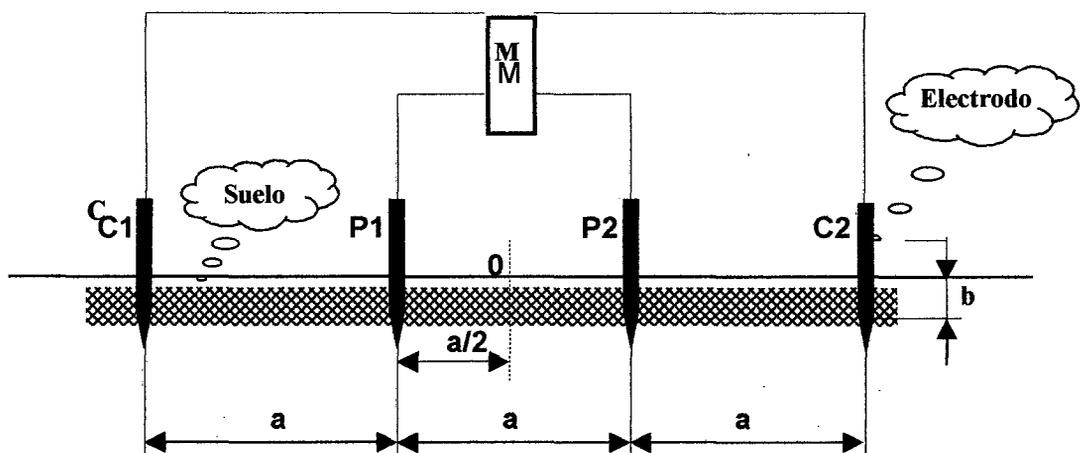
### Método de Wenner

Es un caso particular del método de los cuatro electrodos, que se disponen en línea recta y equidistantes, simétricamente respecto al punto en el que se desea medir la resistividad del terreno, no siendo necesario que la profundidad de los electrodos, que para ello se utilizan, sobrepase los 30 cm.

El aparato de medida (M) será un analizador electrónico del tipo digital, siendo los dos electrodos extremos los de inyección de corriente de medida I, y los dos centrales, los electrodos de medida de potencial V.

En estas condiciones, la fórmula general para el cálculo de la resistividad a partir del valor de la resistencia medida es:

$$\rho = 2 \times \pi \times a \times R \text{ Ohm - m}$$



Donde:

C1 y C2 Electrodo de corriente.

P1 y P2 Electrodo de potencial.

M	Instrumento de medida de resistencia de tierra.
a	Separación equidistante de electrodos en m.
b	Profundidad de clavado de los electrodos ( $b \leq a/20$ ) en m.
$\rho$	Resistividad del terreno en Ohm-m.
R	Resistencia del terreno en Ohm.

### **Consideraciones Tomadas en la Campaña de Medición**

Durante el periodo de medición se tomaron en cuenta lo siguiente:

Se tomaron anotaciones de la variación climáticas encontradas en el lugar durante las mediciones (temperatura y condiciones de humedad del suelo). Las mismas que influyen sobre la resistividad de las capas superficiales de un terreno.

Se tomó en cuenta la presencia de prospección de cuerpos metálicos, que pudieran perturbar las medidas de resistividad; ya que se pueden originar modificaciones de las trayectorias de las líneas de corriente en el suelo y, en consecuencia, del campo eléctrico sobre el punto de medida.

Se efectuaron mediciones en diversas zonas del emplazamiento de la instalación de tierra y con distintas separaciones entre los electrodos de medida, de tal forma de evidenciar las posibles causas perturbadoras y, también, de verificar que no existan variaciones sensibles en la homogeneidad del subsuelo que se analiza.

Para un mismo punto de investigación se preciso efectuar dos medidas como mínimo, según dos ejes perpendiculares entre sí que pasen por el punto.

Para una determinada dirección, los espaciamentos tomados (a) son: 0.5, 1, 2, 4, 6, 8, 12 y 16 metros.

Se tomarón en cuenta la presencia de instalaciones de tierra bajo tensión cercanas al punto de medición.

Se revisó minuciosamente la instalación efectuada entre el equipo y los electrodos, tal de garantizar de esta manera la correcta toma de datos

### **Análisis y Procesamiento de la Información de Campo**

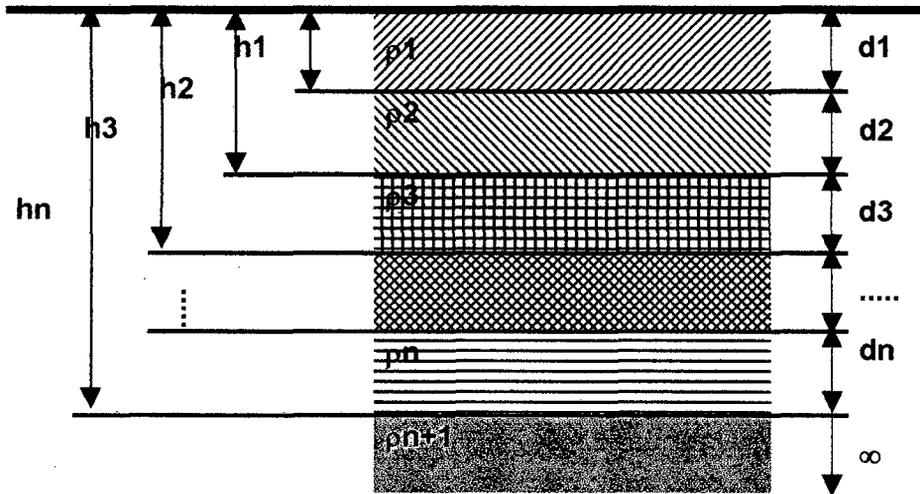
En base a la información obtenida en la campaña de medición y mostrada en el Anexo N° 2, se efectuaron el procesamiento y análisis correspondiente; para lo cual se empleó la metodología indicada en el Item 2.8.5.

En el Anexo N° 2 se muestran los resultados obtenidos.

### **Análisis y Procesamiento**

Efectuadas las medidas de resistividad del terreno en el área del proyecto, el siguiente paso es conocer las características que presenta el suelo en virtud de su propia formación geológica a lo largo de los años.

En base a la curva  $\rho \times a$ , obtenida de las mediciones de resistividad, y el procedimiento analítico para la estratificación del suelo, utilizando el método de dos capas, se podrá obtener los modelos de capas horizontales, como modelo de representación de las características del suelo, en la práctica ha producido excelentes resultados.



Donde:

- $h_1, h_2, \dots, h_n$  Profundidad del suelo
- $d_1, d_2, \dots, d_n$  Altura de la capa
- $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$  Resistividad de la capa

### Procedimiento para la Estratificación del Suelo

#### Clasificación de la Información

La información obtenida durante la campaña de mediciones será analizada y clasificada estadísticamente para lo cual se tendrá en cuenta lo siguiente:

Se calcula la media aritmética de los valores de resistividad medidos en las direcciones longitudinal, transversal y opcional, para cada espaciamiento adoptado:

$$\rho_M(a_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i(a_j) \quad \forall j = 1, q \quad i = 1, n$$

Donde:

- $\rho_M(a_j)$  Resistividad media para un espaciamiento  $a_j$
- $n$  Número de mediciones efectuadas para un espaciamiento  $a_j$
- $\rho_i(a_j)$  Valor de la  $i$ -ésima medición de resistividad con un espaciamiento  $a_j$
- $q$  Número de espaciamientos considerados.

Se determina la desviación de cada medida con respecto al valor medio

$$|\rho_i(a_j) - \rho_M(a_j)| \quad \forall \quad j = 1, q \quad i = 1, n$$

Se desprecia los valores de resistividad que tengan un desvío mayor que 50% con respecto a la media aritmética.

$$\left| \frac{\rho_i(a_j) - \rho_M(a_j)}{\rho_M(a_j)} \right| \times 100 \geq 50 \% \quad \forall \quad j = 1, q \quad i = 1, n$$

Si se observa la ocurrencia de un acentuado número de medidas con desvíos encima del 50%, se recomienda ejecutar nuevas medidas en la región correspondiente. Si la ocurrencia de desvíos persistiera, debe de considerarse esta área como una región independiente para efecto del modelamiento.

Con los valores aceptados, se recalculan las medias aritméticas de los valores de resistividad, obteniéndose los valores definitivos y representativos.

### Estratificación de Dos Capas

Usando la teoría de electromagnetismo, es posible desarrollar un modelo matemático, que con auxilio de las medidas efectuadas por el método de Wenner, se puede calcular la resistividad de la primera y segunda capa, así como de su altura respectiva.

Una corriente eléctrica "I" ingresando por el punto "A", en un suelo de dos capas tal como se muestra en la Figura No.1, genera potenciales en la primera capa, que deben satisfacer la siguiente ecuación conocida como la ecuación de Laplace.

$$\nabla^2 V = 0$$

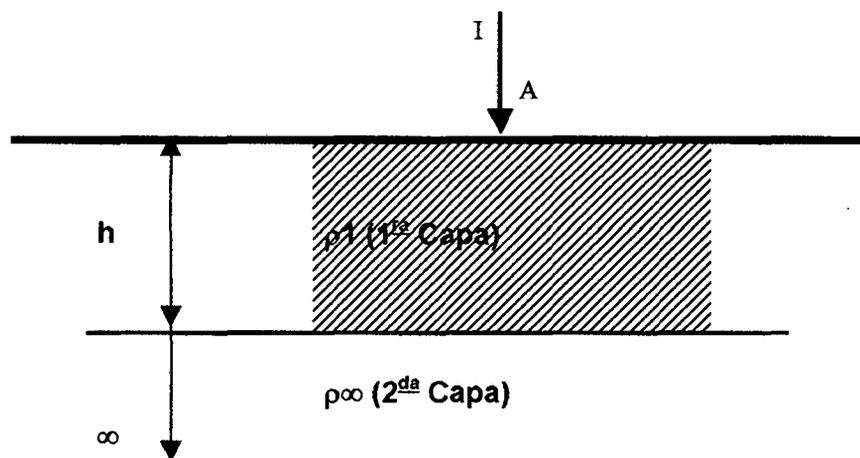


Figura No. 1

Resolviendo la ecuación de Laplace tenemos la siguiente expresión:

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

Donde:

- V Potencial de la primera capa
- V<sub>p</sub> Potencial de un punto "p" cualquiera de la primera capa con relación al infinito.
- ρ<sub>1</sub> Resistividad de la primera capa superficial
- ρ<sub>2</sub> Resistividad de la segunda capa superficial
- h Profundidad de la primera capa superficial
- r Distancia del punto "p" a la fuente de corriente
- K Coeficiente de reflexión definido por:

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

De la expresión anterior se verifica que la variación del coeficiente de reflexión "K", está limitado entre -1 y +1.

$$-1 \leq K \leq 1$$

Para nuestro caso la ecuación de Laplace, se aplicará a la configuración Wenner, método empleado en la toma de datos, en donde la corriente "I" ingresa al suelo por el punto "C1" y retorna por el punto "C2" y los puntos "P1" y "P2" son los electrodos de potencial, tal como se muestra descrito en el método de Wenner. Con lo que se tiene que:

$$V_{p1} = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left[ \frac{1}{a} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{a^2 + (2nh)^2}} \right] - \frac{I\rho_1}{2\pi} \left[ \frac{1}{2a} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{(2a)^2 + (2nh)^2}} \right]$$

Haciendo la misma consideración para el potencial del punto P2, se tiene:

$$V_{p2} = \frac{I\rho_1}{2\pi} \left[ \frac{1}{2a} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{(2a)^2 + (2nh)^2}} \right] - \frac{I\rho_1}{2\pi} \left[ \frac{1}{a} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{a^2 + (2nh)^2}} \right]$$

La diferencia de potencial entre los puntos "P1" y "P2" estará dado por:

$$V_{P1-P2} = V_{P1} - V_{P2}$$

Sustituyendo las ecuaciones correspondientes se obtiene:

$$V_{p1-p2} = \frac{I\rho_1}{2\pi a} \left\{ 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{K^n}{\sqrt{1 + (2n \frac{h}{a})^2}} - \frac{K^n}{\sqrt{4 + (2n \frac{h}{a})^2}} \right] \right\}$$

$$2\pi a \frac{V_{p1-p2}}{I} = \rho_1 \left\{ 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{K^n}{\sqrt{1 + (2n \frac{h}{a})^2}} - \frac{K^n}{\sqrt{4 + (2n \frac{h}{a})^2}} \right] \right\}$$

Pero la relación  $\frac{V_{P1-P2}}{I}$  representa el valor de la resistencia eléctrica **R** entonces se tiene que:

$$2\pi aR = \rho_1 \left\{ 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{K^n}{\sqrt{1 + (2n \frac{h}{a})^2}} - \frac{K^n}{\sqrt{4 + (2n \frac{h}{a})^2}} \right] \right\}$$

La resistividad eléctrica del suelo, para un espaciamiento "a" esta dado por  $\rho(a) = 2\pi aR$ .

Sustituyendo en la ecuación anterior obtenemos la ecuación fundamental para la estratificación de un suelo de dos capas:

$$\frac{\rho(a)}{\rho_1} = 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \frac{K^n}{\sqrt{1 + (2n \frac{h}{a})^2}} - \frac{K^n}{\sqrt{4 + (2n \frac{h}{a})^2}} \right]$$

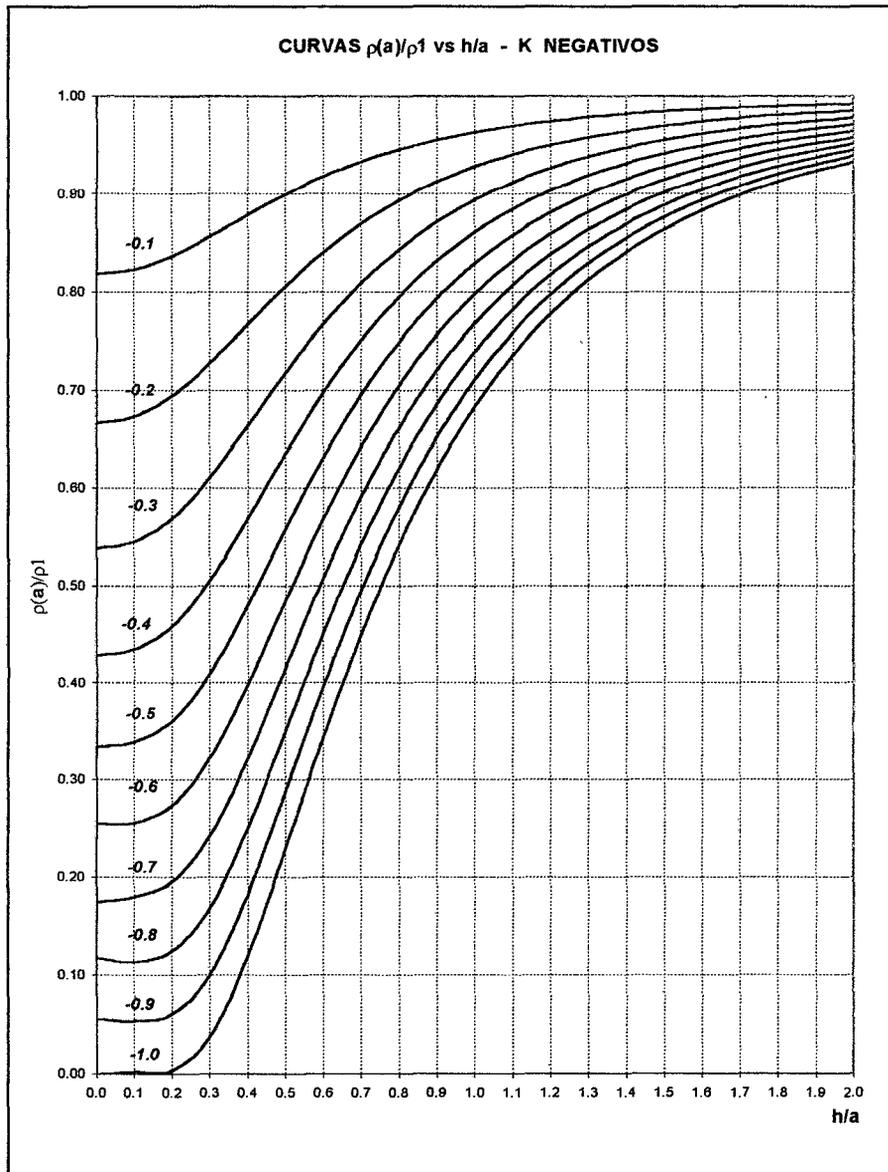
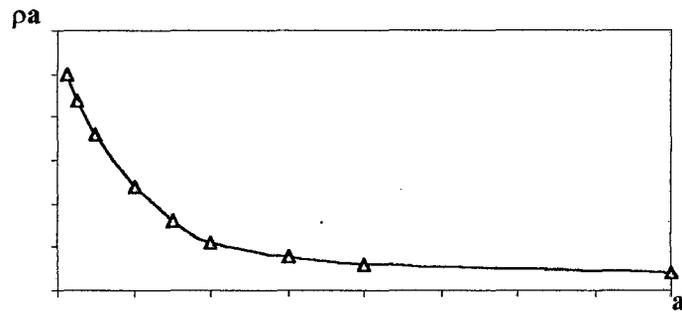
Donde :

- a Espaciamiento entre las varillas.
- R Resistencia eléctrica en  $\Omega$  medida por el telurómetro.
- h Profundidad de la primera capa.

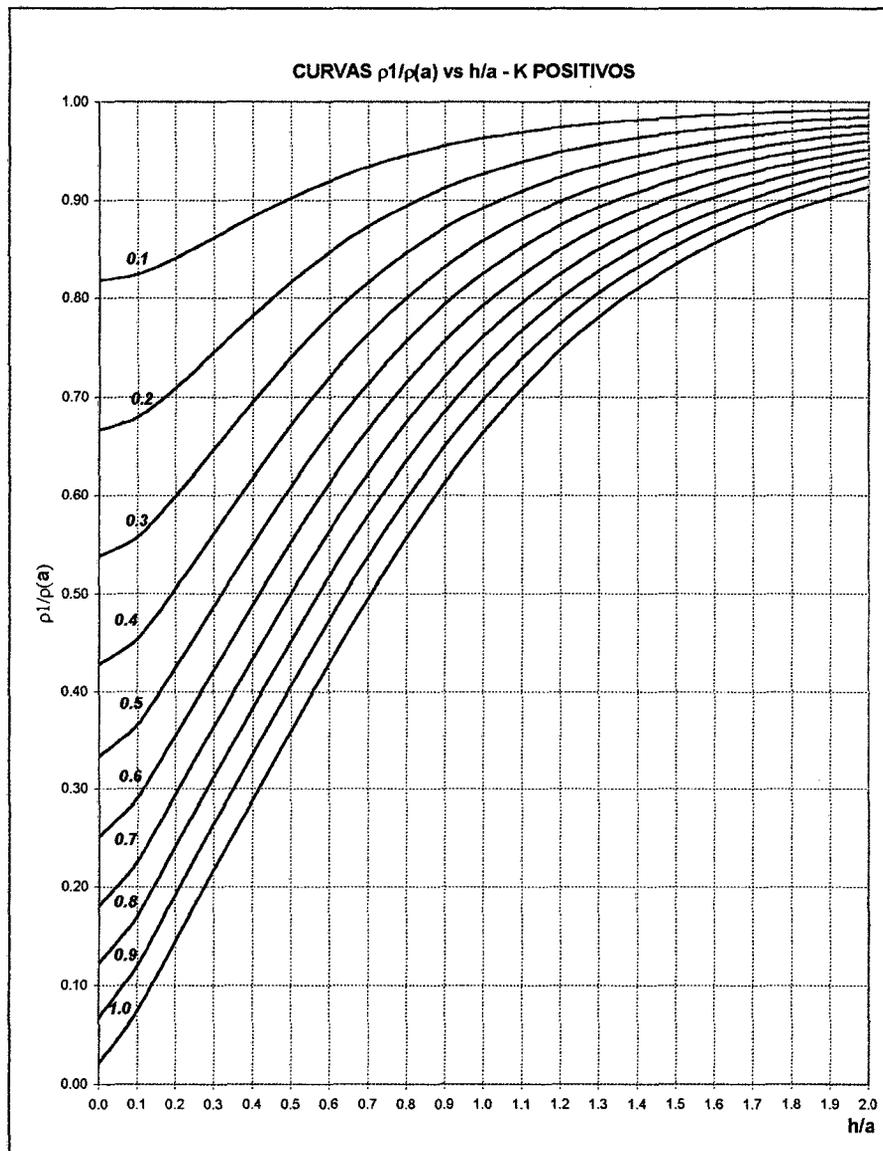
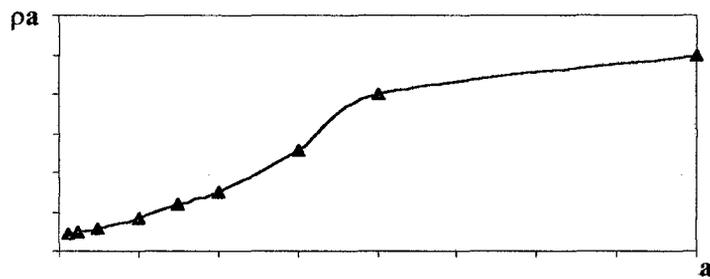
### Método de Dos Capas Usando Las Curvas K

Este método, utiliza la familia de curvas de  $\rho(\mathbf{a})/\rho_1$  en función de  $h/a$  para una serie de valores de K negativos y positivos, cubriendo todo el rango de variación.

La curva típica para K negativo, esto es la curva  $\rho(a) \times a$  descendente es la siguiente:



Asimismo, la curva típica para K positivo, esto es la curva  $\rho(a) \times a$  ascendente será:



## Procedimiento de Cálculo

Se traza un gráfico con la curva  $\rho(a)$  x  $a$  obtenida por el método Wenner.

Se prolonga la curva  $\rho(a)$  x  $a$  hasta cortar al eje de las ordenadas del gráfico, este valor representa la resistividad de la primera capa  $\rho_1$ .

Se toma un valor arbitrario de espaciamiento  $a_1$ , hallando del gráfico su correspondiente valor de  $\rho(a_1)$ .

De acuerdo al comportamiento de la curva  $\rho(a)$  x  $a$ , se procede de la siguiente forma:

Si la curva es descendente se calcula  $\frac{\rho(a_1)}{\rho_1}$

Si la curva es ascendente se calcula  $\frac{\rho_1}{\rho(a_1)}$

Con el valor de  $\rho(a_1)/\rho_1$  o  $\rho_1/\rho(a_1)$  obtenidos, se entra a las curvas teóricas  $K$ , y se traza una recta horizontal y para cada valor de  $K$ , y se obtiene el correspondiente valor de  $h/a$ .

Se multiplica todos los valores de  $(h/a)$  del paso anterior por el valor de  $a_1$  del paso c). Con los pasos e) y f) se construye una tabla con los valores correspondientes de  $k$ ,  $(h/a)$  y  $h$ .

Se construye una nueva curva  $K$  x  $h$ , con los valores calculados en el paso f).

Se escoge un segundo espaciamiento  $a_2 \neq a_1$ , se repite nuevamente los pasos c), d), e) y f); construyendo una nueva curva  $K$  x  $h$ .

Esta nueva curva se gráfica junto con la curva obtenida en el paso g).

La intersección de estas dos curvas  $K$  x  $h$  serán los valores reales de  $K$  y  $h$ , quedando definida la estratificación.

## Método de Estratificación de Suelos de Varias Capas

El método empleado para la estratificación de suelos de varias capas es el método de Pirson, que es una extensión del método de dos capas.

Los pasos a seguir para la estratificación de suelos de estas características son los siguientes:

La curva  $\rho(a)$  vs  $a$  será dividida en tramos de curvas ascendente y descendente, las cuales pueden ser tratados como una secuencia de curvas de suelo equivalentes de dos capas.

Se toma el primer tramo de la curva y se determinan los valores de las resistividades de la primera capa ( $\rho_1$ ) y segunda capa ( $\rho_2$ ); así como la altura de la primera capa ( $d_1$ ), tal como se indica en el método de dos capas.

Luego se toma el siguiente tramo de la curva, y se ubica el punto de inflexión  $a_t$ , que viene a ser el punto donde la curva cambia de concavidad.

Seguidamente se estima la altura a la segunda capa  $h'_2$  por el método de Lancaster - Jones, a través de la siguiente expresión:

$$h'_2 = \frac{2 a_t}{3}$$

Conocida la altura referencial a la segunda, el siguiente paso será calcular la resistividad media equivalente estimada  $\rho'_2$ , visto por la tercera capa utilizando la fórmula de Hummel, que es la media armónica ponderada de la primera y segunda capa.

$$\rho'_2 = \frac{d_1 + d'_2}{\frac{d_1}{\rho_1} + \frac{d'_2}{\rho_2}}$$

Donde:

$d_1 = h_1$ : Profundidad de la primera capa

$d'_2$ : Espesor estimado para la segunda capa

$$d'_2 = \frac{2a_t}{3} - d_1$$

El valor de  $\rho'_2$ , representará el valor de la resistividad de la primera capa del segundo tramo que se está tratando.

Para el segundo tramo de la curva, se repite todo el proceso indicado en el método de las dos capas, con  $\rho'_2$  como el valor de la resistividad de la primera capa. Obteniéndose de esta manera los valores de la resistividad de la tercera capa ( $\rho_3$ ) y la altura de la segunda capa ( $d_2$ ).

## Resultados

En el Anexo N° 2, se muestra el cuadro resumen de la estratificación del terreno para cada uno de los puntos medidos, así como el número de estratos equivalentes, resistividad y la profundidad de cada capa.

## Cálculo de la Puesta a Tierra

### Objetivo

El objetivo del presente capítulo, es describir los principios básicos de cálculo y diseño de los sistemas de puesta a tierra, a ser instalados en las estructuras del nuevo tramo de la línea de transmisión L-621/L-622 y L-621/L-624, comprendido entre las torres 75-A y 91.

La puesta a tierra de las estructuras de la línea de transmisión aseguran la correcta operación de los sistemas de protección de la línea mejorando por lo tanto la seguridad del sistema eléctrico. Además sin ser menos importante, ante la presencia de corrientes de cortocircuito en la línea de transmisión, las puestas

a tierra de las estructuras permitirán disiparlas, evitando elevaciones peligrosas de las tensiones a tierra y de los gradientes de potencial en las inmediaciones de las mismas.

### **Alcances**

Dentro de los alcances a ser desarrollados por el presente tenemos:

Cálculo de la resistividad aparente en puntos característicos de la línea en 60kV.

Parámetros y criterios de diseño.

Cálculos justificativos.

Diseño de los sistemas de puesta a tierra

### **Normas Referenciales**

VDE-0141 (1976) Earthing Systems for Power Installation with Rated Voltages Above 1 kV .

IEEE Std. 80(1986) Guide for Safety in AC Substation Grounding.

IEEE Std. 81(1983) Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System.

### **Determinación de la Resistividad Aparente ( $\rho_a$ )**

Tal como se muestra en los cuadros del Anexo N° 2 "Mediciones de Resistividad del Suelo", el comportamiento del suelo en el tramo de la línea de transmisión L-621/L-622 y L-621/L-624 entre las torres 75-A y 91, esta mayormente constituido por suelos de varias capas cuyas resistividades difieren una de la otra.

De la misma manera se puede mencionar que el paso de la corriente eléctrica desde el sistema de aterramiento hacia el suelo, depende:

De la composición del suelo con sus respectivas capas;  
De la geometría del sistema de aterramiento; y  
Del tamaño del sistema de aterramiento.

Por lo que se hace necesario calcular la resistividad aparente del suelo, para un manejo más práctico de su comportamiento. Este equivalente representa la característica de un suelo uniforme, y será utilizado en el cálculo y diseño de los sistemas de puesta a tierra, según la siguiente expresión:

$$R = \rho_a \times f(g) \text{ Ohm}$$

Donde:

R Resistencia eléctrica de la puesta a tierra.  
 $\rho_a$  Resistividad aparente en Ohm -m.

f(g) Función que depende de la geometría de la puesta a tierra y su forma de colocación en el suelo.

### Reducción de Capas

Para el calculo de la resistividad aparente ( $\rho_a$ ), en un suelo de varias capas es necesario primero realizar una reducción a un equivalente de un suelo de dos capas. Asimismo considerando, paralelismo entre las capas y usando la fórmula de Hummel, que transforma directamente el suelo en dos capas equivalentes tenemos que:

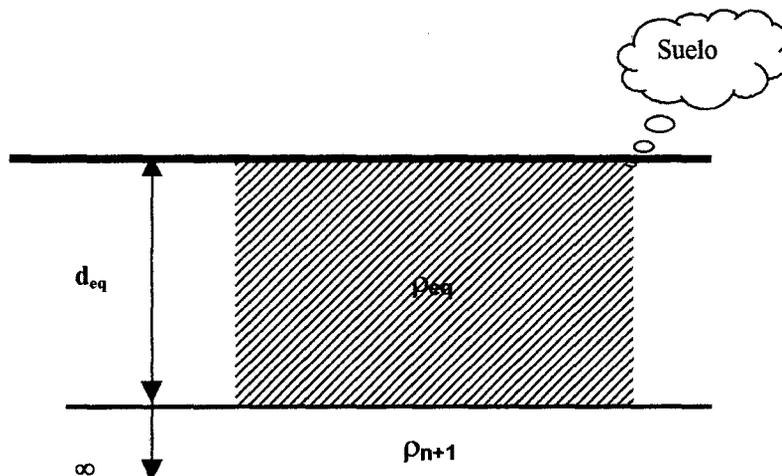
$$\rho_{eq} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{\frac{d_1}{\rho_1} + \frac{d_2}{\rho_2} + \frac{d_3}{\rho_3} + \dots + \frac{d_n}{\rho_n}} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\rho_i}} \text{ Ohm} - m$$

$$d_{eq} = d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n = \sum_{i=1}^n d_i \text{ m}$$

Donde:

- $d_i$  Espesor de la i-ésima capa en m
- $\rho_i$  Resistividad de i-ésima capa en Ohm-m
- $n$  Número de capas reducidas
- $\rho_{eq}$  Resistividad equivalente en Ohm -m
- $d_{eq}$  Distancia equivalente en m

Finalmente se tendrá el siguiente sistema equivalente:



Donde:

- $\rho_{n+1}$  Resistividad de la última capa en Ohm -m

## Coeficiente de Penetración

El coeficiente de penetración indica el grado de penetración de las corrientes escurridas por la puesta a tierra, y se estima a través de la relación entre el radio equivalente del sistema considerado y la profundidad equivalente:

$$\alpha = \frac{r}{d_{eq}}$$

Donde:

- $\alpha$  Coeficiente de penetración.
- $d_{eq}$  Profundidad equivalente (m).
- $r$  Radio equivalente de la configuración del sistema de puesta a tierra considerado (m)

## Coeficiente de Divergencia ( $\beta$ )

El coeficiente de divergencia esta definido por la relación de la resistividad de la última capa y la resistividad de la primera capa equivalente.

$$\beta = \frac{\rho_{n+1}}{\rho_{eq}}$$

Donde:

- $\beta$  Coeficiente de divergencia.
- $\rho_{n+1}$  Resistividad de la última capa en Ohm-m.
- $\rho_{eq}$  Resistividad de la primera capa equivalente en Ohm-m.

## Cálculo de la Resistividad Aparente ( $\rho_a$ )

Con los valores de  $\alpha$  (coeficiente de penetración) y  $\beta$  (coeficiente de divergencia) estimados en los puntos anteriores; y con la ayuda de las curvas desarrolladas por Edrenyi, se obtendrá el valor de N, siendo N la relación entre la resistividad Aparente ( $\rho_a$ ) y la resistividad equivalente ( $\rho_{eq}$ ).

$$N = \frac{\rho_a}{\rho_{eq}}$$

De la ecuación anterior finalmente se tiene que:

$$\rho_a = N \times \rho_{eq}$$

Donde:

- $\rho_a$  Resistividad Aparente en Ohm-m.
- N Parámetro obtenido de las curvas de Edrenyi.

## **Dimensionamiento de los Sistemas de Puesta a Tierra**

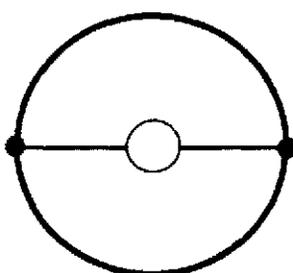
Para los sistema de Puesta a Tierra de las estructuras compuestas por Postes de Madera y Torres Metálicas, se ha considerado las siguientes configuraciones:

### **Sistema de Puesta a Tierra en Postes de Madera**

Se ha considerado las siguientes configuraciones

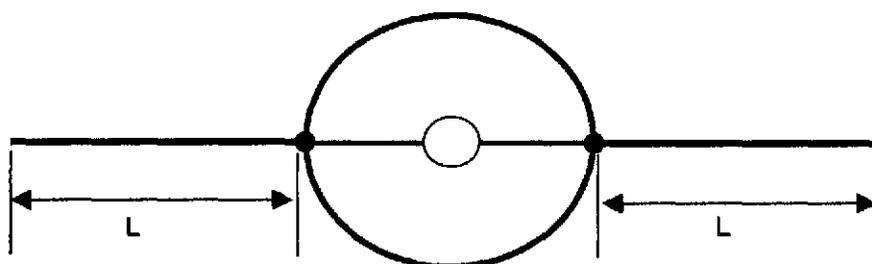
**Configuración C1** (Sistema a tierra con dos electrodos y contrapeso en disposición en anillo)

Configuración compuesta por dos (2) electrodos verticales dispuestos en una circunferencia de 2,5 m de radio mínimo



**Configuración C2** (Sistema a tierra con dos electrodos más contrapeso horizontal y contrapeso en disposición en anillo)

Configuración compuesta por dos (2) electrodos verticales dispuestos en una circunferencia de 2,5 m de radio mínimo. Además de una longitud adicional de contrapeso de longitud  $L$  en ambos lados del poste y en dirección longitudinal al eje de la línea.

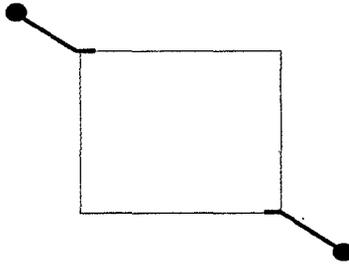


### **Sistema de Puesta a Tierra en Estructuras Metálicas**

Se ha considerado las siguientes configuraciones

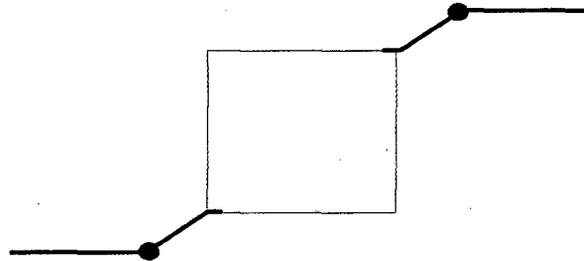
**Configuración C3**

Configuración compuesta por dos (2) electrodos verticales conectados a dos patas de la torre o estructura, a través de conductores horizontales de 2.5 m.



#### Configuración C4

Configuración compuesta por dos (2) electrodos verticales más dos (2) contrapesos horizontales de longitud variable L.



#### Determinación de la Sección de Conductor de Puesta a Tierra

Se dimensionará el conductor de puesta a tierra para soportar las corrientes máximas que puedan circular en una falla a tierra. Siendo la sección transversal mínima a emplearse la calculada según la siguiente relación:

$$S = \sqrt{\frac{I^2 * t * \rho_{20} * \alpha * F_R}{4.1868 * \gamma * C * \ln \left( 1 + \frac{\Delta \theta}{\frac{1}{\alpha} - 20 + \theta_a} \right)}}$$

Donde:

- S Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)
- I Máxima corriente disponible en el conductor (A)
- t Tiempo acumulado de operación de los dispositivos de protección (s)
- $\rho_{20}$  Resistividad del conductor a 20°C en c.c. ( $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m)
- $\alpha$  Coeficiente de variación de la resistencia (°C<sup>-1</sup>)
- $F_R$  Factor de relación entre las resistividades del conductor a corriente alterna y continua = 1 (conductores monometálicos)
- $\gamma$  Masa específica del conductor (g/cm<sup>3</sup>)
- C Calor específico del conductor (cal/g°C)
- $\theta_m$  Temperatura máxima admisible para el conductor (°C)
- $\theta_a$  Temperatura ambiente (°C)
- $\Delta \theta$  Variación de la temperatura =  $\theta_m - \theta_a$  (°C)

Por otro lado, para la puesta a tierra de las estructuras del presente proyecto, se ha establecido el empleo de conductor de cobre, el cual presenta las características dadas en el siguiente cuadro.

CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA	C (cal/g°C)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\alpha$ (°C <sup>-1</sup> )	$\rho_{20}$ ( $\Omega$ mm <sup>2</sup> /m)
Cobre (97%)	0,094	8,90	0,00381	0,017774

Además, considerando una temperatura ambiental de 32 °C y que la temperatura del conductor al final del cortocircuito no sobrepase los 150 °C, se obtiene:

$$S = \frac{I\sqrt{t}}{136}$$

Luego, considerando una corriente de cortocircuito monofásico a tierra de 6,4kA y que los dispositivos de protección operen en 0,5 s , se obtiene:

$$S = \frac{6400 * \sqrt{0,5}}{136} = 33,3mm^2$$

Por lo tanto, la sección transversal del conductor de puesta a tierra a emplearse será de 35mm<sup>2</sup>.

### Cálculo de la Puesta a Tierra

Para las diferentes configuraciones indicadas en el acápite 2.9.5, el valor de la resistencia de puesta a tierra se puede estimar a partir de:

#### Resistencia de Puesta a Tierra de Electrodo en Paralelo (R<sub>1</sub>)

La resistencia de puesta a tierra de electrodos en paralelo se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$R_1 = \frac{\rho_a \times k_1}{2 \times \pi \times L_1} \times \ln\left(\frac{4 \times L_1}{D}\right)$$

Donde:

- R<sub>1</sub> Resistencia de puesta a tierra electrodos en paralelo en Ohm
- $\rho_a$  Resistividad aparente del suelo en Ohm-m
- L<sub>1</sub> Longitud del electrodo (2.4 m)
- D Diámetro del electrodo (0.016 m)
- k<sub>1</sub> Factor de corrección

#### Resistencia de Puesta a Tierra de un Conductor Horizontal Enterrado a una Profundidad "p" (R<sub>2</sub>)

$$R_2 = \frac{\rho_a}{\pi \times L_2} \times \left[ \ln\left(\frac{2 \times L_2}{\sqrt{2 \times r \times p}}\right) - 1 \right]$$

Donde:

- $R_2$  Resistencia de puesta a tierra de un conductor horizontal Ohm  
 $\rho_a$  Resistividad aparente del suelo en Ohm-m  
 $L_2$  Longitud total del conductor enterrado en m  
 $r$  Radio del conductor en m  
 $p$  profundidad de enterramiento del conductor en m (0.6 m mínimo)

### Resistencia Mutua ( $R_M$ )

$$R_M = \frac{\rho_a}{\pi \times L_2} \times \left[ \operatorname{Ln} \left( \frac{2 \times L_2}{L_1 \sqrt{L_1 + 2 \times p}} \right) - \frac{p}{L_1} \times \operatorname{Ln} \left( \frac{L_1 + 2 \times p}{2 \times p} \right) \right]$$

### Resistencia de Puesta a Tierra Total ( $R_T$ )

La resistencia total del sistema de puesta a tierra esta constituida por la combinación de la resistencia de los electrodos verticales en paralelo ( $R_1$ ) y la resistencia del conductor horizontal enterrado ( $R_2$ ) y es estimada a través de la fórmula de SCHWARZ'S

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2 + R_M^2}{R_1 + R_2 - 2 \times R_M}$$

En el Anexo N° 3 se presentan los cálculos de la resistencia de puesta a tierra de cada estructura.

### Paralelismo con Líneas de Comunicaciones

En el tramo comprendido entre la torre N° 75A y la SET Lurín, el eje de la línea de transmisión 60kV proyectada se desplaza por encima y en forma paralela a líneas de comunicaciones existentes de propiedad de Telefónica del Perú.

Debido a que la línea de transmisión en 60kV ejercerá efectos de inducción que sobrepasan los límites permisibles sobre la línea de comunicación, se recomienda tomar cualquiera de las siguientes medidas:

- a) Emplear los medios de protección adecuados para soportar la tensión esperada que será aplicada al aislamiento, evitando someter al usuario del aparato telefónico o acometida telefónica a tensiones de toque o de paso peligroso. Estos medios de protección en los cables de comunicación deberán ser empleados incluso cuando se instalen de forma subterránea debajo de la línea de transmisión y en forma paralela.
- b) Reubicar la línea de comunicación a mas de 10m del eje de recorrido de la línea de transmisión en 60kV.

En el Anexo N° 7 se adjunta los cálculos de inducción electrostática y electromagnética sobre las líneas de telecomunicaciones.

## CALCULOS MECANICOS

### Cálculo Mecánico del Conductor

#### Selección de la tensión EDS y Calculo de Amortiguadores

Según Norma VDE 0210 para líneas aéreas de energía eléctrica de tensiones nominales mayores de 1kV, los conductores de aleación de aluminio de diámetros menores que 25 mm y sin protección antivibrante, tienen la siguiente limitación de esfuerzo EDS :

$$- \text{ Esfuerzo EDS} = 44 \text{ N/mm}^2 \text{ } \langle \rangle \text{ } 4,49 \text{ kg/mm}^2$$

La misma norma señala que con esta limitación existe un mínimo riesgo de daños en el conductor debidos a vibraciones.

El esfuerzo máximo de rotura del conductor de aleación de aluminio 304 mm<sup>2</sup> es:

$$\sigma_{MAX} = \frac{9311kg}{304mm^2} = 30,63kg / mm^2$$

luego,

$$\sigma_{EDS} = \left( \frac{4,49}{30,63} \right) \times 100\% = 14,7\%$$

Entonces, se asume el esfuerzo unitario EDS máximo para el conductor sin protección antivibrante para condiciones finales igual al 14,7 % del esfuerzo de rotura del conductor.

Por lo tanto se fijará como EDS inicial igual al 14% del esfuerzo de rotura del conductor, con lo cual se garantiza que no se produzcan daños por vibración en el conductor a instalarse, por lo que no se especificará en ningún caso el empleo de amortiguadores en la línea de transmisión proyectada.

#### Hipótesis de Carga

De las características climatológicas establecidas en el Item 1.3., se aplica las condiciones más exigentes según lo establece el CNE, para nuestro caso la presión de viento será de 80 km/h a 15°C.

HIPOTESIS Nº 1	:	TENSIÓN DE CADA DIA (EDS)
Temperatura media	:	20°C
Presión del viento	:	0 kg/m <sup>2</sup>
Esfuerzo de Trabajo	:	14% de carga de rotura (inicial)

HIPOTESIS Nº 2	:	MÁXIMO ESFUERZO (Viento Máximo)
Temperatura media	:	15°C
Presión del viento	:	30,82 kg/m <sup>2</sup> (80 km/h)
Esfuerzo de Trabajo	:	<60% de carga de rotura (Art. 261.H.2.a CNE)

HIPOTESIS N° 3 : ESFUERZO SIN CARGA EXTERNA  
 Temperatura : 25°C  
 Presión del viento : 0 kg/m<sup>2</sup>  
 Esfuerzo de Trabajo : <20% de carga de rotura (Art. 261.H.2.b CNE)

HIPOTESIS N° 4 : TEMPERATURA MAXIMA  
 Temperatura máxima : 80°C + CREEP (Art. 232.A.2)  
 Presión del viento : 0 kg/m<sup>2</sup>

HIPOTESIS N° 5 : FLECHA MINIMA (TEMPERATURA MINIMA)  
 Temperatura mínima : 5°C  
 Presión del viento : 0 kg/m<sup>2</sup>  
 Esfuerzo de Trabajo : <60% de carga de rotura (Art. 261.H.2.a CNE)

HIPOTESIS N° 6 : OSCILACION DE LA CADENA  
 Temperatura media : 25°C (Art. 235.B.2)  
 Presión del viento : 29.5 kg/m<sup>2</sup> (78.3 km/h, P=290 Pa)

#### Cambio de estado del conductor

El cambio de estado del conductor para los diferentes vanos y distintas condiciones ambientales, se considera regida por la ecuación cúbica:

$$T_f^3 + T_f^2 * \left[ \frac{d^2 W_i^2 E \cos^3 \phi}{24 S \sigma_i} + \alpha (t_2 - t_1) E S \cos \phi - \sigma_i S \right] - \frac{d^2 W_f^2 E S \cos^3 \phi}{24} = 0$$

Donde :

Tf = Tiro horizontal final (N)  
 d = Vano (m)  
 Wi = Peso unitario inicial (N/m)  
 Wf = Peso unitario final (N/m)  
 S = Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)  
 σi = Esfuerzo horizontal unitario inicial (N/mm<sup>2</sup>)  
 t2 = Temperatura final (°C)  
 t1 = Temperatura inicial (°C)  
 α = Coeficiente de dilatación lineal (1/°C)  
 E = Módulo de elasticidad (N/mm<sup>2</sup>)

$$\cos \phi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{H}{D}\right)^2}}$$

H/D = Relación desnivel / vano

## Resolución de la ecuación de cambio de estado del conductor

La Ecuación de Cambio de Estado del conductor esta dado por la siguiente expresión:

$$X^3 + PX + Q = 0$$

Donde los coeficientes P y Q son definidos de la siguiente manera:

$$P = \frac{W_i^2}{\sigma_i^2 W_f^2} - \frac{24\alpha S^2 (t_2 - t_1)}{d^2 W_f^2 \text{Cos}^2 \phi} + \frac{24S^2 \sigma_i}{d^2 W_f^2 E \text{Cos}^3 \phi} \quad Q = \frac{24S^2}{d^2 W_f^2 E \text{Cos}^3 \phi}$$

Siendo :

$$X = \frac{S}{T}$$

La resolución de esta ecuación es realizada a través del software PLS-CADD, donde los datos de entrada del programa son:

### Conductor:

Sección, diámetro, peso unitario, módulo de elasticidad y coeficiente de dilatación lineal.

### Condiciones:

Temperatura inicial, temperatura final, presión de viento inicial y final.

### Esfuerzos :

Tiro horizontal unitario inicial, relación desnivel/vano y vanos reales.

En el Anexo N° 4 se presentan las salidas del programa, en el cual para cada vano seleccionado se presentan los siguientes resultados:

- Tiro horizontal final del conductor
- Flecha del conductor en estado final y
- Parámetro del conductor

## Cálculo Mecánico de las Estructuras

En este capítulo se presentan las Hipótesis de Carga y los Diagramas de Cargas actuantes sobre las estructuras. En el documento "Anexo 3" del presente informe se presentan los detalles de los cálculos mecánicos para las estructuras metálicas.

## Definiciones Básicas de Diseño para el Calculo Mecánico de las Estructuras

Cada tipo de estructura se diseñara en función de sus vanos característicos siguientes:

- Vano lateral: El vano mas largo admisible de los adyacentes a la estructura, que determina las dimensiones geométricas.
- Vano viento: La longitud igual a la semisuma proyectada de los vanos adyacentes.
- Vano peso : La distancia horizontal entre los puntos mas bajos (reales o ficticios) del perfil del conductor en los dos vanos adyacentes a la estructura y que determinan la reacción vertical sobre la estructura en el punto de amarre del conductor.

En el diseño de las estructuras, se tendrá en consideración el ángulo de desvío máximo admitido para los conductores.

### **Hipótesis de carga para el cálculo de las estructuras**

Referencia Norma VDE 0210/5.69

#### **Caso 1. Cargas Normales – Máximo Esfuerzo**

En condiciones de cargas normales se admitirá que la estructura está sujeta a la acción simultánea de las siguientes fuerzas:

**Cargas Verticales:**

El peso de los conductores, aisladores y accesorios para el vano gravante correspondiente.

El peso propio de la estructura.

**Cargas Transversales:**

La presión del viento sobre el área total neta proyectada de los conductores, y cadena de aisladores para el vano medio correspondiente.

La presión del viento sobre la estructura.

La componente horizontal transversal de la máxima tensión del conductor determinada por el ángulo máximo de desvío.

**Cargas Longitudinales:**

El tiro unilateral resultante del desequilibrio de cargas de todos los conductores.

#### **Caso 2. Cargas Excepcionales – (Rotura de Conductor Superior):**

En condiciones de carga excepcional se admitirá que la estructura estará sujeta, además de las cargas normales, a una fuerza horizontal correspondiente a la rotura del conductor superior.

Esta fuerza tendrá el valor siguiente:

- Para estructuras de suspensión: 50% de la máxima tensión del conductor
- Para estructuras de anclaje y terminal: 100% de la máxima tensión del conductor

Esta fuerza será determinada en sus componentes longitudinal y transversal según el correspondiente ángulo de desvío.

### **Caso 3. Cargas Excepcionales – (Rotura de Conductor Medio)**

Idem al Caso 2 para el conductor medio.

### **Caso 4. Cargas Excepcionales – (Rotura de Conductor Inferior)**

Idem al Caso 2 para el conductor inferior.

### **Caso 5 - Cargas de Montaje**

Se considerarán cargas verticales iguales al doble de las máximas cargas verticales normales.

## **Factores de Sobrecarga para Estructuras**

Se tomará como referencia el Nuevo Código Nacional de Electricidad para el caso de grado de construcción tipo C, (Art. 253 - Tabla 253-1), esto es:

Estructuras de Madera:

- Cargas Verticales	:	1,50
- Cargas Transversales debido al viento	:	1,75
- Cargas Transversales debido a la tensión:		1,30

Estructuras Metálicas:

- Cargas Verticales	:	1,50
- Cargas Transversales debido al viento	:	2,20
- Cargas Transversales debido a la tensión:		1,10
- Cargas Longitudinales en anclajes	:	1,10

## **Factores de Resistencia para Estructuras**

El Código Nacional de Electricidad (Tabla 261-A) establece que los valores de sobrecarga dados en el ítem anterior deberán ser utilizados con los siguientes factores de resistencia:

- Estructuras de Madera	:	0,85
- Estructuras Metálicas	:	1,00

## **Diagramas de cargas sobre las estructuras**

Los diagramas de cargas sobre las estructuras y los cálculos respectivos, se muestran en el Anexo N° 5. Además en este anexo se incluyen los cálculos mecánicos de las estructuras de postes de madera.

## **Ubicación de Estructuras**

### **Generalidades**

Para efectuar la distribución de las estructuras, se considera la optimización técnica-económica utilizando los diseños de las estructuras de postes de madera y de torres metálicas de celosía, en función de sus alturas y la utilización del programa PLS-CADD que permite optimizar la distribución de estructuras.

### **Parámetros de Ubicación**

Los parámetros de ubicación se han seleccionado para la condición del conductor en temperatura máxima en estado final (después de creep) y viento promedio (aproximado a 0 kg/m<sup>2</sup>); los cálculos de los parámetros para cada vano equivalente se efectuaron con el programa PLS-CADD.

### **Efecto Creep**

Se indica en el acápite N° 2.4.5.

### **Resultados de la Distribución**

En el Anexo N° 6 se muestran las Planillas de Estructuras (Hojas de Localización), en donde se señalan las principales características de cada estructura de la Línea, el cual esta dividido en los siguientes tramos para efectos de construcción:

- Tramo A : Torre 75A - SET Lurín
- Tramo B : SET Lurín – Torre 91

# **INDUCCIÓN ELECTROSTÁTICA Y ELECTROMAGNÉTICA SOBRE LÍNEAS DE TELECOMUNICACIONES**

## **OBJETIVO**

El presente documento tiene como objetivo el de brindar el sustento técnico por el cual se deberá tomar las acciones pertinentes respecto a las redes de comunicaciones que se encuentran en forma paralela y por debajo de la Línea en 60kV proyectada L-621 / L-622 Y L-621 / L-624, doble terna, en el tramo comprendido entre la torre 75-A y la SET Lurín de 1,3 km de longitud.

El sustento técnico esta basado fundamentalmente en la cuantificación de los efectos de inducción electrostático y electromagnético de la línea de transmisión de 60kV doble terna, sobre los cables de telecomunicaciones.

Para el desarrollo del presente informe se ha utilizado el software ATP que es capaz de evaluar las impedancias mutuas entre línea de trasmisión y cable de telecomunicación.

## **INTRODUCCIÓN**

La reubicación de las líneas de transmisión en 60 kV L-621/L-622 y L-621/L-624, trae consigo algunos fenómenos que deben ser considerados ya que estos pueden influir en el régimen normal de funcionamiento de instalaciones de sistemas de comunicaciones existentes.

Uno de los fenómenos que interesan son los efectos electrostáticos sobre objetos cercanos a la línea, que básicamente están en función de la tensión de operación de esta.

Asimismo los efectos electromagnéticos pueden ser considerables si se tiene en cuenta que estos dependen del nivel de corriente, que en condiciones de falla puede incrementarse considerablemente (fallas no simétricas).

## **BASE TEÓRICA**

### **Fenómeno de Inducción**

El ambiente electromagnético creado por las líneas de transmisión de potencia es bastante complejo, ya que intervienen diferentes factores como la disposición geométrica de los conductores y sus retornos por tierra. Los campos creados a la frecuencia nominal de 60 Hz son los predominantes en cuanto a magnitud y duración, aunque en la línea de potencia circulan otras corrientes con frecuencias armónicas que también producen campos electromagnéticos, por lo que los campos electromagnéticos creados por líneas de transmisión se clasifican como campos de extra baja frecuencia (Extremely Low Frequency, ELF).

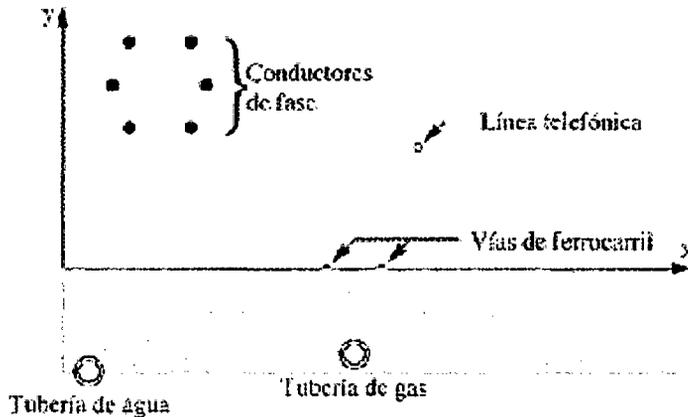
Existen otros tipos de fuentes dentro de la misma línea de transmisión que producen campos electromagnéticos en otros anchos de banda, por ejemplo, corona en líneas de transmisión.

El uso de corredores comunes para líneas de transmisión de potencia y otros sistemas de transmisión huéspedes (cables de telecomunicaciones, tuberías de gas, vías de ferrocarril, etcétera) pueden tener problemas debido al acoplamiento

electromagnético. En la figura 1 se muestra una línea aérea de potencia de doble circuito y los sistemas a los que se les pueden inducir corrientes.

**FIGURA 1**

Sección transversal de una línea aérea de transmisión con doble circuito y los sistemas en los que puede inducir corrientes.



### Campo Magnético Creado por las Líneas de Transmisión

Las corrientes que circulan en los conductores de fase son la fuente de los campos magnéticos creados alrededor de las líneas de transmisión. Estas corrientes tienen una variación estadística, considerando la magnitud y duración, que depende de la fluctuación de la carga durante el día. El retorno por tierra de las líneas de potencia y el sistema de transmisión huésped (líneas telefónicas por ejemplo) forman un lazo con un área efectiva por la cual existe un flujo magnético neto variable en el tiempo. Esto resulta en un voltaje magnéticamente inducido en el lazo, a consecuencia de la ley de Faraday, donde el voltaje inducido depende de la densidad de flujo magnético, tal y como se muestra en la siguiente expresión:

$$fem = \frac{d\Phi}{dt}$$

Dos de los factores importantes en la creación del campo magnético a nivel de tierra son la ubicación de las trayectorias de circulación de retorno por tierra y sus magnitudes de corriente.

Normalmente los derechos de vía se comparten con tuberías enterradas u otros objetos que pueden desviar las trayectorias de las corrientes de retorno, haciendo más complejo el análisis de los campos producidos.

Si se considera que la corriente en el conductor de fase (fuente de corriente) debe tener una corriente de retorno, esta corriente debe ser igual a las corrientes que circulan en la tierra, conductor neutro, líneas telefónicas, tuberías metálicas enterradas, cables de guarda u otros objetos metálicos que comparten el mismo derecho de vía.

El voltaje inducido en sistemas que comparten un mismo derecho de vía con líneas de potencia es el resultado de la superposición del efecto de la corriente de cada conductor de línea.

### **Campo eléctrico longitudinal**

Cualquier sistema huésped que comparta el mismo corredor o derecho de vía con una línea de transmisión de potencia será excitado por el campo eléctrico longitudinal creado por las corrientes de fase.

### **Acoplamiento de energía electromagnética**

Las líneas de potencia pueden inducir corrientes en los conductores de telecomunicaciones, vías de tren y tuberías subterráneas que comparten el mismo derecho de vía con las líneas de potencia. La solución al problema principal se puede plantear atendiendo a dos objetivos:

Seguridad del personal de mantenimiento en el sistema huésped (telecomunicaciones, sistema de tuberías, etc).

Compatibilidad de operación de los sistemas eléctrico y electrónico de los sistemas huéspedes.

No existe una regla o norma para la regulación de límites de los efectos de inducción en este tipo de problemas, por lo que se tiene que acordar un criterio límite para cada caso. Las medidas de mitigación del problema se toman de acuerdo con los criterios de protección de personal, con los criterios de limitación de voltaje inducido magnéticamente en cualquier equipo y según la corriente disponible por inducción electrostática.

El análisis del voltaje inducido, en cualquiera de los sistemas mencionados anteriormente y que comparten el mismo derecho de vía con líneas de potencia, depende de la corriente que circule en los conductores.

El voltaje inducido en estos sistemas puede existir en una longitud considerable del elemento receptor, por lo que se hace necesario el uso de procedimientos para la reducción de estos voltajes a niveles aceptables. Aun en sistemas donde el voltaje inducido es despreciable, es necesario analizar tanto al sistema receptor como a la línea de potencia en caso de que se pretendan realizar modificaciones.

### **Tipos de interferencia en el medio ambiente electromagnético**

Los efectos electromagnéticos producidos por la línea de 60 kV en derechos de vía compartidos se evaluaron con la finalidad de obtener límites de interferencia. Se analizaron varias causas de interferencia para el caso de líneas de comunicaciones, éstas comprenden las siguientes áreas:

- Tensión inducida por la Máxima Demanda.
- Tensión inducida por Corrientes de falla trifásica.
- Tensión inducida por Corrientes de falla monofásica a tierra.

## **Tensión inducida por la Máxima Demanda**

Las líneas de transmisión producen un campo magnético de baja frecuencia asociado con las corrientes en los conductores. Si se conocen las corrientes en los conductores es posible calcular el campo magnético usando la ley de Biot-Savart, la cual establece que el campo magnético en un punto p debido a una diferencia de corriente  $I dl$ , es directamente proporcional al producto de la corriente e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia  $r$  entre el punto y la corriente. Esta ley se puede expresar matemáticamente como:

$$H = \int \frac{I dl \times da_t}{4\pi r^2}$$

Se realizaron cálculos de la inducción de tensión en el ambiente del derecho de vía compartido con la finalidad de obtener los límites máximos a los que se ven sometidos las líneas de comunicaciones. El cálculo del campo magnético se obtiene por cada fase de la línea involucrada; en nuestro caso se simuló una corriente igual para cada una de las fases, suponiendo las corrientes de la línea balanceadas. La contribución de cada corriente de fase se suma al campo magnético total por superposición.

Las líneas de fuerza magnética varían con la distancia a la fuente (la línea de transmisión), por lo que la magnitud del flujo magnético variará, aumentando con la altura sobre el nivel de tierra.

Otra causa de campo magnético en el derecho de vía, que podría dar valores superiores a los discutidos anteriormente, es el desfaseamiento en el voltaje de la línea de 60kV, mismo que normalmente se tiene en líneas de distribución de energía.

## **Tensión inducida por Corrientes de falla trifásica y monofásica a tierra**

En el caso de corrientes de falla en la línea, es posible producir campos magnéticos superiores a los que resultan de las corrientes nominales de carga.

Para el caso de circulación de corrientes en las fases o conductores de la línea de 60kV, se simularon las corrientes de falla para calcular las tensiones inducidas en el cable de comunicación.

## **ANÁLISIS DEL SISTEMA MODELO**

### **Criterios y Metodología**

El Sistema Modelo está conformado por la línea de transmisión en 60 kV doble terna, y el cable de comunicación, cuya geometría se muestra en la Fig.2.

Además se considera que la línea de transmisión en 60kV y el cable de comunicación se encuentran en paralelo en una longitud de 1,2km

Las características básicas del Sistema Modelo son:

### Línea de Transmisión 60 kV

Configuración vertical doble terna

La corriente de fase es de 693 A (máxima corriente del conductor)

La corriente de cortocircuito trifásico es de 6,2kA (SET Lurín)

La corriente de cortocircuito monofásico a tierra es de 6,5kA (SET Lurín)

La resistividad eléctrica promedio del terreno es de 100 Ohm-m

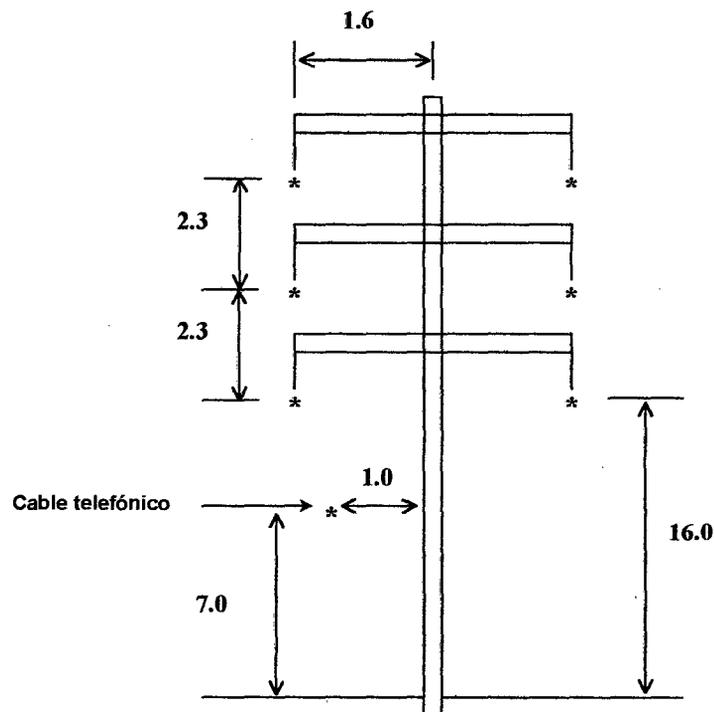
La flecha máxima del conductor es de 5m.

La ubicación equivalente de cada conductor está por debajo en 2/3 de la máxima flecha considerada.

### Cable de Comunicación

El diámetro de conductor es de 0,1cm (valor estimado)

La resistencia eléctrica del conductor 17.24 Ohm/km



**FIGURA 2. Disposición de línea de transmisión y ubicación del cable de comunicación**

### **Resultado de Calculo de Impedancias y Suceptancias Mutuas**

Las impedancias y suceptancias mutuas fueron determinados utilizando las fórmulas de Carson. Para esto se utilizó la herramienta computacional ATP (analysis transient program).

Impedancia mutua de la línea de transmisión sobre cable telefónico: ( $L = 1.2$  km)

Z <sub>1-7</sub> (ohm/km)		Z <sub>2-7</sub> (ohm/km)		Z <sub>3-7</sub> (ohm/km)	
0.0575	0.3280	0.0577	0.3445	0.0578	0.3650

Z <sub>4-7</sub> (ohm/km)		Z <sub>5-7</sub> (ohm/km)		Z <sub>6-7</sub> (ohm/km)	
0.0575	0.3300	0.0577	0.3476	0.0578	0.3706

Capacitancia mutua y propia cable telefónico (pF/km):

C <sub>1-7</sub>	C <sub>2-7</sub>	C <sub>3-7</sub>	C <sub>4-7</sub>	C <sub>5-7</sub>	C <sub>6-7</sub>	C <sub>7-7</sub>
-100.24	-140.92	-289.99	-110.92	-159.13	-332.00	3846.75

Tensión Fase – Tierra (kV):

VR		VS		VT	
34.64	0.00	-17.32	30.00	-17.32	-30.00

Corriente de diseño de la cada línea: 693 A.

Corriente de cortocircuito trifásico: 6,4kA

Corriente de cortocircuito monofásico: 6,4 kA

#### Calculo de Tensiones Inducidas

#### CASO 1: Fases (R, S, T) en ambas ternas de arriba hacia abajo

##### a) Acoplamiento Electromagnético

Tensión inducida por la máxima demanda:

$$V_7 = I_{R1}Z_{1-7} + I_{S1}Z_{2-7} + I_{T1}Z_{3-7} + I_{R2}Z_{4-7} + I_{S2}Z_{5-7} + I_{T2}Z_{6-7}$$

$$V_7 = 56 \text{ Voltios}$$

Tensión inducida por falla trifásica (6.4kA):

$$V_7 = I_R Z_{4-7} + I_S Z_{5-7} + I_T Z_{6-7}$$

$$V_7 = 270,7 \text{ Voltios}$$

Tensión inducida por falla monofásica (6.4kA):

$$V_7 = I_0 Z_{4-7} + I_0 Z_{5-7} + I_0 Z_{6-7}$$

$$V_7 = 2719.5 \text{ Voltios}$$

## E. RESULTADOS

1. El montaje de la línea de transmisión con aisladores polimericos fue más rápido que con los aisladores de porcelana.
2. La frecuencia de mantenimiento de los aisladores polimericos disminuyeron y en consecuencia los costos se redujeron.
3. Las salidas de servicio de la línea de transmisión en esta zona por terceros se redujo a cero.
4. Se redujo el impacto ambiental de la línea de transmisión, se pintaron de verde todas las estructuras.
5. Se instalaron antiaves de polietileno en las estructuras para reducir el numero de salidas de servicio por cortocircuito provocados por gallinazos.

## F. CUADROS

### COMPARACION DE COSTOS DE UNA LINEA TRANSMISION DE 60 kV

DESCRIPCION	costo de montaje por km. en dólares	costo de mantenimiento por km. en dólares
Línea 60 kV doble terna con aisladores polimericos	210 408,38	1 320,00
Línea 60 kV doble terna con aisladores de porcelana	260 000,00	2 000,00

Según el Código Nacional de Electricidad, en su regla 223.A, indica que entre las condiciones para requerir de protección en las instalaciones de comunicaciones están:

- 223.A.3 Elevación transitoria del potencial a tierra que sobrepasa los 300V
- 223.A.4 Tensión inducida en estado estacionario de un nivel peligroso

De acuerdo a los resultados obtenidos, el caso mas crítico se da para el caso de inducción electrostática sobre el cable de comunicación, llegándose a valores de hasta 3,37kV.

El caso mas crítico de elevación transitoria de potencial se da para una falla monofásica a tierra llegándose a tener tensiones inducidas de hasta 2,7kV, el cual supera ampliamente el valor dado por la regla 223.A.3 del C.N.E.

## **D. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Efecto Electrostático**

Los resultados de los cálculos han mostrado que el efecto electrostático de la línea de 60kV sobre la línea de comunicación es bastante elevada llegando hasta los 3,37kV de inducción electrostática.

### **Efecto Electromagnético**

Los resultados de los cálculos de tensiones inducidas en el cable de comunicación por efecto de la línea de 60kV, en condiciones una falla monofásica a tierra, indican tensiones superiores a las magnitudes máximas admisibles recomendadas tanto por las normas internacionales como el Código Eléctrico del Perú.

### **Recomendaciones**

Debido a que la línea de transmisión en 60kV ejercerá efectos de inducción que sobrepasan los límites permisibles sobre la línea de comunicación, se recomienda tomar cualquiera de las siguientes medidas:

Emplear los medios de protección adecuados para soportar la tensión esperada que será aplicada al aislamiento, evitando someter al usuario del aparato telefónico o acometida telefónica a tensiones de toque o de paso peligroso. Estos medios de protección en los cables de comunicación deberán ser empleados incluso cuando se instalen de forma subterránea debajo de la línea de transmisión y en forma paralela.

Reubicar la línea de comunicación a más de 10m del eje de recorrido de la línea de transmisión en 60kV.