

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



RED AÉREA COMPACTA EN MEDIA TENSIÓN

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:
HEVER ANTONIO ORDÓÑEZ PAITAMALA
PROMOCIÓN
1992-I

LIMA-PERÚ
2007

RED AÉREA COMPACTA EN MEDIA TENSIÓN

En agradecimiento a mi familia por el apoyo en mi educación.

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPITULO I	
DESCRIPCION DEL SISTEMA AÉREO COMPACTO	2
1.1 Introducción.	2
1.2 Características de los materiales empleados.	3
1.3 Parámetros Eléctricos del Sistema.	7
1.4 Parámetros mecánicos del Sistema.	16
1.5 Operación del Sistema	17
CAPITULO II	
COMPARACION TECNICA ENTRE EL SISTEMA DE RED AEREA COMPACTA Y RED AEREA DESNUDA	18
2.1 Red Aérea desnuda	18
2.1.1 Clasificación de las zonas de instalaciones	19
2.1.2 Dimensionamiento de Redes	20
2.1.2.1 Secciones de conductor económico	20
2.1.3 Condiciones de instalación	21
2.1.4 Estadística de fallas por contactos accidentales ó provocados	22
2.1.5 Esquema topológico de la red aérea de MT	26
2.2 Red Aérea Compacta	27
2.2.1 Confiabilidad de la red aérea compacta.	28
2.2.2. Armados utilizados	31
CAPITULO III	
ANALISIS DE COSTOS	41
3.1 Costos del sistema actual por km	41
Conductor desnudo Al. 70 mm ² .	

	Cable autoportado MT 70 mm ²	
3.2	Costo de la Red aérea compacta 50 mm ²	51
3.3	Beneficios del sistema con red compacta	52
3.3.1	Metodología de cálculo	52
a)	Inversión inicial I _i	52
b)	Costos operacionales C _o	52
c)	Costos sociales C _s	53

CONCLUSIONES

ANEXO A Fotografías instalación de Red Aérea Compacta en el distrito de El Agustino .

ANEXO B Fotografías instalación de Red Aérea Compacta en el distrito de Carabaylo.

ANEXO C Plano de Proyecto red aérea compacta en sector Ancieta en el Agustino

BIBLIOGRAFIA

PROLOGO

La propuesta de utilizar el sistema de Redes Compactas en las redes de media tensión como alternativa a las redes desnudas, que tradicionalmente se utilizan en las Empresas de Distribución se orienta en el sentido de evitar interrupciones accidentales por cortocircuito ó fase a tierra. Este sistema utiliza conductores protegidos con capa de aislantes de polietileno reticulado, y va sostenido con separadores poliméricos cada 8 ó 10 m, evitando el uso de aisladores, con el fin de reducir las interrupciones por contacto accidentales.

Al utilizar este nuevo sistema se tendría las siguientes ventajas:

- Sistema de seguridad contra contacto accidental ó provocado.
- Características del Sistema, como red protegida.
- Confiableidad del sistema.

Además se ha realizado una Comparación técnico económico entre Redes Compactas y Redes desnudas, utilizadas actualmente, teniendo presente el tiempo de instalación y las fallas que se han producido en una empresa de distribución de Lima.

- Análisis de costos durante el tiempo

El objetivo principal fue mejorar la actuación ante las fallas descritas anteriormente que pudieran ocurrir en las redes aéreas de media tensión, dando seguridad a equipos y vidas humanas, así como mejorar la continuidad y calidad del servicio.

CAPITULO I

DESCRIPCION DEL SISTEMA AEREO COMPACTO

1.1 INTRODUCCIÓN

Conductores protegidos han sido usados en aplicaciones aéreas por cerca de 50 años. A pesar de esta historia, el diseño, aplicación y operación de estos diferentes tipos de construcción de conductor son frecuentemente mal entendidos y confundidos con algún otro.

Las empresas de distribución tienden a incrementar sus necesidades para una gran confiabilidad y gran calidad de servicio, crecientes preocupaciones sobre campos electromagnéticos, incrementan la dificultad en obtener derecho de vía y corte de árboles, y dificultad en mantenimiento en espacios en áreas congestionadas.

El término conductor cubierto es un término genérico para describir un alambre o conductor con una cubierta, sin limitaciones como el espesor o propiedades o la cubierta. Conductor resistente a la intemperie y el cable compacto son dos formas de conductor cubierto. El cable aéreo totalmente blindado es considerado como aislado, antes que cubierto.

- **Cable Resistente a la intemperie (cubierto)** ha estado en uso por muchas décadas para proveer resistencia a la intemperie a conductores aéreos. Las cubiertas ayudan a reducir interrupciones debido a tormentas y vientos, donde objetos pueden contactar a las líneas o las líneas entran en contacto. Alguna de las primeras cubiertas consistió de un combinación de goma natural y compuestos de asfalto saturado y algodón trenzados. Esas cubiertas no resistieron adecuadamente, fueron sujetos a agrietamientos en un período relativo corto de tiempo. Otra cubierta inicialmente incluida polietileno gris y el polietileno enmallado que no fueron suficientemente resistente a la luz solar. Estos también se agrietan con una prolongada exposición al sol. Modernas conductores cubiertos utilizan una delgada cubierta de polietileno termoplástico o reticulado que normalmente no se agrietan.

- Características de operación de Cables Aislados y no aislados

De los dos diferentes tipos de materiales aislante (aire y polietileno), una distorsión del campo eléctrico resulta en el flujo de líneas llegando a la cubierta/ límite del aire a un ángulo diferente de 90° . Cuando la distancia a tierra (D) es grande comparada con el conductor/cable diámetro (d), el campo de distorsión es pequeño. Sin embargo, como el valor de D decrece, la distorsión se incrementa. La distorsión resulta en fuerzas tangenciales significativas y/o gradientes de voltajes en los límites o en la superficie de la cubierta. Significativos gradientes de en la superficie resultan en un flujo de corriente en la superficie que es una fuente de tensión de radio interferencia (RIV : Radio interference voltage) que erosionara la cubierta del conductor. Este flujo de la corriente en la superficie y la erosión de la cubierta es comúnmente conocida como tracking.

Similar fuerzas son desarrolladas a un menor grado cuando, en lugar de una tierra plana, un aislador o espaciador hecho de un material con una constante dieléctrica significativamente alta que esa de la cubierta del cable esta entrando en contacto con el conductor cubierto. La cubierta de polietileno termoplástico o termoestable (crosslinked) tiene una constante dieléctrica en el orden de 2.3 a 2.5, mientras que los rangos típicos de la porcelana son de 6-9.

RIV y/o la erosión debida al tracking comúnmente ocurre con el uso de conductores cubiertos en aisladores de porcelana. Para limitar el tracking y el RIV, muchas empresas de distribución remueven la cubierta al apoyarse en los aisladores, dejando el conductor expuesto en esta parte de la red.

La Red aérea Compacta para Media Tensión (10 kV), es una línea de suministro eléctrico que consiste de tres conductores de aluminio cubiertos con una capa de polietileno de alta densidad (XLPE), y separados entre ellos por aisladores separadores de polietileno de alta densidad, cada 10 metros, y soportados por un cable portante de acero galvanizado.

1.2 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES EMPLEADOS

Los principales materiales empleados son los siguientes:

Aislador polimérico tipo PIN, de polietileno de alta densidad, línea de fuga 345 mm, clase 25 kV, Tensión a frecuencia industrial 50 kV, impulso 140 kV, carga de flexión mínima de 1500 daN.

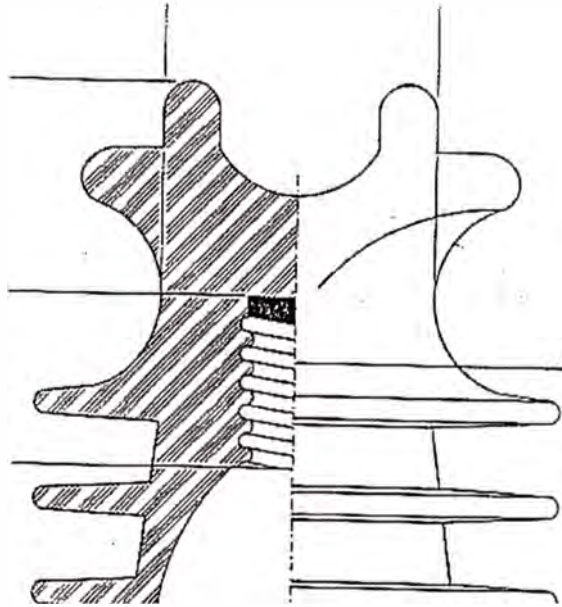


Fig. 1.1. Aislador tipo Pin de polietileno de alta densidad

Aislador polimérico tipo anclaje, clase 25kV, con horquilla metálica (clevis tongue).

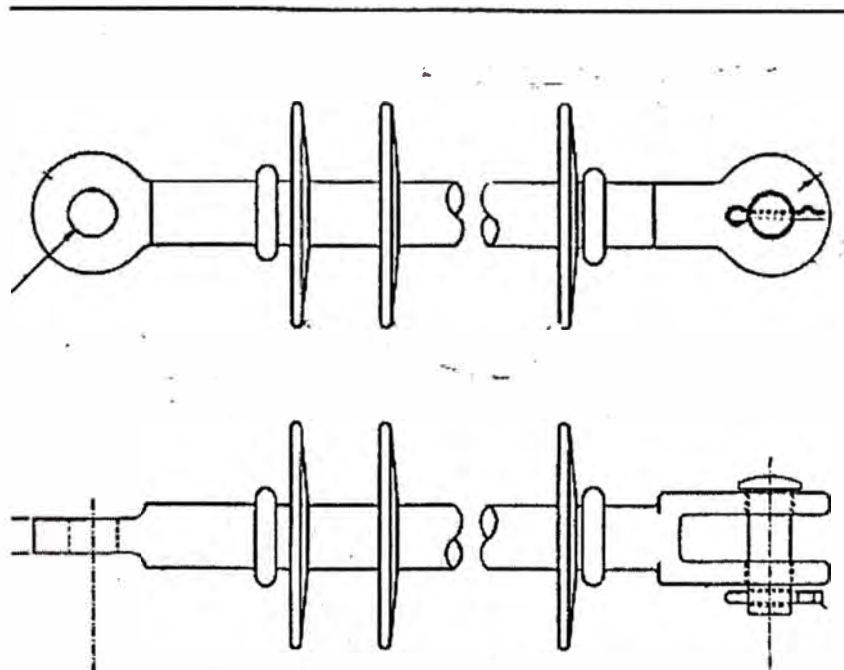


Fig.1.2. Aislador polimérico tipo anclaje

- **Cable protegido de aluminio cableado compacto**, El conductor de aluminio a utilizar es del tipo 1350 con conductividad del 62%, la formación de los conductores es

compactada, con lo que se reduce el diámetro total sobre la aislación, con Temperatura de Operación de 90°C, clase 2, de 25kV., de 1x50 mm² con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE) 4 mm. de espesor.

Tabla N° 1.1: Características Físicas y eléctricas del cable cubierto clase XLPE 8,7/15 kV

Sección transversal (mm ²)	No. de hilos	Diam. Nominal (mm)	Diámetro Nominal externa(mm)	Minima carga rotura (daN)	Max. Resistenci a eléctrica cc, a 20° C	Peso kg/km
50	7	8.2	14.2	650	0.641	260

- **Espaciador de cable 25 kV, 50 mm²**, hecho de material polimérico y que soportará y separará los cables a lo largo de la línea manteniendo el aislamiento eléctrico y proveyendo una disposición compacta, los espaciadores son hechas de una sola pieza de polietileno de alta densidad ú otro material polimérico que cumple con los requerimientos y serán resistentes al tracking eléctrico y a la radiación ultravioleta

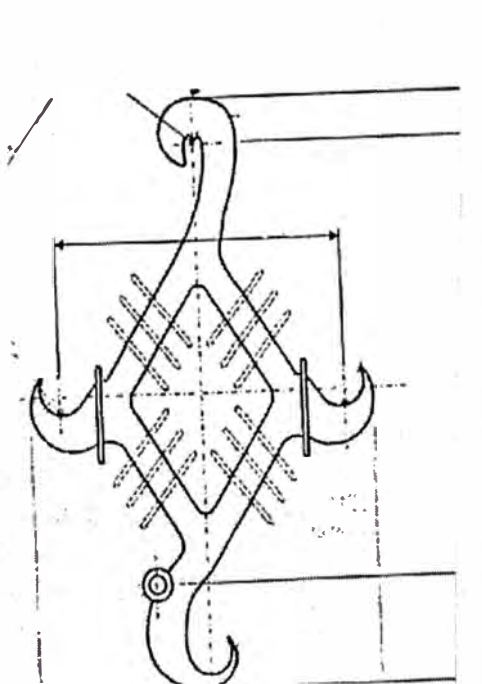


Fig.1.3. Espaciador de cable

- **Amarre para espaciador polimérico y para aislador polimérico tipo PIN** clase 35 kV.

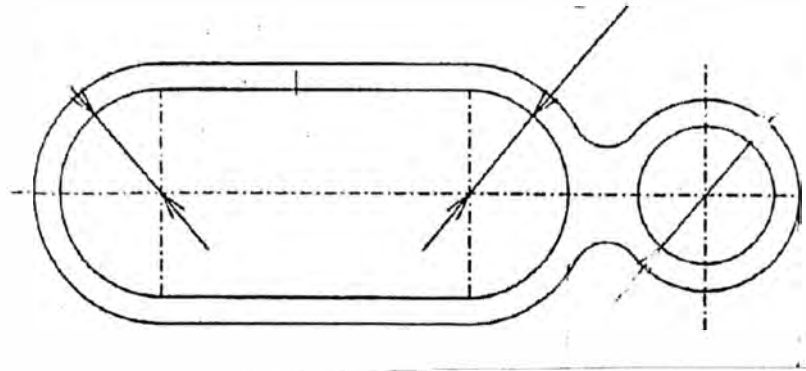


Fig.1.4. Amarre para espaciador

- **Brazo antibalanceo.** Accesorio de material polimérico cuya función es la fijación del cable espaciador, evitando la aproximación ó acercamiento de cables cubiertos junto a estructuras y reduciendo así la vibración de las redes compactas.

El brazo antibalanceo es fabricado con un compuesto a base de poliamida color negro y es desenvuelto exclusivamente para obtener características mecánicas a atender como requisitos de resistencia a los rayos ultravioletas y tracking eléctrico a la intemperie exigido en este tipo de redes.

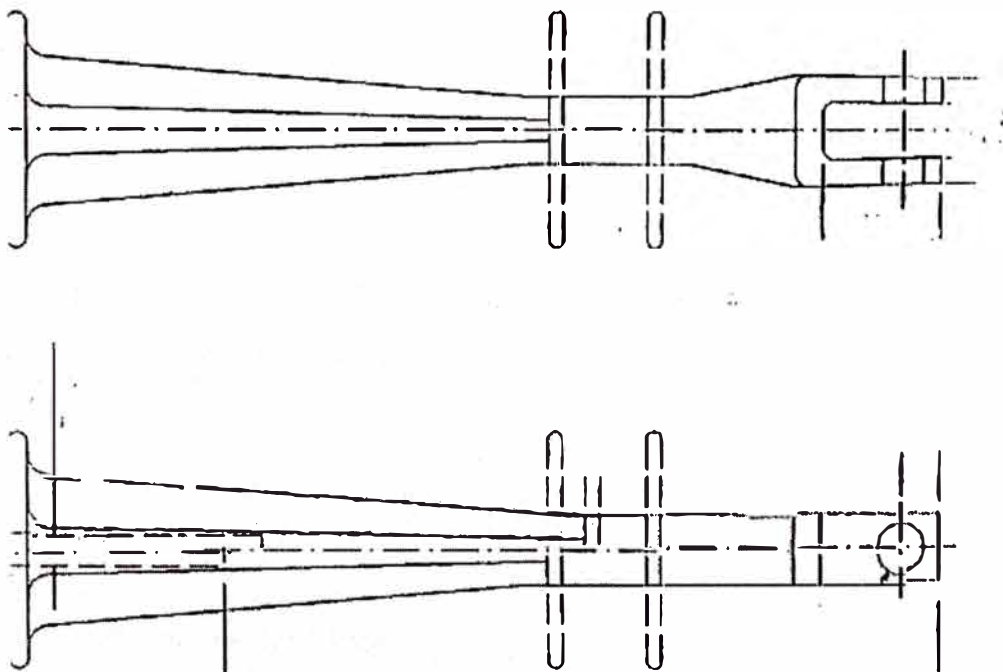


Fig.1.5. Brazo antibalanceo

- Cable de Acero (Portante)

La instalación del sistema de red compacta con espaciadores (Space Cab) necesita de un cable de acero portante el que tendrá las características siguientes:

Tabla N° 1.2: Características del portante

Diámetro Aparente (mm)	Sección (mm ²)	Peso unitario (kg/km)	Carga rotura (daN)	Módulo elasticidad (daN/mm ²)	Coefficiente de dilatación (1/°C)
9.5	58.01	407	4900	18,500	0.0000115

1.3 Parámetros Eléctricos del Sistema

Las características eléctricas de un conductor son una de las más importantes consideraciones cuando seleccionamos un conductor. La resistencia de un conductor determina las pérdidas de un conductor y limita la máxima capacidad de corriente disponible. Las pérdidas de inductancia y reactancia capacitiva afectan la actuación del sistema.

Conductividad del metal, área transversal, construcción, temperatura, frecuencia, y la densidad de corriente determina las propiedades eléctricas de un conductor. Sin embargo en servicio, esas propiedades eléctricas también son influenciadas por la ubicación física de un conductor en relación a otros conductores y la tierra.

1.3.1 Resistencia DC

La resistencia dc de un conductor es una función de su área transversal, longitud y resistividad de volumen y puede ser expresada como:

$$R = P_v \left(\frac{L}{A} \right) \quad (1.1)$$

Dónde:

R = resistencia de conductor

Pv= resistividad de volumen del material del conductor

L = longitud de conductor

A = Area transversal del conductor

La resistencia DC puede también ser expresado en términos de peso conductor y resistividad de peso como sigue:

Expresada en

$$R = \rho_w \left(\frac{L^2}{w} \right) \quad (1.2)$$

Dónde

R = Resistencia de conductor, Ω /uni. de longitud

ρ_w = Peso resistividad del conductor del material

w = Peso de conductor por unidad de longitud.

Resistencia es universalmente expresada en ohms; sin embargo longitud del conductor, peso y área transversal puede ser expresada en muchas unidades diferentes. Las unidades para las constantes de resistividad definen las unidades a ser usadas para área, longitud y peso.

La resistencia de un material es una función de la temperatura. Por tanto, para determinar la resistencia dc a otras temperaturas, la resistencia conocida puede ser corregida usando el coeficiente de temperatura de resistencia para el conductor metálico.

Sobre un moderado rango de temperatura, tal como 0° a 120°C, el cambio en resistencia es considerado proporcional al cambio en temperatura. Por tanto, asumiendo esta relación lineal, la resistencia a una temperatura dada puede ser calculada de una conocida resistencia a una temperatura especificada por:

$$R_{T_2} = R_{T_{ref}} [1 + \alpha_{ref} (T_2 - T_{ref})] \quad (1.3)$$

Donde:

α_{ref} = coeficiente de resistencia de temperatura a temperatura de referencia T1.

T_{ref} = temperatura de referencia, °C.

T_2 = temperatura a la que la nueva resistencia es deseada, °C.

$R_{T_{ref}}$ = resistencia dc a temperatura de referencia T_{ref} .

R_{T_2} = resistencia dc a temperatura T_2 .

De la relación previa, se puede ver que la resistencia de 61.2% conductividad, conductor de aluminio, teniendo un coeficiente de temperatura de 0.00404 a 20°C, incrementa temperatura de aproximadamente 4% por cada 10°C de incremento de temperatura.

Para usar en la ecuación anterior, el coeficiente de resistencia es requerido a la temperatura conocida. Si la resistencia conocida es a una temperatura por el que el coeficiente de resistencia no es dado, el coeficiente de resistencia a la nueva resistencia es determinada como sigue:

$$\alpha_{\text{nuevo}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{ref}}} + (T_{\text{nuevo}} - T_{\text{ref}})} \quad (1.4)$$

Donde:

α_{nuevo} = coeficiente de resistencia a nueva temperatura T_{nuevo} .

α_{ref} = coeficiente de resistencia a temperatura T_{ref} .

T_{nuevo} = temperatura a que el nuevo coeficiente de resistencia es deseado °C.

T_{ref} = Temperatura de referencia °C.

Para calcular la resistencia dc para un conductor cableado, el conductor es asumido ser una combinación paralela alambre sólido corto junto con una predeterminada longitud de capa especificada por ASTM. . Los cableados del conductor pueden ó no pueden ser todos del mismo material. Un método de calcular la resistencia dc para un conductor cableado es dado abajo:

- 1.- Calcular el área transversal de cada uno de los componentes de los materiales del alambre separadamente.
- 2.- Multiplicar las áreas componentes por la resistividad dc a la temperatura de referencia T_{ref} .
- 3.- Multiplicar la resistencia de cada componente por la norma de incrementos debido a cableado (factor cableado) dado en la apropiada norma ASTM..

4.- Encontrar la resistencia dc a la temperatura de referencia como una combinación paralela de los alambres del conductor.

5.- Corregir la resistencia dc a la temperatura deseada.

1.3.2 Inductancia y reactancia inductiva

El cálculo de la inductancia y reactancia inductiva envuelve aplicaciones de los conceptos familiares de campos magnéticos e inducción magnética. Inductancia L de un circuito eléctrico es definido como la relación de la tensión a lo largo del conductor, V , a la velocidad de cambio de corriente, i , pasando através de este:

$$V = L \frac{di}{dt} \quad (1.5)$$

Inductancia

La clásica fórmula de inductancia para un único, redondo, alambre recto en dos conductores, circuito monofásico es:

$$L = \left[\frac{1}{2} + 2 \ln \left(\frac{D}{r} \right) \right] \times 10^{-7} \text{ H/m} \quad (1.6)$$

Donde:

D = distancia entre los centros de los dos conductores.

r = radio del conductor

Nota: D y r pueden ser expresados en las mismas unidades.

El primer término en la ecuación anterior resulta del flujo dentro del conductor y el segundo del flujo fuera del conductor. Desde que la reactancia inductiva es normalmente calculada a un pie de radio del centro del conductor, es conveniente separar el segundo término como sigue:

$$L = \left[\frac{1}{2} + 2 \ln \left(\frac{1}{r} \right) + 2 \ln \left(\frac{D}{1} \right) \right] \times 10^{-7} \quad (1.7)$$

Donde:

$\frac{1}{2} \times 10^{-7}$ = inductancia debido al flujo dentro del conductor.

$2 \times 10^{-7} \ln(1/r)$ = inductancia debido al flujo exterior del conductor a un radio de 1 pie.

$2 \times 10^{-7} \ln(D/r)$ = inductancia debido al flujo externo más allá de 1 pie de radio del conductor a una distancia D.

Por tanto la ecuación anterior puede ser escrita como dos ecuaciones. La primera ecuación para inductancia exterior a un pie de radio es:

$$L_1 = \left[\frac{1}{2} + 2 \ln\left(\frac{1}{r}\right) \right] \times 10^{-7} \text{ H/m} \quad (1.8)$$

La segunda debido al flujo externo a un pie de radio externo a una distancia D es:

$$L_e = 2 \times 10^{-7} \ln\left(\frac{D}{r}\right) \text{ H/m} \quad (1.9)$$

En el caso de una línea de dos conductores la configuración D es la distancia entre centro de conductores.

Reactancia Inductiva

El método más general de cálculo de inductancia y reactancia expresa la distancia entre conductores en términos de distancia media geométrica (DMG) y el radio del conductor en términos de radio medio geométrico (RMG). La DMG es la distancia media geométrica entre algún número de conductores. RMG es el radio definido matemáticamente para un conductor que describe la inductancia de un conductor para flujo interno y externo a un radio de un pie.

Substituyendo y convirtiendo a unidades prácticas de reactancia inductiva:

$$X_L = 0.2794 \left(\frac{f}{60} \right) \log_{10} \left(\frac{1}{\text{RMG}} \right) + 0.2794 \left(\frac{f}{60} \right) \log_{10} \text{DMG} \text{ } \Omega/\text{milla} \quad (1.10)$$

Donde:

f = frecuencia Hz.

RMG = radio medio geométrico del conductor, pie

DMG = separación del conductor en términos de distancia media geométrica, pie.

Separando términos:

$$X_a = 0.2794 \left(\frac{f}{60} \right) \log_{10} \left(\frac{1}{\text{RMG}} \right) \Omega/\text{milla} \quad (1.11)$$

$$X_d = 0.2794 \left(\frac{f}{60} \right) \log_{10} \text{DMG} \quad \Omega/\text{milla} \quad (1.12)$$

Por tanto:

$$X_L = X_a + X_d$$

X_L = Reactancia inductiva debido al flujo interno al conductor más el flujo externo a un radio de 1pie.

X_d = Reactancia inductiva debido al flujo alrededor del conductor de un radio externo de 1 pie al centro del conductor retorno paralelo.

Para dos conductores, línea monofásica de la reactancia inductiva total, fase a neutra es dos veces la reactancia para un conductor como es calculado en la ecuación anterior:

$$X_L = 2 (X_a + X_d) \Omega/\text{milla de circuito}$$

El RMG de un conductor representa el radio de un infinitamente tubo delgado cuya inductancia bajo la misma corriente de carga es igual a ese del conductor.

1.3.3 Capacitancia Shunt y Reactancia Capacitiva

Capacitancia de Derivación

La capacitancia por unidad de longitud de un componente de circuito de distribución, tal como un conductor cableado aéreo es definido como la relación de corriente de carga por unidad de longitud, i_{shunt} , a la relación de cambio de tensión V , en el conductor:

$$i_{shunt} = C \frac{dV}{dt} \quad (1.13)$$

donde la capacitancia por unidad de longitud esta en farads/milla

Bajo condiciones de corriente alterna el sistema de conductor carga y descarga durante cada ciclo, produciendo una corriente capacitiva. Esta corriente rms es usualmente corriente de carga capacitiva y es definida como:

$$I_{Charging} = 2 \pi f C V \text{ amperes} \quad (1.14)$$

Donde:

$f =$ Frecuencia, Hz.

$C =$ capacitancia , F

$V =$ voltage, volts

Considerar una línea aérea monofásica consistente de dos paralela ,cada con radio r , y separado por una distancia D entre centros. Si la diferencia de potencial entre los conductores es V y la carga en cada conductor es q , el voltaje entre los dos conductores es:

$$V_{12} = 36 \times 10^9 (q) \ln \left(\frac{D}{r} \right) \text{ volts} \quad (1.15)$$

Donde :

$V =$ diferencia de potencial entre conductores, volts.

$q =$ carga en cada conductor, coulombs

$r =$ radio del conductor, metros

D = distancia entre centros del conductor, metros

La ecuación anterior es verdadera si las cargas en los dos conductores son iguales en magnitud pero opuesto en signo.

La capacitancia entre conductores es definido como:

$$C = \frac{q}{V} \text{ Farads/metro}$$

De esto:

$$C = \frac{1}{36 \times 10^9 \ln\left[\frac{D-r}{r}\right]} \text{ Farads/milla}$$

Simplificando y convirtiendo a logaritmos comunes , la capacitancia línea a línea es:

$$C = \frac{0.0194}{\text{Ln}_{10}\left[\frac{D-r}{r}\right]} \mu\text{F /milla} \quad (1.16)$$

Para líneas aéreas, el radio del conductor, r, es usualmente pequeño comparado con la separación del conductor D. Para radio de conductor pequeño, se puede asumir que $(D-r) \cong D$. La ecuación anterior puede ser escrita como:

$$C = \frac{0.0194}{\text{Log}_{10}\left[\frac{D}{r}\right]} \mu\text{F /milla}$$

La capacitancia fase a neutro es obtenido pero dividiendo la carga, q, en el conductor por la mitad de la tensión. Así, la capacitancia a neutro es dos veces la expresión dada en la ecuación anterior:

$$C = \frac{0.0388}{\text{Log}_{10}\left[\frac{D}{r}\right]} \mu\text{F /milla} \quad (1.17)$$

Esta expresión es válida para la línea capacitancia a neutro para un sistema trifásico balanceado simétrico con espaciamento equilátero.

La distancia media geométrico, DMG, entre conductores para alguna línea de configuración puede ser calculada por los métodos discutidos en la sección de Inductancia y Reactancia Inductiva. Substituyendo la DMG por la distancia de separación, D, en la ecuación anterior permitirá el cálculo de la capacitancia promedio entre cada conductor y neutro para algún sistema trifásico típico.

$$C = \frac{0.0388}{\text{Log}_{10} \left[\frac{\text{DMG}}{r} \right]} \mu\text{F /milla} \quad (1.18)$$

Reactancia Capacitiva Shunt

La reactancia capacitiva de un sistema conductor es:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \quad (1.19)$$

Donde:

f = frecuencia, Hz

C = Capacitancia

Substituyendo la expresión para C y simplificando lo dado:

$$X_c = \frac{0.0683 \left(\frac{60}{f} \right) \text{Log}_{10} \left[\frac{\text{DMG}}{r} \right]}{\text{M}\Omega\text{-milla}}$$

En la misma manera usada por la reactancia, la ecuación anterior puede ser dividida en dos términos: la reactancia capacitiva a 1 pie de distancia y la reactancia capacitiva externa a un radio de un pie. Rescribiendo ecuación y separando en dos componentes,

$$X_c = \frac{0.0683 \left(\frac{60}{f} \right) \text{Log}_{10} \left[\frac{\text{DMG}}{r} \right]}{\text{M}\Omega\text{-milla}} + \frac{0.0683 \left(\frac{60}{f} \right) \text{Log}_{10} \left[\frac{\text{DMG}}{r} \right]}{\text{M}\Omega\text{-milla}}$$

Donde:

$$X'_a = 0.0683 \left(\frac{60}{f} \right) \text{Log}_{10} \left[\frac{1}{r} \right] \quad \text{M}\Omega\text{-milla} \quad (1.20)$$

$$X'_d = 0.0683 \left(\frac{60}{f} \right) \text{Log}_{10} \left[\frac{1}{r} \right] \quad \text{M}\Omega\text{-milla} \quad (1.21)$$

1.4 Parámetros Mecánicos del Sistema

Los cables cubiertos presentan las siguientes características físicas:

- Cable dotado de cubierta protectora extruida de material polimérico, una reducción de corriente de fuga en caso de contacto accidental del cable con contactos aterrados y disminución de espacio entre conductores. Una cobertura de compuesto de polietileno reticulado (XLPE), resistente al tracking y a la intemperie.
- Diseñado para operar una temperatura ambiente entre 0°C a 40°C.
- Temperatura de operación en régimen permanente de 90°C (XLPE).

Tabla N° 1.2: Características Físicas del cable cubierto clase XLPE 8,7/15 kV

Sección transversal (mm ²)	No. de hilos	Diam. Nominal (mm)	Diámetro Nominal externa(mm)	Mínima carga rotura (daN)	Peso kg/km
50	7	8.2	14.2	650	260

Tabla N° 1.3: Características Mecánicas del cable mensajero-HS

Diámetro Aparente (mm)	Sección (mm ²)	Peso unitario (kg/km)	Carga rotura (daN)	Módulo elasticidad (daN/mm ²)	Coefficiente de dilatación (1/°C)
9.5	58.01	407	4900	18,500	0.0000115

Tensiones y Flechas en el Cable de Acero

Para el cálculo de las tensiones y flecha del cable de acero se sumó al peso propio el peso de los tres conductores de aluminio que debe sostener. Además para el cálculo de la presión del viento sobre el cable de acero se consideró como diámetro total la suma del diámetro del cable de acero más el diámetro de cada conductor de las tres fases.

Con los valores de diámetro de los conductores de aluminio y del cable de acero y los pesos respectivos se ha usado un factor de seguridad de aproximadamente 3 para la tensión máxima del cable de acero.

Se considera para el cálculo una presión de viento de 50 km/h valor que corresponde al sector central del país de acuerdo al CNE.

1.5 Operación del Sistema

En el sistema de la Red Compacta, los conductores no van tensados ya que serán soportados cada 10 m, por los espaciadores poliméricos que van colgados bajo el cable de acero, vuelve el sistema menos vulnerables a cortes de los conductores como podría suceder por caída de árboles o de ramas sobre ellos.

CAPITULO II

COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE EL SISTEMA DE RED AÉREA COMPACTA Y RED AÉREA DESNUDA

2.1 Red Aérea Desnuda

Existen restricciones medio ambientales para la construcción de redes aéreas en los centros históricos de Lima y del Callao. También, influye en el diseño y construcción de las redes el aspecto de seguridad, sobre todo en zonas de alto tránsito peatonal y vehicular, de manera que las instalaciones eléctricas no pongan en riesgo la seguridad de las personas que transitan en su cercanía.

Los materiales utilizados en las redes aéreas deben superar las exigentes condiciones climáticas debido al ambiente corrosivo que se ubica en una franja costera de 5 km. y al ambiente de alta polución debido a calles sin pavimento y por emanación de gases en áreas de alto tránsito de vehículos, a lo cual se añade la ausencia de lluvias.

CARACTERISTICA LEGAL

La Normativa legal obliga a las empresas de distribución a un trato igualitario de todos los clientes, con grandes exigencias de calidad y supervisión del ente controlador y del seguimiento en forma individual de cada cliente. Esto implica que no exista una diferenciación marcada del sistema de distribución entre las diferentes zonas por causa de la calidad de servicio.

La normativa legal para el servicio eléctrico está contenida en la Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley 25844 y Norma Técnica de los Servicios Eléctricos, Decreto Supremo N° 020-97-EM y demás modificaciones a la norma (versión adecuada D.S. N° 040-2001-EM)

2.1.1. CLASIFICACION DE LAS ZONAS DE INSTALACIÓN

Para el análisis de las diferencias zonas en las cuales se deben establecer el nivel de respaldo, equipamiento y esquema de protección, clasificamos las zonas por el tipo de consumo y definimos el tipo de red a utilizar.

En la tabla I se muestra lo mencionado:

Tabla N° 2.1 Zonas de Instalación

ZONAS	Redes
Rural	Aérea
Semi urbano	Aérea
Urbano	Aérea y subterránea
Industrial	Aérea y subterránea

Zona Rural

Comprende zonas periféricas del norte chico y los Centros Aislados; estos últimos son áreas atendidas con pequeñas centrales de generación. Se caracteriza por que las carga están muy dispersas.

Zona Semi urbana

Comprende sectores residenciales de Ancón, Zapallal, Ventanilla, Puente Piedra, Caudivilla y parte del norte chico. Se caracteriza por tener un crecimiento horizontal.

Zona Urbana

Comprende zonas totalmente urbanizadas, tales como las zonas de Los Olivos, El Rímac, Infantas y otras que se caracterizan por tener un crecimiento mayormente horizontal.

Zona Industrial

Comprende la zona industrial de Infantas, Eje Avenidas Colonial con Argentina, Eje Avenida Venezuela, Naranjal, Oquendo y zonas similares, en donde exista concentración de demanda del tipo industrial.

Zona de media densidad

Comprende zonas del Mercado Central, Urbanización Zárate, Eje de Avenida Tomás Valle, el Callao y otras zonas que se caracterizan por tener parque industrial, comercial y residencial totalmente urbanizado.

Zona de alta densidad

Son zonas con concentración de carga Comercial y residencial localizadas en el Centro de Lima, Pando, Urbanización Maranga y Magdalena. Se caracteriza por tener un crecimiento vertical.

De acuerdo a la clasificación dada por zonas geográficas, la funcionalidad que debe presentar las redes de distribución de MT deberá ser: la entrega de suministro eléctrico en condiciones de Calidad de Servicio al amparo del marco regulatorio vigente (NTCSE), para cada uno de los sectores que abastecen. En cuanto a los criterios de diseño de las redes que los alimentan en MT se basan en las variables de decisión como calidad de producto y calidad de suministro acordes a los indicadores fijados en la NTCSE establecido por la autoridad.

2.1.2.- DIMENSIONAMIENTO DE REDES

2.1.2.1 Secciones de conductor económico

De un universo posible de secciones de conductores empleados en el sistema de distribución, se ha seleccionado tres secciones que son empleadas en los conductores para redes aéreas. Las secciones óptimas se determinaron con el criterio del mínimo VAC.

. Las secciones seleccionadas son:

Tabla N° 2.2 Secciones de conductores empleados

Sección	Material	Tipo de red
70 mm ²	Aleación de aluminio	Aérea
120 mm ²	Aleación de aluminio	Aérea
240 mm ²	Aleación de aluminio	Aérea

2.1.3 Condiciones de Instalación

En las redes aéreas se emplean conductores de aleación de aluminio desnudos engrasados. Las capacidades de corriente de los conductores se rigen para la temperatura de operación de 60°C.

En el caso de requerirse redes aéreas aisladas para afrontar las fallas ocasionadas por aves, colas de cometas, distancia de seguridad se tiene la alternativa de utilizar los conductores de aluminio aislados autosoportados, que son cables secos unipolares del tipo NA2XSAY-S.

La tabla 3 muestra las capacidades nominales de los conductores empleados en el sistema aéreo de distribución de media tensión:

Tabla N° 2.3 Capacidad de los conductores empleados

Sección	Material	Tipo constructivo	Tipo de conductor	Capacidad Nominal (A)
70 mm ²	Aluminio	Aérea	Desnudo	217
120 mm ²	Aluminio	Aérea	Desnudo	293
240 mm ²	Aluminio	Aérea	Desnudo	459
70 mm ²	Aluminio	Aéreo-Autosoportado	NA2XSAY-S	228

2.1.4. Estadística de fallas por contactos accidentales ó Provocados

La distribución porcentual del tipo de fallas para la zona de Lima aproximadamente es como sigue:

Fallas a tierra	90 %		Transitorias	60 %	
Otras fallas	10 %		Permanentes	30 %	— Caidas de líneas

Esto significa que solo un 5 % de las fallas en distribución se deben a conductores caídos, razón por la que se instala la protección contra fallas a tierra, sin embargo el sistema de distribución detectaría y despejaría un 85 % de las fallas que se deben en un gran porcentaje a descargas transitorias y permanentes en aisladores; dicho de otra forma de cada 100 fallas la protección debería despejar 10 fallas de fases y 5 fallas por conductores caídos, en total 15 fallas, 15 interrupciones. Sin embargo la protección contra fallas a tierra despejaría adicionalmente 85 fallas, 60 transitorias y 25 permanentes; es decir 85 interrupciones adicionales, lo que evidentemente afectaría la calidad del servicio. Se muestra las fallas por alimentadores del año 2004 en las redes de EDELNOR de acuerdo a la descripción de cada falla su código correspondiente.

<u>Código</u>	<u>Descripción</u>
P – 09	Falso contacto
T – 01	Animales
T – 02	Daño intencional por terceros
T – 04	Cometas
T – 05	Poda de árbol
T – 12	Pelota

Tabla N° 2.4 Fallas por contacto con arboles

Set Alm	Localiz	CAUSA	Dpto	CA	HORA INICI	HORA FIN	EMPO. TOT	KVA-AFECT
H-05	R01	CAIDA DE ARBOL SOBRE LAS REDES MT	T05		09:05	11:15	02:10	2150
CV-03	R01	CAIDA DE ARBOL VIEJO SOBRE LA RED AEREA	T05		15:55	16:50	00:55	1370
PP-04	R01	RAMAS DE ARBOLES PODADAS POR POBLADOR DE LA	T05		15:44	17:15	01:31	170
AD-01	R01	ARBOL CAIDO SOBRE LAS REDES DE MT 22.9 KV.	T05		00:05	04:00	03:55	450
CV-07	R01	ARBOL CAIDO SOBRE LA RED AEREA POR	T05		09:49	11:25	01:36	1140
CT-01	R01	ARBOL PODADO POR TERCEROS CAYO SOBRE LA RED	T05		16:30			690
HL-06	R01	ARBOL PODADO POR TERCEROS CAYO SOBRE LA RED	T05		10:50	13:58	03:08	2594
W-03	R01	POR PODA DE ARBOL, RAMA CAE SOBRE RED AEREA 10	T05		09:59	11:15	01:18	2590

Tabla N° 2.5 Fallas intencionales por terceros

Set Alm	Localiz	CAUSA	Dpto	CA	HORA INICI	HORA FIN	EMPO. TOT	KVA-AFECT
T-22	R01	CORTOCIRCUITO POR ALAMBRE ARROJADO A LA RED	T02		10:38	11:18	00:40	2200
PP-02	R01	PEDAZO DE ALAMBRE ARROJADO POR TERCEROS	T02		14:01	17:04	03:03	4609
HL-06	R01	HURTO DE CONDUCTOR	T02		12:00	14:24	02:24	10
TV-05	R01	CORTOCIRCUITO EN LAS 3 FASES POR ALAMBRE	T02		05:42	07:03	01:21	3175
HL-03	R01	ALAMBRE DE CONSTRUCCION ARROJADO SOBRE LAS	T02		17:05	17:43	00:38	7645
NJ-01	R01	FALLA A TIERRA POR CONTACTO DE TOLVA DE CAMION	T02		09:29	11:07	01:38	7086.5
PP-04	R01	ACTO VANDALICO PROVOCADO POR TERCEROS AL	T02		01:12	05:48	04:36	5410
HL-04	R01	ACTO VANDALICO, ALAMBRES DE CONSTRUCCION	T02		04:00	05:30	01:30	900
J-05	R01	ALAMBRE LANZADO A LA RED AEREA EN ACTO	T02		20:33	21:40	01:07	1790
CV-03	R01	ACTO VANDALICO ORIGINADO POR TERCEROS AL	T02		16:43	17:39	00:56	745
K-01	R01	ALAMBRE DE 0,50m ARROJADO POR TERCEROS EN	T02		18:33	19:25	00:52	1500
HL-06	R01	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE DESCARGADO EN EL	T02		16:28	17:49	01:21	600
CH-01	R01	TERCERAS PERSONAS LANZAN PAQUETES DE	T02		15:24	17:10	01:46	215
CV-04	R01	NIÑOS JALAN COMETA ENREDADA EN LA RED MT	T02		13:28	15:23	01:57	350
HL-04	R01	INTENTO DE HURTO, TERCERAS PERSONAS ARROJAN	T02		08:26	10:30	02:04	350
W-05	R01	CAIDA DE POSTE DE MADERA POR QUEMA DE BASURA	T02		22:10	03:28	05:18	3450
HL-04	R01	ALAMBRES DE CONSTRUCCION SOBRE LAS REDES MT	T02		00:25	04:01	03:36	1665
W-05	R01	CORDON DE AUDIFONOS LANZADO A LA RED AEREA	T02		11:22	13:00	01:38	690
HL-04	R01	ALAMBRES DE CONSTRUCCION SOBRE LAS REDES MT	T02		08:54	10:17	01:23	350
J-06	R01	NIÑOS LANZARON PIEDRAS Y CINTAS METALICAS	T02		18:20	19:42	01:22	1070

Tabla N° 2.6 Fallas por impacto de pelotas

Set Alm	Localiz	CAUSA	Dpto	CA	HORA INICI	HORA FIN	EMPO. TOT	KVA-AFECT
CV-02	R01	PELOTAZO CAE EN VANO DE LLEGADA AL NODO	T12		18:48	19:48	01:00	1260
F-16	R01	PELOTAZO A LA RED AEREA CAUSO LA CAIDA DE LA	T12		17:31	19:42	02:11	820
F-08	R01	CORTO CIRCUITO EN RED AEREA POR PELOTAZO EN	T12		18:15	19:08	00:53	1050
F-08	R01	CORTOCIRCUITO POR IMPACTO DE PELOTA EN VANO	T12		18:33	19:30	00:57	1000
J-07	R01	PELOTA IMPACTO EN LA RED AEREA	T12		20:28	21:40	01:12	50
J-05	R01	PELOTA IMPACTO EN RED AEREA	T12		13:10	14:39	01:29	1260
NJ-01	R01	PELOTAZO EN LA RED 10KV	T12		18:33	20:00	01:27	800
J-06	R01	CORTOCIRCUITO ENTRE FASES "R" Y "S" POR	T12		13:40	14:32	00:52	1700
F-08	R01	IMPACTO DE PELOTA EN VANO DE LLEGADA AL SAB	T12		17:48	18:27	00:39	840
TV-02	R01	PELOTA SOBRE RED AEREA PROVOCO CORTO	T12		17:37	19:32	01:55	3500
W-03	R01	PELOTAZO A LA RED AEREA	T12		17:09	18:06	00:57	2310
CG-11	R01	PELOTAZO PROVOCO MOVIMIENTO DE LA RED Y	T12		17:25	20:00	02:35	1921

Tabla N° 2.7 Fallas por contacto de animales

Set Alim	Có Localiz	CAUSA	Idioma	Cal	HORA INIC	HORA FINA	EMPO TOT	KVA-AFECT
PP-04	R01	AVES OCASIONARON CORTOCIRCUITO EN	T01		17:56	18:32	01:34	1630
CG-06	R01	PALOMA CAUSO FALLA A TIERRA EN POSTE N° 130086	T01		08:20	09:04	00:44	1155
J-07	R01	ALAMBRE DELGADO SOLTADO POR AVE A 13 MTS.	T01		17:42	18:54	01:12	1980
T-23	R01	CORTOCIRCUITO CAUSADO POR NIDO DE ALAMBRE	T01		11:17	12:09	00:52	1080
O-10	R01	CORTOCIRCUITO PROVOCADO POR AVES	T01		12:40	14:30	01:50	860
P-23	R01	CORTOCIRCUITO OCASIONADO POR AVE	T01		18:14	18:45	00:31	1820
CG-03	R01	ALAMBRE DE NIDO DE AVE SOBRE AISLADOR Y	T01		10:49	11:39	00:50	870
P-32	R01	ALAMBRE DE NIDO DE PALOMA EN CONTACTO CON	T01		08:45	08:09	01:24	2395
J-07	R01	ALAMBRE MUY DELGADO HIZO CONTACTO ENTRE	T01		13:17	14:44	01:27	2790
J-07	R01	PALOMA PROVOCO CORTO CIRCUITO	T01		17:14	19:00	01:46	30
CG-08	R01	ALAMBRE EN RED AEREA	T01		17:30	19:00	01:30	4220
J-03	R01	PALOMAS OCASIONARON UN CORTO CIRCUITO EN	T01		08:53	09:05	02:12	350
W-05	R01	CORTOCIRCUITO OCASIONADO POR UNA LECHUZA	T01		17:29	18:43	01:14	2650
CH-11	R01	PALOMA EN ESTRUCTURA DE 10KV	T01		11:29	12:34	01:05	4463
CG-03	R01	ALAMBRE DE NIDO DE AVE CAYO EN CUELLO MUERTO	T01		08:27	09:28	01:01	5915
CG-10	R01	AVE HIZO CONTACTO CON LA RED 10KV (FASE "S" A	T01		08:21	09:10	00:49	2380
CV-07	R01	BANDADA DE PALOMAS POSADAS EN UN POSTE ANTES	T01		15:47	17:58	02:09	3450
I-15	R01	AVE DEJO CAER ALAMBRE A LA RED Y OCASIONO	T01		09:34	10:42	01:08	401
TV-09	R01	CORTOCIRCUITO POR PALOMA EN LA RED AEREA	T01		15:39	16:47	01:08	700
J-06	R01	CORTOCIRCUITO POR PALOMA EN LA RED AEREA 10KV	T01		15:44	17:30	01:46	785
CV-05	R01	AVES PROVOCARON CORTOCIRCUITO ENTRE FASES DE	T01		08:48	10:39	01:51	510
T-24	R01	NIDO DE ALAMBRES EN POSTE MT	T01		08:28	10:37	02:09	6415
J-03	R01	ALAMBRE ENREDADO EN POSTE A-39, TRANSPORTADO	T01		14:23	16:02	01:39	1200
P-34	R01	ALAMBRES DE UN NIDO HIZO CONTACTO CON LA FASE	T01		13:06	14:15	01:09	3116
CH-11	R01	AVE ORIGINO EL CORTOCIRCUITO EN LA RED AEREA	T01		18:25	17:40	01:15	110
PA-11	R01	CORTO CIRCUITO EN RED AEREA POR BANDADA DE	T01		11:30	13:13	01:43	3600
CH-04	R01	CORTOCIRCUITO EN LA RED PARTICULAR OCASIONADO	T01		19:15	19:43	00:28	0
P-23	R01	AVES ORIGINAN INTERRUPCION EN MT.	T01		08:10	09:05	00:55	1820
CH-01	R01	AVES (PALOMAS) ORIGINAN CORTOCIRCUITO EN MT.	T01		17:02	17:58	00:54	400
CH-16	R01	CORTOCIRCUITO POR PALOMA	T01		09:44	11:25	01:41	3510
NJ-01	R01	AVE SOLTÓ ALAMBRE JUNTO A AISLADOR ORIGINANDO	T01		11:13	12:55	01:42	12050
HL-06	R01	AVE NOCTURNA ORIGINA CONTACTO CON CUELLO	T01		04:33	08:30	03:57	2594
HL-06	R01	GAVIOTA OCASIONO CONTACTO DE RED AEREA CON	T01		08:02	09:04	01:02	2594
O-10	R01	CORTOCIRCUITO POR ALAMBRE DE NIDO DE PALOMA	T01		10:03	12:00	01:57	100
J-07	R01	CORTO CIRCUITO POR ALAMBRE DE NIDO DE PALOMA	T01		07:08	08:30	01:22	250
P-07	R01	CORTO CIRCUITO EN RED AEREA POR PALOMA	T01		17:21	18:20	00:59	350
NJ-10	R01	AVE OCASIONO CORTOCIRCUITO ENTRE FASES	T01		06:28	08:02	01:38	2366
CG-06	R01	ALAMBRE DE NIDO DE AVE EN RED AEREA HIZO	T01		13:32	14:53	01:21	740
CH-11	R01	CORTOCIRCUITO POR AVES EN CUT-OUTS DE SAB 2158	T01		07:15	08:37	01:22	5920
T-25	R01	ALAMBRE DE NIDO DE PALOMA HIZO CONTACTO A	T01		15:00	16:04	01:04	6570
CH-11	R01	CORTOCIRCUITO POR AVE EN ESTRUCTURA A-39	T01		08:37	10:42	02:05	5920
CH-04	R01	NIDO DE PALOMAS POSTE MT 23803	T01		02:59	05:59	03:00	880
CH-11	R01	ALAMBRE DE NIDO DE AVE EN CONTACTO CON RED	T01		12:23	13:13	00:50	3950
CH-11	R01	ALAMBRE DE NIDO DE AVE HIZO CONTACTO CON	T01		07:48	08:41	00:55	6340
O-10	R01	ALAMBRE DE NIDO DE PALOMA EN RED AEREA	T01		09:09	09:58	00:49	1530
J-06	R01	ALAMBRE DE NIDO DE PALOMA	T01		13:31	15:50	02:19	1080
CG-10	R01	AVE HIZO CONTACTO EN FASE "S" EN CONEXIONADO	T01		14:25	17:35	03:10	2200
J-07	R01	NIDO Y CONCENTRACION DE PALOMAS HIZO CORTO	T01		12:08	14:12	02:04	5789
V-06	R01	AVE CRUZO LINEA A MEDIO VANO	T01		08:33	08:19	01:46	1940
J-05	R01	AVE HIZO CONTACTO DE FASE "R" CON LA MENSULA DE	T01		11:39	13:00	01:21	2130
I-17	R01	AVE EN TRANSPOSICION DE LINEAS	T01		14:34	15:05	00:31	75
CH-01	R01	CORTO CIRCUITO PROVOCADO POR PALOMA	T01		09:50	12:28	02:38	215
CV-05	R01	ALAMBRE DE NIDO DE AVE PROVOCO EL	T01		18:01	17:08	01:05	310

Tabla N° 2.8 Fallas por falso contacto

Set Alim	Localiz	CAUSA	ORA INIC	ORA FINA	EMPO TOT	KVA-AFFECT
W-03	R01	DESPRENDIMIENTO DEL CUELLO MUERTO EN	6:	58	01:07	860
I-17	R01	APERTURA POR FALSO CONTACTO EN	11:41	13:11	01:30	3875
O-03	R01	CUELLO MUERTO EN DERIVACION A PS 094 ABIERTO EN	14:22	16:40	02:18	2110
P-07	R01	DESPRENDIMIENTO DE LA UNION POR FALSO	20:17	23:00	02:43	350
TV-01	R01	CUT-OUT (FASE ROJA) QUEMANDOSE POR FALSO	18:04	18:42	00:38	650
F-18	R01	DESPRENDIMIENTO POR FALSO CONTACTO DE CUELLO	22:04	22:18	00:14	1700
CH-11	R01	APERTURA DE CONECTOR EN CUELLO MUERTO POR	10:36	14:02	03:28	6772
P-34	R01	FALSO CONTACTO POR DETERIORO DE LA TRENZA DEL	10:08	12:01	01:53	1635
J-07	R01	DESPRENDIMIENTO DEL CABLE TW EN EL PUNTO DE	15:09	16:32	01:23	680
J-06	R01	DESPRENDIMIENTO POR FALSO CONTACTO DE CUELLO	12:08	13:25	01:17	12820
P-21	R01	TERMINAL 10KV DESPRENDIDO POR FALSO CONTACTO	06:12	09:04	02:52	1650
H-03	R01	APERTURA DE CONECTOR EN CUELLO MUERTO POR	23:02	23:18	00:16	60
T-25	R01	FALSO CONTACTO ENTRE EL TERMINAL DEL CABLE	22:05	22:18	00:13	1910
F-16	R01	DETERIORO POR FALSO CONTACTO EN CONEXION	07:41	09:10	01:29	850
F-18	R01	FALSO CONTACTO EN PORTAFUSIBLE DEL PF 1433	22:15	23:06	00:51	190
O-03	R01	CUELLO DESPRENDIDO POR FALSO CONTACTO EN	19:50	22:32	02:42	840
CG-03	R01	FALSO CONTACTO DE PERNO PARTIDO EN BAJADA A	10:55	12:53	01:58	1975
TV-16	R01	FALSO CONTACTO EN CONEXION DEL CUELLO ENTRE	15:20	18:35	03:15	480
F-21	R01	FALSO CONTACTO EN BORNE SUPERIOR DE CUT-OUT	19:07	19:18	00:09	750
F-17	R01	DESPRENDIMIENTO DE TUBO PORTAFUSIBLE DEL CUT-	13:18	14:08	00:48	1280
P-12	R01	TERMINAL DE CABLE AUTOSOPORTADO DESCARGADO	00:55	04:07	03:12	6270
I-04	R01	FALSO CONTACTO EN BORNES SUPERIORES DEL	04:24	06:50	02:25	1030
NJ-01	R01	DESPRENDIMIENTO DE UN CUELLO MUERTO POR	09:18	10:48	01:30	4550
P-34	R01	CORTE POR EMERGENCIA PARA REPARAR FALSO	14:35	15:21	00:48	1220
CH-05	R01	CAIDA DE CONDUCTOR CU-25MM2 (FASES ROJA Y	15:09	19:14	04:05	2950
SU-02	R01	FALSO CONTACTO EN PARTE SUPERIOR DEL CUT OUT	14:57	16:45	01:48	2200
TV-09	R01	CUELLO ABIERTO POR FALSO CONTACTO ENTRE EL	15:51	18:05	02:14	3575
CG-10	R01	DESPRENDIMIENTO DE CUELLO MUERTO POR FALSO	05:36	06:20	00:42	6069
J-05	R01	FALSO CONTACTO EN CONECTOR BIMETALICO (UNION	21:17	23:10	01:53	2130
NJ-03	R01	CORTE POR EMERGENCIA PARA REPARACION DE	21:08	21:32	00:24	160
V-04	R01	CUELLO MUERTO DESPRENDIDO "FASE T" POR FALSO	17:15	19:36	02:21	4640
I-17	R01	TUBO PORTAFUSIBLE DESPRENDIDO POR FALSO	15:24	17:58	02:34	160
W-03	R01	TUBO PORTAFUSIBLE QUEMADO POR FALSO	19:27	19:36	01:09	920
F-17	R01	TUBO PORTAFUSIBLE ABIERTO POR FALSO CONTACTO	20:41	22:06	01:25	410

Tabla N° 2.9 Fallas por cometas

Set Alim	Localiz	CAUSA	ORA INIC	ORA FINA	EMPO TOT	KVA-AFE
CV-07	R01	COLA DE COMETA ENREDADA JUNTO A POSTE	06:28	07:50	01:22	1635
V-05	R01	COMETA ENREDADA EN 2 FASES "S" - "T" DE LA REO	03:05	04:55	01:50	1947
I-14	R01	CORTOCIRCUITO CAUSADO POR NIÑOS QUE JALARON	12:13	13:33	01:20	1730
P-28	R01	COMETA ENREDADA 2 FASES DE LA LINEA 10KV	15:39	17:00	01:21	1730
V-02	R01	COLAS DE COMETA ENREDADAS EN LA RED AEREA	23:27	04:21	04:54	3080
CV-05	R01	COMETA ENREDADA EN RED AEREA FASES "S"-"T" FUE	17:54	19:32	01:36	610
CG-10	R01	COLA DE COMETA EN RED AEREA	08:09	08:08	01:59	2300
P-28	R01	COMETA ENREDADA EN VANO DE LLEGADA AL SAB	17:12	19:42	02:30	1730
P-21	R01	COMETA ENREDADA EN LA RED AEREA Y HUMEDAD EN	05:29	07:00	01:31	980
NJ-01	R01	CINTAS MAGNETOFONICAS ENREDADAS EN VANO	13:54	15:22	01:28	40
CH-01	R01	COLA DE COMETA HUMEDECIDA POR LAS LLOVIZNAS	07:29	08:28	00:59	215
T-11	R01	COLA DE COMETA ENREDADA ENTRE FASES ORIGINO	13:17	14:49	01:32	120
P-28	R01	COMETA ENREDADA EN RED AEREA CAUSO	13:02	13:58	00:54	4535
V-05	R01	CORTOCIRCUITO PROVOCADO POR NIÑOS QUE	17:51	19:43	01:52	480
AD-01	R01	COMETAS ENREDADAS EN REDES MT	07:57	12:00	04:03	450
PP-02	R01	COLA DE COMETA ENREDADA EN RED AEREA	18:28	19:39	01:11	30
F-11	R01	CORTO CIRCUITO EN RED AEREA POR COMETAS	17:13	18:37	01:24	1420
CV-04	R01	COMETA ENREDADA ENTRE FASES DE LA RED AEREA	17:25	19:00	01:35	600
W-04	R01	COMETA ENREDADA EN LA RED AEREA	18:04	19:20	01:16	320
CV-04	R01	COMETA EN RED AEREA	08:08	09:20	01:11	160
CG-09	R01	COLGAJO DE COMETA	08:15	07:23	01:08	1345
W-05	R01	COMETAS ENREDADAS EN LA LINEA 10KV	13:57	16:06	02:09	1020
CV-01	R01	COMETA ENREDADA EN LA RED AEREA	01:12	02:53	01:41	1160
V-02	R01	COLA DE COMETA ENREDADA EN LINEA Y ESTRUCTURA	10:41	13:06	02:27	8230

Tabla N° 2.10 Fallas por falso contacto

PP-06	R01	ALAMBRE DE NIDO DE AVE HIZO CONTACTO ENTRE	T01	09:28	10:28	00:58	1300
NJ-12	R01	ALAMBRE DE NIDO DE AVE AL CAER ATRAVIEGA POR EL	T01	17:29	18:18	01:49	2850
CG-06	R01	AVE CAUSO CORTOCIRCUITO ENTRE FASES "R" Y "S"	T01	08:06	09:22	01:14	1470
K-01	R01	ALAMBRE LEVANTADO POR UNA PALOMA PARA LA	T01	06:54	07:18	00:24	1205
PA-11	R01	BANDADA DE PALOMAS SE POSARON SOBRE LAS TRES	T01	12:11	13:05	00:54	4566
CG-06	R01	ALAMBRE DE NIDO DE AVE PROVOCO CORTOCIRCUITO	T01	08:38	10:24	01:46	280
J-07	R01	ALAMBRE DEJADO CAER POR AVE EN LA RED AEREA	T01	10:32	12:36	01:44	1860
PA-09	R01	ALAMBRE LLEVADO POR AVE CAE EN UNA FASE Y	T01	08:22	10:05	00:43	3440

2.1.5.- Esquema Topologico de la Red Aérea de media tensión

Se define el esquema topológico para las redes aéreas de media tensión, las cuales pueden tener una configuración radial con o sin enlaces auxiliares (para transferencia de carga). La configuración dependerá del nivel de respaldo frente a una interrupción, definido para cada zona.

En el circuito de un alimentador pueden coexistir los dos tipos de esquemas topológicos, los cuales se pueden diferenciar por el tipo de equipamiento utilizado. Por ejemplo se da el caso que el circuito de la red troncal está definida con el esquema subterráneo y el circuito de la red lateral se defina con el esquema aéreo.

La configuración radial sin enlaces auxiliares está destinada a zonas sin respaldo en caso de interrupción.

La configuración radial con enlaces auxiliares se utiliza para dar respaldo en caso de interrupción y debe disponer de equipos para partir el circuito de modo que, dependiendo del punto de falla, permita el traspaso de parte de la carga hacia otro alimentador.

Una buena práctica, en la red radial con enlaces auxiliares, es la de repartir lo más posible la carga a lo largo del circuito de media tensión, de esta manera se evitan concentraciones de carga que dificultan los traspasos hacia otros alimentadores.

2.2 Red Aérea Compacta

El sistema de red compacta requiere una forma de montaje que difiere en algunos puntos de lo actualmente realizado con las redes aéreas desnudas.

Se debe instalar primeramente el cable de acero de 3/8", con las tensiones de templado requeridas con la utilización de un dinamómetro.

Una vez tendido el cable de acero se deben instalar las tres fases de cable protegido al mismo tiempo, con lo que se ahorra un tiempo al momento de hacer el tendido de la red compacta.

Se debe considerar que el conductor de aluminio es de aleación 1340, que es distinto a la aleación 6201, que se utiliza en conductores desnudos.

Una vez colgadas las tres fases entre los postes del vano, se deben ir colocando los espaciadores cada 10 m. Se debe considerar que de acuerdo a las normas se debe respetar las distancias iniciales indicadas para colocar el primer separador a cada lado del poste.

En tramos largos y rectos se recomienda poner retenidas cada 500 m. aproximadamente.

Para el caso particular de cable Protegido 50 mm² :

Los cables y accesorios de las redes protegidas fueron proyectados para soportar las siguientes condiciones normales de servicio:

- Sistema trifásicos de tres hilos, con neutro aislado, 60 Hz, con tensiones fase a fase y fase neutro de 10,0/5,77 kV
- Temperatura ambiente entre 0°C a 30 °C
- Temperatura en régimen permanente de 90 °C.
- Temperatura en régimen de cortocircuito de 250 °C.
- Altitud no superior a 1200 m.

Tabla N° 2.4 Características Eléctricas de Cables Cubiertos XLPE 8,7/15 kV

Sección Transversal (mm ²)	Reactancia Inductiva (ohm/km)	Resistencia (ohm/km)		Corriente Nominal (A)	
		60 °C	90 °C	60 °C	90 °C
50	0,2682	0, 6697	0,7394	124	208

Tabla N° 2.12 Valores de Impedancia de Secuencia (ohm/km)

Sección (mm ²)	Z ₀	Z ₁ = Z ₂
50	1,3810 + j 1,9917	0,7394 + j 0,2682

Tabla N° 2.13 Coeficiente de caída de tensión - % por MVA x km

Sección (mm ²)	Sistema trifásico					
	Cos = 1,0		Cos = 0,9		Cos = 0,8	
	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C	60 °C	90 °C
50	0,3529	0,3898	0,3743	0,4067	0,3672	0,3967

2.2.1. CONFIABILIDAD DE LA RED AEREA COMPACTA

- El cable protegido es capaz de soportar contacto con arboles o animales e incluso una falla de contacto fase a fase. El espesor de la capa del polietileno extruido es determinado por la clase de tensión .El apropiado espesor es importante para un largo período de operación. Por encima de 5 kV, una simple capa de cubierta resistente a la intemperie, no tiene una suficiente funda de cubierta para soportar continuos contactos con árboles por períodos prolongados.

Corriente de carga :

- 400 μA/ft , 1/0 AWG aleación con 0.060" cubierta.
- 200 μA/ft , 1/0 AWG de 15 kV protegida contra árboles.

Areas Costeras.-

En áreas costera de contaminación de niebla salina, cables protegidos y aisladores polietileno impiden las descargas que puede ocurrir con cable desnudo o con aisladores contaminados. La cubierta protege también al conductor de la corrosión.

Conductores aéreos cubiertos (90 °C)

Conductores cubiertos aéreos a 90 °C son una alternativa de gran ampacidad al cable de polietileno de 75° C. Ellos son disponibles con la propiedad de la capa exterior negra ó gris estabilizador ultravioleta, resistente a la abrasión ,polietileno de gran densidad y una capa interna de no llenado, gran densidad de polietileno. La capa del semiconductor es compatible con la clasificación de 90 °C.

Beneficios :

Aproximadamente 14% incremento en ampacidad sobre el cable 75 °C.

Aproximación ampacidad del equivalente sección del cable desnudo.

Ideal para aplicaciones en épocas de picos de carga de corta duración.

Potencial ahorros debido a la reducida clase de poste y requerimiento de retenidas.

Capas de semiconductor incrementa las propiedades del cable eléctrico.

Condiciones de Seguridad para sistemas aéreos usando aislamiento y cubierta en conductores y cables

Conductores cubiertos no tienen una capa de aislamiento. Así, no hay manera práctica de calcular corrientes de carga disponible para un objeto en contacto con un conductor cubierto sin capa protectora. La cantidad de corriente que puede fluir cuando ocurre un contacto depende de la carga disponible en la superficie de la cubierta en el punto de contacto y la corriente que puede ser acumulada vía tracking através de la superficie de la cubierta. Esta pequeña cantidad de corriente no causara la operación de dispositivos de protección tales como fusibles, reclosers, o interruptores; así, no ocurrirá ninguna pausa. En efecto esta condición puede y a menudo existirá por un sustancial período de tiempo en áreas donde los conductores cubiertos son usados. Típicamente solamente uno pocos mA. fluirán cuando el contacto es hecho por un objeto tal como ramas de árboles o una persona, a menos que la cubierta del cable protegido sea degradado o dañado. Mayores corrientes serán disponibles de un conductor resistente a la intemperie. Sin embargo dependiendo del espesor de la cubierta, tracking y la erosión de la cubierta puede ocurrir y crear condiciones de inseguridad. Si el contacto es remanente como una condición permanente, tracking y

erosión igualmente dañaran la cubierta , incrementando la corriente disponible y eventualmente podrán causar fallas al cable.

Si esta pequeña cantidad de corriente fue representativa de toda la corriente esa será disponible si el contacto a tierra objeto o persona, algunos pueden creer que no existe peligro en la seguridad. En efecto, algunos han sugerido que conductores cubiertos serán requeridos por seguridad contra contactos accidentales. Este informe explora tales propiedades como una presunción.

Este informe también reporta los resultados de una comparación como valores calculados y medidos de corriente de carga disponible en la superficie de varios conductores cubiertos diseñados para diferentes tensiones.

Calculando corrientes de carga

Corrientes de carga fueron calculados para varios conductores cubiertos de polietileno resistentes a la intemperie, asumiendo dimensiones típicas, cubiertas de polietileno con una constante dieléctrica de 2.3 y la tensión indicada de conductor para la cubierta externa (para una capa imaginaria).

Porque estas construcciones pueden variar entre diseños y fabricantes, las corrientes de carga mostradas no pueden ser asumidas para aplicar a todos los alambres y cables.

Pruebas de corrientes de fuga

Aún, si bien, las cubiertas son descritas como resistentes al tracking son comunmente usados, una carga adicional puede acumular por el tracking vía la superficie del cable si el cable es contactado por un objeto aterrado. Significativamente el tracking puede incrementar valores actuales superiores a los valores calculados.

Seguridad

Cuando uno compara los valores de carga de corriente con los ampliamente discutidos 5mA , 60 Hz nivel de seguridad contacto-corriente , algunas personas asumen que los conductores protegidos previenen la posibilidad de lesión o muerte debido a contacto humano. Aunque este puede ser el caso, en la mayoría de eventos compete a cables modernos, esta suposición no es verdad para todos los casos. Por cierto se a

encontrado casos de serias lesiones que involucran conductores protegidos, incluso en bajas tensiones.

Si el contacto conductor es hecho en un punto donde hay empalme descubierto o derivado, cubierta dura dañada, o inusuales condiciones de contaminación conductiva en la superficie de la cubierta, existe la clara posibilidad de descarga de corriente en exceso de los 5 mA. Aún si la electrocución ó lesiones eléctricas serias no ocurra, el resultado del shock puede causar movimiento involuntario debido a la reacción del músculo o instintivo movimientos debido a susto, y una lesión puede resultar de una falla o de un contacto de un conductor energizado en el área general.

Por otro lado, desde conductores resistentes a la intemperie comúnmente consiste de una simple capa delgada de carbón llenada la posibilidad de daño para reducir la integridad eléctrica o la posibilidad de un fisión o hueco en la cubierta es muy grande.

2.2.2. Armados en la Red Aérea Compacta

Tabla de estructuras básicas (ver Fig. 2.1)

Instalación de espaciadores (ver Fig. 2.2)

Estructura de alineamiento CE1 (ver Fig. 2.3)

Estructura para ángulo CE2 (ver Fig. 2.4)

Estructura de fin de línea CE3 (ver Fig. 2.5)

Estructura para ángulo con anclaje CE4 (ver Fig. 2.6)

Estructura de alineamiento con brazo tipo J, CEJ1 (ver Fig. 2.7)

Estructura de alineamiento con brazo tipo J, para distancia de seguridad, CEJ2 (ver Fig. 2.8)

Estructura de doble anclaje CE3-CE3 (ver Fig. 2.9)

		TABLA DE ESTRUCTURAS BÁSICAS			
		REPRESENTACIÓN ESQUEMATICA	APLICACIÓN		
8			<p>VANOS EN ALINEAMIENTO CON ÁNGULOS DE DEFLEXIÓN EXTERNO E INTERNO MÁXIMO DE 6°</p>		
7				<p>VANOS CON ÁNGULO DE DEFLEXIÓN INTERNO Y EXTERNO COMPENDIDOS ENTRE 0° Y 60°</p>	
6					<p>VANOS EN FÍN DE RED</p>
5					
4					
3					
2					
1					
0					
Modif.	ENEERO 2008	TABLA DE ESTRUCTURAS BÁSICAS			
Fecha		NORMAS DE DISTRIBUCIÓN			
VºBº Rev.					

Fig.2.1. Tabla de estructuras básicas

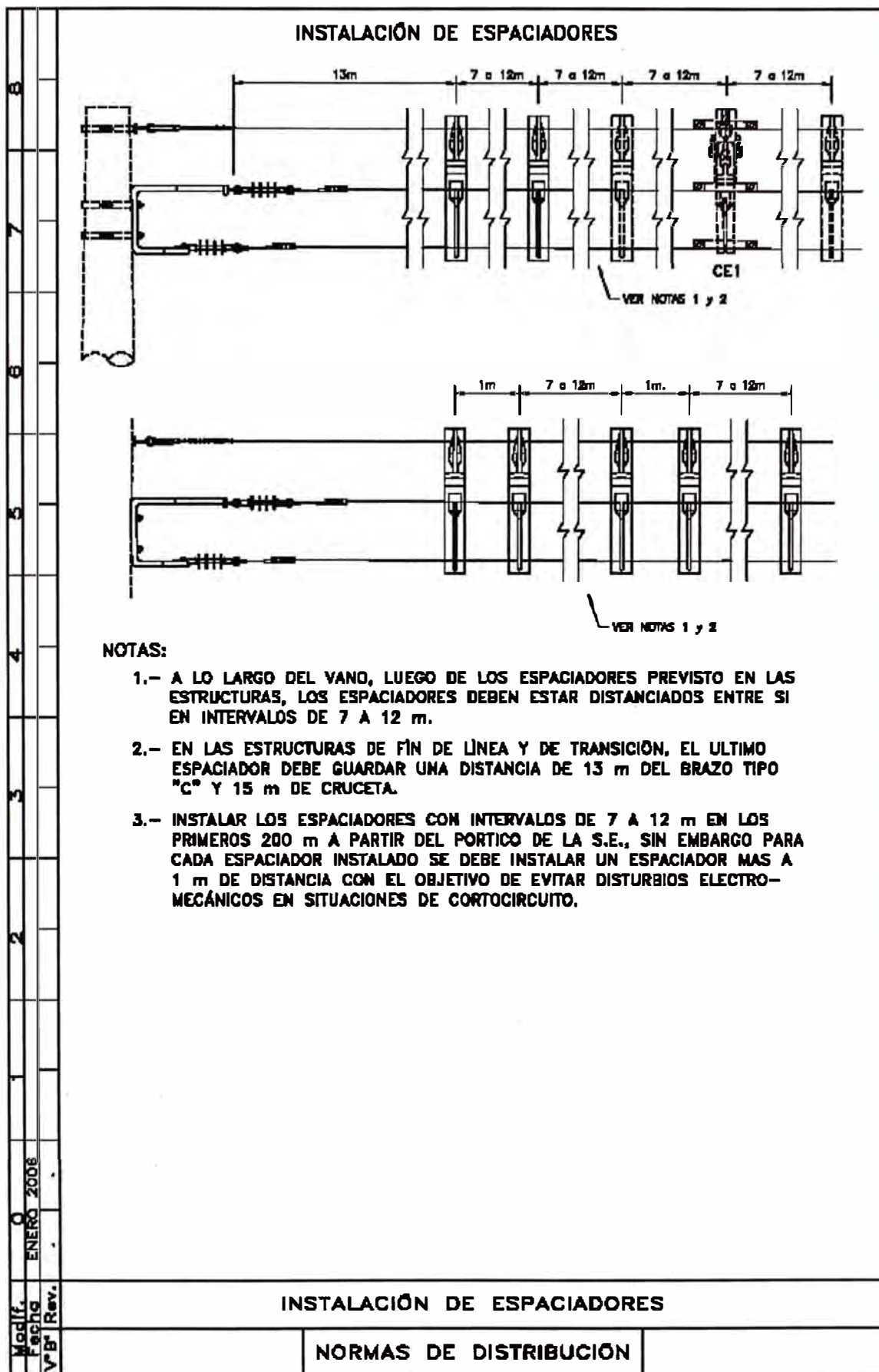


Fig.2.2. Instalación de espaciadores

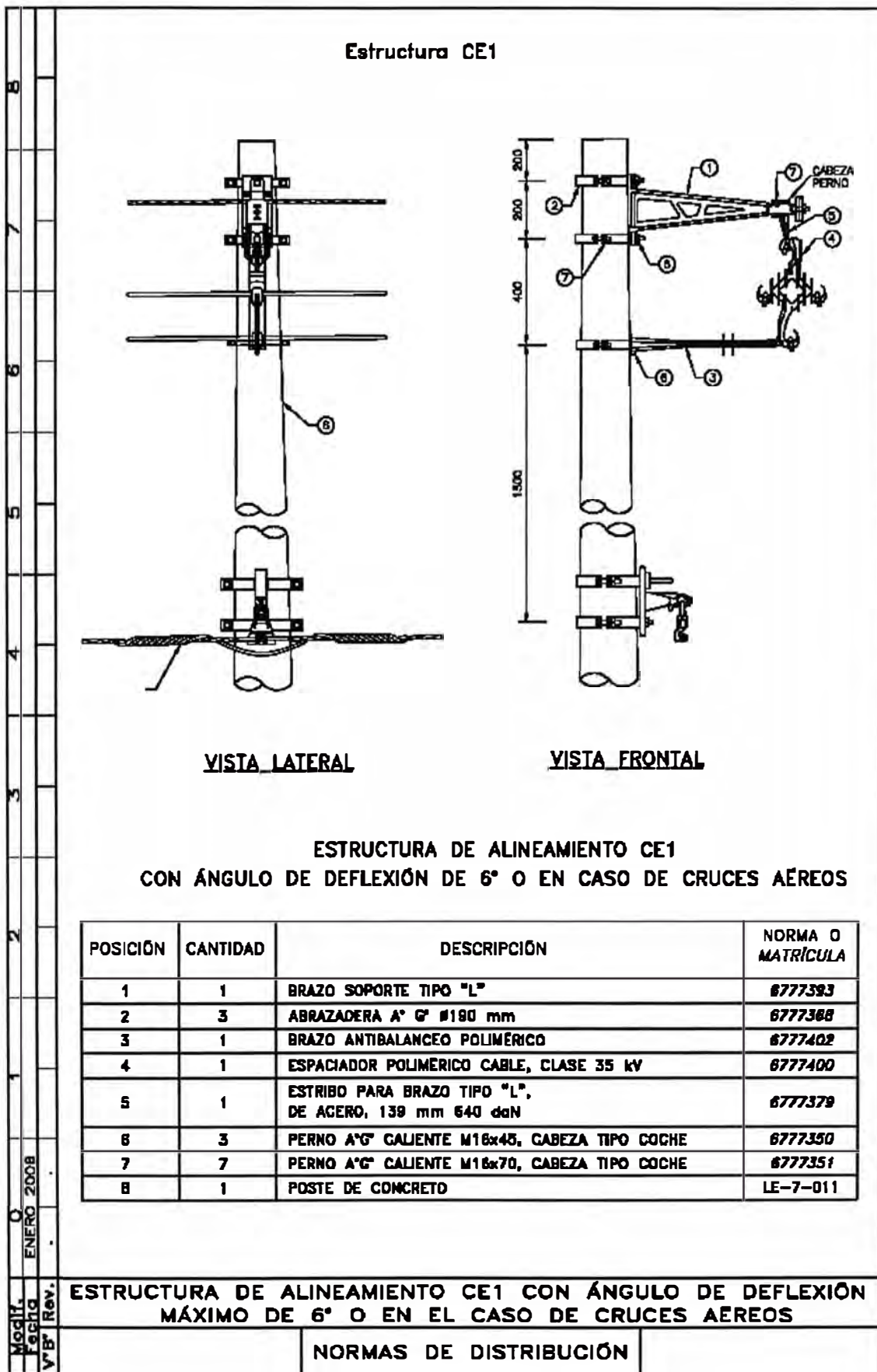


Fig.2.3. Estructura de alineamiento CE1

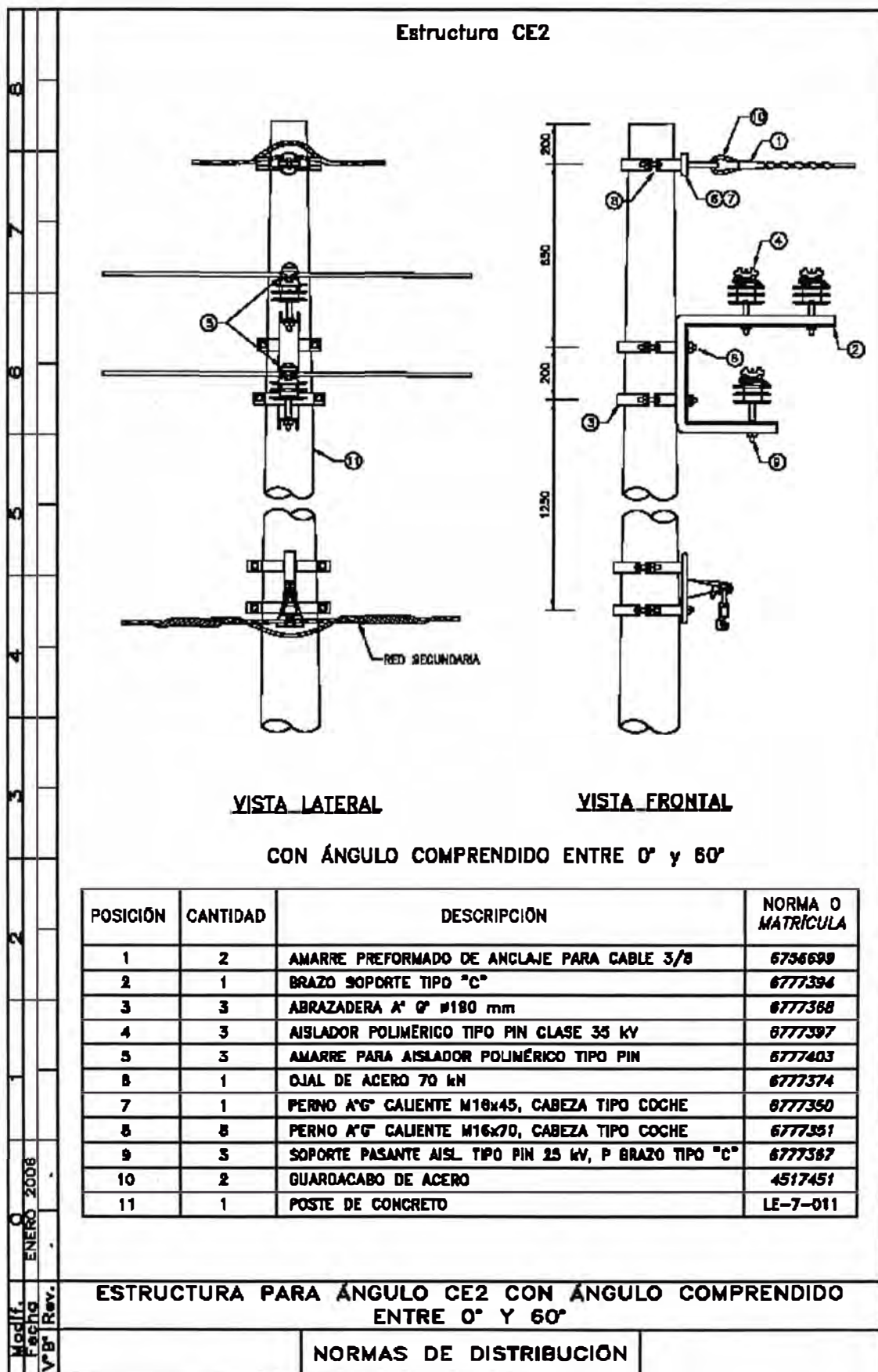


Fig.2.4. Estructura para ángulo CE2

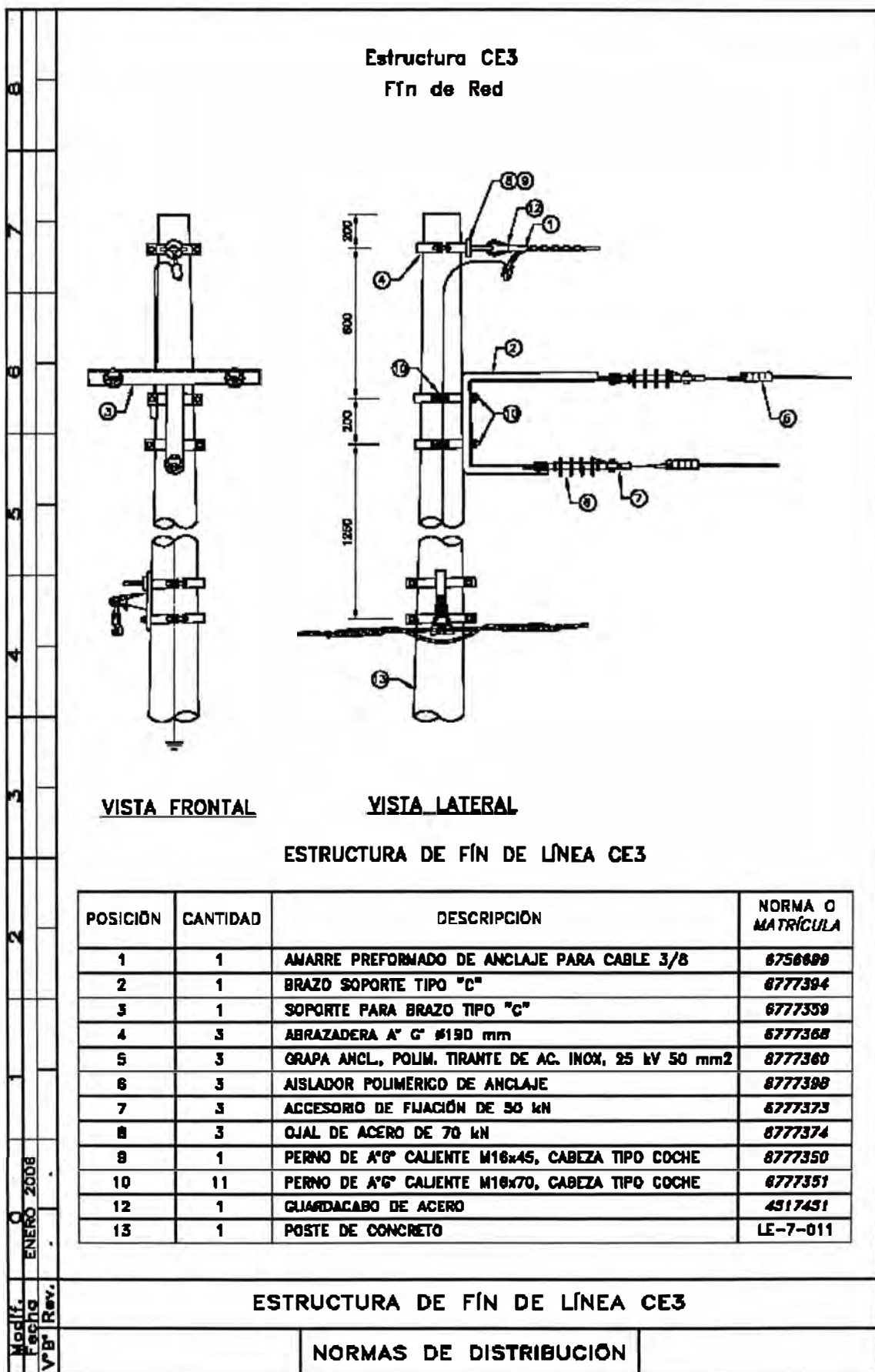


Fig.2.5. Estructura de fin de línea CE3

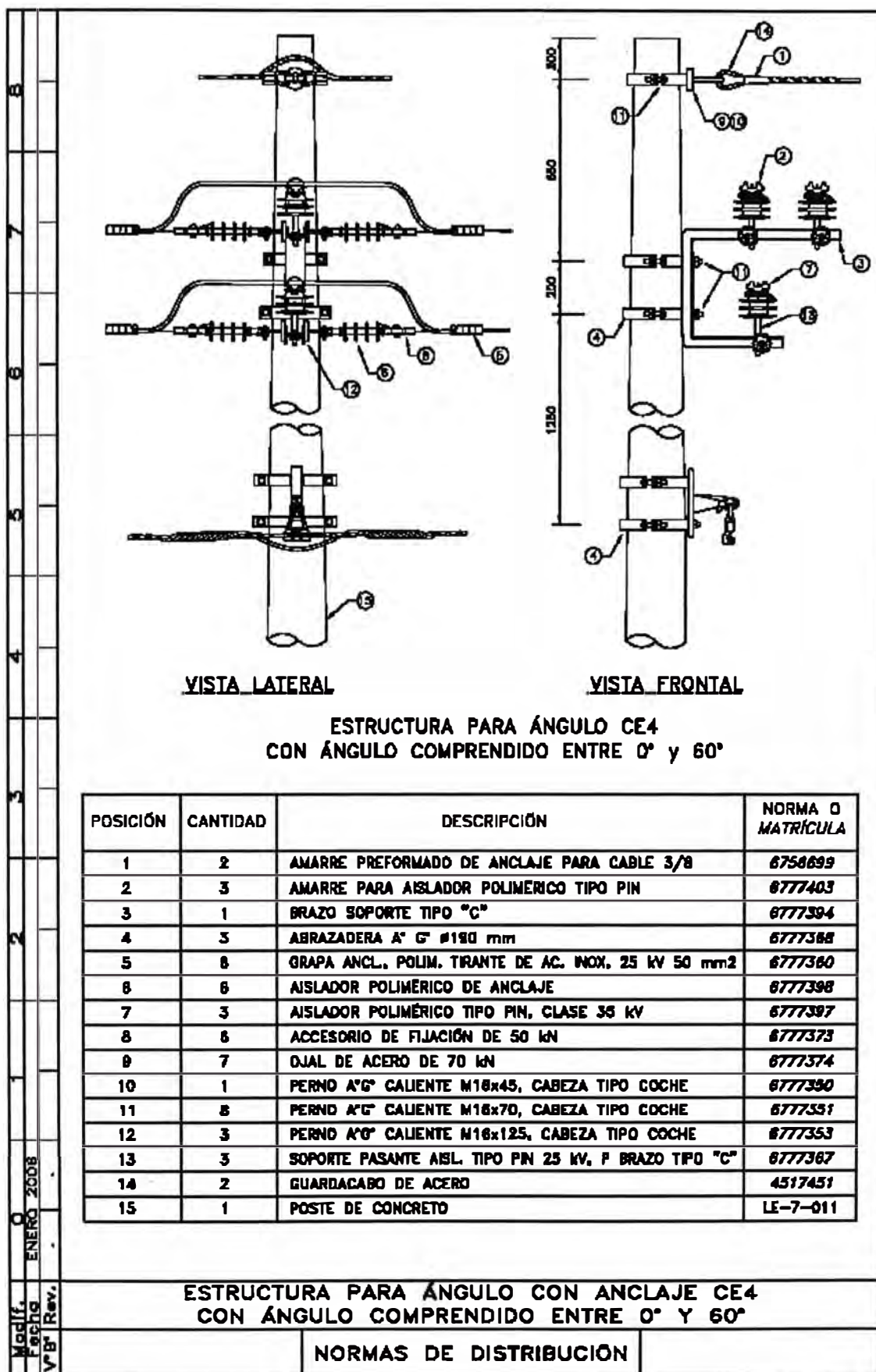


Fig.2.6. Estructura para ángulo con anclaje CE4

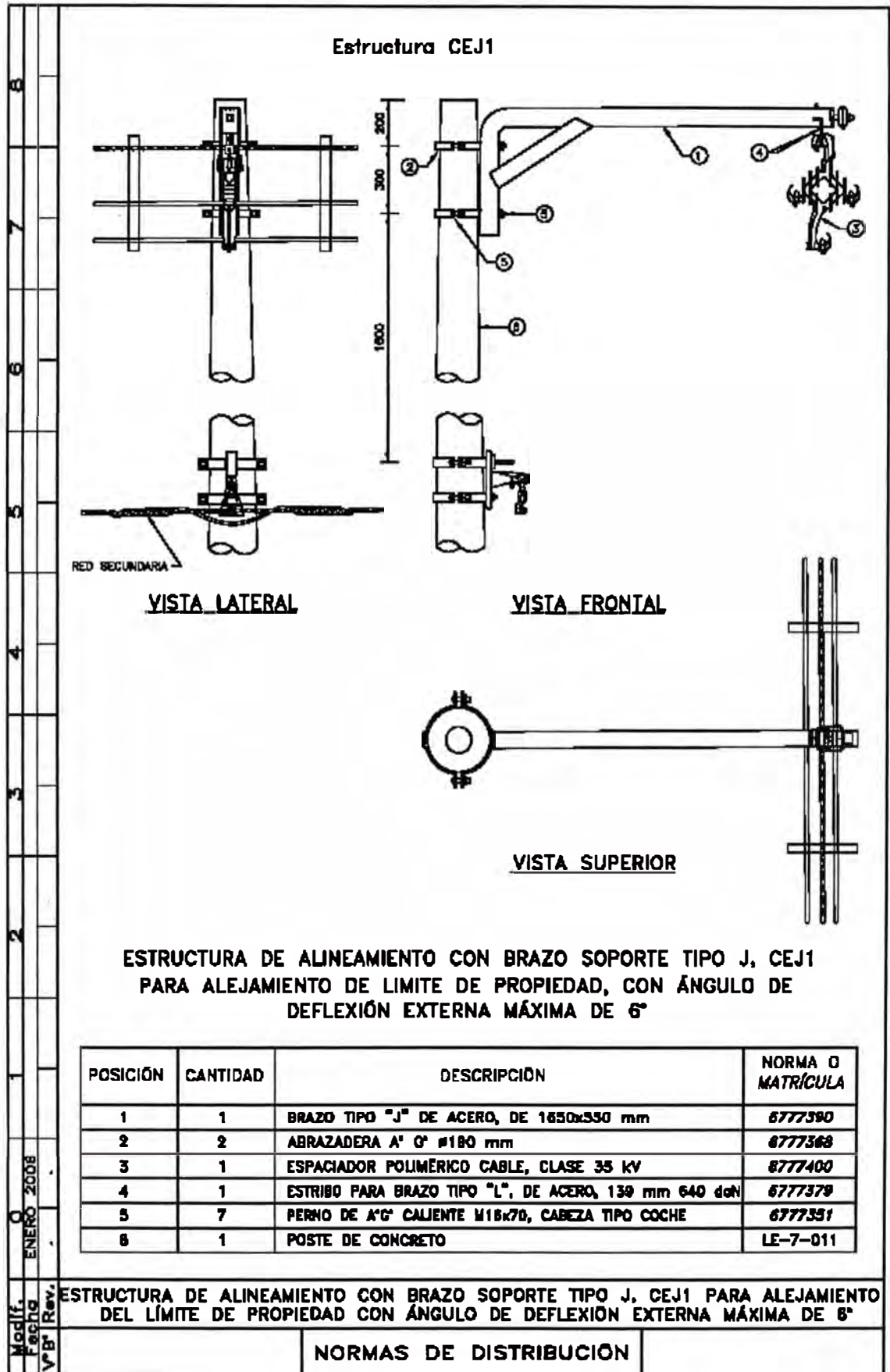


Fig.2.7. Estructura de alineamiento con brazo tipo J, CEJ1

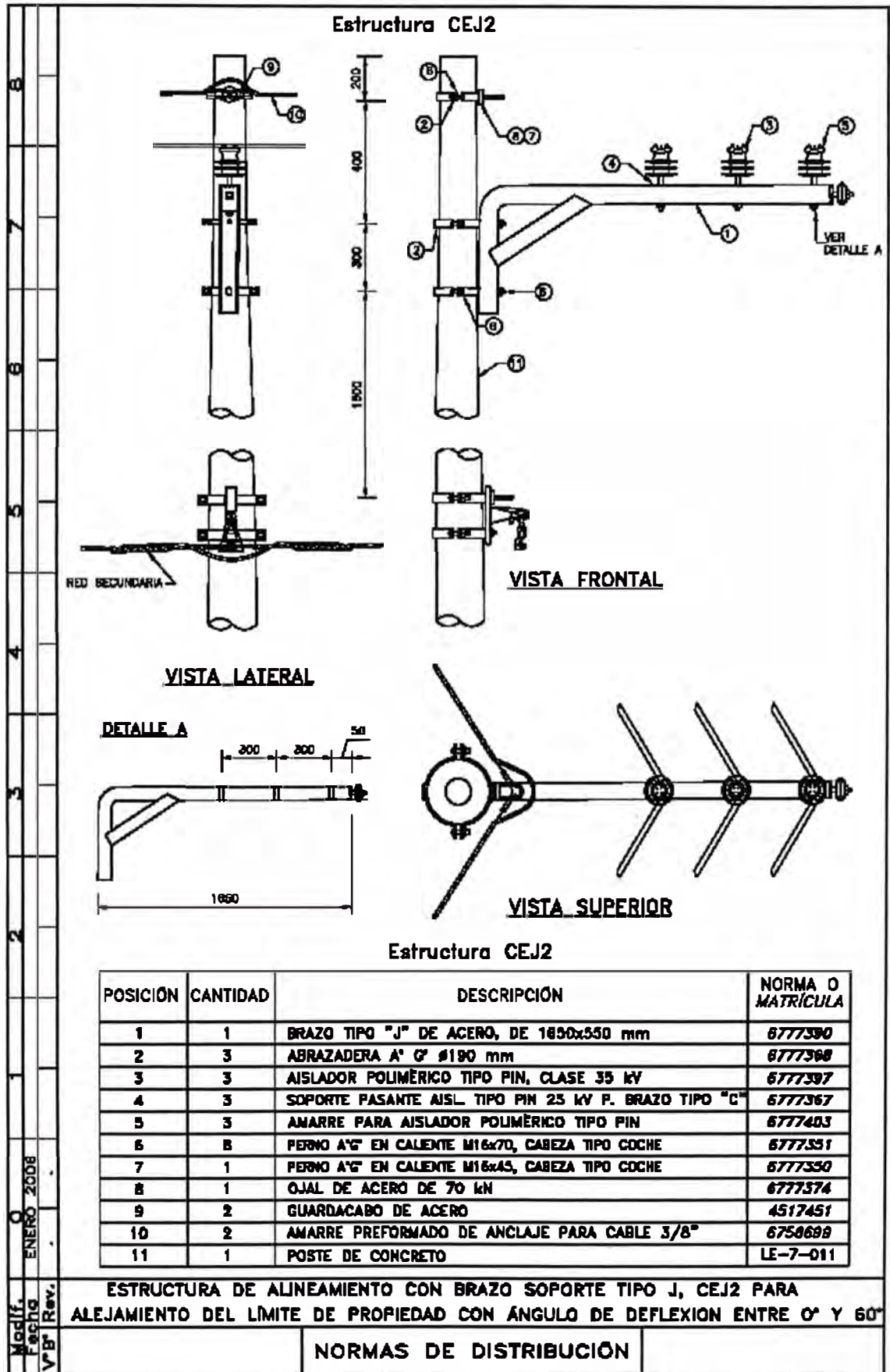


Fig.2.8. Estructura de alineamiento con brazo tipo J, CEJ2

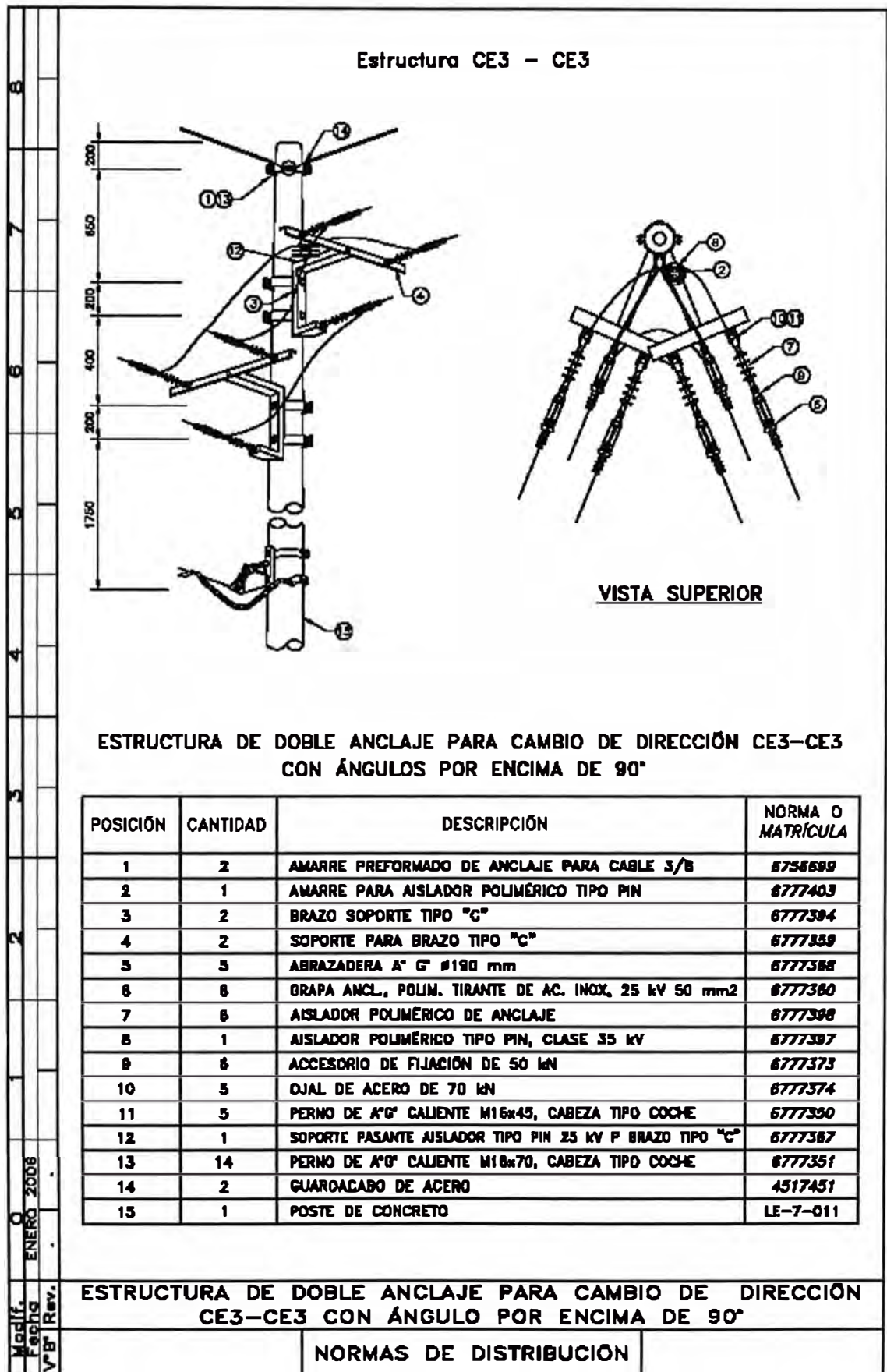


Fig.2.9. Estructura de doble anclaje CE3-CE3

CAPITULO III
ANALISIS DE COSTOS

3.1. Costos del sistema actual en MT

Tabla N° 3.1: Costos por km de red aérea 10 kV desnuda AA 70 mm². (Se considera 19 armados)

Descripción	Costo Actual por km.			
	Cantidad	M.O. (\$)	Material (\$)	Subtotal (\$)
Conductor aéreo desnudo AA (Terna)	1050 m	510,00	1833,00	2343,00
Armado A-39 (ver Fig. 3.4)	4 u	410,00	2183,00	2593,00
Armado A-3 (ver Fig. 3.1)	12 u	1170,40	4775,16	5945,56
Armado A-21 (ver Fig. 3.2)	1 u	97,53	397,94	495,47
Armado A-33 (ver Fig. 3.3)	2 u	195,06	795,86	990,92
Vientos 2x1 A21	1 u	43,00	213,00	256,00
Vientos simples A33	2 u	64,66	198,66	263,32
Vientos simples A39	4 u	129,32	397,32	526,64
			TOTAL	13414,00

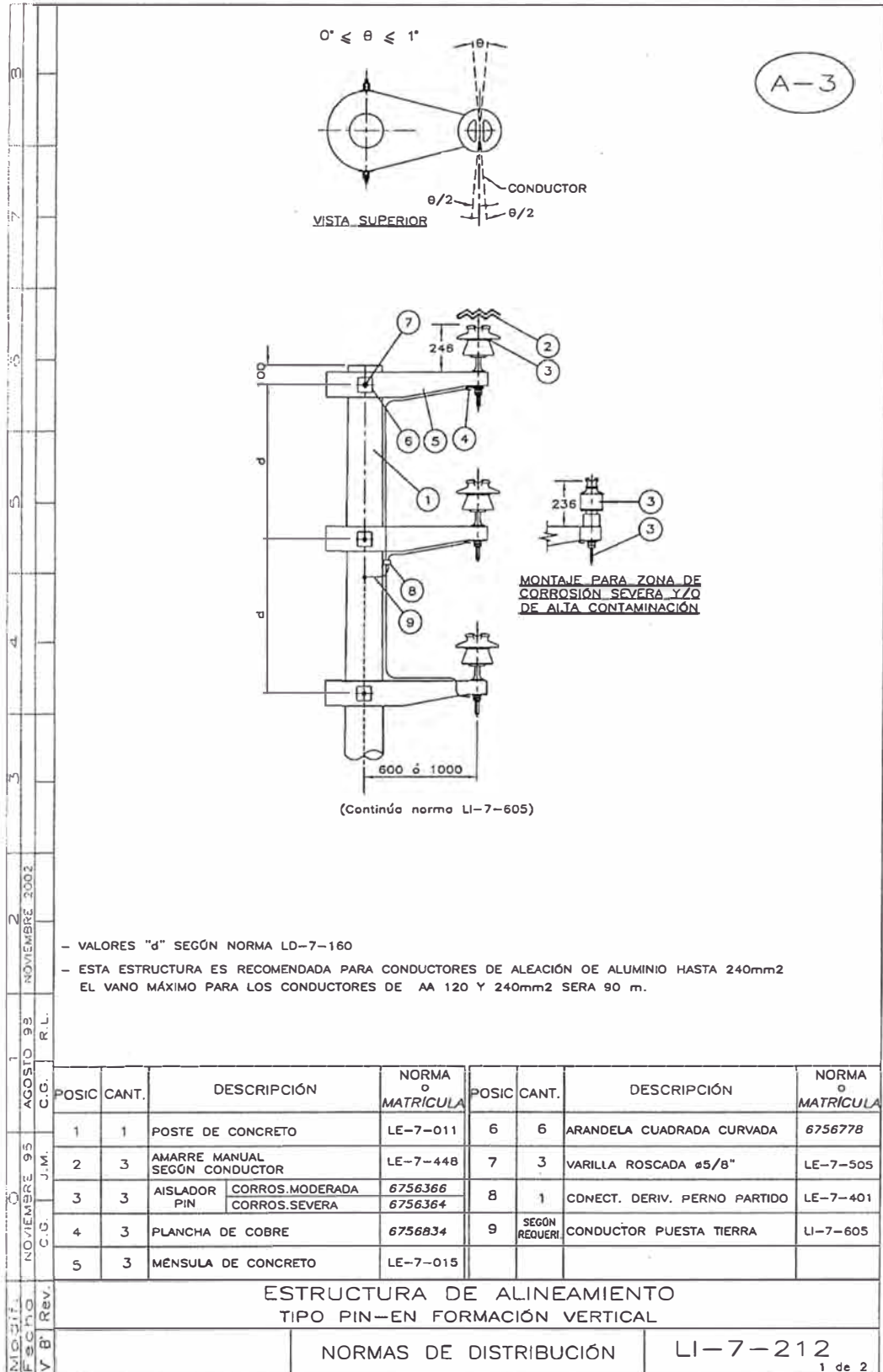


Fig.3.1. Estructura de alineamiento A3

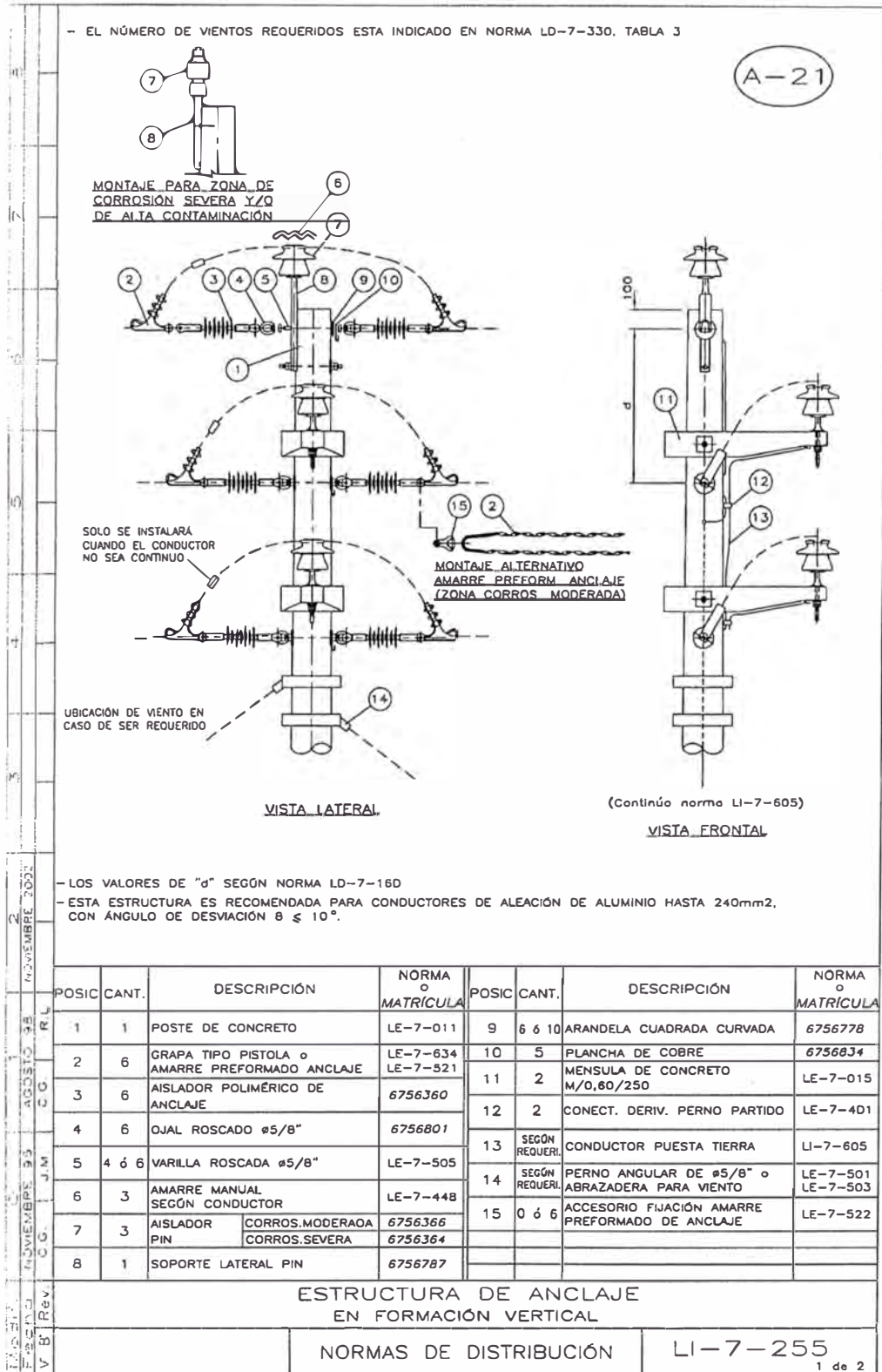


Fig.3.2. Estructura de anclaje A21

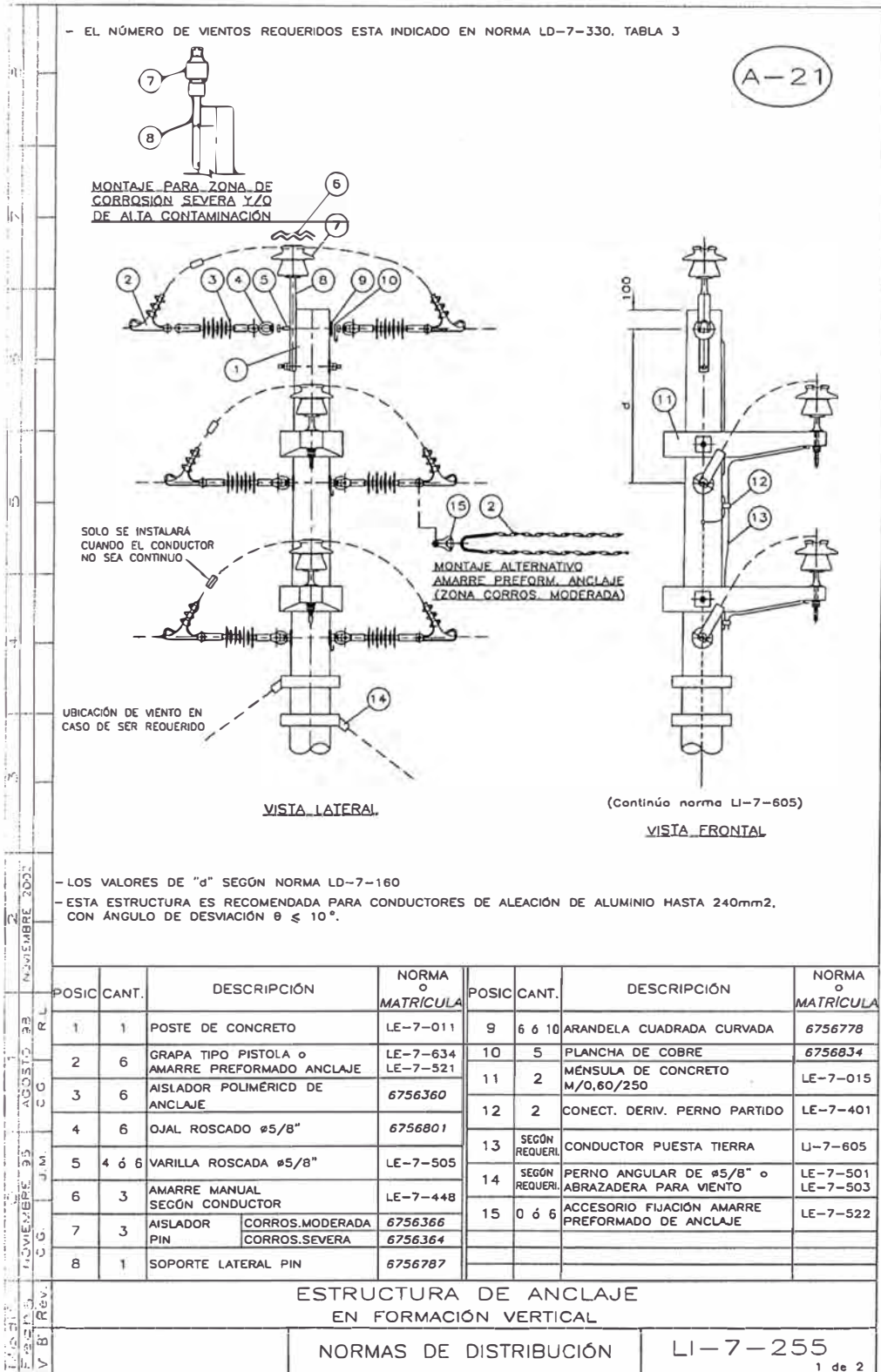


Fig.3.2. Estructura de anclaje A21

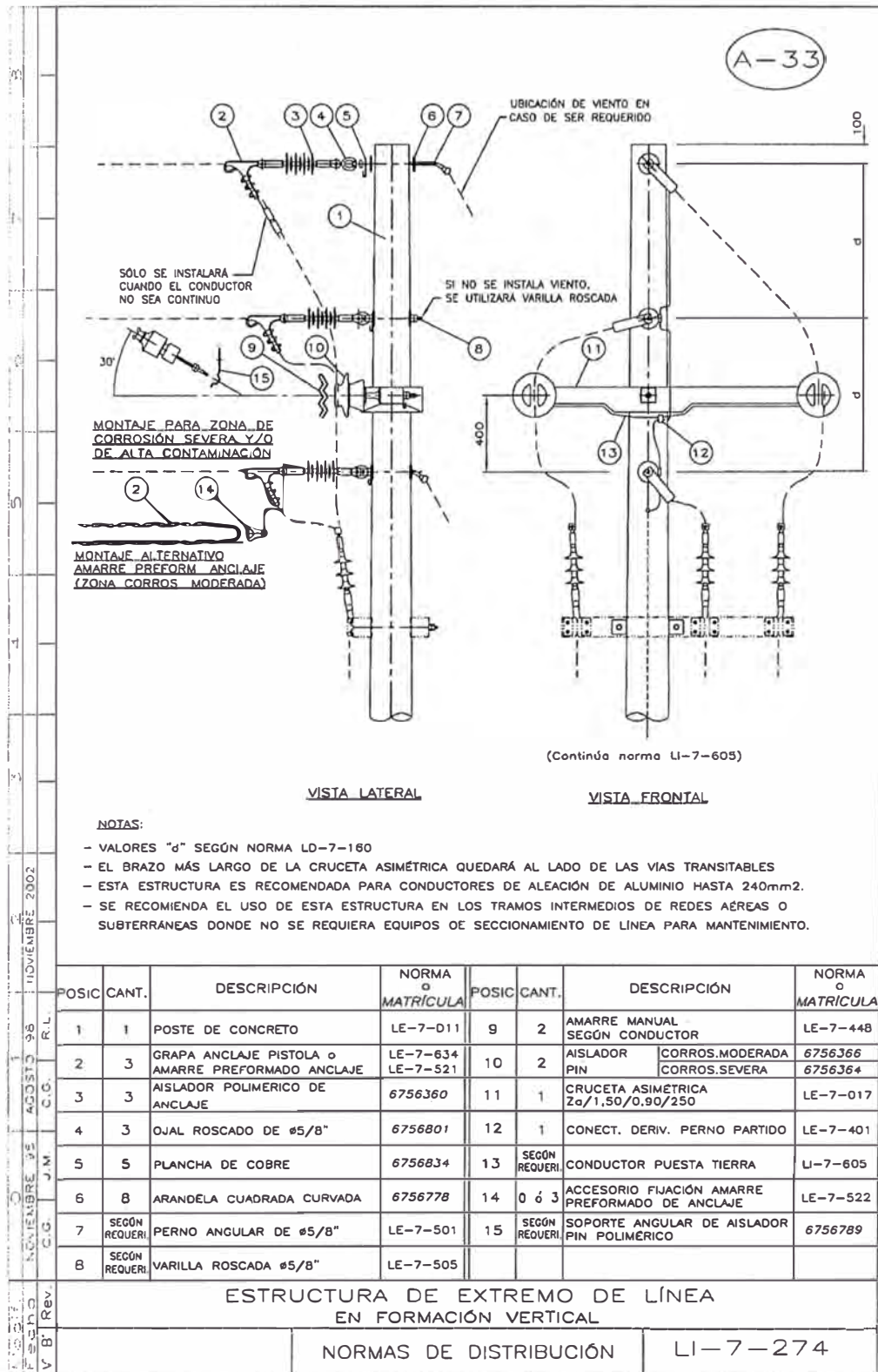


Fig.3.3. Estructura de extremo de Línea A33

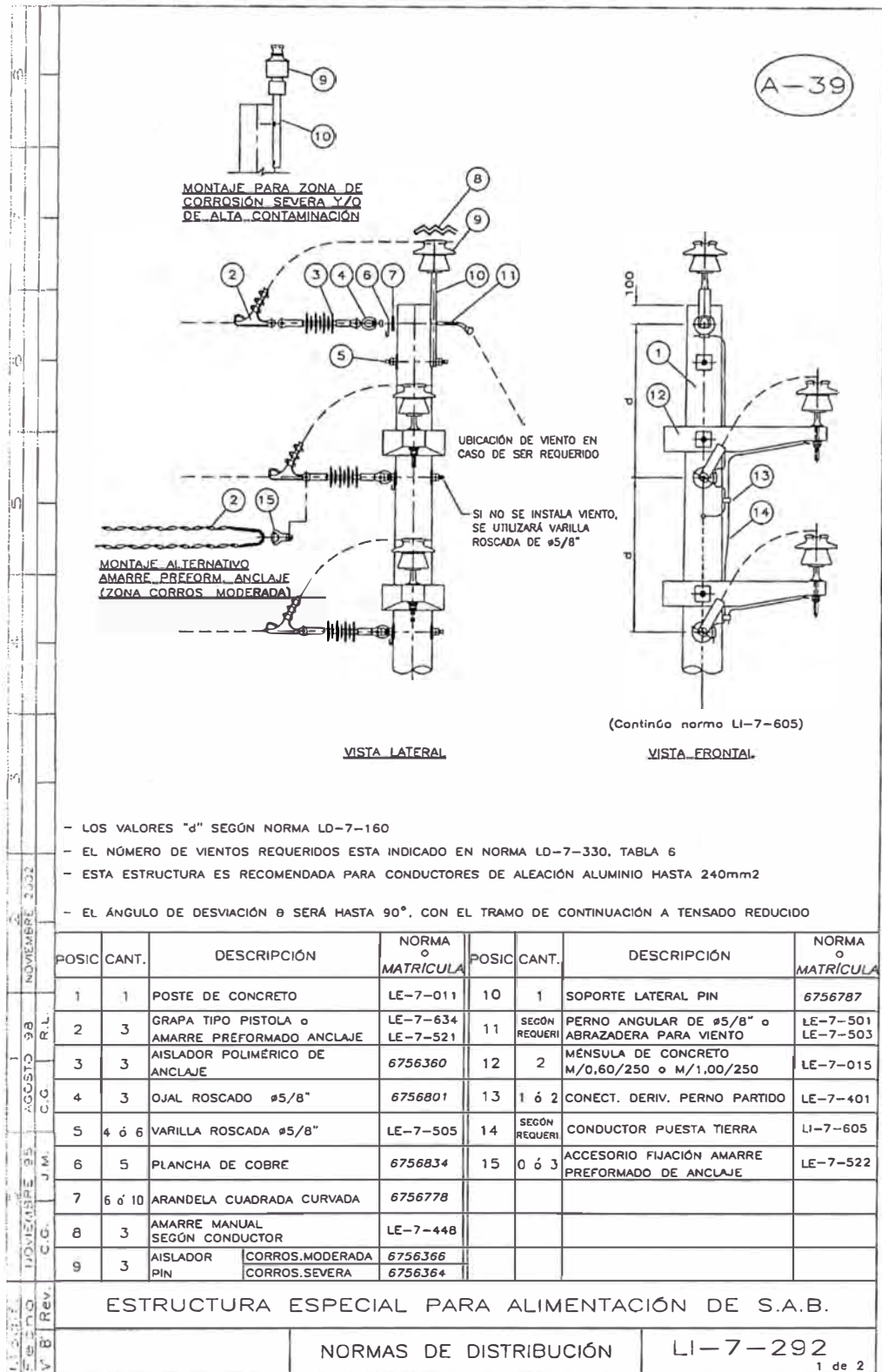


Fig.3.4. Estructura especial A39

Tabla N° 3.2: Costos por km de red aérea autoportada aislada NA2XSA2Y 10 kV de 70 mm². (Se considera 26 armados)

Descripción	Costo Actual por km.			
	Cantidad	M.O. (\$)	Material (\$)	Subtotal (\$)
Conductor aéreo autoportada NA2XSA2Y	1050 m	1303,00	12175,00	13478,00
Armado AA-1 (ver Fig. 3.5)	20 u	1217,00	3320,00	4537,00
Armado AA-2 (ver Fig. 3.6)	2 u	121,70	332,00	453,70
Armado AA-3 (ver Fig. 3.7)	2 u	121,70	332,00	453,70
Armado AA-4 (ver Fig. 3.8)	2 u	121,70	121,70	453,70
Vientos simples AA-3	2 u	65,00	195,50	260,50
Vientos simples AA-4	2 u	65,00	195,50	260,50
Vientos violín AA-2	2 u	65,00	258,00	323,00
			TOTAL	20220,00

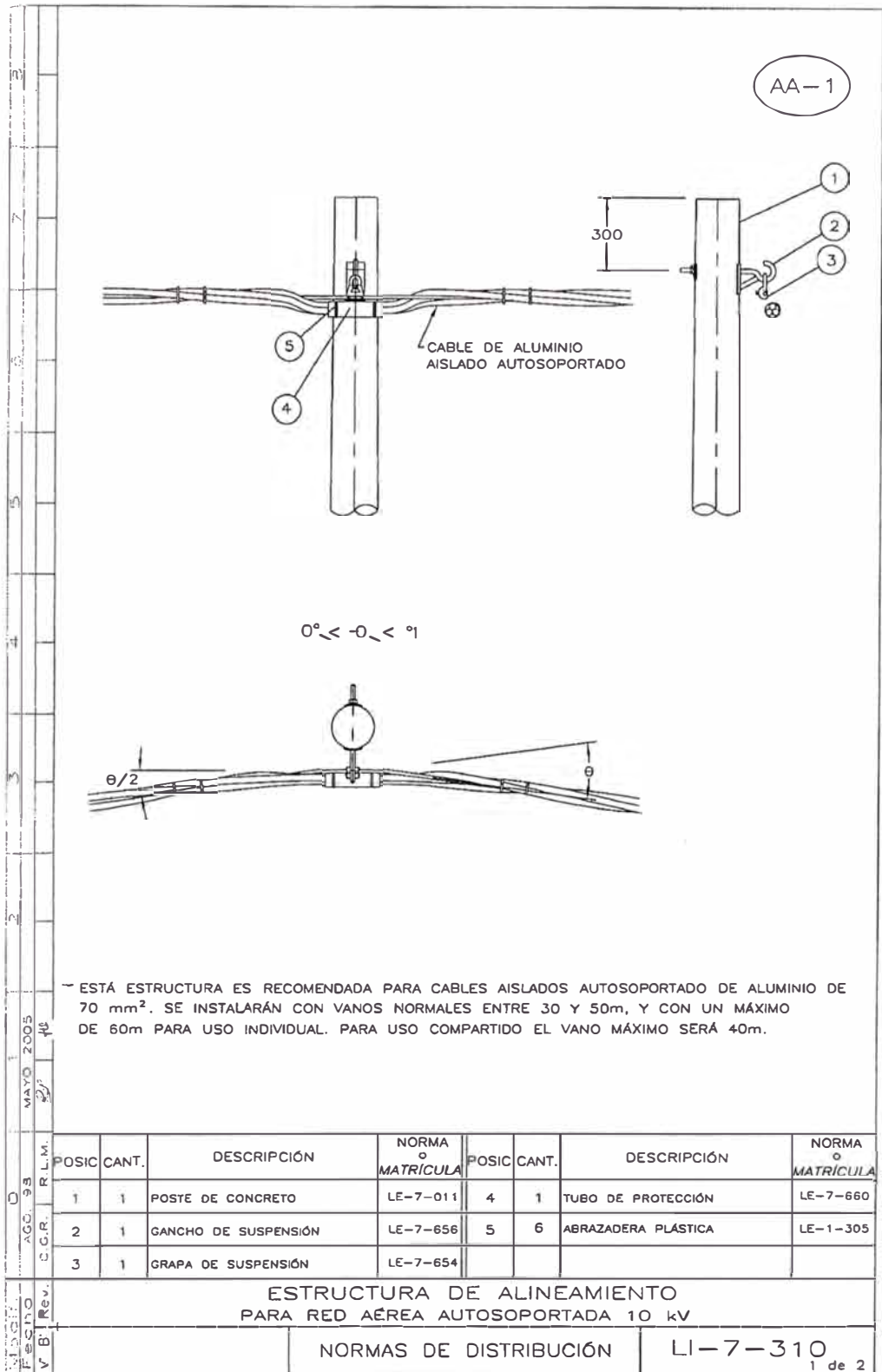


Fig.3.5. Estructura de alineamiento AA1

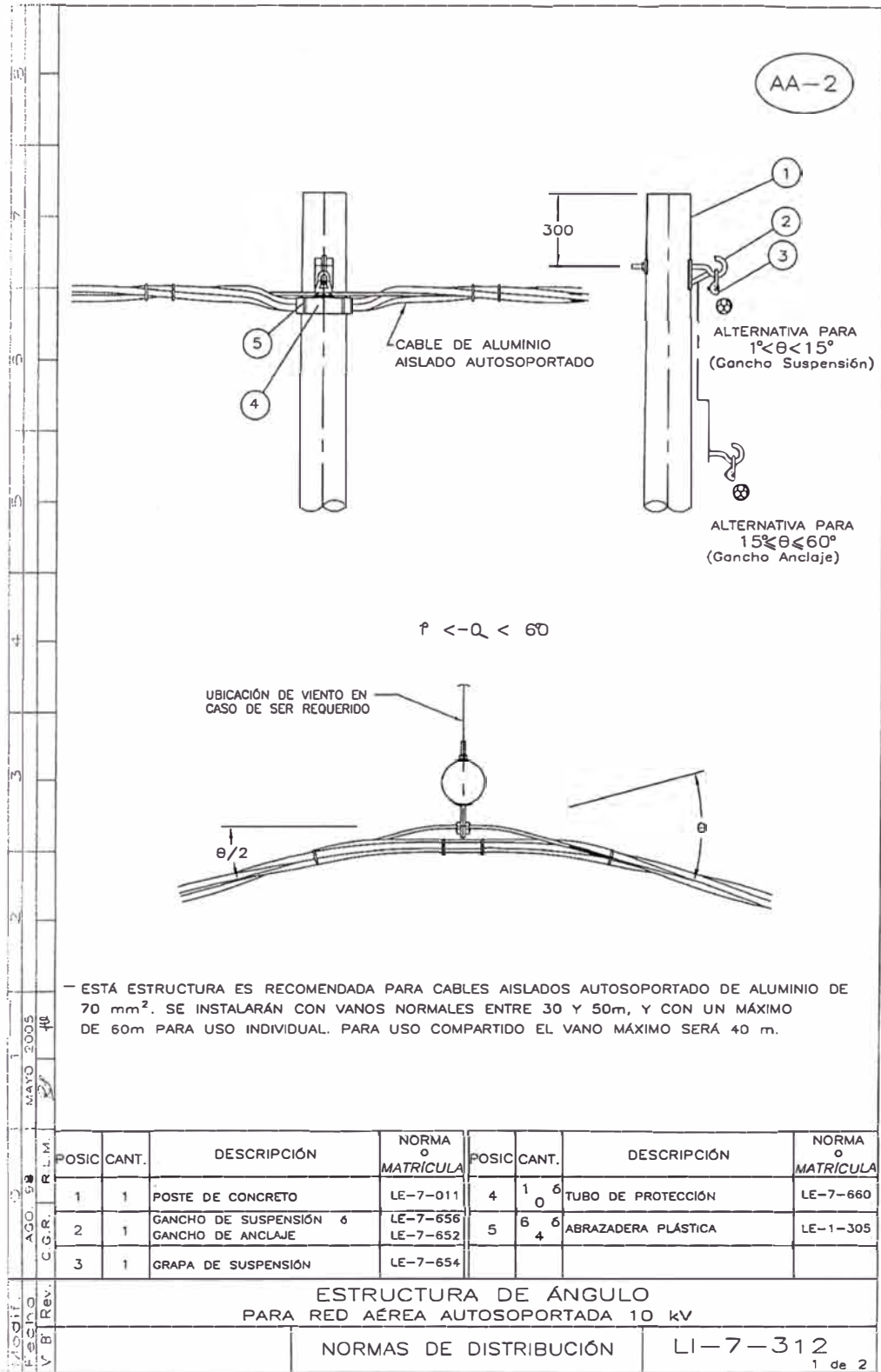


Fig.3.6. Estructura de alineamiento AA2

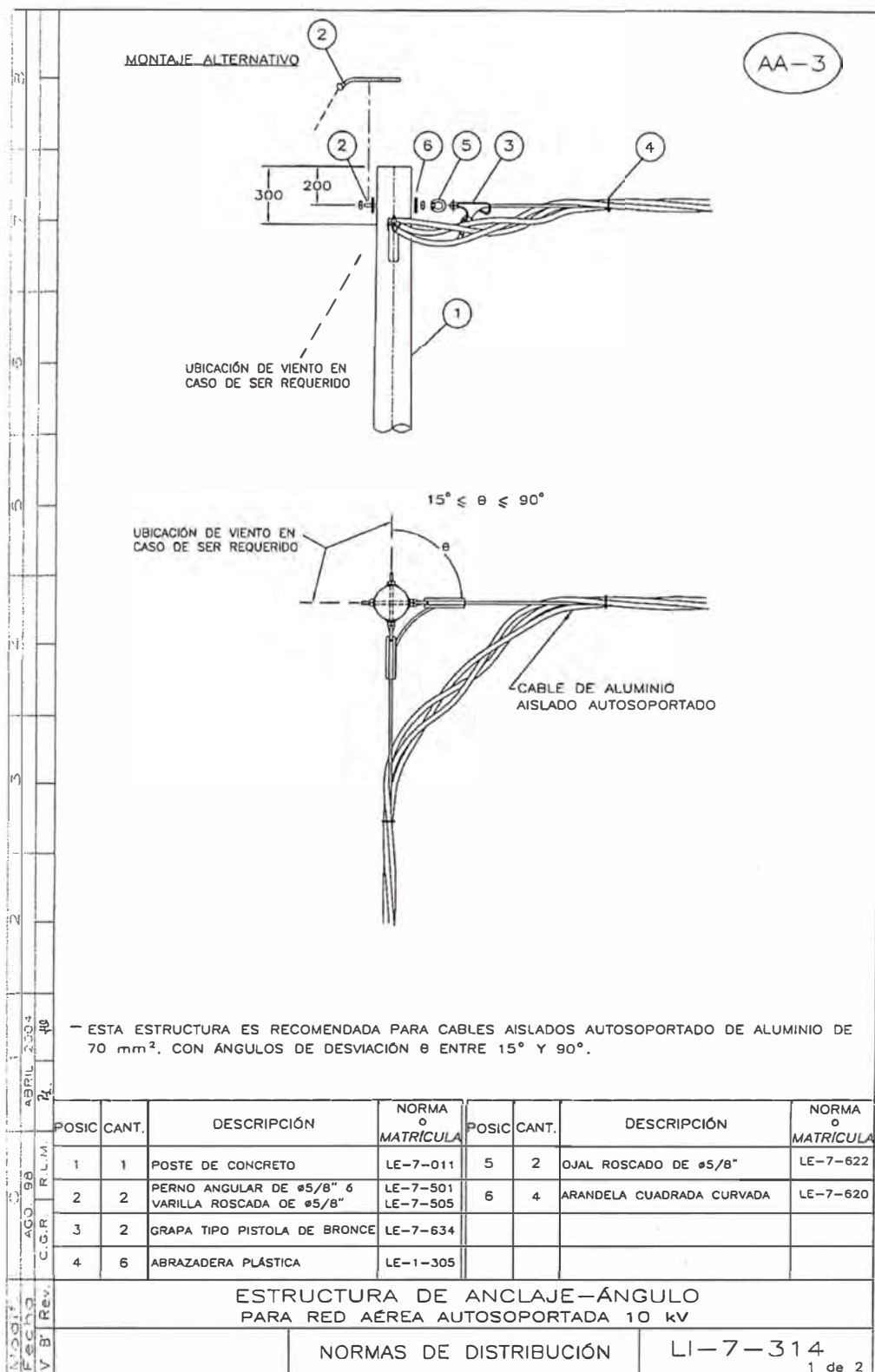


Fig.3.7. Estructura de anclaje AA3

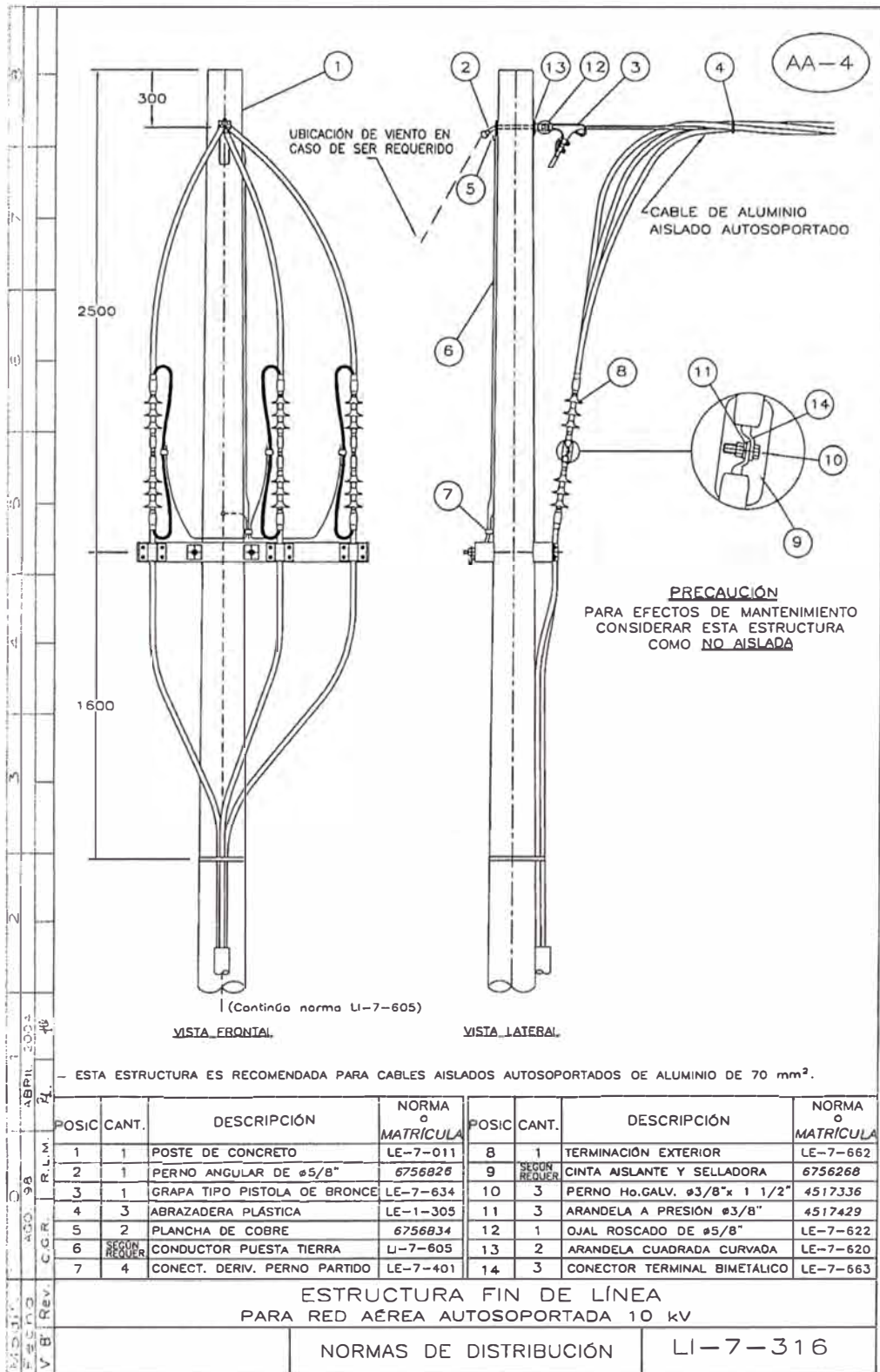


Fig.3.8. Estructura de fin de línea AA4

3.2. Costos de la Red Aérea Compacta

Tabla N° 3.3: Costos por km de red aérea compacta 10 kV 50 mm². (Se considera 19 armados)

Descripción	Costo Actual por km.			
	Cantidad	M.O. (\$)	Material (\$)	Subtotal (\$)
Cable Al 25 kV aéreo 50 mm ² con portante de Ac. 3/8" (Terna)	1050 m	1260,00	3899,70	5159,70
Espaciador p. cable 25 Kv	100	700,00	752,80	1452,80
Amarre p. espaciador	400		234,00	234,00
Armado CE-1	5	487,50	645,87	1133,37
Armado CE-1 (con J)	7	682,50	1390,62	2073,12
Armado CE-2	1	102,50	404,56	507,06
Armado CE-4	2	205,00	809,12	1014,12
Armado CE3-CE3	4	615,00	1626,08	2241,08
Vientos 2x1	1	43,00	213,00	256,00
Vientos simples	2	64,66	198,66	263,32
Vientos violín	4	129,32	397,32	526,64
			TOTAL	14861,21

3.3. Beneficios del Sistema con Red Compacta

Su aplicación en redes primarias, trae varios beneficios, algunos de inmediato:

Reducción drástica de fallas de redes, con consecuente reducción de la intervención de las redes.

Reducción de mantenimiento, permitiendo utilizar electricistas para otros servicios.

Mejoría significativa de seguridad de personal de trabajo y de terceros.

Reducción sustancial de TIC y de FIC.

Reducción de podas de los árboles.

Mejoría de imagen de la empresa, por un mejor servicio de continuidad del servicio, con los consumidores de una manera en general.

3.3.1. Metodología de cálculo

El estudio de viabilidad económica se basa en los siguientes costos:

Inversión Inicial

Costos de operaciones anuales.

Costo social de interrupción de suministro de electricidad.

Através de la composición de estos costos, se determinará el costo global por estructura.

a) Inversión Inicial I_i

El costo de inversión inicial por estructura considera los recursos necesarios para la adquisición de materiales, contratación de servicios como las parcelas de mano de obra propia y administración.

b) Costos Operacionales C_o

Los siguientes costos son considerados:

- M_p : mantenimiento preventivo, para mantener continuidad del servicio.
- M_c : mantenimiento correctivo para restablecer el sistema cuando ocurre una interrupción accidental.

Mantenimiento Preventivo, M_p :

El mantenimiento preventivo puede ser dividido en dos partes:

- Mantenimiento general de estructuras, conductores y equipamientos, especialmente una verificación de puntos calientes en conexiones, llaves, fugas de corriente en aisladores, etc.
- Poda de árboles y retirada de objeto de las redes.

Mantenimiento Correctivo, Mc.:

Un mantenimiento correctivo en función de número de interrupciones accidentales, tiempo de restablecimiento de interrupción urbana e invariablemente durante el mantenimiento ocurre una sustitución de materiales damnificados.

Eventualmente acontece un resarcimiento a los consumidores, de sus aparatos electrodomésticos damnificados debido a una ocurrencia de falla en las redes.

c) Costos Sociales Cs

Cuando ocurre una interrupción en el suministro de energía eléctrica, particularmente en salida de SE's ó de alimentadores, el proceso productivo retorna a la normalidad cerca de 10 a 12 horas después del reestablecimiento del suministro. Consecuentemente, durante este período se verifica una paralización de actividad económica sin consumo de energía.

Estudios de confiabilidad de empresas de países desarrollados muestran que el costo social es del orden de 50 a 100 veces el precio medio del Kwh facturado ó del lucro cesante.

El costo social depende del factor de la tarifa, del consumo medio anual y del TIC accidental de los consumidores urbanos.

Total de Costos e Inversión

El costo global de las redes, por estructura a valor actual es expresado através de la ecuación siguiente:

$$C_g = I_i + FVA (C_o + C_s)$$

Un factor de valor actual considera un horizonte de estudio de 25 años (correspondiente a la depreciación del sistema de distribución de 4% anual prevista en la tarifa) a una remuneración de 10% al año.


Por tanto un factor de valor actual de serie uniforme de costos anuales es:

$$FVA (25a ; 10\%) = 9.08$$

Un detalle de las ecuaciones de costos se encuentran en los anexos A y B donde se representa las partes de inspección con equipos de termovisión y apoyo operacional, servicios con turnos de línea viva, línea muerta , plantación, maniobra, costos de materiales sustituidos en las redes, cantidad de Hh, productividad de los turnos, también lo costos sociales incluye un costo social debido principalmente a los consumidores.

CONCLUSIONES

- 1.- Este tipo de red proporciona un Sistema de seguridad contra accidentes de contactos.
- 2.- Se tiene una gran confiabilidad del circuito para seguir trabajando alimentando.
- 3.- Por la configuración del sistema en algunos casos se puede ganar distancia de seguridad para el caso de distancias mínimas de seguridad con respecto a límites de propiedad, y que se ha propuesto al MEM la Distancia mínima Horizontal de seguridad a edificaciones para este tipo de red sea de 2.0 m
- 4.- Respeto al medio ambiente, por ser una línea amigable con respecto a cercanía de árboles, ya que no se necesitaría podar una zona grande.
- 5.- La utilización de esta tecnología de redes proporcionará una reducción sustancial del TIC y el FIC.
- 6.- Las redes compactas se pueden utilizar fácilmente con circuitos dobles sin dificultad de operación de las redes.



ANEXO A
FOTOGRAFÍAS INSTALACIÓN DE RED AÉREA COMPACTA EN EL DISTRITO DE
EL AGUSTINO



Foto 1.- Armado de alineamiento CE-1S y espaciador a mitad de vano.



Foto 2.- Armado de alineamiento CE-J2.



Foto 3.- Armado de ángulo.



Foto 4.- Espaciador a mitad de vano con objeto entre fases.



Foto 5.- Armado en ángulo de deflexión.

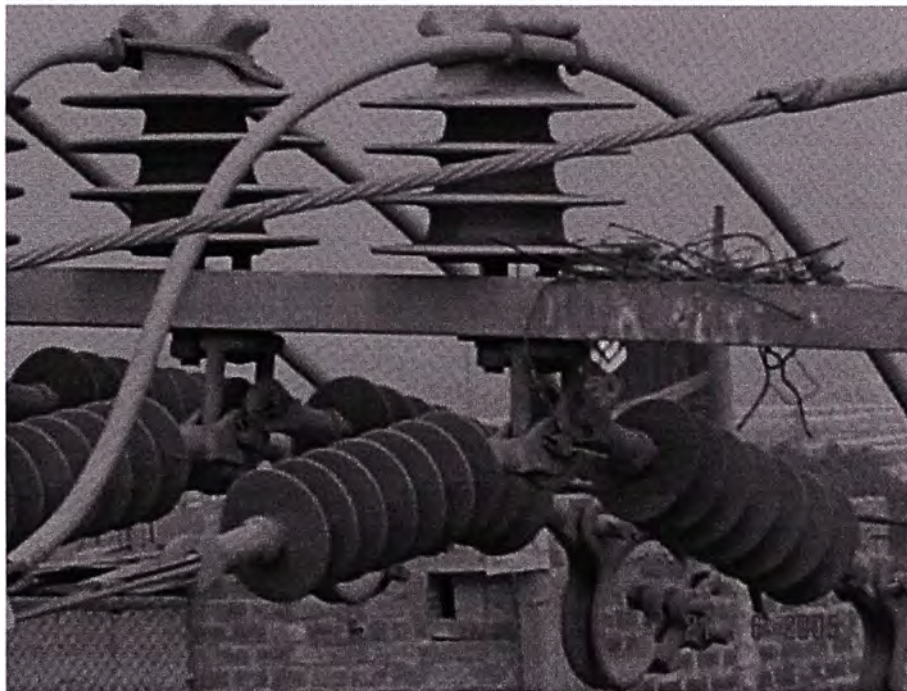


Foto 6.- Armado de anclaje CE-4, con presencia de nido.

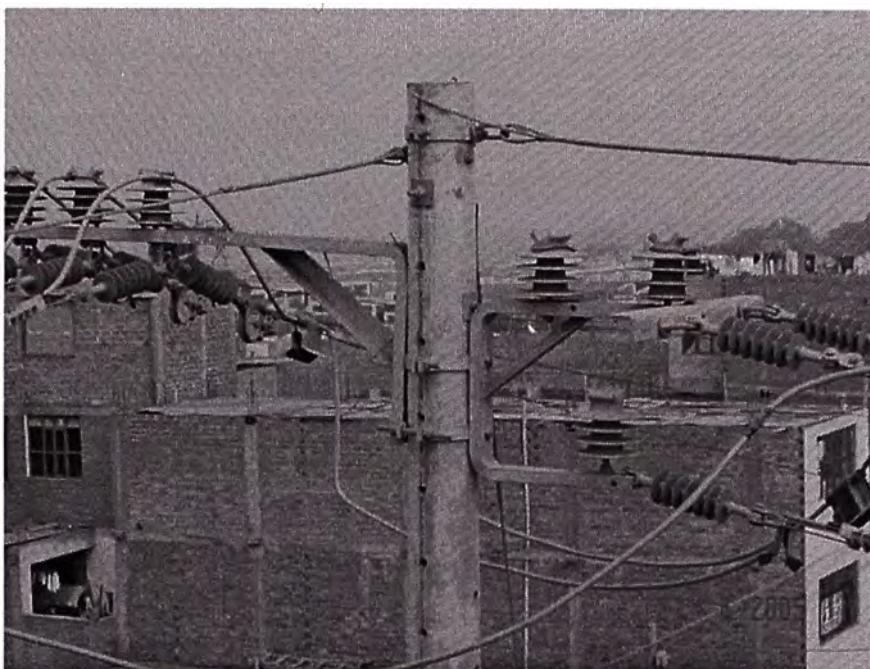


Foto 7.- Armado CE-3 CE-3 con derivación.

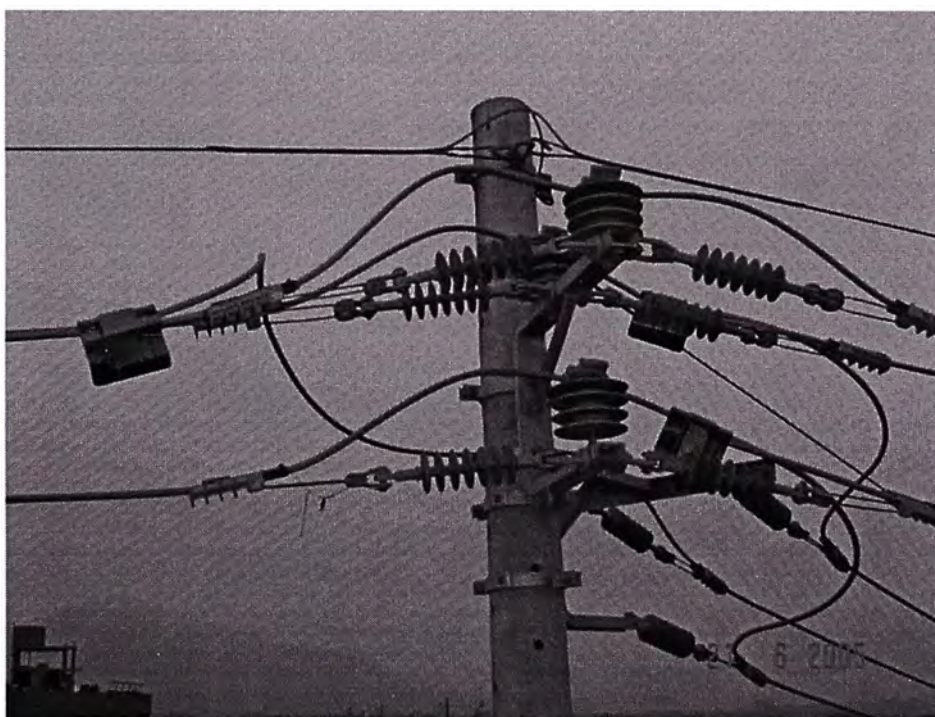


Foto 8.- Armado CE-3 CE-3 con derivación.

ANEXO B
FOTOGRAFÍAS INSTALACIÓN DE RED AÉREA COMPACTA EN EL DISTRITO DE
CARABAYLLO



Foto 9.- Espaciador de cable cruzando una zona arbolada.



Foto 10.- Red aérea compacta instalada en calle estrecha.

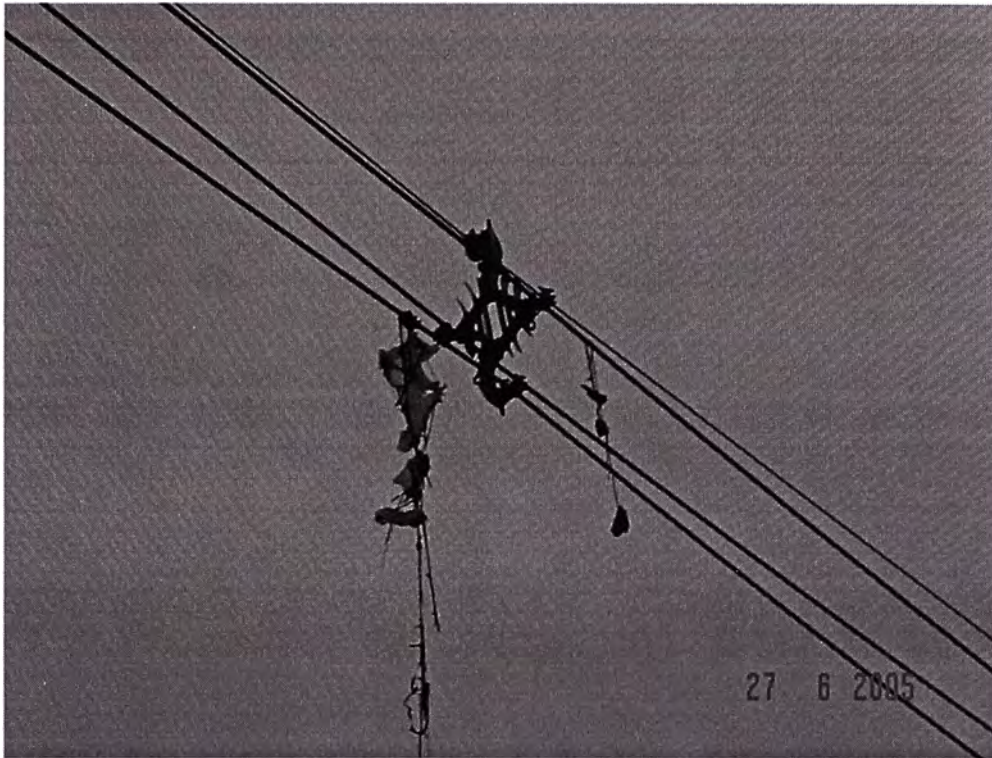


Foto 11.- Red aérea compacta con pedazo de cuerda en las tres fases.



Foto 12.- Armado CE-3 para fin de línea.

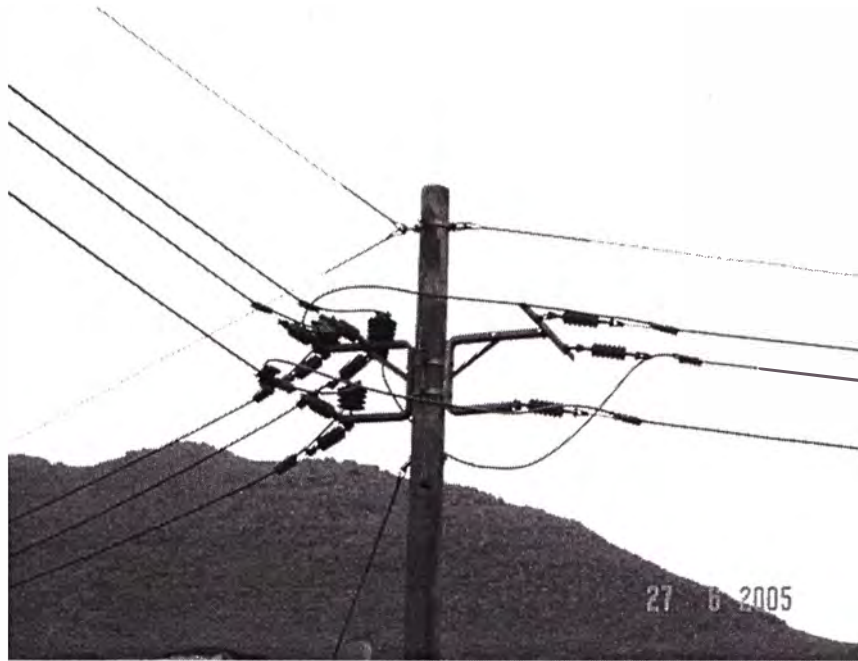


Foto 13.- Armado de derivación.

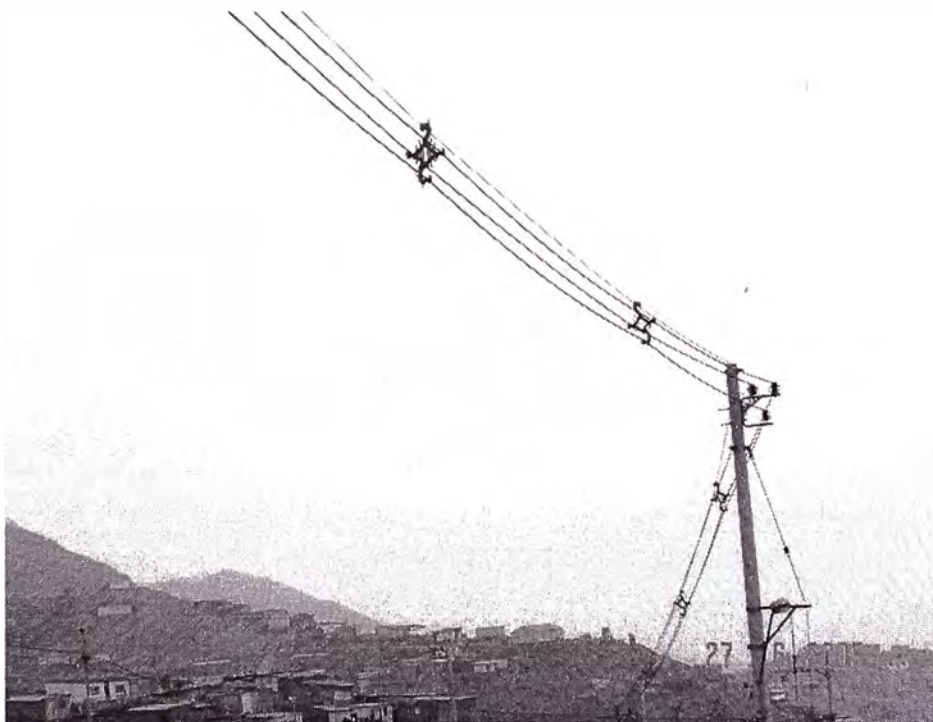


Foto 14.- Disposición de espaciadores en un vano.

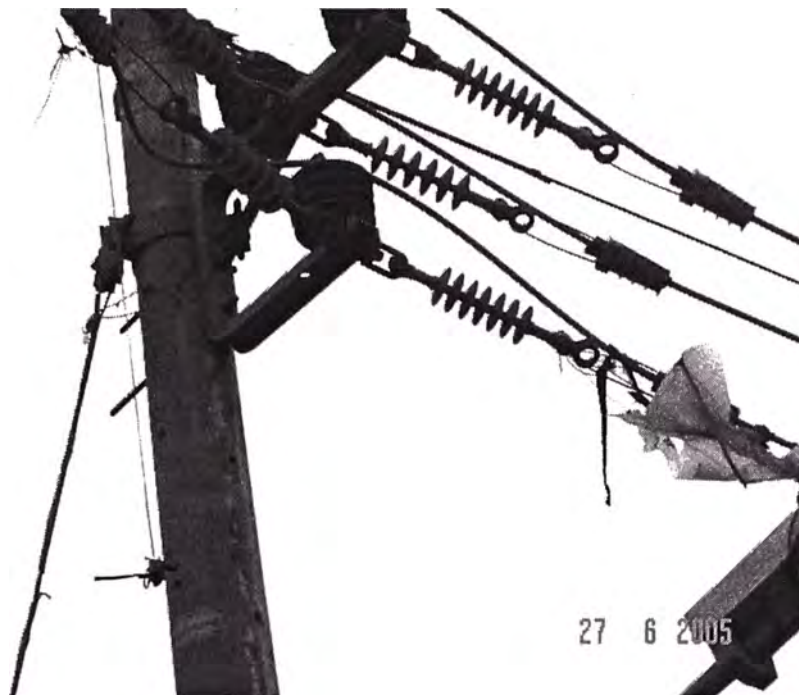


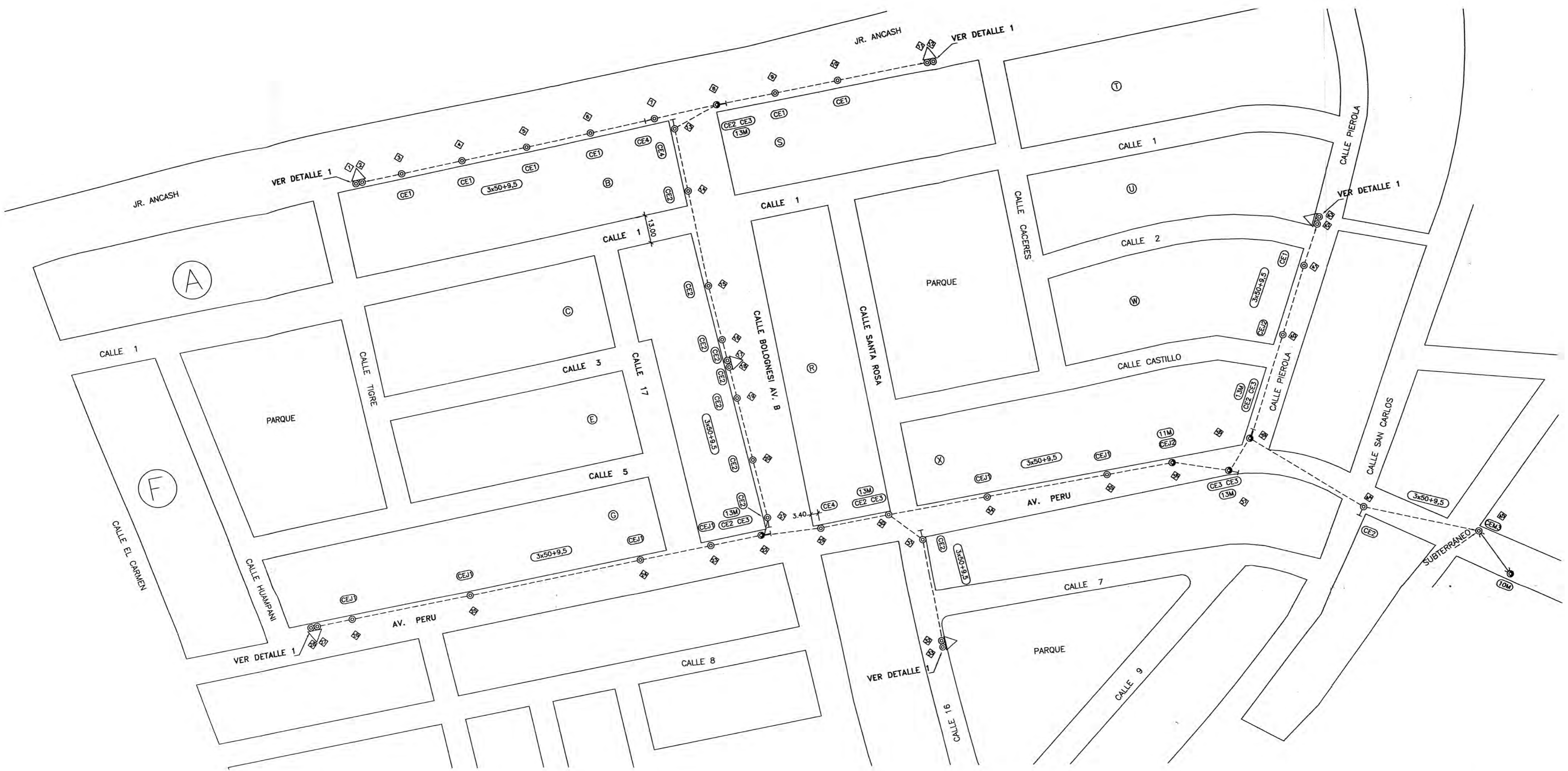
Foto 15.- Armado CE-3 fin de línea, con objeto (bolsa) en una fase de la línea.



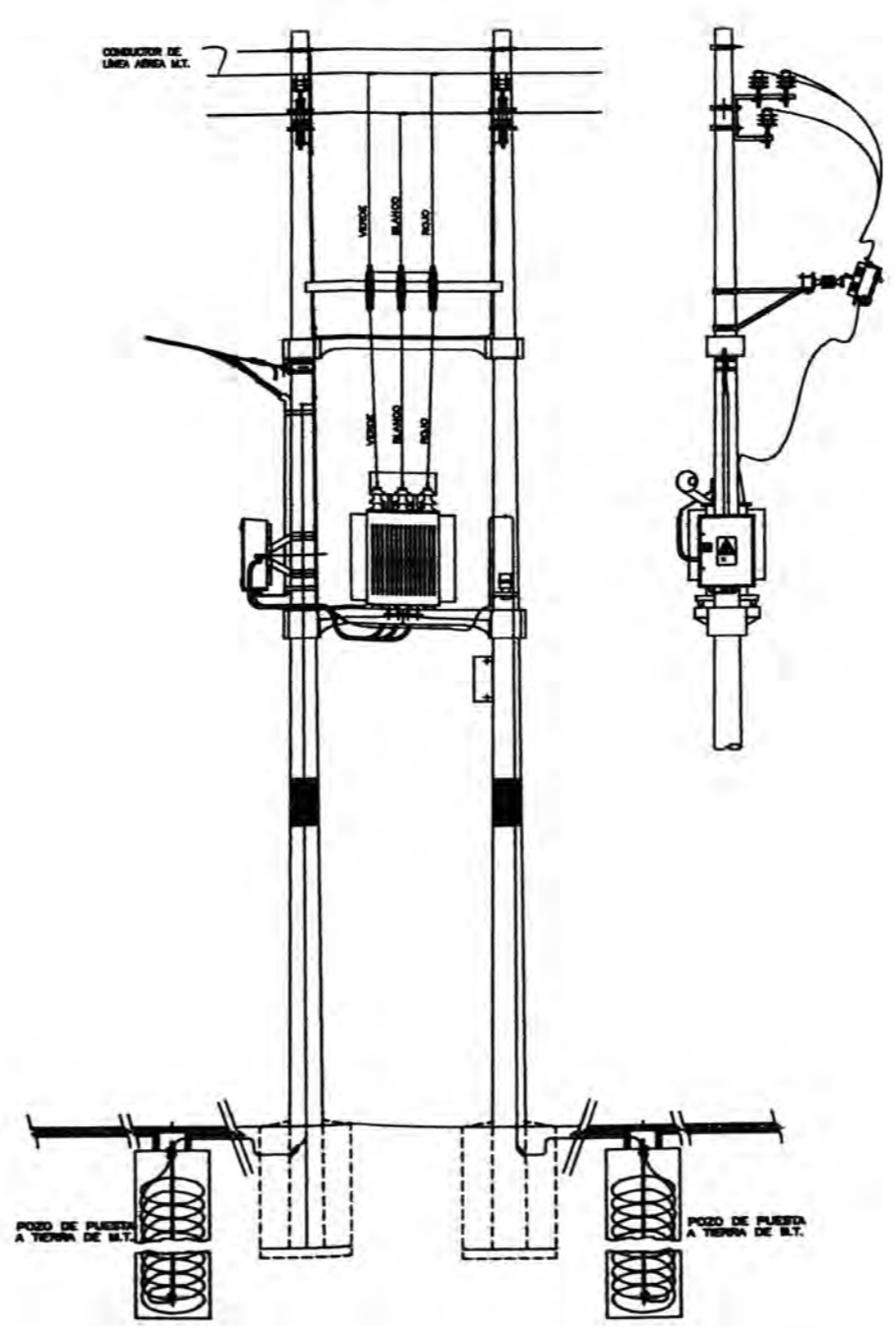
Foto 16.- Presencia de aves en la red.

ANEXO C

PLANO DE PROYECTO RED AEREA COMPACTA EN EL SECTOR ANCIETA EN
EL AGUSTINO



DETALLE 1



	SUBESTACIÓN AÉREA BIPOSTE
	POSTE DE CONCRETO A INSTALAR
	POSTE DE CONCRETO EXISTENTE
	CIRCUITO DE MT A INSTALAR COM 3x50+9,5 mm ² , SIENDO 3 FASES 50 mm ² ALUMINIO PROTEGIDO
	RETENIDA CONTRAPUNTA
	ESTRUCTURA DE MT A SER INSTALADA
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
LEYENDA	

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
	FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	
Diseño : H.O.P.	Proyecto : RED AÉREA COMPACTA	
Rev. : H.O.P.	Plano : RED AÉREA - PLANTA	
Aprob. : H.O.P.	Esc. : 1:100	Fecha : MAYO 2006
Dib. : R.C.Q.		Plano N° : DSE-01

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Hendrix Wire & Cable Inc, “Overhead Cable Systems” – USA, 1998.
- 2.- Pirelli, “Catálogo Pirelli” - Brasil, 2004.
- 3.- Companhia Energética de Mina Gerais, “Manual de Distribución”– Brasil, 1996.
- 4.- Allen Clapp, “Safety considerations of aerial systems using insulated and covered wire and cable”, USA, 1996.