

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



SISTEMA DE DISTRIBUCION PRIMARIA EN 22.9 kV Y DERIVACION EN 13.2 kV, PARA ELECTRIFICACION DE CASERIOS

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:
LENNART JUVENAL ROJAS BRAVO**

PROMOCION

2007-II

LIMA – PERU

2011

**SISTEMA DE DISTRIBUCION PRIMARIA EN 22.9 kV Y
DERIVACION EN 13.2 kV, PARA ELECTRIFICACION DE
CASERIOS**

DEDICADO:

A mis padres, que siempre están apoyándome y guiándome en todas las decisiones, a la persona especial que siempre me apoyo en este proyecto y a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

SUMARIO

El presente informe establece entre sus principales metas el incremento de la cobertura del servicio eléctrico a la población no atendida y mejorar técnicamente y económicamente los sistemas eléctricos, para brindar un eficiente servicio que sea seguro y confiable.

Se tiene por objetivo el diseño de la Ampliación de las Redes Aéreas de Distribución Primaria en Media Tensión 22.9 kV y derivaciones empleando el sistema Monofásico con Retorno por Tierra en 13.2kV (MRT), para llegar a cada una de las localidades rurales de zonas alejadas, en donde se proyectaran subestaciones aéreas equipadas con transformadores monofásicos, con la finalidad de que los moradores aprovechen las ventajas que brinda este servicio; para lo cual se ha realizado el diseño y los cálculos correspondientes.

INDICE

PROLOGO	1
CAPITULO I:	2
DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS MONOFASICOS CON RETORNO POR TIERRA	2
1.1.- Descripción general	2
1.1.1.- Sistema monofilar con retorno por tierra (simple o básico)	2
1.1.2.- Sistema monofilar con retorno por tierra y transformador de aislamiento	3
1.1.3.- Sistema monofilar con retorno por tierra y neutro parcial	3
1.2.- Aspectos generales	4
1.2.1.- Objetivo	4
1.2.2.- Ubicación geográfica	4
1.2.3.- Condiciones climatológicas	4
1.3.- Estudio de la demanda eléctrica	5
1.3.1.- Calificación eléctrica	5
1.3.2.- Proyección de la demanda	6
1.4.- Descripción del proyecto	9
1.4.1.- Normas aplicables	9
1.4.2.- Rutas de líneas primarias	9
CAPITULO II:	10
CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA Y RED PRIMARIA	10
2.1.- Características eléctricas del sistema	10
2.2.- Parámetros de los conductores	10
2.2.1.- Características del conductor	10
2.2.2.- Resistencia eléctrica	10
2.2.3.- Reactancia inductiva	11
2.3.- Distancias mínimas de seguridad	11
2.4.- Determinación del nivel de aislamiento	13
2.4.1.- Aislamiento necesario por contaminación ambiental	13
2.4.2.- Aislamiento necesario por sobretensión a frecuencia industrial en seco	13
2.4.3.- Aislamiento necesario por sobretensiones atmosféricas	14
2.5.- Selección de los aisladores para la LP y RP	14

2.6.- Niveles de aislamiento para las subestaciones de distribución	15
2.7.- Selección de pararrayos y seccionadores fusibles	15
2.8.- Estudio de coordinación del aislamiento	15
2.9.- Cálculo, diseño y configuración del sistema de puesta a tierra	18
2.9.1.- Consideraciones generales en líneas y redes primarias	18
2.9.2.- Descripción de sistemas de puesta a tierra para líneas y redes primarias	18
2.9.3.- En subestaciones de distribución	19
2.9.4.- La estratificación del terreno	20
CAPITULO III:	23
CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA LÍNEA Y RED PRIMARIA	23
3.1.- Característica de los conductores	23
3.2.- Determinación del “EDS inicial y final”	23
3.2.1.- Procedimiento gráfico para la determinación del EDS final	24
3.3.- Separación horizontal entre conductores	26
3.4.- Selección de amortiguadores de vibración	26
3.4.1.- Determinación del EDS y aplicación de amortiguadores	27
3.5.- Cálculo mecánico de estructuras – retenidas	28
3.6.- Método de cálculo de las cimentaciones	31
3.7.- Metodología para cimentación de postes de madera	33
3.8.- Resultado de cálculo de las cimentaciones de los postes.	34
3.9.- Cálculo del bloque de retenida	35
CAPITULO IV:	41
ESPECIFICACIONES TECNICAS	41
4.1.- Postes de madera importada para líneas y redes primarias	41
4.1.1.- Normas aplicables	41
4.1.2.- Defectos prohibidos	41
4.1.3.- Defectos tolerables y limitados	41
4.1.4.- Rajaduras y grietas	42
4.1.5.- Dimensiones	43
4.1.6.- Características mecánicas del material requerido	43
4.2.- Crucetas y brazos de madera de procedencia nacional	43
4.2.1.- Normas aplicables	43
4.2.2.- Condiciones ambientales	43
4.2.3.- Defectos tolerables y limitados	43
4.2.4.- Fabricación y secado	44
4.3.- Aisladores tipo pin de porcelana	45

4.3.1.- Normas aplicable	45
4.3.2.- Condiciones ambientales	45
4.3.3.- Condiciones de operación	46
4.3.4.- Características técnicas	46
4.3.5.- Pruebas	47
4.4.- Accesorios metálicos para postes y crucetas	47
4.4.1.- Pernos maquinados	47
4.4.2.- Perno – ojo	47
4.4.3.- Tuerca – ojo	48
4.4.4.- Perno tipo doble armado	48
4.4.5.- Tirafondo	48
4.4.6.- Riostra	48
4.4.7.- Arandelas	48
4.5.- Material para puesta a tierra	48
4.5.1.- Normas aplicables	48
4.5.2.- Electrodo de puesta a tierra	48
4.5.3.- Conector para electrodo	49
4.5.4.- Conector tipo perno partido (split- bolt)	49
4.5.5.- Grapa de Vías Paralelas	49
4.6.- Seccionadores fusibles tipo expulsión	49
4.6.1.- Normas aplicables	49
4.6.2.- Características generales	49
4.6.3.- Requerimientos de diseño	49
4.6.4.- Accesorios	50
4.7.- Pararrayos	50
4.7.1.- Normas aplicables	50
4.7.2.- Condiciones ambientales	50
4.7.3.- Condiciones de operación	50
4.8.- Transformadores de distribución	51
4.8.1.- Normas aplicables	51
4.8.2.- Características de los transformadores	51
4.8.3.- Pruebas	52
4.8.4.- Inspección y pruebas en fábrica	53
CAPITULO V:	54
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE DE LINEAS PRIMARIAS	54
5.1.- Excavación	54

5.2.- Izaje de postes y cimentación	54
5.2.1.- Relleno	55
5.3.- Armado de estructuras	55
5.3.1.- Tolerancias	55
5.3.2.- Ajuste final de pernos	56
5.4.- Montaje de retenidas y anclajes	56
5.5.- Puesta a tierra	56
5.6.- Instalación de aisladores y accesorios	57
5.7.- Tendido y puesta en flecha de los conductores	57
5.7.1.- Prescripciones generales	57
5.7.2.- Manipulación de los conductores	58
5.8.- Empalmes de los conductores	58
5.8.1.- Criterios de empleo	58
5.8.2.- Herramientas	59
5.8.3.- Preparación de los conductores	59
5.8.4.- Ejecución de los empalmes	59
5.8.5.- Manguitos de reparación	59
5.8.6.- Pruebas	59
5.9.- Puesta en flecha	59
5.9.1.- Criterios generales	59
5.9.2.- Procedimiento de puesta en flecha del conductor	59
5.9.3.- Tolerancias	60
5.9.4.- Fijación del conductor a los aisladores tipo pin y poliméricos de suspensión	60
5.9.6.- Puesta a Tierra	60
5.9.7.- Amortiguadores	60
CAPITULO VI:	61
METRADOS Y PRESUPUESTOS	61
6.1.- Resumen de presupuesto de un sistema MRT	61
6.1.- Resumen de presupuesto de un sistema trifásico convencional	62
CONCLUSIONES	63
ANEXOS	64
ANEXO A	65
ANEXO B	66
ANEXO C	67
BIBLIOGRAFIA	68

PROLOGO

En el país existe una gran cantidad de zonas rurales que no poseen energía eléctrica debido a que los costos de llevar una línea eléctrica a esas zonas, es elevado para el usuario y para la empresa distribuidora.

Sabiendo que los márgenes de rentabilidad de la distribución de la energía eléctrica se reducen cuando se disminuye el consumo de energía, y que los costos de obra son importantes frente a la potencia demandada, tal es el caso de los servicios rurales. Estas consideraciones han hecho que las zonas rurales dispongan de poco desarrollo en la distribución eléctrica, siendo la misma el pilar de una mejor calidad de vida y el motor del desarrollo económico de dichas zonas.

Es por ello que se ha desarrollado este informe, que se basa en algunas modificaciones de los conceptos tradicionales de redes de distribución en media tensión, utilizando un sistema de bajo costo de instalación con posibilidad de ampliación a un sistema tradicional de distribución.

Cabe aclarar que estas líneas se utilizarán sólo como derivaciones de las redes troncales. De esta manera se da solución tanto a un solo usuario de poca demanda a pocos kilómetros de una línea eléctrica, como a un grupo de usuarios distante, ofreciendo una alternativa para el desarrollo a través de actividades productivas rurales.

El cumplimiento de las disposiciones de la Reglamentación, en cuanto al diseño, la ejecución de las instalaciones y la utilización de materiales normalizados, bajo la responsabilidad de profesionales, garantizaría que la instalación eléctrica de este sistema cuente con un nivel adecuado de prestación, seguridad y calidad.

CAPITULO I

DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS MONOFASICOS CON RETORNO POR TIERRA

1.1.- Descripción general

El tema de electrificación rural presenta desafíos que son comunes en cualquier país, la dispersión de la población combinada con los bajos consumos, resulta en costos más altos que en áreas con mayor densidad de población.

Es por ello que se está adoptando la implementación de los sistemas de distribución monofásicos con retorno por tierra (MRT), que es usado en varios países del mundo para electrificación rural. Es destacable que la difusión del sistema se debe principalmente a la disminución considerable de costos y tiempos de construcción frente al de una línea convencional.

Es además importante destacar que en general el tipo de consumo en las zonas rurales es de baja demanda, lo que hace al sistema más apropiado para tal fin, además de las características antes mencionadas. Se pueden destacar tres configuraciones básicas usadas en general, pudiendo existir combinaciones entre ellas.

Las configuraciones son:

- Sistema monofilar con retorno por tierra (simple o básico).
- Sistema monofilar con retorno por tierra y transformador de aislamiento.
- Sistema monofilar con retorno por tierra y neutro parcial.

Para la operación efectiva de un sistema MRT, debe cumplirse con:

- . La resistencia total de puesta a tierra en la subestación de envío y la subestación de distribución debe ser igual o menor a 5Ω .
- . La potencia de los transformadores de distribución en la carga debe ser menor o igual a 75 KVA.

1.1.1.- Sistema monofilar con retorno por tierra (simple ó básico)

Este sistema está constituido por un conductor único conectado a una de las fases de un suministro trifásico con neutro conectado a tierra, con tensión de alimentación de 22.9kV (figura 1.1). El sistema se configura con ramales monofásicos en 13.2 kV y conectado en un extremo de la bobina primaria del transformador monofásico del usuario, estando el otro extremo de la bobina rígidamente a tierra. Con esta configuración se logra el equivalente a un sistema monofásico con neutro metálico convencional.

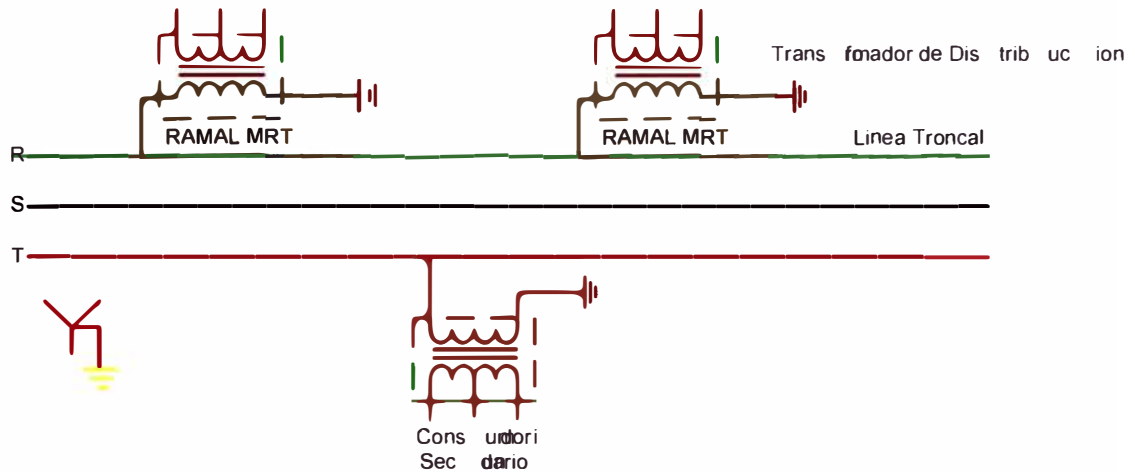


Fig. 1.1 Sistema MRT sin transformador de aislamiento.

1.1.2.- Sistema monofilar con retorno por tierra y transformador de aislamiento

En esta variante se emplea cuando se tienen sistemas trifásicos con neutro aislado como fuente de alimentación, pero con la inclusión de un transformador en el arranque de la línea (figura 1.2). Este transformador llamado de aislamiento, está tomando a dos fases de la línea trifásica convencional, es decir con tensión de alimentación de 22.9 kV ó 13.2 kV; siendo la tensión de distribución monofásica de 22.9 kV ó 13.2 kV respectivamente.

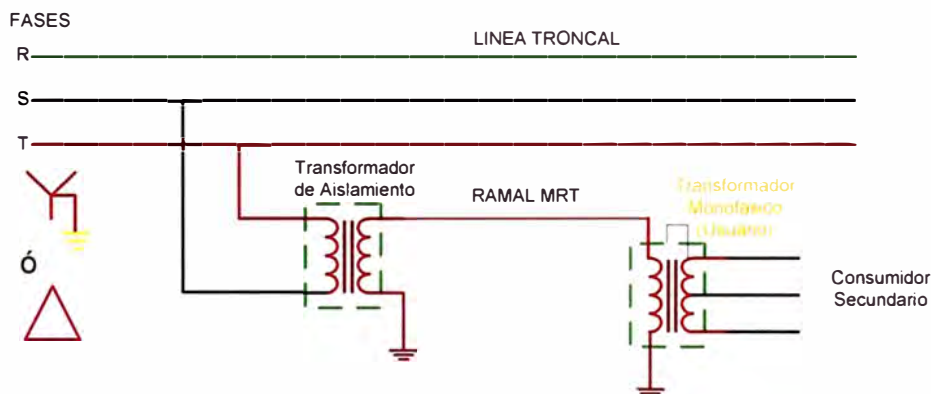


Fig. N°1.2 Sistema MRT con transformador de aislamiento.

La inclusión de este transformador trae aparejadas las siguientes ventajas:

- Utilización de sistemas MRT con fuente de alimentación trifásica con neutro flotante.
- Elevación de la tensión de distribución y con ello la extensión de la línea.

Pero también trae aparejadas las siguientes desventajas:

- Mayor costo de instalación, por la inclusión del transformador de aislamiento.
- Limitación de la potencia de la línea a la potencia efectiva del transformador.
- Mayor cuidado en la puesta a tierra (P.A.T) del transformador de aislamiento.

1.1.3.- Sistema monofilar con retorno por tierra y neutro parcial

Esta configuración es similar a la de la figura 1.1, teniendo la particularidad que las P.A.T están interconectadas entre si, lo cual es necesario en lugares donde la resistividad del terreno es alta, logrando de esta forma bajar las resistencias de tierra a los valores

necesarios. Esta solución es muy parecida a la convencional con neutro metálico, teniendo la particularidad que el sistema está conectado en su retorno con la subestación transformadora (S.E.T) de origen a través de la tierra (figura 1.3).

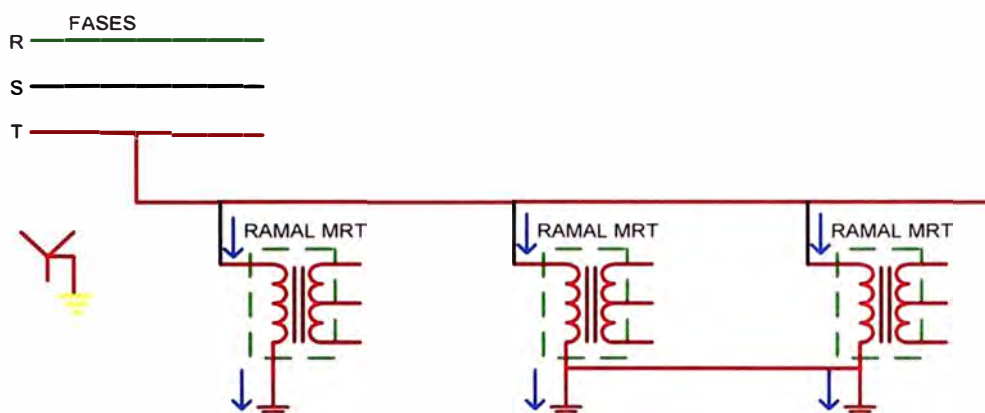


Fig. 1.3 Sistema MRT con neutro parcial.

1.2.- Aspectos generales

1.2.1.- Objetivo

El presente estudio tiene por objetivo la elaboración del Proyecto de Ingeniería para la implementación del Sistema de Distribución Primaria en 22.9 kV y derivación en 13.2 kV M.R.T., para la ejecución de la obra eléctrica de los caseríos rurales en el departamento de Ica, con el fin de mejorar el nivel de vida de sus habitantes. El criterio básico que se ha utilizado es garantizar y brindar el servicio eléctrico, seguro, confiable y continuo.

1.2.2.-Ubicación geográfica

El área del proyecto se encuentra ubicada en la región Piura.

Departamento	:	Piura
Provincia	:	Piura
Distrito	:	San Antonio de Matalacas, etc.

1.2.3.- Condiciones climatológicas

La zona donde se desarrolla el proyecto presenta una topografía regular en toda la extensión anexa al punto de entrega, así mismo irregular en las zonas alejadas de algunos caseríos.

La ubicación dentro del cual se encuentra el proyecto, es propio de una zona costa-sierra de que va desde los 260 a 2750 m.s.n.m. aproximadamente, con precipitaciones pluviales durante los meses de Diciembre a Abril, es frío y húmedo; y la temperatura promedio es de 20 °C.

El área del proyecto tiene un clima cálido y seco, siendo caluroso en los meses de Diciembre a Marzo, con las siguientes temperaturas:

Temperatura Mínima	:	15 °C
Temperatura Media	:	20 °C

Temperatura Máxima	:	38 °C
La Velocidad del Viento	:	28.7 km/h
Máxima velocidad del viento (según CNE- km/hr)	:	70km/hr.
Altitud varía entre	:	260 – 2750 msnm

1.3.- Estudio de la demanda eléctrica

1.3.1.- Calificación eléctrica

Se ha establecido la calificación eléctrica de acuerdo al tipo de habilitación de tierras, al sector de distribución típico así como también al trabajo de campo realizado en la localidad para ser dotada del servicio público de electricidad, todo esto concordante con la Norma DGE “Calificación Eléctrica para la Elaboración de Proyectos de Subsistemas de Distribución Secundaria” de acuerdo a la R.D. N° 015-2004-EM/DGE.

La calificación eléctrica se obtiene de la relación entre la máxima demanda de potencia y el número de abonados domésticos, cuyos valores se muestran a continuación:

Tabla N°1.1. Calificación eléctrica de acuerdo a la Dirección General de Electricidad

Calificación Eléctrica para Elaboración de Proyectos de Subsistemas de Distribución Secundaria de acuerdo a la R.D. N° 015-2004-EM/DGE					
	Sector de Distribución Típico 1 (W)	Sector de Distribución Típico 2 (W)	Sector de Distribución Típico 3 (W)	Sector de Distribución Típico 4 (W)	Sector de Distribución Típico 5 (W)
g) Habilitaciones para vivienda en vías de regularización (parcial o totalmente edificadas), calificadas como centros poblados, incluyendo agrupaciones de viviendas en zonas rurales.	700 300 (suministro monofásico)	300 200 (suministro monofásico)	250 200 (suministro monofásico)	250 200 (suministro monofásico)	200 (suministro monofásico)

Cargas de uso general: las cuales pueden ser colegios, escuelas, Pronoei, centros de salud, postas médicas, locales comunales, oficinas comunales, capillas e iglesias.

Para el caso de institutos, centros de salud y posta médica se ha asignado una calificación eléctrica de 1000 W/lote, con factor de simultaneidad 1,00

Para el caso de colegios (escuelas secundarias) y municipales se ha asignado una calificación eléctrica de 800 W/lote, con factor de simultaneidad 1,00. Para el caso de locales de tenencia de gobernación, local comunal, iglesia, escuela primaria, centro de alfabetización y TV comunal se ha asignado una calificación eléctrica de 500 W/lote, con factor de simultaneidad 1,00 ; y para el caso de capillas, escuela inicial, comedor popular, club de madres, teléfono comunal y radio comunal se ha asignado una calificación eléctrica de 300 W/lote, con factor de simultaneidad 1,00.

Para el alumbrado público se ha considerado el uso de lámpara de vapor de sodio de 50 W, adicionalmente se ha considerado las pérdidas en los equipos auxiliares de 10,0 W.

1.3.2.- Proyección de la máxima demanda

a) Cargas Domiciliarias (MDCD):

$$MD_{CD} = W_{LOTE} \times N_{LOTE} \times f.s \quad (1.1)$$

W_{LOTE} : Calificación eléctrica
 N_{LOTE} : Número total de lotes
 f.s : Factor de Simultaneidad

b) Máxima Demanda Actual (MDA)

$$MD_A = MD_{SP} + MD_{AP} \quad (1.2)$$

b) Máxima Demanda Proyectada (MDP)

$$MD_P = MD_A (1 + i)^n \quad (1.3)$$

Donde:

i : Tasa de crecimiento anual (%) = 2%
 n : Número de años proyectados = 20
 MD_A : Máxima Demanda Actual (kVA)
 MD_{SP} : Máxima Demanda Servicio Particular (kVA)
 MD_{AP} : Máxima Demanda Alumbrado Público (kVA)

Tabla. N° 1.2. Cuadro de carga de las localidades S.A.M. N°01

S.A.M. N° 01				
MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA				
TIPO DE CARGA	N° DE CARGA	DEMANDA (kW)	f.s.	MD _A (kW)
Lotes	136	0.25	0.5	17.0
<u>Carga Especial:</u>				
* C.E.	2	2.00	1.0	4.00
* Posta Medica	1	2.00	1.0	2.00
* Local Comunal	1	1.50	1.0	1.50
Alumbrado Público. - 70 W	20	0.081	1.0	1.62
TOTAL				26.12
Proyección de Máxima demanda (20 Años)				38.65

Referido a la tabla N°1.2, se utilizará 2 transformadores monofásicos de 25kVA, con nivel de tensión 13.2/0.46-0.23 kV

Tabla. N° 1.3. Cuadro de carga de las localidades S.A.M. N°02

S.A.M. N° 02				
MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA				
TIPO DE CARGA	N° DE CARGA	DEMANDA (kW)	f.s.	MD_A (kW)
Lotes	20	0.20	0.5	2.00
<u>Carga Especial:</u>				
* C.E.	1	1.00	1.0	1.00
* Posta Medica	1	1.00	1.0	1.00
* Local Comunal	1	1.00	1.0	1.00
Alumbrado Público. - 50 W	4	0.06	1.0	0.24
TOTAL				5.24
Proyección de Máxima demanda (20 Años)				7.75

Referido a la tabla N°1.3, se utilizará 1 transformador monofásico de 10kVA, con nivel de tensión 13.2/0.46-0.23 kV

Tabla. N° 1.4. Cuadro de carga de las localidades S.A.M. N°03

S.A.M. N° 03				
MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA				
TIPO DE CARGA	N° DE CARGA	DEMANDA (kW)	f.s.	MD_A (kW)
Lotes	40	0.20	0.5	4.00
<u>Carga Especial:</u>				
* Local Comunal	1	0.80	1.0	0.80
Alumbrado Público. - 50 W	4	0.06	1.0	0.24
TOTAL				5.04
Proyección de Máxima demanda (20 Años)				7.49

Referido a la tabla N°1.4, se utilizará 1 transformador monofásico de 10kVA, con nivel de tensión 13.2/0.46-0.23 kV

Tabla. N° 1.5. Cuadro de carga de las localidades S.A.M. N°04

S.A.M. N° 04				
MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA				
TIPO DE CARGA	N° DE CARGA	DEMANDA (kW)	f.s.	MD _A (kW)
Lotes	24	0.20	0.5	2.40
<u>Carga Especial:</u>				
* Local Comunal	1	0.80	1.0	0.80
Alumbrado Público. - 50 W	6	0,06	1.0	0.36
TOTAL				3.56
Proyección de Máxima demanda (20 Años)				5.26

Referido a la tabla N°1.5, se utilizará 1 transformador monofásico de 10kVA, con nivel de tensión 13.2/0.46-0.23 kV

Tabla. N° 1.6. Cuadro de carga de las localidades S.A.M. N°05

S.A.M. N° 05				
MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA				
TIPO DE CARGA	N° DE CARGA	DEMANDA (kW)	f.s.	MD _A (kW)
Lotes	36	0.20	0.5	3.60
<u>Carga Especial:</u>				
* Local Comunal	1	0.80	1.0	0.80
Alumbrado Público. - 50 W	4	0.06	1.0	0.24
TOTAL				4.64
Proyección de Máxima demanda (20 Años)				6.89

Referido a la tabla N°1.6, se utilizará 1 transformador monofásico de 10kVA, con nivel de tensión 13.2/0.46-0.23 kV

1.4.- Descripción del proyecto

1.4.1.- Normas aplicables

El diseño está basado en las prescripciones de:

- MEM/DEP – 311 : Especificaciones Técnicas para el Suministro de Materiales y Equipos de Líneas y Redes Primarias.
- MEM/DEP – 312 : Especificaciones Técnicas de Montaje para Líneas y Redes Primarias.
- MEM/DEP – 501 : Bases para el Diseño de Líneas y Redes Primarias. (Versión 2003-0)
- NESC : National Electrical Safety Code – USA
- ANSI : American National Standard Institute
- IEC : International Eléctrica Comisión
- LEY Nº 28749 : LEY GENERAL DE ELECTRIFICACIÓN RURAL Y SU REGLAMENTO.
- CNE : CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD – SUMINISTRO 2001.

1.4.2.- Rutas de líneas primarias

Las rutas de las líneas se han definido teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Obtener tramos de línea con la menor longitud posible.
- Procurar la accesibilidad necesaria a fin de facilitar las labores de construcción y mantenimiento.
- Evitar el recorrido por zonas geológicamente inestables o terrenos con pendientes pronunciadas en los que sean frecuentes las caídas de rocas y deslizamiento del terreno (huaycos).
- Evitar el recorrido por lugares arqueológicos de valor histórico o cultural.
- Evitar en lo posible el recorrido por altiplanicies elevadas.
- Evitar en lo posible el recorrido por zonas de bosques con alta densidad de árboles, ya que ello implica la tala de árboles.

CAPITULO II CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA Y RED PRIMARIA

2.1.- Características eléctricas del sistema

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

Sistema Efectivamente Puesto a Tierra

Tipo de sistema	:	Trifásico
Tensión Nominal de la Red	:	22.9/13.2 kV
Tensión Máxima de Servicio	:	25,0 kV
Frecuencia Nominal	:	60 Hz
Factor de Potencia	:	0.90 (atraso)
Conexión del Neutro	:	Efectivamente puesto a tierra

2.2.- Parámetros de los conductores

2.2.1.- Características del conductor:

Material	:	Aleación de Aluminio AAAC
Sección (mm ²)	:	35
Diámetro (mm)	:	6.3
Número de hilos	:	7
Resistencia 20°C (Ohm/Km)	:	1.37
Capacidad corriente (A)	:	125
Coefficiente térmico de resistencia 20°C por °C	:	0.0000023/°C

2.2.2.- Resistencia eléctrica

La resistencia de los conductores a la temperatura de operación se calculará mediante la siguiente fórmula.

$$R_{50^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} \cdot x [1 + \alpha x \Delta T] \quad (2.1)$$

Dónde:

R_{50°C} = Resistencia a la temperatura 50°C

R_{20°C} = Resistencia a 20°C

α = Coeficiente térmico (0.00382/°C)

ΔT = Diferencia de temperatura (30°C)

Resultados ver Anexo A1.

2.2.3.- Reactancia inductiva

La reactancia inductiva para sistema trifásico equilibrado es:

$$X = 0.1736 \times \text{Log}(D_m / r_e) \quad \text{Ohm / km} \quad (2.2)$$

$$D_m = \sqrt[3]{d_1 \times d_2 \times d_3} \quad (2.3)$$

$$r_e = \sqrt{(S/\pi) \times 10^{-3} \text{ m}} \quad (2.4)$$

Dónde:

X = Reactancia inductiva (ohm/km)

dn = Distancia separación de conductor (m)

D_m = Distancia media geométrica (m) (1.2 m)

r_e = Radio equivalente del conductor (m)

Resultados ver Anexo A.1

DMG = Distancia Media Geométrica, igual a 1.20 m

r = Radio del conductor, en metros

La reactancia inductiva equivalente para sistemas monofásicos con retorno total por tierra.

$$X_{L,T} = 0.1734 \times \text{Log}(D_e / D_s) \quad \text{en Ohm / km} \quad (2.5)$$

$$D_e = 85 \sqrt{\rho} \quad \text{Diámetro equivalente, en metros} \quad (2.6)$$

$$D_s = 2,117 r' \quad \text{Radio equivalente del conductor, para conductor de} \quad (2.7)$$

7 alambres

ρ = Resistividad eléctrica del terreno.

r' = Radio del alambre del conductor, en metros

Los valores calculados se muestran en el Anexo A.1

2.3.- Distancias mínimas de seguridad

a) Distancia de seguridad entre los conductores en los soportes para el mismo circuito y diferentes circuitos en disposición vertical y horizontal:

Para Tensiones entre 0.75 – 11.00 kV: es 0,40 m

Para Tensiones mayores a 11,00 kV: 0,40 m + 0,01 m/kV en exceso de 11 kV

Para tensión = 13.2 kV: se tiene 0.42 m

Para tensión = 22.9 kV: se tiene 0.52 m, según C.N.E (Tabla N° 235-1)

b) Distancia vertical entre conductores tendidos en diferentes estructuras soporte según normas DEP/MEM:

Esta distancia se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$D = 1.20 + 0.0102(FC)(kV_1 + kV_2 - 50) \quad (2.8)$$

Dónde:

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

kV2 : Máxima tensión entre fases del circuito de menor tensión: 25 kV ó 14.5 kV

FC : Factor de corrección por altitud

La distancia vertical mínima entre:

Líneas en 22.9 kV será de 1.20 m y en líneas en 13.2 kV será de 0.90 m

Líneas de 22.9 kV y líneas de menor tensión será de 1.0 m Según CNE (Tabla N° 233-1):

Entre conductores de 23 kV será de 1.20 m

Entre conductores de 23 kV, sobre cables auto soportado menor a 750V será de 1,20m

Entre conductores de 23 kV, sobre conductores de comunicaciones será de 1,80m

c) Distancia de seguridad de los alambres, conductores, cables y partes rígidas con tensión no protegidas adyacentes pero no fijadas a edificios y otras instalaciones a excepción de puentes <750V-23kV>(según CNE Tabla N°234-1)

Distancia vertical sobre techos o proyecciones no fácilmente accesibles a peatones:

5.0 m

Distancia vertical sobre techos o proyecciones no accesibles a peatones

3.5 m

Distancia horizontal a paredes, proyecciones, balcones, ventanas y áreas fácilmente accesibles.

2.5 m

Distancia vertical sobre balcones, techos fácilmente accesibles a peatones

5.0 m

Distancia vertical sobre letreros, carteles, antenas de radio y televisión, sobre pasillos por donde transita el personal

5.0 m

d) Distancia Vertical de conductores sobre el nivel del piso, camino, riel o Superficie de agua (Según CNE Tabla N° 232-1)

Cuando los conductores recorren a lo largo y dentro de los límites de las carreteras u otras fajas de servidumbre de caminos pero que no sobresalen del camino.

Carreteras y avenidas 6.5 m

Caminos, calles o callejones 6.0 m

Espacios y guías peatonales o áreas no transitables por vehículos 5.0 m

Calles y caminos en zonas rurales 5.0 m

Cuando los conductores cruzan o sobresalen:

Carreteras y avenidas sujetas al tráfico de camiones 7.0 m

Caminos, calles y otras áreas sujetas al tráfico de camiones 6.5 m

Calzadas, zonas de parqueo y callejones 6.5 m

Espacios y vías peatonales o áreas no transitables por vehículos	5.0 m
Calle y caminos en zonas rurales	6.5 m

e) Distancias mínimas a terrenos boscosos o árboles aislados (DEP/MEM)

Distancia vertical entre el conductor inferior y los árboles	2.5 m
Distancia radial entre el conductor y los árboles laterales	0.5 m

Nota:

Las distancias verticales se determinarán a la máxima temperatura y las distancias radiales se determinarán a la temperatura en la condición EDS y declinación con carga máxima de viento. Las distancias radiales podrán incrementarse cuando haya peligro que los árboles caigan sobre los conductores.

f) Distancia mínima entre los conductores y sus accesorios bajo tensión y elementos puestos a tierra

$$D = 0.25 \text{ m} \quad (2.9)$$

Esta distancia no es aplicable a conductor neutro.

2.4.- Determinación del nivel de aislamiento

Los criterios considerados en la selección del aislamiento son por contaminación ambiental, sobretensiones a frecuencia industrial en seco y sobretensiones atmosféricas.

2.4.1.-Aislamiento necesario por contaminación ambiental

Esta solicitud determina la longitud de la línea de fuga fase–tierra requerida en el aislamiento por contaminación ambiental. La selección de la distancia de fuga de los aisladores ha sido tomada de la recomendación de la Norma IEC 60815 “Recomendaciones para distancia de fuga en los aisladores de porcelana para ambientes contaminados”, que establece niveles de contaminación según características ambientales.

➤ Nivel de polución I (ligero)	16mm/kV
➤ Nivel de polución II (medio)	20mm/kV
➤ Nivel de polución III (pesado)	25mm/kV
➤ Nivel de polución IV (muy pesado)	31mm/kV

El área del proyecto se caracteriza por ser una zona de parte costa y sierra, con altitudes que varían de los 260 msnm hasta los 2750 msnm, expuesta a descargas atmosféricas y presencia de lluvias frecuentes y de intensidad, que contribuye a la limpieza periódica de los aisladores.

2.4.2.- Aislamiento necesario por sobretensión a frecuencia industrial en seco

La tensión de sostenimiento a frecuencia industrial entre fases y fase tierra recomendado según la Norma DGE RD-018-2003 “Bases para el Diseño de líneas y Redes Primarias”, es:

$$V_{fi} = 50 \text{ kV} \quad (2.10)$$

2.4.3.- Aislamiento necesario por sobretensiones atmosféricas

A continuación se describe el procedimiento de cálculo del aislamiento requerido por descargas atmosféricas (contorneo inverso "-"):

$$V_i = \frac{NBI}{(1 - N \times \sigma) \times \delta} \quad (2.11)$$

Dónde:

NBI : Nivel Básico de Aislamiento (125 kV-BIL)V

N : Número de desviaciones estándar alrededor de la media (1.2)

σ : Desviación estándar (2%)

δ : Densidad relativa del aire

$$\delta = \frac{3,92 \times b}{273 + t} \quad \text{y} \quad \log h = \log 76 - \frac{msnm}{18336} \quad (2.12)$$

Para la temperatura media anual $t=17.9^{\circ}\text{C}$ y altura máxima de: (msnm) =3453m

2.5.- Selección de los aisladores para la LP y RP

A continuación se muestra una comparación de los resultados obtenidos con respecto a la selección de los aisladores tipo Pin y tipo Suspensión, para los casos de porcelana y polimérico:

Tabla 2.3. Cuadro Comparativo de aisladores

Característica			Tipo Cadena Suspensión		Tipo PIN		Suspensión
Aislamiento	Unid.	Calculado	2*52-3	3*52-3	56-2	56-3	(1)
Longitud de la línea de fuga (Lf) -3453 msnm	mm	500	584	876	432	533	650
Aislación necesaria por sobretensiones a frecuencia industrial (Vfi)	kV	42	155	215	110	125	160/100
Aislación necesaria por sobretensiones de impulso (Vi)	kV	193	245	341	168	192	250/260

(1) Aislador de suspensión de goma de silicón, con conexión horquilla y lengüeta

* En conclusión se ha de seleccionar el aislador de porcelana tipo pin clase Ansi 56-3 para altitudes de hasta 4 200 msnm.

** Para altitudes mayores a los 4200 msnm se debe seleccionar el aislador de porcelana tipo pin Clase ANSI 56-4. Para el caso de suspensión se selecciona el aislador clase ANSI 52-3, dos por cadena, para toda la línea y red primaria.

2.6.- Niveles de aislamiento para las subestaciones de distribución

Los niveles de aislamiento considerados para el diseño de la subestaciones de distribución hasta los 2750 msnm son los siguientes:

Tensión Nominal	13,2 kV
Tensión de sostenimiento a frecuencia industrial	50 kV
Tensión de sostenimiento al impulso 1,2/50 ms (interno)	125 kV
Tensión de sostenimiento al impulso 1,2/50 ms (externo)	150 kV

2.7.- Selección de pararrayos y seccionadores fusibles

La selección de pararrayos toma en cuenta los niveles de tensión empleados en el proyecto (1Ø-MRT); así como el aterramiento existente del mismo.

La máxima sobretensión temporal que ocurren en un sistema debido a fallas pueden ser determinadas de la siguiente ecuación:

$$TOV_{SIST} = k \times U_{MAX} \quad (2.13)$$

Dónde:

TOV : Máxima tensión de operación

k : Factor de sobretensión o factor de aterramiento (depende del tipo de aterramiento del neutro del sistema)

U_{max} : Máxima tensión de operación fase tierra del sistema

El factor de sobretensión consiste en la relación la máxima sobretensión fase tierra a frecuencia fundamental durante una falla fase tierra en cualquier punto del sistema y el valor eficaz de la tensión fase tierra en condiciones normales.

Para sistemas aterrados, $k = 1.4 / \sqrt{3} = 0.808$

Tabla.2.4. Cálculo del TOV

kV	U _{max} (kV)	Neutro	k	TOV
22.9	25	aterrado	0.808	20.21

Del cuadro anterior, se desprende que, para los niveles de tensión de 22.9kV, se usarán pararrayos de 21kV.

2.8.- Estudio de coordinación del aislamiento

Se entiende por coordinación del aislamiento al conjunto de disposiciones que se toman a fin de evitar que las sobretensiones causen daño a los equipos eléctricos y que cuando los arcos de defecto no puedan ser eludidos con medios que resulten económicos sean localizados en puntos del sistema donde produzcan la mínima afectación al funcionamiento y a las instalaciones de éste último.

Por tal razón es imprescindible la instalación de los pararrayos para la adecuada protección de la aislación interna de los transformadores.

Los márgenes mínimos de seguridad recomendado por ANSI, según guía de aplicación C62.2-1981 es:

MP1 : Margen del nivel de onda cortada = 120 %

MP2 : Margen del nivel básico de aislamiento (BIL) = 120 %

Dónde:

$$MP1 = \frac{\text{Tension de sostenimiento al impulso atmosférico de onda cortada del equipamiento}}{\text{Nivel de protección del pararrayo para frente de onda cortada}}$$

$$MP2 = \frac{\text{Tension de sostenimiento nominal de impulso atmosférico del equipamiento}}{\text{Nivel de protección del pararrayo para impulso atmosférico}}$$

El cálculo de coordinación del aislamiento es como sigue:

Características del Sistema

Nivel de tensión : 22.9kV

Máxima tensión de servicio : 25 kV

Tensión nominal soportable al impulso atmosférico: 150 kV

Características de los Pararrayos:

Tensión Nominal: 21 kV

Nivel de protección al impulso atmosférico: 70 kV

Nivel de protección al frente de onda cortada: 150 kV

Despreciando los efectos de los cables de conexión y la distancia de separación entre los pararrayos a los equipos a ser protegidos, de donde se obtienen los siguientes resultados:

Tabla.2.5. Márgenes de seguridad de la coordinación del aislamiento

V nominal (kV)	V pararrayos (kV)	MP1	MP2
22.9	21	201%	190%

Podemos observar que para los pararrayos analizados, se tienen márgenes de seguridad por encima de los valores mínimos permitidos, con lo que se concluye que no se deberían tener dificultades de aislamiento.

Cálculo del Nivel de Aislamiento de las Estructuras de la Línea y Red Primaria.

La mayor causa de salidas fuera de servicio es ocasionada por los flameos producidos por descargas atmosféricas y tormentas eléctricas, los cuales producen sobretensiones directas e inducidas sobre las líneas de distribución, las cuales dependen de los siguientes factores:

Intensidad, continuidad y duración de las descargas atmosféricas en el altiplano son intensas en época de tormenta eléctrica.

Las salidas de servicio por cada 100 km/año se reducen cuando se logra un voltaje de flameo al impulso crítico (VFIC, o critical impulse flashover voltage-CIFO) de la línea de 300 kV, motivo por el cual en los diseños de las estructuras se debe tender a obtener dicho valor, por medio de la utilización de aisladores adecuados y crucetas de madera.

No es conveniente superar los 300 kV, porque el mayor aislamiento en la línea podría ocasionar sobretensiones severas en los equipos. Los pararrayos de las subestaciones de distribución proveen un grado de reducción de flameos por tensiones inducidas, por lo que en el PSE se cuenta con una cantidad de localidades distribuidas a lo largo de las líneas, los pararrayos contribuyen a mejorar el comportamiento eléctrico.

El aislamiento de las estructuras se logra con la combinación del CIFO de sus componentes: aislador y cruceta de madera, la cual contribuye a elevar el aislamiento de la línea y a mejorar el comportamiento eléctrico contra descargas atmosféricas. Los pararrayos se deben instalar lo más cerca al equipo, pudiendo instalarse en la tapa del transformador, reduciendo así la longitud del conductor de conexión del pararrayos al borne, minimizando la caída de tensión por las corrientes de descarga de rayos.

Los CIFO considerados por la norma IEEE Std 1410-1997 para las estructuras con aislamiento en serie son los siguientes:

Tabla 2.6. Aislamiento según la IEEE Std 1410-1997

Aislamiento	Componente	CIFO
Aislador pin ANSI 56-2		175 kV
Aislador pin ANSI 56-3		200 kV
2 aislad. campana 53-2		255 kV
Aire		600 kV/m
Poste de madera		0 kV/m
Cruceta madera mojada c/aislador pin	II	250 kV/m

Considerando que se va a utilizar los postes de madera, que son zonas con apantallamiento natural por recorrer por zona con presencia de árboles, se plantea el uso del aislador tipo PIN clase **ANSI 56-3** para compensar el bajo aislamiento del poste. Lo que significa el siguiente nivel de aislamiento:

CIFO para el aislador Ansi 56-3	200 kV
CIFO Poste de Madera	0 kV
Total	200 kV

Los aisladores tipo suspensión propuestos serán tipo poliméricos, los cuales tienen un CIFO de 245 kV. Los equipos y accesorios metálicos de las estructuras (seccionadores-fusibles, pararrayos, etc.) contribuyen a reducir el CIFO, lo cual se compensa a través de distancias suficientes aisladas y la utilización de pararrayos.

2.9.- Cálculo, diseño y configuración del sistema de puesta a tierra

2.9.1.- Consideraciones generales en líneas y redes primarias

En los sistemas "efectivamente puesto a tierra sin neutro corrido" en 22.9/13.2 kV, se requiere que las instalaciones de líneas y redes primarias garanticen la seguridad de las personas, operación del sistema, y facilidad para el recorrido a tierra de la corriente de operación del sistema eléctrico MRT.

La Norma DGE RD-018-2003-EM "Bases para el Diseño de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural", establece que desde el punto de vista de la operación, las únicas puestas a tierra importantes son las que corresponden al neutro del transformador de potencia y a las subestaciones de distribución.

Como en las líneas primarias se tiene un recorrido por zonas de escaso tránsito de personas, no se toma en cuenta el criterio de tensiones de toque, paso y de transferencia. Se recomienda que para las líneas y redes primarias se siga con el siguiente criterio.

En todas las estructuras de las líneas y redes primarias se instalará la puesta a tierra, para la seguridad de las personas y la operación del sistema eléctrico. Para evitar la quema de las crucetas de madera debido a sobretensiones, toda la ferretería deberá ser conectada al conductor de bajada de puesta a tierra.

2.9.2.- Descripción de sistemas de puesta a tierra para líneas y redes primarias

a) Sistema de aterramiento tipo PAT - 01:

El sistema de puesta a tierra tipo PAT-1, consiste en llevar el conductor de cobre recocido de 16 mm² desnudo conectado desde la varilla de acero recubierta de cobre de 2.4 m-16 mmØ, separado horizontalmente con respecto al eje del poste en 2m; el conductor de puesta a tierra será instalado al mismo lado del conductor neutro en cuadratura opuesta al espacio de trepado o del pin de punta de poste, se instalaran estas puesta a tierra provistas de electrodo solo en estructuras de seccionamiento, protección y subestaciones para todos los casos se instalarán cajas de registro provistas de electrodos verticales.

$$R_{PAT-1} \equiv 0,392 * \rho_a \quad (2.14)$$

b) Sistema de aterramiento tipo PAT - 02:

Este sistema de PT está constituido por 2 sistemas PAT-1, separados a una distancia horizontal de 3 m y unidas entre sí mediante conductor de cobre recocido de 16 mm².

La resistencia de puesta a tierra se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_{PAT-2} = \frac{R_{PAT-1}}{2} \times \left(1 + \frac{l}{a \times \ln\left(\frac{4 \times l}{d}\right)} \right) \quad (2.15)$$

Dónde:

- l : Longitud de la varilla (2.4 m)
- d : Diámetro de la varilla (16 mm)
- a : Distancia entre varillas (3.0 m)

Efectuando el cálculo:

$$R_{PAT-2} = 0,220 \times \rho_a = 56\% (R_{PAT-1}) \quad (2.16)$$

c) Sistema de aterramiento tipo PAT - 03:

Este sistema de PT está conformado por 3 sistemas PAT-1 instalados en forma triangular (El tercer electrodo se instalará en la calzada, de no ser posible esta configuración se instalarán alineados en línea recta los 3 electrodos), separados a una distancia horizontal entre varillas de 3 m, y unidas entre sí mediante conductor de cobre recocido de 16mm². La resistencia de puesta a tierra se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_3 = \frac{\rho_a}{2 \times \pi \times 3 \times l} \times \left[\ln\left(\frac{4 \times l}{b} - 1 + \frac{l}{D} \left(\frac{1}{\text{Sen}\left(\frac{\pi}{3}\right)} + \frac{1}{\text{Sen}\left(\frac{2\pi}{3}\right)} \right) \right) \right] \quad (2.17)$$

Dónde:

- ρ_a : Resistividad eléctrica aparente del terreno (ohm-m)
- l : Longitud de la varilla (2.4 m)
- b : Radio de la varilla (8 mm)
- D : Diámetro del anillo formado por las tres varillas (3.46 m)

Donde resulta:

$$R_{PAT-3} = 0,170 \times \rho_a = 43\% (R_{PAT-1}) \quad (2.18)$$

La medición de la resistividad eléctrica del terreno se ha realizado en las localidades donde se prevé la ubicación de subestaciones de distribución - SED. La ubicación de las SED ha sido definida teniendo en consideración los siguientes criterios técnicos:

Centros de carga en las localidades

Cumplir con las distancias mínimas de seguridad

En el presente capítulo se desarrollara la estratificación del terreno hasta de dos capas, a partir de las mediciones mediante la metodología Wenner.

2.9.3.- En subestaciones de distribución

La Norma DGE RD-018-2003-EM "Bases para el Diseño de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural", establece que para subestaciones trifásicas se debe tener un valor de 25 Ω sin tomar en cuenta la red secundaria. Para transformadores 1 \emptyset de sistemas MRT deben tener los siguientes valores de puesta a tierra:

Tabla 2.7 Valores de Puesta a Tierra

Potencia del Transformador	Puesta a tierra - Ohm
5 kVA, 1Ø	25
10 kVA, 1Ø	25
15 kVA, 1Ø	20
25 kVA, 1Ø	15

En el sistema 1Ø - MRT los valores de la puesta a tierra en las subestaciones de distribución deben limitar a la tensión de toque a un valor máximo de 25 voltios, consiguiendo con esto seguridad para las personas.

Las subestaciones de distribución llevarán una puesta a tierra PAT-2 o PAT-3 según corresponda para la media tensión-MT, donde se conecta el pararrayos, el neutro y la carcasa del transformador. El cable de bajada irá dentro del poste de concreto, será de Cu blando desnudo de 16 mm². A continuación se describe y se efectúa el cálculo de la resistencia de puesta a tierra de los sistemas PAT-2 y PAT-3.

2.9.4.- La estratificación del terreno

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

Metodología: La estratificación para dos capas se realiza mediante el método de "Utilización de curvas", que utiliza las mediciones de campo realizadas.

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

$$V_p = \frac{\rho_1 l}{2\pi} \left[\frac{1}{a} + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{k^n}{\sqrt{a^2 + (2nd_1)^2}} \right] \quad (2.19)$$

$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \quad (2.20)$$

Dónde:

V_p : Potencial del punto "p" cualquiera de la primera capa con relación al infinito.

ρ₁ : Resistividad de la primera capa

ρ₂ : Resistividad de la segunda capa

K : Coeficiente de reflexión

h : Profundidad de la primera camada.

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

El procedimiento a seguir son los siguientes:

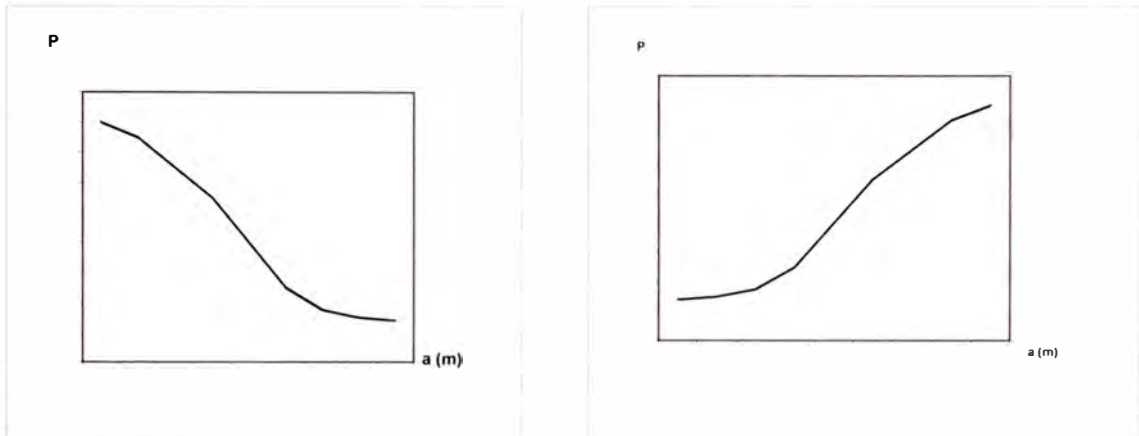


Fig. 2.1. Gráfico de Curvas de resistividad

Trazar un gráfico $\rho_{(a)} \times a$, obtenido por el método Wenner. Prolongar la curva $\rho_{(a)} \times a$ hasta cortar el eje de ordenadas del gráfico. Se escoge un valor a_1 arbitrariamente y se lleva a la curva para obtener su correspondiente valor de $\rho_{(a_1)}$. Por el comportamiento de la curva $\rho_{(a)} \times a$, se determina el valor de "K" (ascendente "+", descendente "-").

Con el valor de $\rho_{(a)} \times a / \rho_1$ o $\rho_1 / \rho_{(a_1)}$ obtenido, entre las curvas teóricas correspondientes se traza una línea paralela al eje de las abscisas. Esta recta corta las distintas curvas de K. Luego procedemos a leer todos los valores específicos de K y h/a correspondientes.

Multiplicar los valores obtenidos de h/a en el paso anterior por el valor a_1 . Asimismo con el 5to y 6to paso se genera una tabla con los valores correspondientes de K y h .

Graficar la curva $K \times h$ de los valores obtenidos de la tabla generada en el paso sexto. Se escoge otro valor a_2 arbitrariamente diferente a a_1 y se repite todo el proceso, resultando una nueva curva $K \times h$. Se grafica esta nueva curva $K \times h$ en el mismo gráfico del séptimo paso. La intersección de las dos curvas $K \times h$ en un punto resultará los valores reales de K y h , por lo tanto la estratificación estará definida.

Este procedimiento se deberá aplicar para conocer la estratificación del terreno para cada localidad integrante del proyecto.

El coeficiente de empuje activo está dado por la siguiente expresión:

$$Ka = \tan^2(45 - \phi/2) \quad (2.21)$$

Donde:

\emptyset : Ángulo de fricción interna, valor establecido de acuerdo a los resultados de laboratorio.

El ángulo de fricción estará de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio, y de tales características se irá a la siguiente tabla:

Tabla 2.8 Valores de terreno en laboratorio

Clases de Terreno de Cimentación		Esfuerzo Permissible del Terreno σ (t/m ²)	Coefficiente de fricción para Deslizamiento μ
Rocoso	Roca Dura con Pocas Grietas	50	0.7
	Roca Dura con Muchas Fisura	60	0.7
	Roca Blanda	30	0.7
Estrato de Grava	Densa	60	0.6
	No Densa	30	0.6
Terreno Arenoso	Densa	30	0.6
	Media	20	0.5
Terreno Cohesivo	Muy Dura	20	0.5
	Dura	5	0.45
	Media	5	0.45

El valor de " μ " ha usar será 0,5.

En la línea tenemos un tipo de retenida, definidas por los estudios electromecánicos como: Retenida Simple (RI). La Retenida Simple, la fuerza de tracción a vencer en la varilla de anclaje es. $F_t = 30\ 920$ N.

Se presenta un esquema en el que se indica el origen de las fuerzas que se oponen a la fuerza externa F_t . La fuerza Fr_1 actúa en el plano "a-r-u-g", las fuerzas Fr_2 actúan en el plano "a-b-c-e" y "r-p-q-s"; y la fuerza Fr_3 actúa en el plano "b-p-c-q". Para garantizar la estabilidad de la retenida se debe cumplir la relación indicada al pie del gráfico.

Se presenta un cuadro resumen sobre las dimensiones de retenida simple:

Tabla 2.9 Dimensiones de retenida

Geometría	Retenida Simple
S (m)	0,86
(m)	0,64
H (m)	2,00
f (m)	0,70
L (m)	0,40
B (m)	0,40

CAPITULO III CÁLCULOS MECÁNICOS DE LA LÍNEA Y RED PRIMARIA

3.1.- Características de los conductores

Los conductores para líneas y redes primarias aéreas serán desnudos, de aleación De aluminio AAAC, fabricados según las prescripciones de las normas ASTM B398, ASTM B399 o IEC 589. La utilización de conductores de aleación de aluminio es debido a que el área del proyecto está libre de contaminación salina o industrial. Las características del conductor utilizado se muestran a continuación:

Tabla 3.1. Características técnicas de los conductores

Nombre	Material	Sección mm ²	Diámetro mm	Coefficiente de dilatación 1/°C	Peso unitario kg/m	Tiro de rotura kg	Módulo de Elasticidad kg/mm ²	Nº de hilos
Aa 35 mm ²	AAAC	35	7.5	0.000023	0.094	1055.04	6200	7
Aa 50 mm ²	AAAC	50	9	0.000023	0.135	1507.64	6200	7
Aa 70 mm ²	AAAC	70	10.5	0.000023	0.181	2111.12	6200	19
Aa 95 mm ²	AAAC	95	12.5	0.000023	0.250	2929.60	6200	19

La sección utilizada de acuerdo al análisis del sistema eléctrico es 35 mm².

3.2.- Determinación del “EDS inicial y final”

En los últimos años se han realizado cálculos mecánicos y distribución de estructuras que suponían como una constante el módulo de elasticidad del conductor, en la realidad sin embargo las pruebas a los conductores que se hacen para determinar el módulo de elasticidad muestran una variación (deformación) considerable. La primera carga de un conductor forma un diagrama de esfuerzo-deformación ligeramente curvado, es decir que el módulo no es estrictamente constante. Si se continúa la prueba hasta una carga que se acerque al límite elástico y se regrese luego a carga nula, el conductor regresa a la curva de esfuerzo-deformación recta.

Cuando el conductor se instala en las líneas eléctricas y no se somete previamente a la tensión máxima de diseño, se estirará bajo la carga máxima, siguiendo la curva inicial de esfuerzo-deformación; al suprimir la carga, el conductor se contraerá siguiendo el módulo final y no regresará a la longitud inicial por la magnitud de la deformación permanente. Esto da como resultado una flecha ligeramente más grande que aquella a la que se

instaló el conductor originalmente. Además el conductor nunca alcanzará la misma tensión máxima si se aplica la misma carga máxima una segunda vez (Fig.N°3.1).

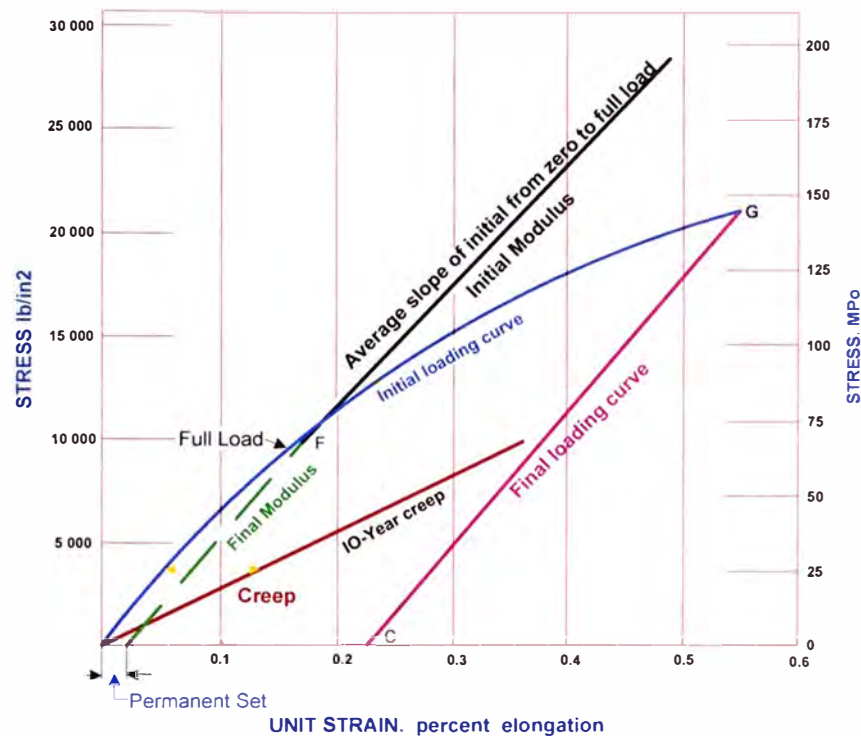


Fig. N°3.1 Grafica esfuerzo-deformación del conductor

El diagrama esfuerzo-deformación debe obtenerse por medio de pruebas hechas en los conductores reales, en consecuencia durante la ejecución de las obras se deberá trabajar con las curvas esfuerzo-deformación propias del conductor que se instalará, las mismas que serán proporcionadas por el fabricante.

El esfuerzo EDS inicial se utiliza para la preparación de la tabla de tensado.

El esfuerzo EDS final se utiliza en la determinación de la posición de amortiguadores.

El esfuerzo EDS final no es constante, sino variable con la longitud del vano, y debe calcularse tomando en cuenta el módulo de elasticidad final y la deformación permanente (permanent set) y el efecto Creep.

3.2.1.- Procedimiento gráfico para la determinación del EDS final

Construcción de las Curvas de Carga "B" y "L"

Sobre el gráfico esfuerzo-deformación se construyen las curvas de carga para las siguientes condiciones:

Curva B, calculando el esfuerzo para la condición sin carga (peso propio)

Curva L, calculando el esfuerzo para la condición con carga (peso propio + fuerza del viento).

Una vez llevadas ambas curvas, se ubican sobre la curva "B" el valor del esfuerzo horizontal (54,2 kN/mm²) en la condición EDS inicial a 20 °C.

Determinación del EDS inicial y final con carga a 20 °C

El EDS inicial con carga para una temperatura de 20 °C se determina midiendo el valor sobre el eje Y de la intersección "I" entre la curva inicial del conductor (24 h) y la curva "B" graficada.

El EDS final con carga para una temperatura de 20 °C se determina midiendo el valor sobre el eje Y de la intersección F entre la curva a 5 años del conductor y la curva "B" graficada.

Cabe mencionar que la determinación del EDS final deberá ser verificada durante la etapa de la ingeniería de detalle durante la ejecución de las obras con la utilización de las curvas esfuerzo-deformación obtenidos por medio de pruebas hechas a los conductores que se instalarán en la obra.

Para los conductores a ser utilizados en el presente proyecto se consideran para los diseños los siguientes EDS:

EDS inicial del 18%

EDS final seleccionado determinado del método gráfico de 15%.

Hipótesis de Cálculo Mecánico de Conductores-CMC

Para definir las hipótesis de cálculo mecánico de conductores, se ha tomado información del SENAMHI, del INEI, Mapa Eólico del Perú y el CNE, utilizando las siguientes hipótesis:

Tabla 3.2. Hipótesis de cálculo mecánico de conductores - zona II (entre 140 y 3 000 m.s.n.m.)

Hipótesis	I	II	IV	III
	Templado	Máximo Viento	Máxima Temperatura	Mínima Temperatura
Temperatura (°C)	15	10	45	0
Velocidad de Viento (km/h)	0	94	0	0
Esfuerzo % del Tiro de Rotura	18%	50%	50%	50%

Los cálculos mecánicos de conductores permiten determinar los esfuerzos máximos y mínimos para el conductor en las diferentes hipótesis planteadas, de manera que se pueda diseñar adecuadamente las estructuras de la línea primaria estos cálculos son presentados en el Anexo A.2.

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

15% del tiro de rotura para las líneas primarias

5 y 7% del tiro de rotura para los vanos flojos.

Para efectuar los cambios de estado se ha empleado un programa de cómputo que utiliza el método exacto de cálculo, los resultados de los cálculos mecánicos de conductores se muestran en el Anexo A.2.

3.3.- Separación horizontal entre conductores

Según recomendaciones de la norma DGER, la separación horizontal mínima a mitad de vano se obtiene de:

$$D = 0.0076 \times V_{\max} \times f_h + 0.65 \times f \quad (3.1)$$

Donde:

V máx (kV) : Tensión máxima

f_h : Factor de corrección por altitud

D(m) : Separación horizontal

f(m) : Flecha del conductor a la temperatura máxima prevista

Nota:

*Cuando se trate de conductores de flechas diferentes, sea por tener distintas secciones o haberse partido de esfuerzos EDS diferentes, se tomará la mayor de las flechas para la determinación de la distancia horizontal mínima.

*Además de las distancias en estado de reposo, se deberá verificar, también, que bajo una diferencia del 40% entre las presiones dinámicas del viento sobre los conductores más cercanos, la distancia D no sea menor a 0.20m.

En el Anexo A.2 se muestra la separación horizontal máxima que presentarían los armados de la línea primaria, ya sea entre armados del mismo tipo, ó diferentes armados para la sección de 35 mm² de AAAC; se muestra también el cálculo por cada tipo de zona.

3.4.- Selección de amortiguadores de vibración

El dimensionamiento, selección y ubicación de los amortiguadores en los vanos depende del diseño del amortiguador, tipo y marca, características del conductor (tensión, peso y diámetro), así como del rango de velocidades de viento. En el mercado existen diversos fabricantes de amortiguadores, para su adquisición el fabricante solicita los datos de la línea, en este informe se presenta el formato de uno de los fabricantes.

Descripción de las Vibraciones Eólicas.

Los conductores aéreos en las líneas de alta tensión están sujetos a las vibraciones eólicas producidas por vientos permanentes de bajas velocidades (hasta 30 km/h). La frecuencia de vibración depende principalmente del diámetro del conductor y de la velocidad del viento y está determinada por la siguiente expresión:

$$f = 51,5 \times \frac{V}{D_c} \quad (3.2)$$

Donde:

V : Velocidad del viento en km/h

Dc : Diámetro del conductor en milímetros y

f : Frecuencia resultante en Hz

El rango de frecuencias de vibración del conductor es un parámetro importante y determinante en la selección del tipo de amortiguador. Se presenta a continuación los rangos de vibración para diferentes secciones.

Tabla 3.3. Frecuencias de vibración (Hz) en función al viento y diámetro del conductor

V (km/h) Dc (mm)	3.6	7.2	5.8	14.4	18	21.6	25.2	28.8	32.4
6	31	62	93	124	154	185	216	247	278
8	23	46	69	92	116	139	162	185	208

Para secciones hasta 19 mm², la información técnica de los fabricantes recomienda el uso de amortiguadores tipo espiral preformados, ya que tiene un mejor comportamiento ante rangos altos de frecuencia de vibración.

Los valores pico a pico de la amplitud de estas vibraciones producen falla por fatiga en los alambres de los conductores en los puntos de sujeción, siendo el efecto pronunciado en vanos grandes y en zonas abiertas y descampadas en las cuales los vientos permanentes son frecuentes.

La longitud de la onda de vibración (sin considerar el efecto de rugosidad del conductor) está dada por la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{1}{2f} \sqrt{\frac{T_{EDS} \times g}{Wc}} \quad (3.3)$$

Dónde:

f : Es la frecuencia resultante en Hz

TEDS : La tensión promedio del conductor en N

Wc : El peso unitarios del conductor en N/m

g : 9,81 m/s²

λ : La longitud de onda de vibración

A continuación se comentan los métodos y prácticas de éxito probado para contrarrestar el efecto de las vibraciones en conductores.

Selección del EDS de la Amortiguación de las Vibración

3.4.1.- Determinación del EDS y aplicación de amortiguadores

Con la finalidad de reducir el efecto de la vibración de los conductores, se plantea un Tiro

de Templado Final (EDS final) de 15% del tiro de rotura del conductor lo cual permite evitar el uso de amortiguadores en los vanos normales, tal como lo recomienda la Norma VDE 025/5.69 y el Boletín RUS 1724E-200. Este valor de templado tiene una incidencia económica positiva por los siguientes factores:

- 1° Evita el uso de amortiguadores en los vanos normales
- 2° Menor dimensionamiento de las estructuras y conductores
- 3° La configuración topográfica accidentada del terreno contribuye a no afectar el vano promedio de las estructuras

Asimismo se tiene previsto utilizar varillas de armar en los puntos de amarre de los conductores con los aisladores, para contribuir a amortiguar las vibraciones eólicas.

Considerando un EDS 12% y 10 % para algunos vanos mayores a 300 y 500 m. En el siguiente cuadro se muestra el resumen de resultados:

Tabla 3.4. Resumen de resultados

EDS	Conductor de 35 mm ²	
	Vano	Cantidad de amortiguadores
15%	250- 459	2
	500-999	4
	Más de 1000	6

Los amortiguadores del resumen son del tipo espiral; cuyo modelo es SVD 0635 para conductor de 35 mm²; y SVD 0830 para conductor de 70 mm².

- Sustento técnico

El presente documento se ha basado en las siguientes normas:

VDE 025 / 5.69, Determinaciones para la construcción de líneas aéreas de energía eléctrica mayores de 1 kV. RUS Bulletin 1724E-200, Design Manual for High Voltage Transmission Lines Revised Set 1992 IEEE 664; guide on the laboratory Measurement of the Power Dissipation Characteristics of Aeolian Vibration Dampers for Single conductors.

También podemos mencionar los siguientes artículos técnicos, los cuales se han tomado como referencia:

Vibration Dampers - An Evolution in Australia.

3.5.- Cálculo mecánico de estructuras – retenidas

El cálculo mecánico de estructuras tiene por objetivo determinar las cargas mecánicas aplicadas en los postes, cables de retenida, crucetas y sus accesorios, de tal manera que

en las condiciones más críticas, no se supere los esfuerzos máximos previstos en el Código Nacional de Electricidad y complementariamente en las Normas Internacionales.

Formulas aplicadas:

Momento debido a la carga del viento sobre los conductores (MVC):

$$MVC = P_v * d * \phi_c * \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) * \left(\sum h_i\right) \quad (3.4)$$

Momento debido a la carga de los conductores (MTC):

$$MTC = 2 * T_c * \sen\left(\frac{\alpha}{2}\right) * \left(\sum h_i\right) \quad (3.5)$$

Momento debido a la carga de los conductores en estructuras terminales (MTR):

$$MTR = T_c * \left(\sum h_i\right) \quad (3.6)$$

Momento debido a la carga del viento sobre la estructura (MVP):

$$MVP = \frac{\left[P_v * h_i^2 * (D_m + 2D_0)\right]}{600} \quad (3.7)$$

Momento debido al desequilibrio de cargas verticales (MCW):

$$MCW = (W_c * L * K_r + WCA + WAD) * B_c \quad (3.8)$$

Momento total para hipótesis de condiciones normales, en estructura de alineamiento, sin retenidas (MRN):

$$MRN = MVC + MTC + MCW + MVP \quad (3.9)$$

Momento total en estructuras terminales (MRN):

$$MRN = MTC + MVP \quad (3.10)$$

Esfuerzo del poste en la línea de empotramiento, en hipótesis de condiciones normales:

$$RH = \frac{MRN}{3,13 * 10^{-5} * C^3} \quad (3.11)$$

Carga crítica en el poste debido a cargas de compresión:

$$P_{cr} = \frac{2\pi^2 EI}{\ell^2} \times \left(\frac{D_m}{\phi_G}\right)^2 \quad (3.12)$$

Momento de inercia para postes troncocónicos según Norma ASTM

$$I = \pi * D_m^3 * D_o / 64 \quad (3.13)$$

Carga en la punta del poste, en hipótesis de condiciones normales:

$$Q_N = \frac{MRN}{(hl - 0,15)} \quad (3.14)$$

Esfuerzo a la flexión en crucetas de madera:

$$R_c = \frac{Ma}{W_s} ; \quad w_s = \frac{b(hc)^2}{6} ; \quad Ma = (\sum Qv)(Bc) \quad (3.15)$$

Deflexión de postes:

$$y = \frac{(Ph^3)}{3EI} \quad (3.16)$$

Dónde:

- Pv : Presión del viento sobre superficies cilíndricas, en Pa.
- d : Longitud del vano-viento, en m.
- Tc : Carga del conductor, en N.
- ϕ_c : Diámetro del conductor, en m.
- \square : Angulo de desvío topográfico, en grados.
- Do : Diámetro del poste en la cabeza, en cm.
- Dm : Diámetro del poste en la línea de empotramiento, en cm.
- ϕ_G : Diámetro del poste en el punto de aplicación de la retenida
- H : Altura libre del poste, en m.
- hi : Altura de la carga i en la estructura con respecto al terreno, en m.
- hA : Altura del conductor roto, respecto al terreno, en m.
- Bc : Brazo de la cruceta, en m.
- Kr : Relación entre el vano-peso y vano-viento.
- Rc : Factor de reducción de la carga del conductor por rotura: 0,5 (según CNE).
- Wc : Peso del conductor, en N/m.
- WCA : Peso del aislador tipo Pin o cadena de aisladores, en N.
- WAD : Peso de un hombre con herramientas, igual a 500 N.
- C : Circunferencia del poste en la línea de empotramiento en cm.
- E : Módulo de Elasticidad del poste, en N/cm².
- I : Momento de inercia del poste, en cm².
- k : Factor que depende de la forma de fijación de los extremos del poste.
- l : Altura respecto al suelo del punto de aplicación de la retenida.
- hc : Lado de cruceta paralelo a la carga, en cm.
- b : Lado de cruceta perpendicular a la carga, en cm.
- $\sum QV$: Sumatoria de cargas verticales, en N (incluye peso de aislador, conductor y de 1 hombre con herramientas).
- P : Carga de trabajo sobre la estructura, en cm.
- y : Deflexión en el poste de concreto, en cm

Para el cálculo de la deflexión se ha tomado en cuenta que la deformación permanente no debe exceder el 4% de la longitud útil del poste.

Se ha calculado la deflexión para el caso de postes que no llevan retenidas; y se ha previsto colocar retenidas cuando la deflexión calculada supere o esté cerca al límite considerado para los cálculos ($\Delta \leq 4\%h$).

El cálculo de estructuras para cada tipo de armado se muestra en el Anexo E-Nº 2.1 para postes de madera.

Prestaciones de Estructuras a partir de los cálculos mecánicos de conductores, estructuras, máxima separación horizontal y cálculo de crucetas, se definieron las prestaciones de estructuras (Vano viento, Vano peso, Vano máximo) tanto para postes de concreto como madera.

Las prestaciones de estructuras fueron obtenidas dependiendo de las zonas de carga establecidas en el proyecto (260 a 2750 msnm).

Las prestaciones obtenidas para todos los tipos de estructuras se muestran en detalle en el Anexo A.2.

3.6.- Método de cálculo de las cimentaciones

Para el desarrollo de las cimentaciones, preliminarmente se tendrá que hallar la capacidad portante con los parámetros obtenidos de las muestras ensayadas en el laboratorio.

Metodología para Cálculo de la Capacidad Portante Admisible

La capacidad portante última del suelo puede ser calculada a partir de las características físicas y mecánicas del suelo, la geometría de la cimentación y un mecanismo racional de falla. La capacidad portante admisible, q_{ad} , se obtiene dividiendo el valor anterior entre un factor de seguridad de 3.0.

Con los datos obtenidos en el Ensayo de Corte Directo (ϕ , c) se aplicará la Teoría de Karl Terzaghi para el cálculo de la capacidad admisible, cuya formulación será válida en los cimientos cuadrados o circulares que se presenta a continuación:

$$q_{ad} = \frac{1}{FS} \left(1.3C_c N_c + \frac{\gamma D_f N_q}{10} + \frac{0.4\gamma N_\gamma}{10} \right) \quad (3.17)$$

Dónde:

q_{ad} : Capacidad portante admisible (Kg/cm²).

ϕ : Ángulo de Fricción Interna dada en laboratorio (°).

$\phi_{local} = ArcTan\left(\frac{2}{3} Tan \phi\right)$: Ángulo de Fricción Interna para en caso de Falla Local (°).

C : Cohesión, parámetro dado en laboratorio ((kg/cm²).

$C_{local} = \frac{2}{3}C$: Cohesión para falla local (kg/cm²).

γ : Densidad Natural (gr/cm³)

Df : Prof. de Cimentación (m)

B : Ancho de cimiento (m)

Nc , Nq y Ny : Factores de capacidad de carga.

FS : Factor de Seguridad.

Tabla 3.5 Los factores de capacidad de carga serán hallados en la tabla:

θ (°)	Nc	Nq	Ny	θ (°)	Nc	Nq	Ny
0	5,7	1	0	29	34,24	19,98	16,18
1	6	1,5	0,01	30	37,16	22,46	19,13
2	6,3	1,22	0,04	31	40,41	25,28	22,65
3	6,62	1,35	0,06	32	44,04	28,52	26,87
4	6,97	1,49	0,5	33	48,09	32,23	31,94
5	7,34	1,64	0,14	34	52,64	36,5	38,04
6	7,73	1,81	0,2	35	57,75	41,44	45,41
7	8,15	2	0,27	36	63,53	47,16	54,36
14	12,11	4,02	1,26	37	70,01	53,8	65,27
15	12,86	4,45	1,52	38	77,5	61,55	78,61
16	13,68	4,92	1,82	39	85,97	70,61	95,03
17	14,6	5,45	2,18	40	95,66	81,27	115,31
18	15,12	6,04	2,59	41	56,81	93,85	140,51
19	16,56	6,7	3,07	42	119,67	58,75	171,99
20	17,69	7,44	3,64	43	134,58	126,5	211,56
21	18,92	8,26	4,31	44	151,95	147,74	261,6
22	20,27	9,19	5,09	45	172,28	173,28	325,34
23	21,75	5,23	6	46	196,22	204,19	407,11
24	23,36	11,4	7,08	47	224,55	241,8	512,84
25	25,13	12,72	8,34	48	258,28	287,85	650,67
26	27,09	14,21	9,84	49	298,71	344,63	831,99
27	29,24	15,9	11,6	50	347,5	415,14	572,8

A continuación se tiene el cuadro resumen de resultados obtenidos para cada calicata:

Tabla 3.6. Resultados de laboratorio y cálculo de la capacidad admisible

Calicata	θ (°)	Cohesión (kg/cm ²)	Densidad Seca (gr/cm ³)	Contenido de Humedad (%)	Densidad Natural (gr/cm ³)	Profundidad (m)	Ancho (m)	Factores de Falla			Capacidad Admisible (kg/cm ²)	Clasifica- ción SUCS
								Nc	Nq	Ny		
CA-01	15,64	0,18	1,25	26,60%	0,99	1,8	1	13,38	4,751	1,71	1,35	MH
CA-02	29,06	0,02	1,62	6,36%	1,52	1,8	1	34,42	20,13	16,4	2,47	SM
CA-03	28,21	0,02	1,55	4,90%	1,48	1,8	1	32,16	18,27	14,2	2,18	SM
CA-04	21,3	0,14	1,43	18,25%	1,21	1,8	1	19,33	8,539	4,54	1,87	CH

CA-05	22,78	0,06	1,48	5,57%	1,4	1,8	1	21,42	10	5,8	1,51	SM
CA-06	24,21	0,13	1,52	9,73	0,14	1,8	1	32,16	18,27	14,2	1,99	GM con Arena
CA-07	25,17	0,08	1,51	4,9	0,26	1,8	1	32,06	18,18	14,1	1,44	SM

3.7.- Metodología para cimentación de postes de madera

Para el diseño de la cimentación del poste de madera se basó en la distribución de esfuerzos que se genera por reacción ante una fuerza horizontal, metodología dada por Shulzberger, encontrándose que estas reacciones actúan con mayor incidencia en la base del poste (profundidad "h") y en la dos terceras partes de profundidad (2/3h) a la que se encuentra enterrado el poste. En la figura del Anexo A.3. se aprecia mejor la distribución de esfuerzos generados en el poste enterrado. Poste de Concreto con Base de Material Clasificado. Metodología aplicada para el cálculo de cimentaciones de postes de 8 metros. Como el sistema se encuentra en equilibrio se debe cumplir que:

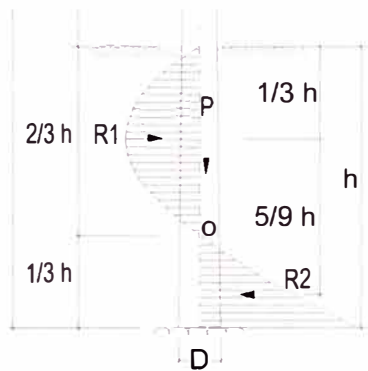


Fig. N° 3.1 Esfuerzos sobre la base del poste

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

$$F - R_1 + R_2 = 0; \quad R_2 = R_1 - F \quad (3.18)$$

$$F*(H + 2*h/3) - R_1*(h/3) - R_2*(2*h/9) = 0 \quad (3.19)$$

De (6.18): $R_1 = F/(5h)*(9H + 8h) \quad (3.20)$

De (6.19): $R_2 = F/(5H)*(9H + 3h) \quad (3.21)$

$$A_2 = D*h/3 \qquad \sigma_1 = R_1/A_1 \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (3.22)$$

$$A_1 = D*h*2/3 \qquad \sigma_2 = R_2/A_2 \quad (\text{kg/cm}^2) \quad (3.23)$$

Una vez determinada los esfuerzos generados por R1 y R2 se procede a compararlos por la capacidad admisible laterales, cuyos valores se basó en los índices de compresibilidad del material en el cual irá el poste, para ello se tendrá que reemplazar si es necesario por un mejor material o en todo caso se utilizará el material propio compactado en capas de 20 cm, asumiéndose a que se llega a una capacidad admisible de 5 kg/cm².

$$\sigma_1 < \alpha = 5 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Cumple} \quad (3.24)$$

$$\sigma_2 < \alpha = 5 \text{ kg/cm}^2$$

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

El área del poste en el fondo de cimentación es $A_3 = D^2 \cdot \pi / 4$

El esfuerzo transmitido es W_t / A_3

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

Dónde:

- h : Profundidad de cimentación.
- A₃ : Área de la base del poste en el fondo de la cimentación.
- σ_t : Presión máxima admisible en las paredes del terreno.
- W_t : Carga vertical total.
- R₁, R₂ : Reacciones generadas debido a la fuerza horizontal.
- σ_1, σ_2 : Esfuerzos generados por la reacciones.
- F : Carga horizontal de trabajo.
- L : Altura útil del poste.
- H : Altura total del poste.
- D : Diámetro de la base del fondo del poste.

Zonificación Geotécnica

Definidos los parámetros geotécnicos como la capacidad portante y la profundidad, es preciso zonificar el recorrido de la línea de distribución eléctrica, debido a la gran longitud y a la variedad de suelos y formaciones rocosas que se hallan en la zona. Esta zonificación se basa en las condiciones geotécnicas similares, que no necesariamente coinciden con las unidades geológicas.

La línea de distribución se ha clasificado en tres tipos según como se describe a continuación:

Tipo I Arcilloso: La topografía abarca áreas planas y onduladas, conformada por arcillas superficiales, con material granular de media compactación. Ver planos Geología-Geotecnia. Los parámetros para el diseño de las cimentaciones son los siguientes:

Capacidad portante admisible	1.0–2.0 kg/cm ²
Peso volumétrico de masa natural	1.20 gr/cm ³
Cohesión	0.15 kg/cm ²
Ángulo de fricción	20°

Tipo II Rocoso: Esta zona consta de terrenos donde se presenta estratos rocosos muy resistentes a la compresión, y muy poco material arcilloso.

Capacidad portante admisible	> 3 kg/cm ²
Peso volumétrico de masa natural	1.70 gr/cm ³

3.8.- Resultado de cálculo de las cimentaciones de los postes

Los datos obtenidos y presentados a continuación pertenecen a la obra "Electrificación de Huanuco Sector I", correspondiente a un proyecto de similares características al desarrollado, empleándose los parámetros de laboratorio y la metodología descrita anteriormente, donde se ha realizado el cálculo de la cimentación, definiendo las dimensiones de éstas y las solicitaciones de carga para cada tipo de estructura.

Tabla 3.7. Cimentación de poste de madera directamente enterrados para zona sierra

Tipo de Suelo	Descripción del Poste	Tipo de Cimentación	Profundidad (m)	Ø (m)	Excavación Por Estructura (m3)	Relleno con Mat. Préstamo		Relleno con Concreto	Eliminación del Material Excedente (m3)
						Propio de Excavación (m3)	Préstamo de Cantera (m3)		
Tipo I Arcilloso	Poste de Madera 12 m Clase 6	CM-I	1,7	0,9	1,08	0,05	0,94	1	1,13
	Poste de Madera 12 m Clase 5	CM-I	1,7	0,9	1,08	0,05	0,94	1	1,13
	Poste de Madera 11 m Clase 6	CM-I	1,65	0,9	1,05	0,05	0,91	0,97	1,1
Tipo II Gravoso	Poste de Madera 12 m Clase 6	CM-II	1,5	0,8	0,75	0,38	0,31	0,68	0,4
	Poste de Madera 12 m Clase 5	CM-II	1,5	0,8	0,75	0,38	0,31	0,68	0,4
	Poste de Madera 11 m Clase 6	CM-II	1,4	0,8	0,7	0,35	0,29	0,63	0,37

(*) Este diámetro ha sido establecido de acuerdo a los cálculos realizados válidos para una sección cuadrada (a) o circular (Ø) solamente.

Ver detalle de cimentación en el Anexo N° A.3

De los resultados encontrados se puede observar que la resistencia en algunos tipos de suelo es mayor que las solicitaciones de las estructuras del proyecto, como es el caso de roca, mientras que en otras se hace necesaria una mayor dimensión de la cimentación.

Se deberá tener cuidado para el caso de arcillas orgánicas, cuyo material extraído no será usado para la cimentación, debido que posee una baja capacidad portante.

Para las cimentaciones enterradas se utilizará como parte del relleno el material propio excavado el cual será compactado en capas de 20 cm, y se tendrá además dos capas de bolonería (8" – 10") que se han ubicado en las profundidades de "h" y "1/3h", ya que son en éstos puntos donde se concentra mayormente las cargas de reacción.

A continuación se presenta el siguiente cuadro de resultados en donde se tiene un tipo de

cimentación para cada tipo suelo:

3.9.- Cálculo del bloque de retenida

Para el diseño de la cimentación de la retenida, se empleó el método de fuerzas en un elemento en equilibrio. La cimentación para la retenida se compone de una excavación prismática, de dos secciones: triangular y rectangular. Sobre la varilla metálica de la retenida actuará una fuerza de tracción, la cual tratará de arrancar el bloque de concreto enterrado en el extremo de la varilla. Las fuerzas oppositoras a la tracción son las siguientes:

Peso del bloque de concreto armado	:	Pb
Peso del material de relleno compactado	:	Wt
Fuerza debida al peso del relleno compactado en la retenida (es la componente de Wt en la dirección del cable de retenida)	:	Pw
Rozamiento entre caras laterales (entre el relleno y el suelo original)	:	Fr

Metodología

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

$$\sum F = 0 \quad (3.25)$$

$$F_t \leq P_w + P_b \cos \theta + F_r \quad (3.26)$$

Dónde:

F_t : Fuerza de Tracción originada en la varilla de anclaje.

$P_b \cos \theta$: Componente en la dirección del cable de retenida, de la fuerza debida al peso del bloque de concreto armado.

P_w : Fuerza debida al peso del relleno compactado en la retenida.

F_r : Sumatoria de las Fuerzas de rozamiento en las 04 caras laterales (F_{r1} , F_{r2} , F_{r3})

Para el cálculo de la cimentación de las retenidas (ver Anexo 5.4..5), la fuerza que ejerce mayor oposición a la fuerza externa de tracción, es la componente del peso propio del relleno compactado, en dirección del cable.

El peso propio del relleno compactado se calcula con la siguiente fórmula:

$$W_t = A_l \times f \times \gamma \times g \quad (3.27)$$

La componente del peso propio del relleno compactado (W_t) en dirección del cable, se evalúa según lo siguiente:

$$P_w = A_l \times f \times \gamma \times g \times \cos(\phi) = W_t \times \cos(\theta) \quad (3.28)$$

Dónde:

AL : Área lateral del bloque de retenida.

f : Dimensión de la cimentación, transversal al plano de la retenida.

- γ : Peso específico natural del material propio compactado (el resultado de laboratorio, para un terreno típico arcilloso posee un densidad natural de 1 300 kg/cm² y al ser utilizado como material de relleno se compactará, por lo que se asumirá que llegará a 1 500 kg/cm²).
- θ : Ángulo que forma el cable de retenida con la vertical.
- g : Gravedad 9.81 m/s².

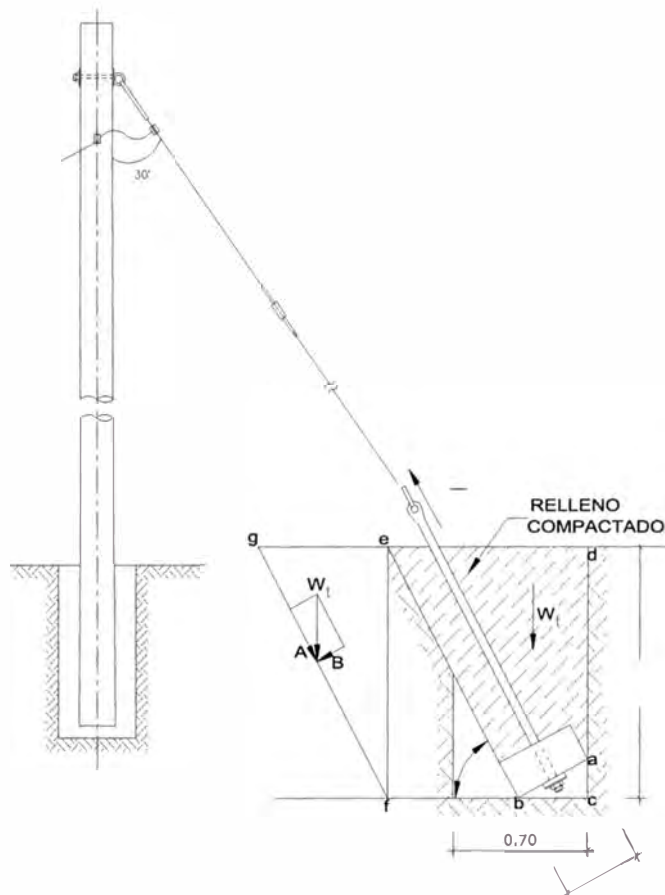


Fig. N° 3.3 Grafico de retenida

Para el cálculo general de las fuerzas de rozamiento, éstas se determinan, en su forma más genérica, con la siguiente expresión:

$$F_r = F_L \times \mu \quad (3.29)$$

Las fuerzas de rozamiento se calculan multiplicando las fuerzas laterales perpendiculares a la superficie de contacto, por el coeficiente de rozamiento, entre caras de relleno compactado y terreno natural.

La fuerza de rozamiento F_{r1} se calculará de la siguiente manera:

$$F_{r1} = W_l \times \text{Sen}(\theta) \times \mu \quad (3.30)$$

La Fuerza de rozamiento F_{r2} se calcula por la siguiente expresión:

$$F_{r2} = K_a \times \gamma \times g \times H^2 \times D \times \mu \times \text{Cos}(\theta) \quad (3.31)$$

La Fuerza de rozamiento Fr_3 se calcula por la siguiente expresión:

$$Fr_3 = K_a \gamma x g x H^2 x f x \mu x \cos(\theta) \quad (3.32)$$

Donde tenemos:

K_a : Coeficiente de empuje lateral del suelo.

H : Profundidad de excavación

F : Dimensión de la cimentación, transversal al plano de la retenida

D : Dimensión horizontal de la cimentación, paralela al plano de la retenida.

g : Gravedad: 9.81 m/s²

μ : Coeficiente de Fricción, cuyo valor se establecerá de acuerdo a las propiedades mecánicas del suelo.

$$Fr = Fr_1 + 2(Fr_2) + Fr_3 \quad (3.33)$$

El coeficiente de empuje activo está dado por la siguiente expresión:

$$K_a = \tan^2(45 - \theta/2) \quad (3.34)$$

Dónde:

θ : Ángulo de fricción, valor establecido de acuerdo a los resultados de laboratorio.

El ángulo de fricción estará de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio, y de tales características se irá a la siguiente tabla 3.8:

El valor de " μ " ha usar será 0.5. Tipos de retenida

En la línea tenemos un tipo de retenida, definidas por los estudios electromecánicos como: Retenida Simple (RI). La Retenida Simple, la fuerza de tracción a vencer en la varilla de anclaje es.

$F_t = 30\,920\text{ N}$.

Se presenta un cuadro resumen sobre las dimensiones de retenida simple:

Tabla 3.8 Esfuerzos permisibles de terreno

Clases de Terreno de Cimentación		Esfuerzo Permisible del Terreno σ (t/m ²)	Coeficiente de fricción para Deslizamiento μ
Rocoso	Roca Dura con Pocas Grietas	50	0.7
	Roca Dura con Muchas Fisura	60	0.7
	Roca Blanda	30	0.7
Estrato de Grava	Densa	60	0.6
	No Densa	30	0.6

Terreno Arenoso	Densa	30	0.6
	Media	20	0.5
Terreno Cohesivo	Muy Dura	20	0.5
	Dura	5	0.45

Fuente: "Diseño en Concreto Armado", Ing. Roberto Morales M. pág. 113, Edit. ICG.

Tabla 3.9. Resumen de valores de retenida

Geometría	Retenida Simple
S (m)	0,86
D (m)	0,64
H (m)	2
f (m)	0,7
L (m)	0,4
B (m)	0,4

Esquema descriptivo

Se presenta un esquema en el que se indica el origen de las fuerzas que se oponen a la fuerza externa F_t . La fuerza F_{r1} actúa en el plano "a-r-u-g", las fuerzas F_{r2} actúan en el plano "a-b-c-e" y "r-p-q-s"; y la fuerza F_{r3} actúa en el plano "b-p-c-q". Para garantizar la estabilidad de la retenida se debe cumplir la relación indicada al pie del gráfico.

Los cálculos se pueden verificar en el Anexo N°A.4.

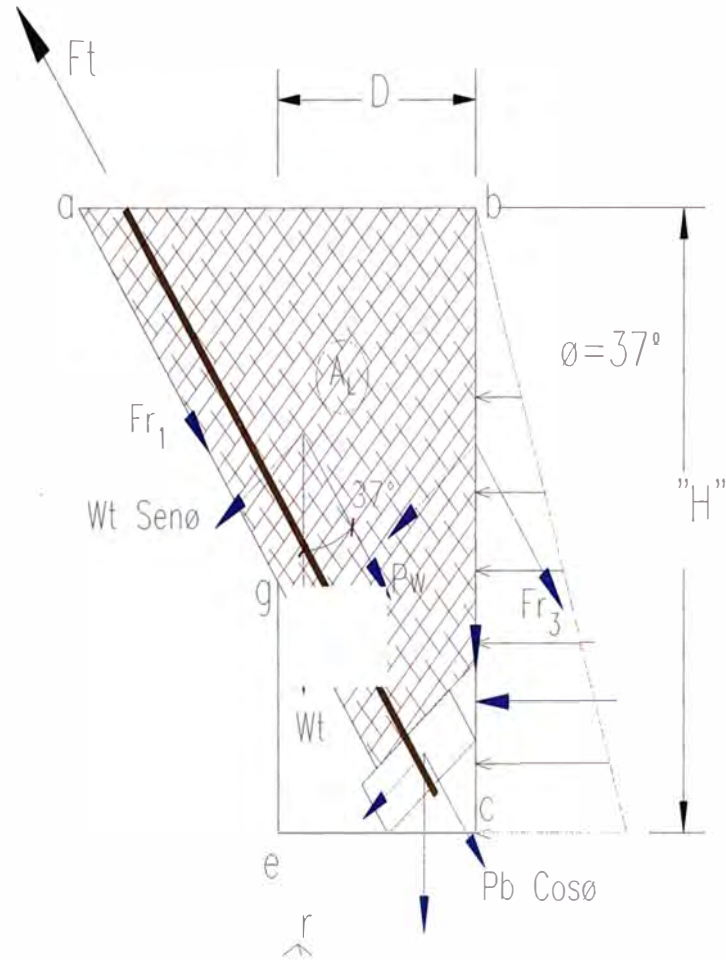
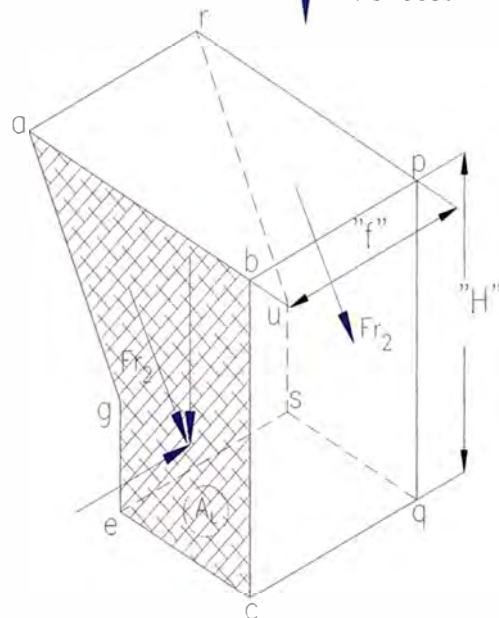


Fig. N° 3.4 Esquema de fuerzas N°01



$$F_t \leq Fr_1 + 2Fr_2 + Fr_3 + P_w + P_b \cos \varnothing$$

Fig. N° 3.5 Esquema de fuerzas N°02

CAPITULO IV ESPECIFICACIONES TECNICAS

4.1.- Postes de madera importada para líneas y redes primarias

Estas especificaciones cubren las condiciones técnicas requeridas para el dimensionamiento, definición de propiedades, fabricación, tratamiento, inspección, pruebas y entrega de postes de madera de procedencia extranjera que se utilizaron en las Líneas y Redes Primarias.

4.1.1.- Normas aplicables

Los postes, materia de la presente especificación, cumplen con las prescripciones de las siguientes normas, según la versión vigente a la fecha de la convocatoria de la licitación:

ANSI O5.1	AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE FOR WOOD POLES–SPECIFICATIONS AND DIMENSIONS
AWPA	AMERICAN WOOD PRESERVER'S ASSOCIATION STANDARD

Los postes proceden de madera en verde de primer corte y son fabricados de la especie forestal comprendida en las normas indicadas en el numeral 2, cuyas características son iguales a las exigidas en las Tablas de Datos Técnicos Garantizados que forman parte de la presente especificación.

Para los fines de la presente especificación, se denominará **Coníferas** a todas las especies forestales mencionadas en la Tabla N° 1 de la norma ANSI O5.1 vigente, incluyendo a otras especies del genero Pinus spp, y **Latifoliadas** a las especies forestales del genero Eucalyptus spp.

4.1.2.- Defectos prohibidos

Los postes están libres de los defectos prohibidos que se indican en las normas señaladas.

4.1.3.- Defectos tolerables y limitados

Se aceptaron los defectos tolerables y limitados que se especifican en las normas indicadas; además, se cumplió con los requisitos siguientes:

- En postes fabricados de especies forestales Coníferas que presenten cuatro nudos o más localizados en un tramo de longitud de 75 mm (3”), la suma de los diámetros de estos nudos no es mayor a la mitad de la suma máxima de diámetros indicado en la

Tabla N° 4.1 de la norma ANSI O5.1. Para este fin se tomó en cuenta los nudos que tengan diámetros mayores a 13 mm (0,5").

- En postes fabricados de especies forestales Latifoliadas, no se aceptaron ningún tipo de nudos en el tramo longitudinal de 600 mm (24") sobre la Línea de Tierra y 600 mm (24") debajo de la Línea de Tierra.
- No se aceptaron nudos con madera podrida.
- Los nudos en los postes son medidos de acuerdo a la norma ANSI O5.1.
- Postes que presenten una curvatura en un plano y en una sola dirección medida de acuerdo al diagrama 1, figura 1 de la norma ANSI O5.1; las flechas admisibles son las mostradas en la tabla 4.1:

Tabla 4.1. Detalles de poste de madera

POSTES		FLECHA mm	FLECHA pulgadas
m	Pies		
12	39,5	86	3,4
11	36,1	79	3,1

- Se aceptaron postes con dos curvaturas si la línea recta que conecta el punto medio de la base con el punto medio de la cabeza se encuentra dentro del cuerpo del poste.

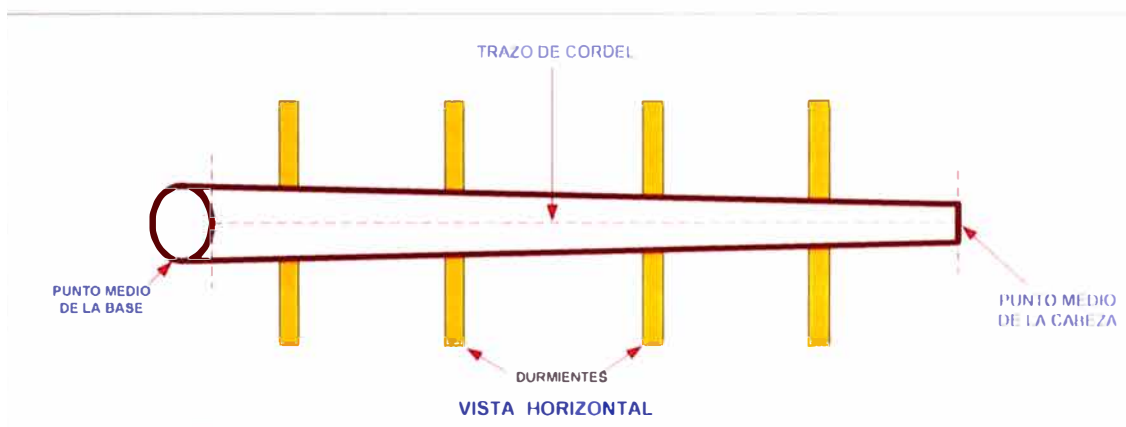


Fig. N° 4.1. Trazo del cordel sobre el poste para verificar si la línea recta se encuentra dentro del cuerpo del poste

- No se aceptaron postes con torcedura o doble torcedura indicados en el diagrama 4.1, casos 1, 2 y 3 de la norma ANSI O5.1 para las especies fabricadas de especies forestales Coníferas o Latifoliadas.

4.1.4.- Rajaduras y grietas

- En los postes fabricados de especies forestales Coníferas o Latifoliadas, se aceptaron grietas longitudinales en cualquier punto del poste, si éstas tuvieran una abertura y longitud menores a 9 mm (3/8") y 1 200 mm (48") respectivamente, medidas después del secado y antes de su tratamiento de preservación.

- En postes fabricados de especies forestales Latifoliadas, se aceptó una rajadura en la cabeza del poste hasta 150 mm (6") y en la base del poste hasta 600 mm (24").

4.1.5.- Dimensiones

Las dimensiones de longitud y circunferencias mínimas en la Línea de Tierra y Cabeza está de acuerdo con la norma indicada en el numeral 2; además, se cumple con los requisitos siguientes:

- La circunferencia en la parte superior del postes es medido a 25,4 mm (1") debajo de la cabeza.
- La longitud real de los postes no es menor a 75 mm (3") o mayor a 150 mm (6") respecto a la longitud nominal de los mismos.

4.1.6.- Característica mecánicas del material requerido

- La norma que sustente la calidad mecánica de los postes ofertados consigna todas las propiedades mecánicas que se requieren en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados de la presente especificación.

4.2.- Crucetas y brazos de madera de procedencia nacional

4.2.1.- Normas aplicables

Las crucetas y brazos de madera de procedencia nacional, materia de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas, según versión vigente a la fecha de la convocatoria de la licitación:

INDECOPI 251.001 GLOSARIO DE MADERAS
 INDECOPI 251.005 CRUCETAS DE MADERA
 INDECOPI 251 026 PENETRACION Y RETENCION
 INDECOPI - 251.034 PRESERVACION A PRESION

Además, las crucetas y brazos cumplirán con los requisitos complementarios que se indican en la presente especificación.

4.2.2.- Condiciones ambientales

Los postes se instalarán en zonas con las siguientes condiciones ambientales:

- | | |
|-------------------------------|--------------------|
| - Altitud sobre nivel del mar | hasta 2750 m. |
| - Humedad relativa | 50 a 95% |
| - Temperatura ambiente | -15 °C a 30 °C |
| - Precipitación pluvial | moderada a intensa |

4.2.3.- Defectos tolerables y limitados

- El grano deberá ser paralelo al eje longitudinal de la cruceta, 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 15 mm de profundidad (Figura N° 4.2). Tampoco se aceptarán

orificios producidos por insectos o nudos que conecten diferentes caras de las crucetas y brazos (Ver Figura N° 1 b, c, d, e).

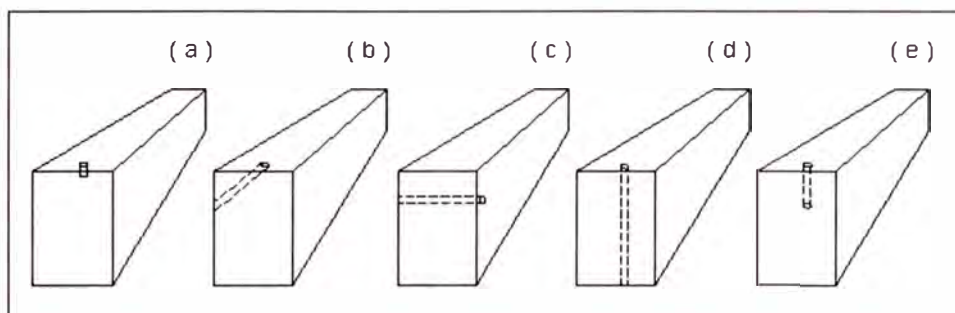


Fig. N°4.2. Profundidad y orientación de los orificios en las crucetas y brazos

- En cualquiera de las caras no se aceptará nudos que tengan un diámetro mayor a un $1/3$ del ancho de la cruceta y brazo; ni nudos que se encuentren en la arista o conecten dos aristas opuestas.

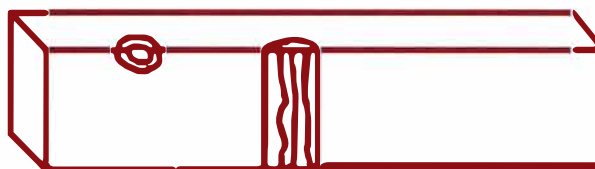


Fig. N° 4.3. Nudos ubicados en la arista y entre aristas

- La longitud de una grieta en cualquiera de las caras de la cruceta o brazo, no debe ser mayor a un octavo $1/8$ de la longitud nominal de la cruceta o brazo. 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 o brazo; o la suma de profundidades en las caras opuestas no debe ser mayor a la mitad ($1/2$) del ancho de la cruceta o brazo.
- 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.

4.2.4.- Fabricación y secado

Previamente al tratamiento de preservación las crucetas y brazos deberán secarse al horno hasta un contenido de humedad no mayor al 22% medido a dos centímetros de profundidad, aceptándose un gradiente de humedad no mayor al 5% del centro hacia la superficie de la cruceta o brazo.

- Las crucetas y brazos deberán tener el grano paralelo, el corte debe ser limpio y escuadrado en las secciones finales. Asimismo, las crucetas y brazos deberán ser cepilladas y lijadas en sus cuatro caras.
- En las crucetas y brazos se aceptará una tolerancia de ± 3 mm ($\pm 1/8$ "") en el lado mayor de la sección (h) y hasta ± 2 mm en el lado menor (b), medidos a la mitad y en extremos.

- La longitud de la cruceta y brazos no deberá ser menor ni mayor a 6 mm respecto a la nominal especificada.
- Se aceptará incisiones no mayores a 5 mm de profundidad en las crucetas y brazos.

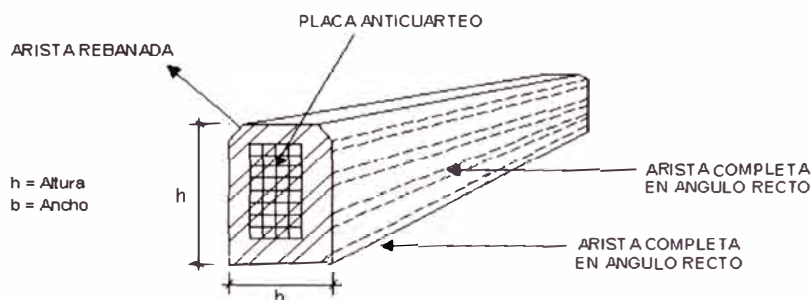


Figura N°4.4.

Cruceta con chamfer en las aristas superiores, incisiones y partes de la sección

- La sección de las crucetas y brazos deberá tener forma rectangular con las aristas completas; solo para las crucetas se aceptará el rebanado (Chamfer) en las aristas superiores en una dimensión de $9\text{ mm} \pm 3\text{ mm}$ en un ángulo de 45° .

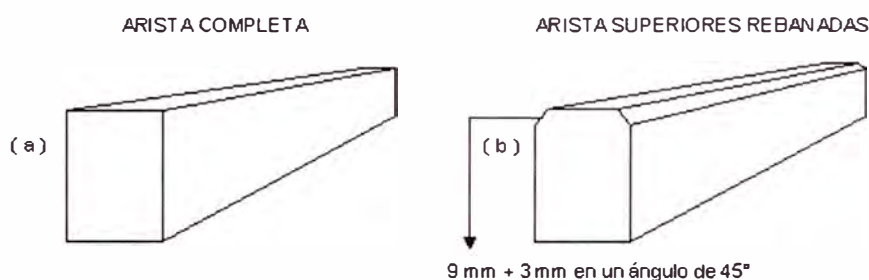


Fig. N° 4.5. Sección completa y rebanada de crucetas

4.3.- Aisladores tipo pin de porcelana

4.3.1.- Normas aplicables

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

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

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

4.3.2.- Condiciones ambientales

Los aisladores se instalarán en zonas con las siguientes condiciones ambientales:

- Altitud sobre el nivel del mar	:	hasta 4500 m
- Humedad relativa	:	entre 50 y 95%
- Temperatura ambiente	:	-15 °C y 30 °C
- Contaminación ambiental	:	De escasa a moderada

4.3.3.- Condiciones de operación

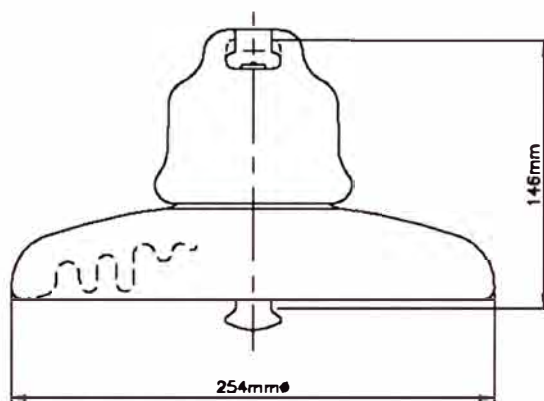
El sistema eléctrico en el cual operarán los aisladores tipo PIN, tiene las siguientes características:

- Tensión de servicio de la red : 22.9 kV
- Tensión máxima de servicio : 25 kV
- Frecuencia de la red : 60 Hz
- Naturaleza del neutro : efectivamente puesto a tierra

4.3.4.- Características técnicas

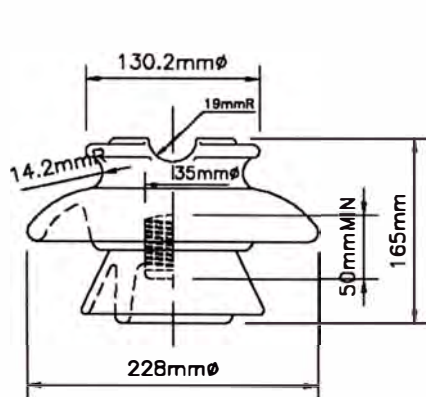
Los aisladores tipo pin serán de porcelana, de superficie exterior vidriada; tendrán las características y dimensiones que se indican en la Tabla de Datos Técnicos Garantizados.

El roscado del agujero en el que se alojara la espiga de cabeza de plomo será efectuado sobre la misma porcelana del aislador, sin la necesidad de emplear accesorios o materiales con características distintas a la porcelana.

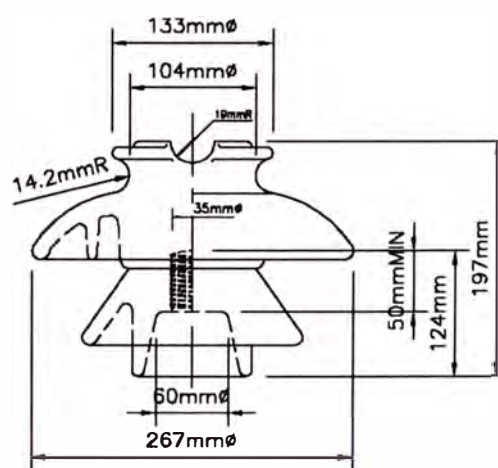


**AISLADOR TIPO SUSPENSION
CLASE ANSI 52-3**

Nota: LAS CONEXIONES DEL CASQUILLO Y LA BOLA
CORRESPONDEN AL TIPO B DE ANSI



**AISLADOR TIPO PIN
CLASE ANSI 56-2**



**AISLADOR TIPO PIN
CLASE ANSI 56-3**

Fig. N° 4.6. Aisladores de porcelana

4.3.5.- Pruebas

Los aisladores tipo pin deberán cumplir con las pruebas de diseño, de conformidad de la calidad y de rutina, de acuerdo a las normas consignadas en el numeral 2 de la presente especificación.

Las pruebas de calidad deberán ser efectuadas a cada uno de los lotes de aisladores a ser suministrados y contarán con la participación de un representante del Propietario; caso contrario, deberá presentarse tres (03) juegos de certificados incluyendo los respectivos reportes de prueba satisfactorios emitidos por una entidad debidamente acreditada por el país de origen, la misma que formará parte de una terna de tres (3) entidades similares que serán propuestas por el Proveedor (antes de iniciar las pruebas) para la aprobación del Propietario.

Estas pruebas comprenderán:

- Inspección visual y verificación de las dimensiones.
- Pruebas de porosidad.
- Pruebas de carga mecánica a la flexión.
- Verificación de las dimensiones y tolerancias del agujero para la espiga.
- Pruebas de perforación.
- Prueba de cambio brusco de temperatura

4.4.- Accesorios metálicos para postes y crucetas

4.4.1.- Pernos maquinados

Serán de acero forjado galvanizado en caliente. Las cabezas de estos pernos serán cuadrados y estarán de acuerdo con la norma ANSI C 135.1

Las cargas de rotura mínima serán:

- | | |
|------------------------|-------|
| - para pernos de 16 mm | 55 kN |
| - para pernos de 13 mm | 35 kN |

Cada perno maquinado deberá ser suministrado con una tuerca cuadrada y su respectiva contratuerca cuadrada de doble concavidad, las que estarán debidamente ensambladas al perno.

4.4.2.- Perno - Ojo

Será de acero forjado, galvanizado en caliente de 250 mm de longitud y 16 mm de diámetro.

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

La carga de rotura mínima será de 55 kN.

Cada perno ojo deberá ser suministrado con una tuerca cuadrada y su respectiva contratuerca cuadrada de doble concavidad, las que estarán debidamente ensambladas al perno.

4.4.3.- Tuerca - Ojo

Será 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.

4.4.4.- Perno tipo doble armado

Será de acero galvanizado en caliente, totalmente roscado, de 457 mm de longitud y 16 mm de diámetro.

La carga de rotura mínima será de 55 kN.

Cada perno deberá ser suministrado con cuatro tuercas cuadradas y cuatro contratuerca cuadradas de doble concavidad, las que estarán debidamente ensambladas al perno.

4.4.5.- Tirafondo

Será de acero forjado y galvanizado en caliente. Tendrán 102 mm de longitud y 13 mm de diámetro. La carga mínima de rotura será de 30 kN.

4.4.6.- Riostra

Será de acero galvanizado en caliente y se utilizará para fijar la cruceta de madera a los postes. Se fabricará con perfil angular de 38 x 38 x 5 mm (1-1/2" x 1-1/2" x 3/16") y tendrá la configuración que se muestra en las láminas adjunta. Las dimensiones y ubicación de los cortes en los extremos del brazo angular deberán ser definidas considerando las dimensiones de las crucetas y la posición correcta de funcionamiento del perfil de acero.

4.4.7.- Arandelas

Serán fabricadas de acero y tendrán las dimensiones siguientes:

- Arandela cuadrada curvada de 76 mm de lado y 5 mm (3/16") de espesor, con un agujero central de 17,5 mm. Tendrá una carga mínima de rotura al esfuerzo cortante de 55 kN.
- Arandela cuadrada plana de 57 mm de lado y 5 mm (3/16") de espesor, con agujero central de 17,5 mm. Tendrá una carga mínima de rotura al esfuerzo cortante de 55 kN.

4.5.- Material para puesta a tierra

4.5.1.- Normas aplicables

Los materiales de puesta a tierra, cumplirán con las prescripciones de las siguientes normas:

NTP 370.251.2003 CONDUCTORES ELÉCTRICOS. CABLES PARA LÍNEAS AÉREAS
(DESNUDOS Y PROTEGIDOS) Y PUESTAS A TIERRA.

UNE 21-056 ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

ABNT NRT 13571 HASTE DE ATERRAMENTO AÇO-COBRE E ACCESORIOS

4.5.2.- Electrodo de puesta a tierra

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

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

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

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

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

Uno de los extremos del electrodo terminará en punta.

4.5.3.- Conector para el electrodo

El conector para la conexión entre el electrodo y el conductor de puesta a tierra deberá ser fabricado a base de aleaciones de cobre de alta resistencia mecánica, y deberá tener adecuadas características eléctricas, mecánicas y de resistencia a la corrosión necesarias para el buen funcionamiento de los electrodos de puesta a tierra. El conector tendrá la configuración geométrica que se muestra en los planos del proyecto.

4.5.4.- Conector tipo perno partido (split-bolt)

Será de cobre y servirá para conectar conductores de cobre de 16 mm² entre sí.

4.5.5.- Grapa de vías paralelas

Será bimetálica aplicable a conductores de cobre y aleación de aluminio; se utilizará en la conexión entre el neutro de las líneas primarias con el conductor de bajada a tierra. Tendrá las dimensiones adecuadas para las secciones de conductor que se indican en el metrado.

4.6.- Seccionadores fusibles tipo expulsión

4.6.1.- Normas aplicables

Los seccionadores fusibles tipo expulsión, materia de la presente especificación, cumplirán con las prescripciones de la siguiente norma:

ANSI C-37.42 AMERICAN NATIONAL STANDARD FOR SWITCHGEAR –
DISTRIBUTION CUT OUTS AND FUSE LINKS SPECIFICATIONS

4.6.2.- Características generales

Los seccionadores fusibles tipo expulsión serán unipolares de instalación exterior en crucetas, de montaje vertical y para accionamiento mediante pértiga.

4.6.3.- Requerimientos de diseño

Los aisladores-soporte serán de porcelana; tendrán suficiente resistencia mecánica para soportar los esfuerzos por apertura y cierre, así como los debidos a sismos. La línea de fuga mínima entre fase-tierra será de 625 mm. Los seccionadores-fusibles estarán

provistos de abrazaderas ajustables para fijarse a cruceta de madera, serán del Tipo B según la Norma ANSI C37.42. El portafusible se rebotará automáticamente por la actuación del elemento fusible y deberá ser separable de la base.

Los bornes aceptarán conductores de aleación de aluminio y cobre de 16 a 120 mm², y serán del tipo de vías paralelas bimetálicos. Los fusibles serán de los tipos "T" y "K" de las capacidades que se muestran en los planos y metrados.

4.6.4.- Accesorios

Los seccionadores-fusibles deberán incluir entre otros los siguientes accesorios:

- Terminal de tierra
- Placa de características
- Accesorios para fijación en cruceta de madera: Tipo B (según la Norma ANSI C37.42)
- Otros accesorios necesarios para un correcto transporte, montaje, operación y mantenimiento de los seccionadores.

Las pruebas a efectuarse para la recepción se detalla según las normas vigentes a la fecha, estas serán:

- Prueba de sostenimiento a la frecuencia industrial entre terminal a tierra
- Prueba de sostenimiento a la frecuencia industrial entre terminal y terminal.
- Longitud de línea de fuga (fase-tierra).

4.7.- Pararrayos

4.7.1.- Normas aplicables

Los pararrayos materia de la presente especificación cumplirán con las prescripciones de la siguiente norma:

IEC 99-4 METAL OXIDE SURGE ARRESTERS WITHOUT GAPS FOR A.C. SYSTEMS

4.7.2.- Condiciones ambientales

Los pararrayos se instalarán en zonas con las siguientes condiciones ambientales:

- Altitud sobre el nivel del mar: hasta 2750 m
- Humedad relativa: entre 50 y 95%
- Temperatura ambiental: entre 0 °C y 38 °C
- Contaminación ambiental: escasa

4.7.3.- Condiciones de operación

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

- Tensión de servicio de la red: 22.9 kV Fase-Fase
- Tensión máxima de servicio: 25.0 kV
- Frecuencia de la red: 60 Hz
- Naturaleza del neutro: Efectivamente puesto a Tierra
- Equipos a proteger: transformadores de distribución y líneas primarias

4.8.- Transformadores de distribución

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

4.8.1.- Normas aplicables

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

IEC 60076 POWER TRANSFORMERS

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

4.8.2.- Características de los transformadores

Los transformadores de distribución trifásicos y monofásicos son para servicio exterior, con devanados sumergidos en aceite y refrigeración natural (ONAN).

Las condiciones de operación y las características eléctricas se consignan en la Tabla de Datos Técnicos garantizados Anexo A.7.

a) Núcleo

El núcleo se fabricó con láminas de acero al silicio de grano orientado, de alto grado de magnetización, bajas pérdidas por histéresis y de alta permeabilidad. Cada lámina esta cubierta con material aislante resistente al aceite caliente. El núcleo se formó mediante apilado o enrollado de las láminas de acero.

El armazón que soporta al núcleo es una estructura reforzada que reúna la resistencia mecánica adecuada y no presente deformaciones permanentes en ninguna de sus partes.

b) Arrollamientos

Los arrollamientos se fabrican con conductores de cobre aislados con papel de alta estabilidad térmica y resistencia al envejecimiento; se dio a los arrollamientos un baño de barniz con el objeto de aumentar su resistencia mecánica.

Las bobinas y el núcleo completamente ensamblados fueron secados al vacío e inmediatamente después impregnarse de aceite dieléctrico.

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

c) Aisladores pasatapas

Los pasatapas están fabricados de porcelana, la cual es homogénea, libre de cavidades o burbujas de aire y de color uniforme. Los aisladores pasatapas del lado de alta tensión están fijados a la tapa mediante pernos cuyas tuercas de ajuste se encuentran ubicadas al exterior

de la tapa.

d) Tanque del transformador

El tanque del transformador está construido de chapas de acero de bajo porcentaje de carbón y de alta graduación comercial. Todas las bridas, juntas, argollas de montaje, etc., están fijadas al tanque mediante soldadura.

El tanque está provisto de asas para el izaje adecuados para levantar el transformador lleno de aceite.

Todos los transformadores están provistos de una válvula para el vaciado y toma de muestra de aceite, una válvula de purga de gases acumulados y un conmutador de tomas en vacío, instalados al exterior del tanque. Estos accesorios están provistos de sus respectivos dispositivos de maniobra, enclavamiento y seguridad.

e) Accesorios

Los transformadores tienen los siguientes accesorios:

- Tanque conservador con indicador visual del nivel de aceite (solo para transformadores trifásicos)
- Ganchos de suspensión para levantar al transformador completo
- Conmutador de tomas en vacío ubicadas al exterior del transformador
- Termómetro con indicador de máxima temperatura (solo para transformadores trifásicos)
- Válvula de vaciado y toma de muestras en aceite
- Válvula de purga de gases acumulados
- Terminales de para conexión fabricados de bronce.
- Accesorios para maniobra, enclavamiento o seguridad de las válvulas y del conmutador.
- Terminales bimetálicos tipo plano para conductores de Alta Tensión de 25 mm² a 95 mm²
- Placa de características
- En los transformadores trifásicos: perfiles galvanizados tipo "C" y pernos para fijación en crucetas de madera o de concreto de acuerdo al armado de subestación trifásica.
- En los transformadores monofásicos: soportes para fijar el transformador al poste mediante pernos.

Un aislador pasatapas de alta tensión por cada 15 transformadores de distribución

4.8.3.- Pruebas

a) Pruebas Tipo

Las pruebas tipo fueron orientadas a verificar las principales características de los transformadores, por lo que están sustentadas con la presentación de tres (03) juegos de los certificados y los reportes de pruebas emitidos por una entidad debidamente acreditada por el país de origen, independiente del Fabricante y el Proveedor, demostrando que los transformadores han cumplido satisfactoriamente estas pruebas. El diseño del

transformador y los requerimientos de las pruebas a los que fueron sometidos son completamente idénticos a los ofertados, Los reportes de pruebas Tipo, contienen el íntegro de los ensayos descritos en la norma IEC 60076: POWER TRANSFORMERS

b) Pruebas de Rutina

Las pruebas de rutina solicitadas son:

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

4.8.4.- Inspección y pruebas en fábrica

La inspección y pruebas en fábrica fueron efectuadas en presencia de un representante del Propietario. Los costos que demandó la inspección y pruebas están incluidos en el precio cotizado por el Postor.

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE DE LINEAS PRIMARIAS

5.1.- Excavación

El Contratista ejecutará las excavaciones con el máximo cuidado y utilizando los métodos y equipos más adecuados para cada tipo de terreno, con el fin de no alterar su cohesión natural, y reduciendo al mínimo el volumen del terreno afectado por la excavación, alrededor de la cimentación.

Cualquier excavación en exceso realizado por el Contratista, sin orden de la Supervisión, será rellenada y compactada por el Contratista a su costo.

El Contratista deberá someter a la aprobación de la Supervisión, los métodos y plan de excavación que empleará en el desarrollo de la obra. Se considera terreno rocoso cuando sea necesario el uso de explosivos para realizar la excavación. En todos los otros casos se considerará terreno normal. El Contratista tomará las precauciones para proteger a las personas, obra, equipo y propiedades durante el almacenamiento, transporte y utilización de explosivos.

El Contratista determinará, para cada tipo de terreno, los taludes de excavación mínimos necesarios para asegurar la estabilidad de las paredes de la excavación. El fondo de la excavación deberá ser plano y firmemente compactado para permitir una distribución uniforme de la presión de las cargas verticales actuantes. Las dimensiones de la excavación serán las que se muestran en las láminas del proyecto, para cada tipo de terreno.

Durante las excavaciones, el Contratista tomará todas las medidas necesarias para evitar la inundación de los hoyos, pudiendo emplear el método normal de drenaje, mediante bombeo y zanjas de drenaje, u otros medios previamente aprobados por la Supervisión.

5.2.- Izaje de postes y cimentación

El Contratista sometió a la aprobación de la Supervisión el procedimiento que utilizó para el izaje de los postes. En ningún caso los postes están sometidos a daños o a esfuerzos excesivos. En lugares con caminos de acceso carrozables, los postes están instalados mediante una grúa de 6 toneladas montada sobre la plataforma de un camión. En los lugares que no cuenten con caminos de acceso para vehículos, los postes se izaron mediante trípodes o cabrias. Antes del izaje, todos los equipos y herramientas, tales

como ganchos de grúa, estribos, cables de acero, fueron cuidadosamente verificados a fin de que no presenten defectos y sean adecuados al peso que soportarán. Durante el izaje de los postes, ningún obrero, ni persona alguna se situó por debajo de postes, cuerdas en tensión, o en el agujero donde se instaló el poste.

No se permitió el escalamiento a ningún poste hasta que éste no haya sido completamente cimentado.

5.2.1.- Relleno

El material de relleno tiene una granulometría razonable y está libre de sustancias orgánicas, basura y escombros. Se utilizó el material proveniente de las excavaciones si es que reuniera las características adecuadas. Si el material de la excavación tuviera un alto porcentaje de piedras, se agregó material de préstamo menudo para aumentar la cohesión después de la compactación. Si por el contrario, el material proveniente de la excavación estuviera conformada por tierra blanda de escasa cohesión, se agregó material de préstamo con grava y piedras hasta de 10 cm de diámetro equivalente.

El relleno se efectuó por capas sucesivas de 30 cm y compactadas por medios mecánicos. A fin de asegurar la compactación adecuada de cada capa se agregó una cierta cantidad de agua. Cuando la Supervisión lo requirió se llevó a cabo las pruebas para comprobar el grado de compactación. Después de efectuado el relleno, la tierra sobrante esta esparcida en la vecindad de la excavación.

5.3.- Armado de estructuras

El armado de estructuras se hizo de acuerdo con el método propuesto por el Contratista y aprobado por la Supervisión. Cualquiera sea el método de montaje, es imprescindible evitar esfuerzos excesivos en los elementos de la estructura. Todas las superficies de los elementos de acero fueron limpiadas antes del ensamblaje y se removió del galvanizado, todo moho que se haya acumulado durante el transporte.

5.3.1.- Tolerancias

Luego de concluida la instalación de las estructuras, los postes quedaron verticales y las crucetas horizontales y perpendiculares al eje de trazo en alimentación, o en la dirección de la bisectriz del ángulo de desvío en estructuras de ángulo.

Las tolerancias máximas son las siguientes:

- Verticalidad del poste 0.5 cm/m
- Alineamiento +/- 5 cm
- Orientación 0,5%
- Desviación de crucetas 1/200 Le

Le = Distancia del eje de la estructura al extremo de la cruceta.

Cuando se superen las tolerancias indicadas, el Contratista desmontó y corrigió el

montaje sin costo adicional para el Propietario.

5.3.2.- Ajuste final de pernos

El ajuste final de todos los pernos se efectuó, cuidadosa y sistemáticamente, por una cuadrilla especial. A fin de no dañar la superficie galvanizada de pernos y tuercas, los ajustes están hechos con llaves adecuadas. El ajuste es verificado mediante torquímetros de calidad comprobada. La magnitud de los torques de ajuste fueron previamente aprobados por la Supervisión.

5.4.- Montaje de retenidas y anclajes

La ubicación y orientación de las retenidas son las que se indiquen en los planos del proyecto. Se tuvo en cuenta que están alineadas con las cargas o resultante de cargas de tracción a las cuales van a contrarrestar.

Las actividades de excavación para la instalación del bloque de anclaje y el relleno correspondiente se ejecutó de acuerdo con la especificación consignada en el numeral 2.4. Luego de ejecutada la excavación, se fijó, en el fondo del agujero, la varilla de anclaje con el bloque de concreto correspondiente. El relleno se ejecutó después de haber alineado y orientado adecuadamente la varilla de anclaje.

Al concluirse el relleno y la compactación, la varilla de anclaje sobresale 0,20 m del nivel del terreno.

Los cables de retenidas se instalaron antes de efectuarse el tendido de los conductores. La disposición final del cable de acero y los amarres preformados se muestran en los planos del proyecto. Los cables de retenidas deben ser tensados de tal manera que los postes se mantengan en posición vertical, después que los conductores hayan sido puestos en flecha y engrapados. La varilla de anclaje y el correspondiente cable de acero quedo alineados y con el ángulo de inclinación que señalen los planos del proyecto. Cuando, debido a las características morfológicas del terreno, no pueda aplicarse el ángulo de inclinación previsto en el proyecto, el Contratista sometió a la aprobación de la Supervisión, las alternativas de ubicación de los anclajes.

5.5.- Puesta a tierra

Las estructuras son puestas a tierra mediante conductores de cobre fijados a los postes y conectados a electrodos verticales de copperweld clavadas en el terreno.

Se puso a tierra, mediante conectores, las siguientes partes de las estructuras:

- Las espigas de los aisladores tipo PIN (sólo con postes y crucetas de concreto)
- Los pernos de sujeción de las cadenas de suspensión angular y de anclaje(sólo con postes y crucetas de concreto).
- Los soportes metálicos de los seccionadores – fusibles.
- El borne pertinente de los pararrayos.

Los detalles constructivos de la puesta a tierra se muestran en los planos del proyecto. Posteriormente a la instalación de puesta a tierra, el Contratista midió la resistencia de cada puesta a tierra y los valores máximos a obtenerse son los indicados en los planos de las subestaciones de distribución y en las planillas de estructuras de líneas y redes primarias.

5.6.- Instalación de aisladores y accesorios

Los aisladores de suspensión y los de tipo PIN fueron manipulados cuidadosamente durante el transporte, ensamblaje y montaje.

Antes de instalarse se controla que no tengan defectos y que estén limpios de polvo, grasa, material de embalaje, tarjetas de identificación etc.

Si durante esta inspección se detectaron aisladores que estén agrietados o astillados o que presentaran daños en las superficies metálicas, fueron rechazados y marcados de manera indeleble a fin de que no sean nuevamente presentados.

Los aisladores de suspensión y los tipos PIN fueron montados por el Contratista de acuerdo con los detalles mostrados en los planos del proyecto.

Durante el montaje, el Contratista cuidó que los aisladores no se golpeen entre ellos o con los elementos de la estructura, para cuyo fin aplicó métodos de izaje adecuados. Los Aisladores tipo suspensión fueron instalados en un extremo de crucetas de doble armado, antes del tendido de los conductores, fueron amarradas juntas, con un elemento protector intercalado entre ellas, a fin de evitar que se puedan golpear por acción del viento.

5.7.- Tendido y puesta en flecha de los conductores

5.7.1.- Prescripciones generales

a) Método de montaje

El desarrollo, el tendido y la puesta en flecha de los conductores fueron llevados a cabo de acuerdo con los métodos propuestos por el Contratista y aprobados por la Supervisión.

La aplicación de estos métodos no produjo esfuerzos excesivos ni daños en los conductores, estructuras, aisladores y demás componentes de la línea.

La Supervisión se reserva el derecho de rechazar los métodos propuestos por el Contratista si ellos no presentaran una completa garantía contra daños a la Obra.

b) Equipos

Todos los equipos completos con accesorios y repuestos, propuestos para el tendido, fueron sometidos por el Contratista a la inspección y aprobación de la Supervisión. Antes de comenzar el montaje y el tendido, el Contratista demostró a la Supervisión, en el sitio, la correcta operación de los equipos.

c) Suspensión del montaje

El trabajo de tendido y puesta en flecha de los conductores será suspendido si el viento alcanzara una velocidad tal que los esfuerzos impuestos a las diversas partes de la Obra, sobrepasen los esfuerzos correspondientes a la condición de carga normal. El Contratista tomo todas las medidas a fin de evitar perjuicios a la Obra durante tales suspensiones.

5.7.2.- Manipulación de los conductores

a) Criterios generales

Los conductores fueron manipulados con el máximo cuidado a fin de evitar cualquier daño en su superficie exterior o disminución de la adherencia entre los alambres de las distintas capas.

Los conductores están continuamente mantenidos separados del terreno, árboles, vegetación, zanjas, estructuras y otros obstáculos durante todas las operaciones de desarrollo y tendido. Para tal fin, el tendido de los conductores se efectuó por un método de frenado mecánico aprobado por la Supervisión.

Los conductores se desenrollaron y tirados de tal manera que se evito retorcimientos y torsiones, y no se levantaron por medio de herramientas de material, tamaño o curvatura que pudieran causar daño.

b) Grapas y mordazas

Las grapas y mordazas empleadas en el montaje no produjeron movimiento relativo de los alambres o capas de los conductores.

Las mordazas que se fijaron en los conductores, son del tipo de mandíbulas paralelas con superficies de contacto alisadas y rectas. Su largo es tal que permita el tendido del conductor sin doblarlo ni dañarlo.

c) Poleas

Para las operaciones de desarrollo y tendido del conductor se utilizaron poleas provistas de cojinetes. Tienen un diámetro al fondo de la ranura igual, por lo menos, a 30 veces el diámetro del conductor. El tamaño y la forma de la ranura, la naturaleza del metal y las condiciones de la superficie son tales que la fricción sea reducida a un mínimo y que los conductores estén completamente protegidos contra cualquier daño. La ranura de la polea tendrá un recubrimiento de neopreno o uretano.

5.8.- Empalmes de los conductores

5.8.1.- Criterios de empleo

El Contratista busco la mejor utilización de tramos máximos a fin de reducir, al mínimo, el número de juntas o empalmes.

El número y ubicación de las juntas de los conductores son sometidos a la aprobación de la Supervisión antes de comenzar el montaje y el tendido. Las juntas no están a menos

de 15 m del punto de fijación del conductor más cercano.

No se emplearon juntas de empalme en los siguientes casos:

- a. Donde estén separadas por menos de dos vanos
- b. En vanos que crucen líneas de energía eléctrica o de telecomunicaciones, carreteras importantes y ríos.

5.8.2.- Herramientas

Antes de iniciar cualquier operación de desarrollo, el Contratista sometió a la aprobación de la Supervisión por lo menos dos (2) compresores hidráulicos, cada uno de ellos completo con sus accesorios y repuestos, y con dos juegos completos de moldes para el conductor.

5.8.3.- Preparación de los conductores

El Contratista puso especial atención en verificar que los conductores y los tubos de empalme estén limpios. Los extremos de los conductores son cortados mediante cizallas que aseguren un corte transversal que no dañe los alambres del conductor.

5.8.4.- Ejecución de los empalmes

Los empalmes del tipo a compresión para conductores son ajustados en los conductores de acuerdo con las prescripciones del fabricante de tal manera que, una vez terminados presenten el valor más alto de sus características mecánicas y eléctricas.

5.8.5.- Manguitos de reparación

En el caso que los conductores hayan sido dañados, la Supervisión determino si pueden utilizarse manguitos de reparación o si los tramos dañados deben cortarse y empalmarse. Los manguitos de reparación no son empleados sin la autorización de la Supervisión.

5.8.6.- Pruebas

Una vez terminada la compresión de las juntas o de las grapas de anclaje, el Contratista midió con un instrumento apropiado y proporcionado por él, y en presencia de la Supervisión, la resistencia eléctrica de la pieza.

El valor que se obtenga no debe superar la resistencia correspondiente a la del conductor de igual longitud.

5.9.- Puesta en flecha

5.9.1.- Criterios generales

La puesta en flecha de los conductores se llevo a cabo de manera que las tensiones y flechas indicadas en la tabla de tensado, no sean sobrepasadas para las correspondientes condiciones de carga. La puesta en flecha se llevó a cabo separadamente por secciones delimitadas por estructuras de anclaje.

5.9.2.- Procedimiento de puesta en flecha del conductor

Se dejó pasar el tiempo suficiente después del tendido y antes de puesta en flecha para

que el conductor se estabilice. Se aplicó las tensiones de regulación tomando en cuenta los asentamientos (CREEP) durante este período.

La flecha y la tensión de los conductores son controladas por lo menos en dos vanos por cada sección de tendido. Estos dos vanos están suficientemente alejados uno del otro para permitir una verificación correcta de la uniformidad de la tensión.

5.9.3.- Tolerancias

En cualquier vano, se admitieron las siguientes tolerancias del tendido respecto a las flechas de la tabla de tensado:

- Flecha de cada conductor	1.0 %
- Suma de las flechas de los tres conductores de fase	0.5 %

5.9.4.- Registro del tendido

Para cada sección de la línea, el Contratista llevo un registro del tendido, indicando la fecha del tendido, la flecha de los conductores, así como la temperatura del ambiente y del conductor y la velocidad del viento. El registro fue entregado a la Supervisión al término del montaje.

5.9.5.- Fijación del conductor a los aisladores tipo PIN y poliméricos de suspensión.

Luego que los conductores fueron puestos en flecha, son trasladados a los aisladores tipo PIN para su amarre definitivo. En los extremos de la sección de puesta en flecha, el conductor se fija a las grapas de anclaje de la cadena de aisladores.

Los amarres se ejecutaron de acuerdo con los detalles mostrados en los planos del proyecto. Los torques de ajuste aplicados a las tuercas de las grapas de anclaje están indicados por los fabricantes.

5.9.6.- Puesta a tierra

Durante el tendido y puesta en flecha, los conductores están permanentemente puestos a tierra para evitar accidentes causados por descargas atmosféricas, inducción electrostática o electromagnética. El Contratista es responsable de la perfecta ejecución de las diversas puestas a tierra, las cuáles son aprobadas por la Supervisión. El Contratista anoto los puntos en los cuáles se hayan efectuado las puestas a tierra de los conductores, con el fin de removerlas antes de la puesta en servicio de la línea.

5.9.7.- Amortiguadores

Después que los conductores de la línea estuvieron fijados a los aisladores tipo PIN y poliméricos de suspensión, el Contratista monto los amortiguadores de vibración en cada conductor y en los vanos que corresponden según los planos del proyecto y la planilla de estructuras.

**CAPITULO VI
METRADOS Y PRESUPUESTOS**

6.1.- Resumen de presupuesto de un sistema MRT

Se presenta el resumen de presupuesto del sistema de utilización en MRT de 13.2kV, para un tramo de línea de 2.64 km., ubicado en el departamento de Piura. En el Anexo C.1, se detalla el metrado y los precios unitarios.

Tabla N° 6.1. Valor referencial del sistema MRT

RESUMEN DEL VALOR REFERENCIAL - LÍNEAS PRIMARIAS ELECTRIFICACIÓN RURAL (GRUPO 4-1), UBICADAS EN LOS DEPARTAMENTOS DE PIURA PROYECTO 01: SAN ANTONIO DE MATALACAS UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE PIURA SECCIÓN II : RESUMEN LINEAS PRIMARIAS - SISTEMA MRT		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL S/.
A	SUMINISTRO DE EQUIPOS Y MATERIALES	39,448.84
B	MONTAJE ELECTROMECAÁNICO	26,878.78
C	TRANSPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES	3,670.31
D	TOTAL COSTO DIRECTO (C.D.)	69,997.93
E	GASTOS GENERALES	11,199.67
F	UTILIDADES	6,999.79
G	SUB TOTAL	88,197.39
H	I.G.V. (18 %)	15,875.53
I	COSTO TOTAL S/.	104,072.92

Similarmente se propone un sistema de utilización convencional en 22.9kV trifásico, para el mismo tramo de 2.64km.

6.2.- Resumen de presupuesto de un sistema trifásico convencional.

Se presenta el resumen de presupuesto del sistema de utilización en 22.9kV trifásico de 3 hilos, para el mismo tramo de línea de 2.64 km., ubicado en el departamento de Piura. En el Anexo C.2, se detalla el metrado y los precios unitarios.

Tabla N° 6.1. Valor referencial del sistema Trifásico convencional en 22.9kV

RESUMEN DEL VALOR REFERENCIAL - LÍNEAS PRIMARIAS		
ELECTRIFICACIÓN RURAL (GRUPO 4-1), UBICADAS EN LOS DEPARTAMENTOS DE PIURA		
PROYECTO 01: SAN ANTONIO DE MATALACAS		
UBICACIÓN : DEPARTAMENTO DE PIURA		
SECCIÓN II : RESUMEN LINEAS PRIMARIAS - SISTEMA TRIFASICO CONVENCIONAL 22.9kV		
ÍTEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL S/.
A	SUMINISTRO DE EQUIPOS Y MATERIALES	55,545.87
B	MONTAJE ELECTROMECAÁNICO	44,233.41
C	TRANSPORTE DE EQUIPOS Y MATERIALES	3,935.02
D	TOTAL COSTO DIRECTO (C.D.)	103,714.30
E	GASTOS GENERALES	16,594.29
F	UTILIDADES	10,371.43
G	SUB TOTAL	130,680.02
H	I.G.V. (18 %)	23,522.40
I	COSTO TOTAL S/.	154,202.42

CONCLUSIONES

- 1.- El sistema MRT sirve como una tecnología de entrada de bajo costo para la electrificación de comunidades rurales desde una sistema eléctrico o pequeño sistema aislados. En este rol ésta tecnología se ajusta mejor donde:
 - La energía demandada por el cliente es pequeña, ejemplo entre 30 a 10 kWh por mes.
La demanda máxima del cliente en los primeros 10 años de electrificación permanece debajo de 500 VA y prevalece una baja densidad de usuarios.
- 2.- La puesta a tierra es un punto crítico. Una buena calidad de conexión a tierra es requerida para prevenir el riesgo de una descarga eléctrica debido a un potencial aumento de la tierra cerca de este punto.
- 3.- La resistencia de puesta a tierra de las subestaciones debe calcularse para cumplir con una Tensión de Toque para cumplir con la seguridad de las personas y de los animales que podrían pasar en la cercanía de las estructuras.
- 4.- Es recomendable que los sistemas MRT sean diseñados para limitar el voltaje en la tierra a 20 V por metro para evitar potenciales shocks eléctricos a las personas y animales.
- 5.- El PAT-0 logra un equipotencial alrededor del poste, y cumple con las exigencias de la tensión de toque- V_t y paso- V_p alrededor de las estructuras.
- 6.- En el caso extremo que se supere los $V_t = 64$ V para la protección de personas, con el equipotencial se logra un mismo valor de V_t , de tal forma que no se produzcan tensiones V_t y V_p inadmisibles que puedan afectar la vida de las personas.
- 7.- Uso de postes de madera de pino, con un 40% del peso del poste de CAC, lo que facilita el transporte y la instalación de zonas rurales.
- 8.- En las zonas donde se tenga humedad y lluvia, que ocasione la quema de crucetas y la punta del poste, por la ionización de las gotas de agua en los huecos donde van los pines, se recomienda cortocircuitar dichos huecos con un alambre N° 8 ó 10 AWG.
- 9.- Se comprueba que el uso de los sistemas monofásicos de retorno por tierra son más económicos; los costos se reducen en 35 a 40% del costo de un sistema trifásico convencional.

ANEXOS

ANEXO A
CALCULO DE PARAMETROS ELECTRICOS Y
MECANICOS

ANEXO A.1
PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LOS CONDUCTORES

Características de Conductores AAAC DEP/MEM

Sección (mm ²)	Hilos (Cantidad)	Ø hilo (mm)	Peso (kg/km)	R 20°C (ohm/km)	Mod.Elas (kg/mm ²)	Coef.Dila (1/°C)	Sección (mm ²)	Ø ext (mm)	Rotura (kg)	Secc/Rotura (kg/mm ²)	Secc.Real/Rotura (kg/mm ²)
150	37	2.25	405.1	0.2210	6250	0.000023	147.11	15.75	4191	27.94	28.49
120	19	2.5	333.0	0.2820	6350	0.000023	120.00	14.25	3625	30.21	30.21
95	19	2.5	260.4	0.3580	6350	0.000023	93.30	12.50	2699	28.41	28.93
70	19	2.15	189.6	0.5070	6350	0.000023	65.80	10.50	1965	28.07	29.86
50	7	3	135.0	0.6710	6450	0.000023	49.48	9.00	1507.6	30.15	30.47
35	7	2.5	94.0	0.9960	6450	0.000023	34.40	7.50	1055	30.14	30.67
25	7	2.1	66.0	1.3700	6450	0.000023	24.20	6.30	754	30.17	31.17
16 Cu	7	1.7	141.0	1.1300	11500	0.000017	16.00	5.10	636	39.75	39.75
25 Cu	7	2.14	224.0	0.7410	11500	0.000017	25.00	6.42	995	62.19	39.80
50 Cu	19	1.78	420.0	0.3950	11500	0.000017	50.00	8.90	1890	118.13	37.80
16	7	1.68	42.7	2.1615	6450	0.000023	15.50	5.04	414	25.88	26.71

Resistencia (R)

Sección	120	95	70	50	35	25	16	16 Cu	25 Cu	50 Cu	
R 20°C	0.2820	0.3580	0.5070	0.6710	0.9660	1.3700	2.1615	1.1300	0.7410	0.3950	Ohm/km
Alfa	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0036	0.0038	0.0038	0.0038	°C -1
T Oper.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	°C
R T Oper.	0.3023	0.3838	0.5435	0.7193	1.0356	1.4686	2.3171	1.2163	0.7976	0.4252	Ohm/km

Cálculo de la inductancia (L)

Sección	3F	2F	1F+N	MRT
	Trifásico	Monofásico	Monofásico	Retorno
DMG	1.4832	2.20	1.20	20.00
ρ				379.6
De				1656.08
Tensión	22.9	22.9	13.20	13.2

m Distancia media geométrica
 ρ Resistividad del terreno
m Diámetro equivalente
kV

Sección (mm ²)	Radio Hilo (m)	Dist.med (m)	Radio Equi (m)	L 3F	L 2F	L 1F+N	L MRT	f (Hz)	X 3F	X 2F
				Trifásico (Hr/km)	Monofásico (Hr/km)	Monofásico (Hr/km)	Retorno (Hr/km)		Trifásico (Ohm/km)	Monofásico (Ohm/km)
150	0.00113	0.0060	0.00788	0.00110	0.00118	0.00106	-	60	0.4138	0.4435
120	0.00125	0.0067	0.00713	0.00112	0.00120	0.00108	-	60	0.4213	0.4511
95	0.00125	0.0047	0.00625	0.00114	0.00122	0.00110	-	60	0.4312	0.4609
70	0.00108	0.0041	0.00525	0.00118	0.00126	0.00114	-	60	0.4444	0.4741
50	0.00150	0.0032	0.00450	0.00121	0.00129	0.00117	-	60	0.4560	0.4857
35	0.00125	0.0026	0.00375	0.00125	0.00132	0.00120	-	60	0.4697	0.4995
25	0.00105	0.0022	0.00315	0.00128	0.00136	0.00124	-	60	0.4829	0.5126
16 Cu	0.00085	0.0018	0.00255	0.00132	0.00140	0.00128	-	60	0.4988	0.5285
25 Cu	0.00107	0.0023	0.00321	0.00128	0.00136	0.00123	-	60	0.4815	0.5112
50 Cu	0.00089	0.0019	0.00445	0.00121	0.00129	0.00117	-	60	0.4568	0.4866
16	0.00084	0.0018	0.00252	0.00133	0.00140	0.00128	-	60	0.4997	0.5294

Sección (mm ²)	X 1F+N	X MRT	R 20°C	Alfa	R Operac	Cos α	3F	2F	1F+N	MRT
	Monofásico (Ohm/km)	Retorno (Ohm/km)	(°C)	(1/°C)	(°C)		Trifásico (Ohm/km)	Monofásico (Ohm/km)	Monofásico (Ohm/km)	Retorno (Ohm/km)
150	0.3978	0.9445	0.22100	0.0036	0.2369	0.90	8.339E-05	1.723E-04	4.931E-04	4.330E-04
120	0.4054	0.9366	0.28200	0.0036	0.3023	0.90	9.656E-05	1.986E-04	5.723E-04	4.683E-04
95	0.4152	0.9628	0.35800	0.0036	0.3838	0.90	1.130E-04	2.315E-04	6.714E-04	5.223E-04
70	0.4284	0.9742	0.50700	0.0036	0.5435	0.90	1.447E-04	2.949E-04	8.620E-04	6.172E-04
50	0.4400	0.9931	0.67100	0.0036	0.7193	0.90	1.793E-04	3.640E-04	1.070E-03	7.233E-04
35	0.4538	1.0068	0.99600	0.0036	1.0677	0.90	2.470E-04	4.995E-04	1.478E-03	9.271E-04
25	0.4669	1.0200	1.37000	0.0036	1.4686	0.90	3.247E-04	6.548E-04	1.945E-03	1.161E-03
16 Cu	0.4828	1.0359	1.13000	0.00382	1.2163	0.90	2.780E-04	5.615E-04	1.665E-03	1.020E-03
25 Cu	0.4655	1.0186	0.74100	0.00382	0.7976	0.90	1.966E-04	3.986E-04	1.174E-03	7.753E-04
50 Cu	0.4409	1.0325	0.39500	0.00382	0.4252	0.90	1.233E-04	2.520E-04	7.331E-04	5.654E-04
16	0.4837	1.0368	2.16150	0.0036	2.3171	0.90	4.880E-04	9.815E-04	2.929E-03	1.652E-03

ANEXO A.3
CALCULO DE LAS CIMENTACIONES DE POSTES DE MADERA EN LINEAS PRIMARIAS
Poste de Madera Clase 6 de 12m

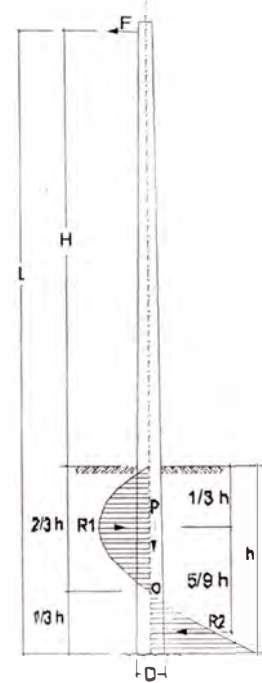
Para una longitud de empotramiento igual a: **1.50 m**

TIPO II

Para el cálculo de las cimentaciones de los postes de madera se usará el método de Sulzberger

- Diámetro del poste (D)
- Longitud del poste (L)
- Fuerza horizontal aplicada a 30 cm debajo de la punta (F)
- Carga de rotura (Cr)
- Peso del poste (Wp)
- Peso total de conductores (Pc)
- Peso extra (aisladores, subestación, crucetas, etc) (Pe)
- Longitud de empotramiento (h)
- Altura útil del poste (H)
- Peso vertical total (Wt)

Datos	
D= 23.9	cm
L= 12	m
F= 226.67	Kg
Cr= 680	Kg
Wp= 564	Kg
Pc= 38	Kg
Pe= 100	Kg
Resultados	
h= 1.50	m
H= 10.2	m
Wt= 702	Kg
R ₁ = 3137.067	Kg
R ₂ = 2910.40	Kg



Metodología

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

$$\sum F_h = 0 \quad \sum M_o = 0$$

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

$$F \cdot (H + 2 \cdot h/3) - R_1 \cdot (h/3) - R_2 \cdot (2 \cdot h/9) = 0 \quad \dots(2)$$

$$\text{De (1): } R_1 = F / (5h) \cdot (9H + 8h) \quad \dots(3)$$

$$\text{De (2): } R_2 = F / (5h) \cdot (9H + 3h) \quad \dots(4)$$

	R ₁ =	3137.07	Kg		R ₂ =	2910.4	Kg
A ₂ = D ² ·h/3		1195	cm ²	σ ₂ = R ₂ /A ₂	=	2.435481	Kg/cm ²
A ₁ = D ² ·h ² /2/3		2390	cm ²	σ ₁ = R ₁ /A ₁	=	1.31258	Kg/cm ²

Para terrenos bien apisonados se tiene: $\sigma_t = 4 \text{ kg / cm}^2$

Finalmente:

σ ₁ =	1.31 Kg/cm ²	<	σ _t = 4 kg / cm ²	OK
σ ₂ =	2.44 Kg/cm ²	<	σ _t = 4 kg / cm ²	OK

Para la fuerza vertical, se considera la resistencia horizontal igual a $0,5 \sigma_t$

A ₃ =	D ² · π/4	=	448.61	cm ²
σ =	Wt / A ₃	=	1.56	Kg/cm ²
σ	<	0,5 σ	=	4.90 Kg/cm ²

ANEXO A.4.1

CALCULO DEL BLOQUE DE LA RETENIDA INCLINADA PARA POSTES DE CONCRETO EN LINEAS Y REDES PRIMARIAS PARA LA CARGA MÁXIMA APLICADA

Datos

Según el cálculo mecánico de estructuras, para un vano de 360m, ángulo de desviación de 5°, armado PA1-3 se tiene:

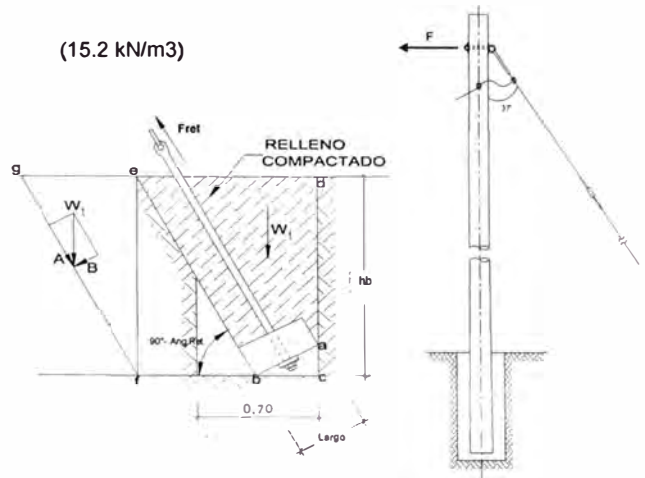
Fuerza Equivalente en la Punta: 4000 N
 Angulo de la Retenida (α): 37°
 Densidad del Suelo: 1550 kg/m³ (15.2 kN/m³)
 Coeficiente de Fricción (μ): 0.3

Tomamos un predimensionamiento del dado de anclaje,

Largo = 0.40 m
 Ancho = 0.40 m
 Alto = 0.15 m

y una altura h_b de profundidad del macizo:

$h_b = 2.00$ m



Resultados

Así, de acuerdo al gráfico tenemos:

$$Fret = F / \sin\alpha \quad Fret = 6647 \text{ N}$$

Para calcular el área achurada del bloque de retenida:

Longitud bc = 0.32 m Longitud ac = 0.24 m
 Área del $\Delta abc = 0.038 \text{ m}^2$
 Longitud bf = 1.51 m entonces, el área $\Delta bef = 1.507 \text{ m}^2$
 Longitud cf = 1.83 m

$$\text{Área lateral bloque de retenida} = \square efcd - \Delta efb - \Delta abc - \text{Área dado anclaje} = 2.05 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso de macizo de tierra} = \text{Densidad suelo} \times \text{Área lateral} \times \text{ancho} = 12.45 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad \text{Peso Total} = 13.02 \text{ kN}$$

$$\text{Peso del dado de concreto} = 0.56 \text{ kN}$$

Del gráfico se tiene que Wt se divide en la fuerza A, paralela al plano de apoyo del macizo de relleno y B, perpendicular al mismo.

A = 10.40 kN
 B = 7.83 kN

Tenemos además, como fuerza estabilizadora, la fuerza de fricción de las paredes del entorno del relleno,

con el suelo existente \Rightarrow La fricción lateral es, $\gamma \times H_b = 30.41 \text{ kN/m}^2$

Fuerza lateral = $\gamma \times H \times \text{Área Lateral}$

Fuerza lateral = 62.27 kN

$$\text{Fuerza de Fricción Estabilizadora Lateral} = 2 \times \text{Fuerza lateral} \times \text{Coef. Fricción} = 2 \times F_1 \times \mu = 37.36 \text{ kN}$$

La fuerza resistente total que equilibrará la tensión en el cable de la retenida será:

$$F_r = A + (\mu \times B) + 2 \times \mu \times F_1 = 50.11 \text{ kN}$$

Donde A es la componente del peso del macizo en el plano de apoyo del mismo, u x B es la fuerza de fricción en dicho plano y el último término, la fuerza de fricción de las paredes laterales.

Tomamos un factor de seguridad $Fr / Fret \geq 1.50$

$$Fr / Fret = 7.54 \quad \text{Conforme con el factor de seguridad.}$$

Las dimensiones del bloque de concreto y retenida son suficientes y están de acuerdo a las normas DEP/MEM

Acero de Refuerzo

Para el bloque de concreto utilizaremos acero mínimo según se especifica en el Reglamento Nacional de Construcciones, y que debe ser:

$$As = 0,0018 \times b \times c = 1.08 \text{ cm}^2 \text{ es el área de requerimiento del acero.}$$

Consideramos:

4 varillas de diámetro 3/8" tendremos: 2.9 cm² lo cual es conforme.

Estas varillas se colocarán en la zona donde el dado trabaja en tracción y a cada 10 cm, y tendrán 5 cm de recubrimiento desde la cara superior del dado.

ANEXO A.4.2
CALCULO DEL BLOQUE DE LA RETENIDA INCLINADA PARA POSTES DE CONCRETO EN LINEAS Y REDES PRIMARIAS
PARA LA CARGA MÁXIMA APLICADA

Datos

Según el cálculo mecánico de estructuras, para un vano de 360m, ángulo de desviación de 5°, armado PA1-3 se tiene:

Fuerza Equivalente en la Punta: 4000 N
Angulo de la Retenida: 30 °
Densidad del Suelo: 1550 kg/m³ (15.2 kN/m³)

Tomamos un predimensionamiento del dado de anclaje,

Largo = 0.40 m

Ancho = 0.40 m

Alto = 0.15 m

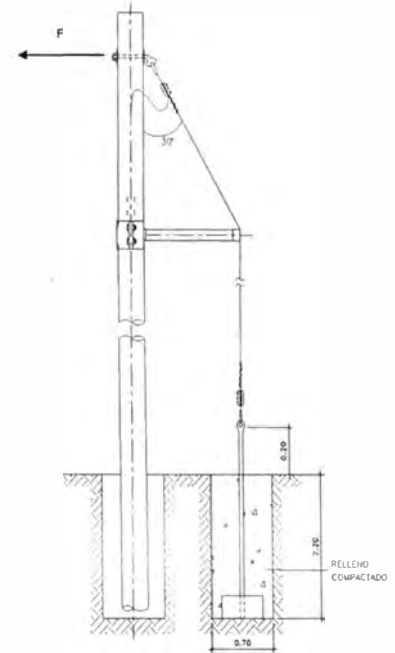
y una altura h_b de profundidad del macizo:

$h_b = 2.20$ m

Resultados

Así, de acuerdo al gráfico tenemos:

$$Fret = F / \tan \alpha \quad Fret = 6928 \text{ N}$$



Debido a la fricción interna y a la compactación del macizo de tierra, su peso será la mayor fuerza estabilizadora:

$$\begin{aligned} \text{Peso de macizo de tierra} &= \text{Densidad suelo} \times \text{Volumen del Macizo Compactado} = 15.27 \text{ kN} \\ \text{Peso del dado de concreto} &= 0.56 \text{ kN} \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \text{Peso Total} = 15.77 \text{ kN}$$

Fuerza resistente = F_r = Peso Total

Tomamos un factor de seguridad $F_r / Fret \geq 1,50$

$$F_r / Fret = 2.28 \quad \text{Conforme con el factor de seguridad.}$$

Las dimensiones del bloque de concreto y retenida son suficientes y están de acuerdo a las normas DEP/MEM

Acero de Refuerzo

Para el bloque de concreto utilizaremos acero mínimo según se especifica en el Reglamento Nacional de Construcciones, y que debe ser:

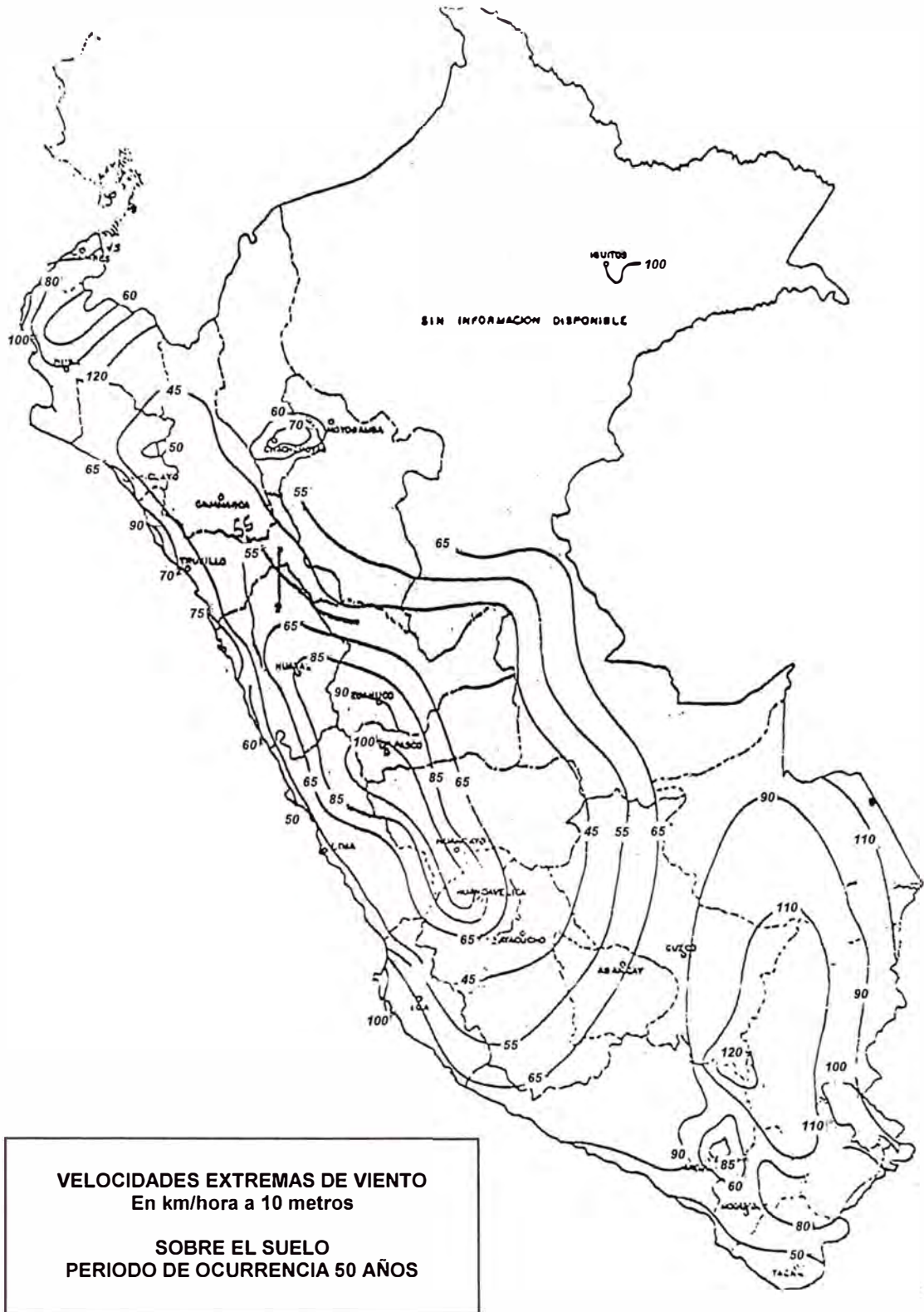
$$A_s = 0,0018 \times b \times c = 1.08 \text{ cm}^2 \text{ es el área de requerimiento del acero.}$$

Consideramos:

4 varillas de diámetro 3/8" tendremos: 2.9 cm² lo cual es conforme.

Estas varillas se colocarán en la zona donde el dado trabaja en tracción y a cada 10 cm, y tendrán 5 cm de recubrimiento desde la cara superior del dado.

ANEXO A.5 MAPA EÓLICO DEL PERÚ







ANEXO A.6
VIENTOS MÁXIMOS SEGÚN EL CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD
ZONIFICACIÓN DE VELOCIDAD DE VIENTO



MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS
 DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD



-  AREA 0 Elevación menor a 3 000 m.s.n.m.
-  AREA 1 Elevación de 3001 a 4 000 m.s.n.m.
-  AREA 2 Elevación de 4001 a 4 500 m.s.n.m.
-  AREA 3 Elevación sobre los 4 500 m.s.n.m.

Zonificación	Velocidad del Viento
ZONA A	70 km/h
ZONA B	80 km/h
ZONA C	90 km/h

ANEXO A.7.1
TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS
TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION MONOFASICO PARA
CONECTARSE ENTRE FASE Y NEUTRO

Nº	CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR SUMINISTRADO
1.0	DATOS GENERALES			
1.1	FABRICANTE			
1.2	PAIS DE FABRICACION			PERU
1.3	NUMERO DE ARROLLAMIENTOS		2	2
1.4	ALTITUD DE INSTALACION	msnm	4 500	4500
2.0	DATOS NOMINALES Y CARACTERISTICAS			
2.1	FRECUENCIA NOMINAL	Hz	60	60
2.2	POTENCIA NOMINAL ONAN	kVA	(*)	25
2.3	ALTA TENSION NOMINAL EN VACIO	kV	13,2 ± 2x2,5%	13,2 ± 2x2,5%
	NUMERO DE AISLADORES PASATAPAS	u	1	1
	NEUTRO CONECTADO AL TANQUE DEL TRANSFORMADOR		SI	SI
2.4	BAJA TENSION NOMINAL EN VACIO	KV	0,460 – 0,230	0,460 – 0,230
	NUMERO DE AISLADORES PASATAPAS	u	4	4
2.5	NIVEL DE AISLAMIENTO DE ALTA TENSION:			
	- TENSION DE SOSTENIMIENTO AL IMPULSO 1.2/50 Us			
	AISLAMIENTO EXTERNO	kVp	150	170
	- TENSION DE SOSTENIMIENTO AL IMPULSO 1.2/50 uS			
	AISLAMIENTO INTERNO	kVp	125	125
	- TENSION DE SOSTENIMIENTO A LA FRECUENCIA INDUSTRIAL	kV	40	50
2.6	NIVEL DE AISLAMIENTO BAJA TENSION Y NEUTRO			
	- TENSION DE SOSTENIMIENTO A LA FRECUENCIA	kV	2,5	2,5
2.7	TENSION DE CORTO CIRCUITO A 75 °C	%	3	3
2.8	PERDIDAS:			
	- EN VACIO CON TENSION NOMINAL Y FRECUENCIA NOMINAL EN TOMA CENTRAL.	kW		0,12
	- EN CORTOCIRCUITO CON CORRIENTE NOM. (a 75 °C) Y FRECUENCIA NOMINAL	kW		0,44
	- PERDIDAS TOTALES	kW		0,56
2.9	SOBRE ELEVACION DE TEMPERATURA LIMITE A MAXIMA POTENCIA (ONAN) Y A 40 °C DE TEMPERATURA AMBIENTE Y			
	- EN ARROLLAMIENTOS (método de resistencia)	oC	65	65
	- EN EL ACEITE, PARTE SUPERIOR (medido con termómetro)	oC	60	60
3.0	MASAS, DIMENSIONES Y ESQUEMAS			
3.1	MASAS:			
	- MASA DE UNA UNIDAD	kg		268
	- MASA TOTAL DEL ACEITE	kg		83
3.2	DIMENSIONES:			
	- ALTURA TOTAL	mm		1252
	- ANCHO TOTAL	mm		628
4.0	LONGITUD MINIMA DE LA LINEA DE FUGA DEL AISLADOR PASATAPAS DE ALTA TENSION (fase – tierra)	mm	625	625

ANEXO A.7.2
TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS
TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION MONOFASICO PARA
CONECTARSE ENTRE FASE Y NEUTRO

Nº	CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR SUMINISTRADO
1.0	DATOS GENERALES			
1.1	FABRICANTE			
1.2	PAIS DE FABRICACION			PERU
1.3	NUMERO DE ARROLLAMIENTOS		2	2
1.4	ALTITUD DE INSTALACION	msnm	4 500	4500
2.0	DATOS NOMINALES Y CARACTERISTICAS			
2.1	FRECUENCIA NOMINAL	Hz	60	60
2.2	POTENCIA NOMINAL ONAN	kVA	(*)	10
2.3	ALTA TENSION NOMINAL EN VACIO	kV	13,2 ± 2x2,5%	13,2 ± 2x2,5%
	NUMERO DE AISLADORES PASATAPAS	u	1	1
	NEUTRO CONECTADO AL TANQUE DEL TRANSFORMADOR		SI	SI
2.4	BAJA TENSION NOMINAL EN VACIO	KV	0,460 – 0,230	0,460 – 0,230
	NUMERO DE AISLADORES PASATAPAS	u	4	4
2.5	NIVEL DE AISLAMIENTO DE ALTA TENSION:			
	- TENSION DE SOSTENIMIENTO AL IMPULSO 1.2/50 Us			
	AISLAMIENTO EXTERNO	kVp	150	170
	- TENSION DE SOSTENIMIENTO AL IMPULSO 1.2/50 uS			
	AISLAMIENTO INTERNO	kVp	125	125
	- TENSION DE SOSTENIMIENTO A LA FRECUENCIA INDUSTRIAL	kV	40	50
2.6	NIVEL DE AISLAMIENTO BAJA TENSION Y NEUTRO			
	- TENSION DE SOSTENIMIENTO A LA FRECUENCIA	kV	2,5	2,5
2.7	TENSION DE CORTO CIRCUITO A 75 °C	%	3	3
2.8	PERDIDAS:			
	- EN VACIO CON TENSION NOMINAL Y FRECUENCIA NOMINAL EN TOMA CENTRAL.	kW		0,06
	- EN CORTOCIRCUITO CON CORRIENTE NOM. (a 75 °C) Y FRECUENCIA NOMINAL	kW		0,26
	- PERDIDAS TOTALES	kW		0,32
2.9	SOBRE ELEVACION DE TEMPERATURA LIMITE A MAXIMA POTENCIA (ONAN) Y A 40 °C DE TEMPERATURA AMBIENTE Y			
	- EN ARROLLAMIENTOS (método de resistencia)	oC	65	65
	- EN EL ACEITE, PARTE SUPERIOR (medido con termómetro)	oC	60	60
3.0	MASAS, DIMENSIONES Y ESQUEMAS			
3.1	MASAS:			
	- MASA DE UNA UNIDAD	kg		178
	- MASA TOTAL DEL ACEITE	kg		80
3.2	DIMENSIONES:			
	- ALTURA TOTAL	mm		1208
	- ANCHO TOTAL	mm		553
4.0	LONGITUD MINIMA DE LA LINEA DE FUGA DEL AISLADOR PASATAPAS DE ALTA TENSION (fase – tierra)	mm	625	625

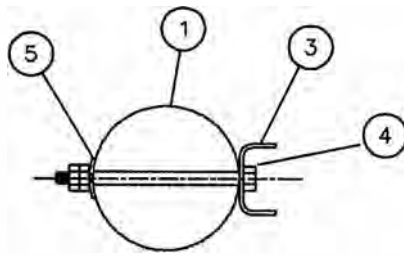
ANEXO A.7.3
TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS
SECCIONADOR – FUSIBLE TIPO EXPULSION

Nº	CARACTERISTICAS	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR SUMINISTRADO
1.0	FABRICANTE			
2.0	NUMERO O CODIGO DEL CATALOGO ADJUNTO			IMCX
3.0	MODELO O CODIGO DEL AISLADOR (SEGÚN CATALOGO ADJUNTO)			9022902-31
4.0	PAIS DE FABRICACION			COLOMBIA
5.0	NORMA DE FABRICACION Y PRUEBAS		ANSI C-7.42	ANSI C7.42
6.0	INSTALACION		EXTERIOR	EXTERIOR
7.0	CORRIENTE NOMINAL	A	100	100
8.0	TENSION NOMINAL DEL EQUIPO	kV	27/38	27
9.0	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO SIMETRICA	KA	5,0	5,3
10.0	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO ASIMETRICA	kA	8,0	8,0
11.0	NIVEL DE AISLAMIENTO			
11.1	TENSION DE SOSTENIMIENTO A LA ONDA DE IMPULSO (BIL), ENTRE FASE Y TIERRA Y ENTRE FASES	kVp	150	170
11.2	TENSION DE SOSTENIMIENTO A LA FRECUENCIA INDUSTRIAL ENTRE FASES, EN SECO, 1 min	KV	70	70
11.3	TENSION DE SOSTENIMIENTO A LA FRECUENCIA INDUSTRIAL ENTRE FASE Y TIERRA, HUMEDO, 10 s	kV	60	60
12.0	MATERIAL AISLANTE DEL CUERPO DEL SECCIONADOR		PORCELANA	PORCELANA
13.0	LONGITUD DE LINEA DE FUGA MINIMA (fase-tierra)	mm	625	695
14.0	DIMENSIONES (Adjuntar planos)	mm		
15.0	MATERIAL DEL TUBO PORTAFUSIBLE		FIBRA DE VIDRIO	FIBRA DE VIDRIO
16.0	MASA DEL SECCIONADOR – FUSIBLE	kg		14,20
17.0	COLOR DEL AISLADOR			GRIS

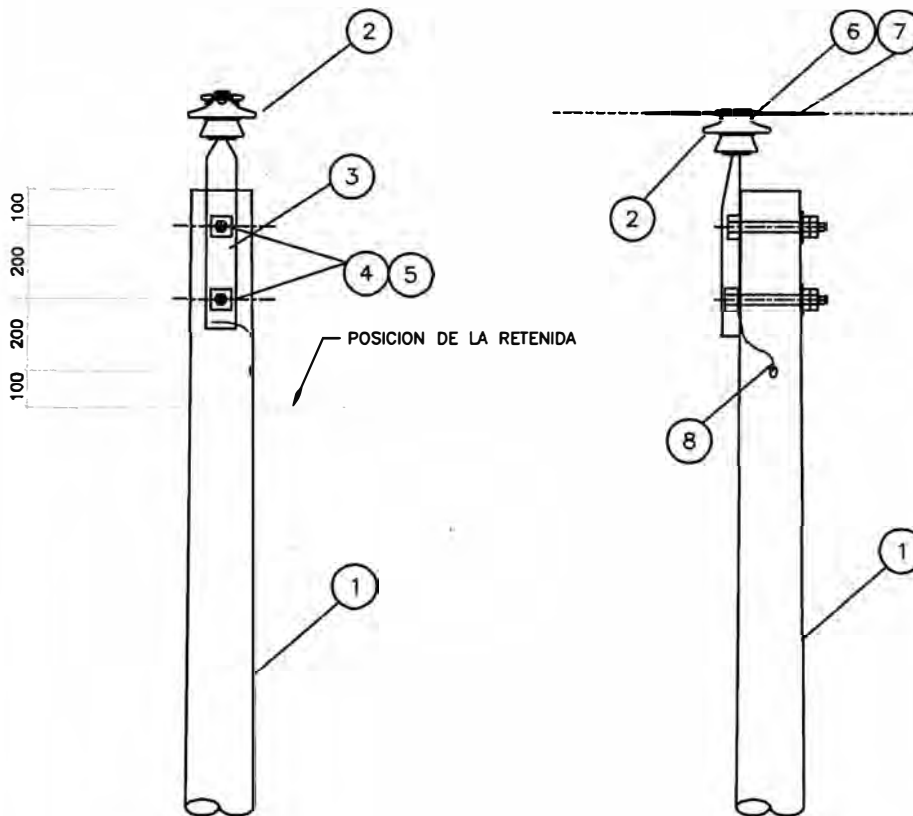
ANEXO A.7.4
TABLA DE DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS
PARARRAYOS

Nº	CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	VALOR REQUERIDO	VALOR SUMINISTRADO
1.0	FABRICANTE			
2.0	NUMERO O CODIGO DEL CATALOGO ADJUNTO			PBP 21
3.0	MODELO O CODIGO DEL AISLADOR (SEGÚN CATALOGO ADJUNTO)			PBP 21
4.0	PAIS DE FABRICACIÓN			BRASIL
5.0	NORMA DE FABRICACION Y PRUEBAS		IEC 99 - 4	IEC 99 - 4
6.0	CLASE DE DESCARGA DE LINEA		1	1
7.0	INSTALACION		EXTERIOR	EXTERIOR
8.0	TENSION NOMINAL DE LA RED	kV	22,9	22,9
9.0	TENSION MAXIMA DE SERVICIO	kV	25	25
10.0	FRECUENCIA NOMINAL	Hz	60	60
11.0	TENSION NOMINAL DEL PARARRAYOS	kV	21	21
12.0	TENSION DE OPERACION CONTINUA (COV)	kV	17	17
13.0	CORRIENTE NOMINAL DE DESCARGA EN ONDA 8/20	kA	10	10
14.0	TENSION RESIDUAL MAXIMA A CORRIENTE NOMINAL DE DESCARGA (10 Ka - 8/20)	kV	62,5	62,5
15.0	MATERIAL DE LAS RESISTENCIAS NO LINEALES		OXIDO DE ZINC	OXIDO DE ZINC
16.0	MASA DEL PARARRAYOS	kg		4,20
17.0	ALTITUD DE OPERACIÓN	msnm	4500	4500
18.0	CARACTERÍSTICAS DEL AISLADOR			
18.1	MATERIAL		GOMA SILICON	GOMA SILICONADA
18.2	NIVEL DE AISLAMIENTO AL IMPULSO 1,2/50	kV	150	150
18.3	LONGITUD DE LINEA DE FUGA MINIMA (fase-tierra)	mm	625	660

ANEXO B
PLANO DE ARMADOS



DETALLE DE ESPIGA



VISTA FRONTAL

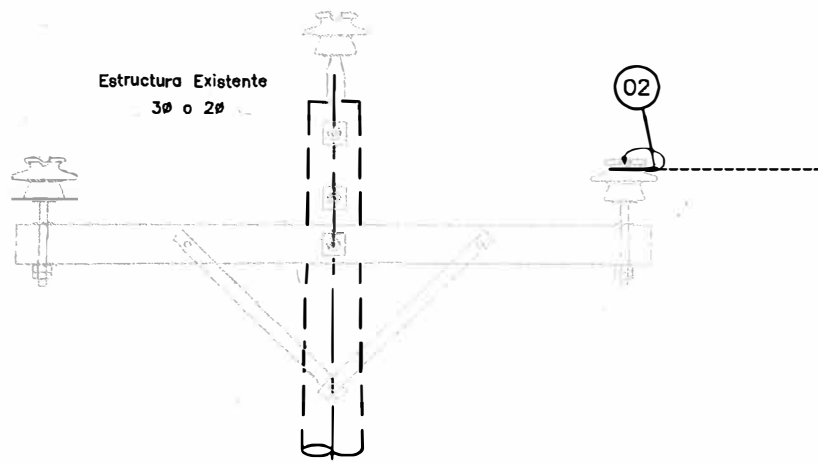
VISTA LATERAL

NOTA:

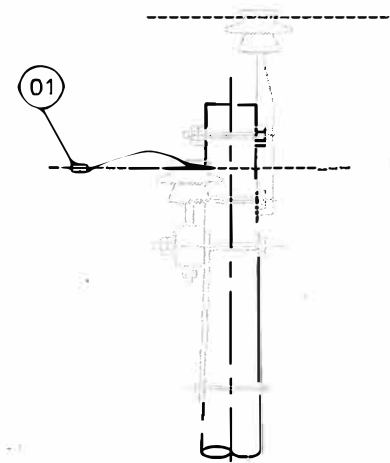
-Las dimensiones se dan en mm.

8	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DE 16 mm ² , PARA PUESTA A TIERRA	--
7	ALAMBRE DE AMARRE ALUMINIO RECOCIDO DE 16 mm ²	2.5m
6	VARILLA DE ARMAR PREFORMADA SIMPLE PARA CONDUCTOR DE 35 mm ²	1
5	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A'G', 57x57x5mm, AGUJERO DE 18mm ϕ	2
4	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16 mm ϕ x 203 mm LONG., 152 mm MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2
3	ESPIGA DE A'G' DE 609 mm LONG. PARA CABEZA DE POSTE CON ROSCA DE PLOMO DE 35 mm ϕ	1
2	AISLADOR DE PORCELANA TIPO PIN, CLASE ANSI 56-3	1
1	POSTE DE MADERA 11m CLASE 6	-

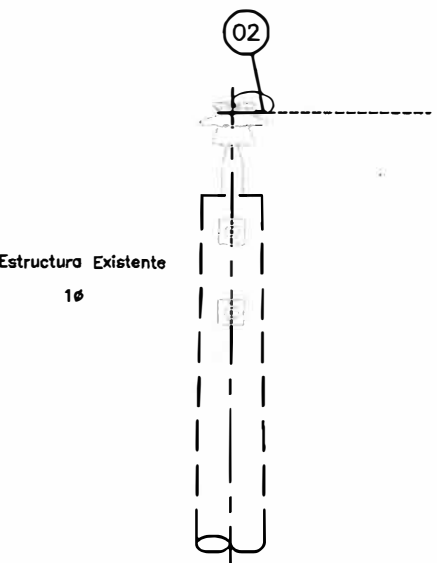
CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
DIBUJO: REVISO: L.R.B. APROBO: L.R.B. FECHA: SET./2011 ESC: S/E.		SOPORTE SUSPENSION 0° - 5°, MONOFASICO RETORNO POR TIERRA TIPO PS1-0	LAMINA N°: 001



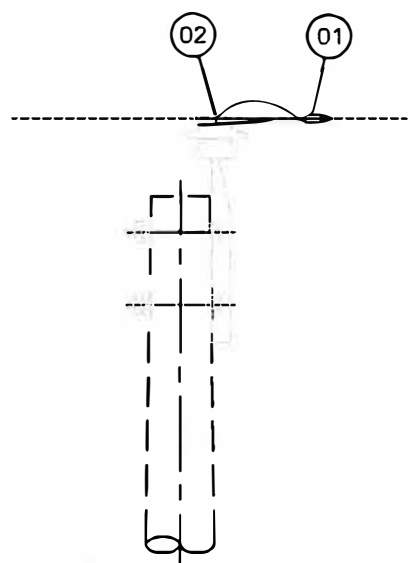
VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

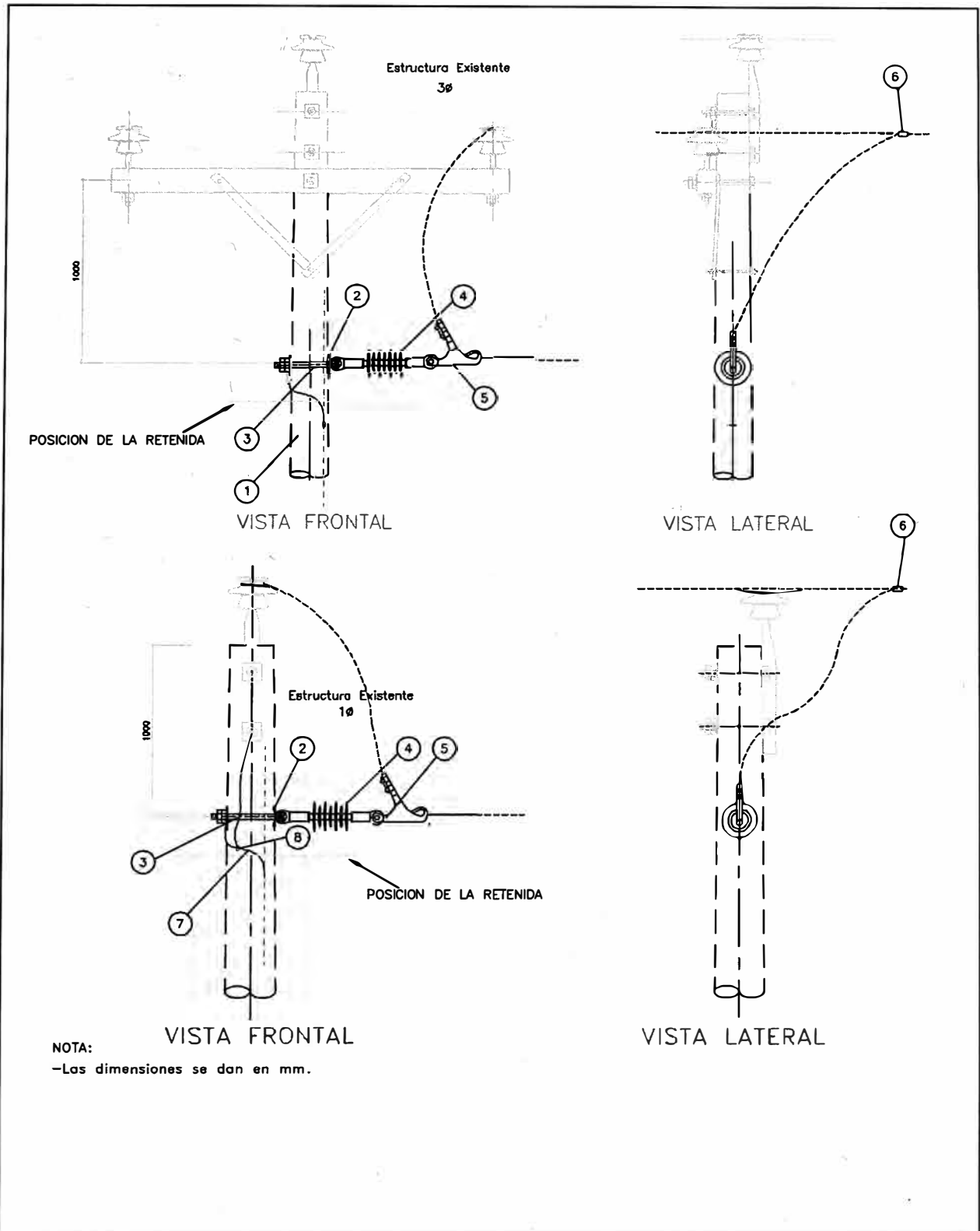


VISTA FRONTAL



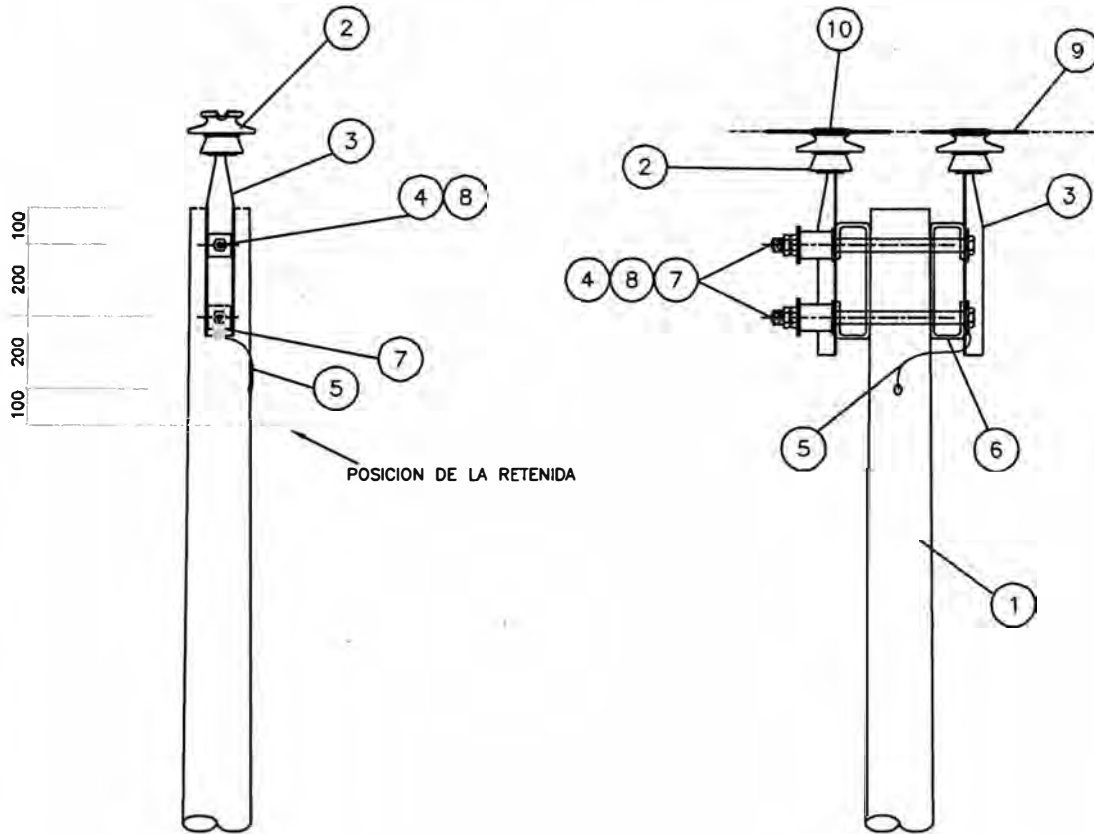
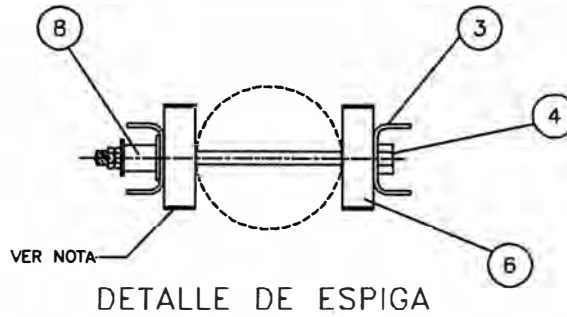
VISTA LATERAL

	02	ALAMBRE DE AMARRE ALUMINIO RECOCIDO DE 16mm ϕ	2.5m
	01	GRAPA DE DOBLE VIA DE ALUMINIO PARA CONDUCTOR DE 35mm 2	1
CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT.
DIBUJO:		SOPORTE DE DERIVACION NO TENSADA MONOFASICO – RETORNO POR TIERRA TIPO DS-0	LAMINA N°: 002
REVISO:	L.R.B.		
APROBO:	L.R.B.		
FECHA:	SET./2011		



NOTA:
-Las dimensiones se dan en mm.

	8	CONECTOR TIPO PERNO PARTIDO (SPLIT BOLT) PARA CONDUCTOR DE 16mm ²	1
	7	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO, DE 16 mm ² PARA PUESTA A TIERRA	0.5m
	6	GRAPA DE DOBLE VIA DE ALUMINIO PARA CONDUCTOR DE 35mm ²	1
	5	GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR D 35 mm ² Y SU CINTA PLANA DE ARMAR	1
	4	AISLADOR POLIMERICO TIPO SUSPENSION CON HORQUILLA (ESTRUCTURA) Y LENGUETA (LINEA) 36 kV	1
	3	PERNO OJO DE A'G', 16 mm ϕ x 203 mm long.; 152 mm MAQUINADO CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1
	2	ARANDELA CUADRADA CURVA 57mm x 57mm x 5mm, 18mm ϕ AGUJERO	2
	1	POSTE DE MADERA 11m CLASE 6	-
CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
DIBUJO:		SOPORTE DE DERIVACION TENSADA MONOFASICA RETORNO POR TIERRA TIPO DT-0	LAMINA N°: 003
REVISO: L.R.B.			
APROBADO: L.R.B.			
FECHA: SET./2011	ESC: S/E.		



VISTA FRONTAL

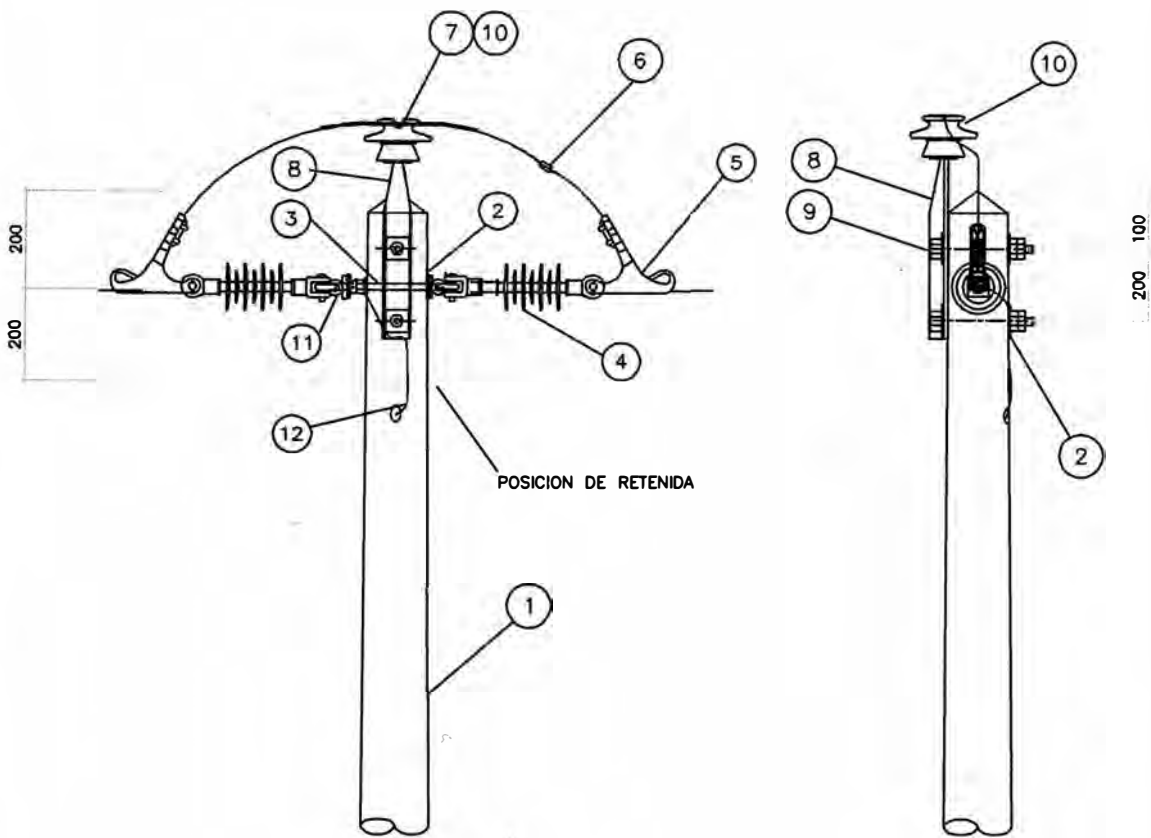
VISTA LATERAL

NOTA:

-Las dimensiones se dan en mm.

10	ALAMBRE DE AMARRE ALUMINIO RECOCIDO DE 16 mm ²	5.0m
9	VARILLA DE ARMAR PREFORMADA DOBLE PARA CONDUCTOR DE 35 mm ²	1
8	ARANDELA CUADRADA PLANA DE A'G', 57x57x5mm, 18 mm ø DE AGUJERO	2
7	TUBO ESPACIADOR DE A'G', 19 mm ø x 38 mm LONG.	2
6	SOPORTE SEPARADOR DE VERTICE DE POSTE DE A' G' TIPO CS2, 110 mm SEPARACION, PLATINA 70x6.4 mm SECC.	2
5	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO DE 16mm ² , PARA PUESTA A TIERRA	-
4	PERNO MAQUINADO DE A'G', 16 mm ø x 508 mm LONG.; 152 mm MAQUINADO CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2
3	ESPIGA DE A'G' DE 609 mm LONG. PARA CABEZA DE POSTE, ROSCA DE PLOMO DE 35 mm ø	2
2	AISLADOR DE PORCELANA TIPO PIN, CLASE ANSI 56-3, DE 381 mm LONG. CON ARANDELA	2
1	POSTE DE MADERA 11m CLASE 6	-

CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
DIBUJO:		SOPORTE SUSPENSION ANGULO 5° -30° MONOFASICO RETORNO POR TIERRA TIPO PA1-0	LAMINA N°: 004
REVISOR: L.R.B.			
APROBADO: L.R.B.			
FECHA: SET./2011	ESC: S/E.		



VISTA FRONTAL

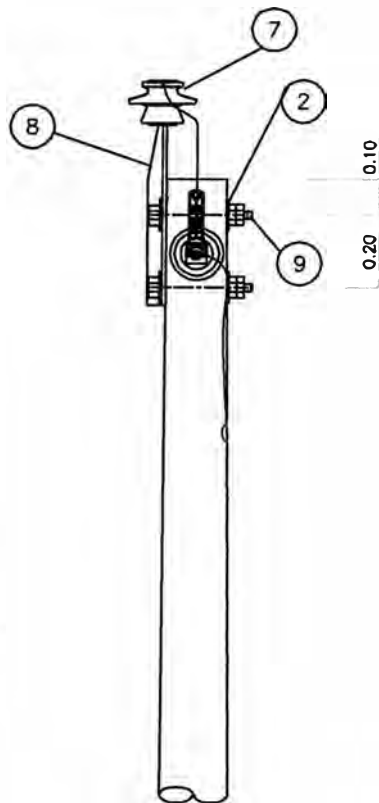
VISTA LATERAL

NOTA:

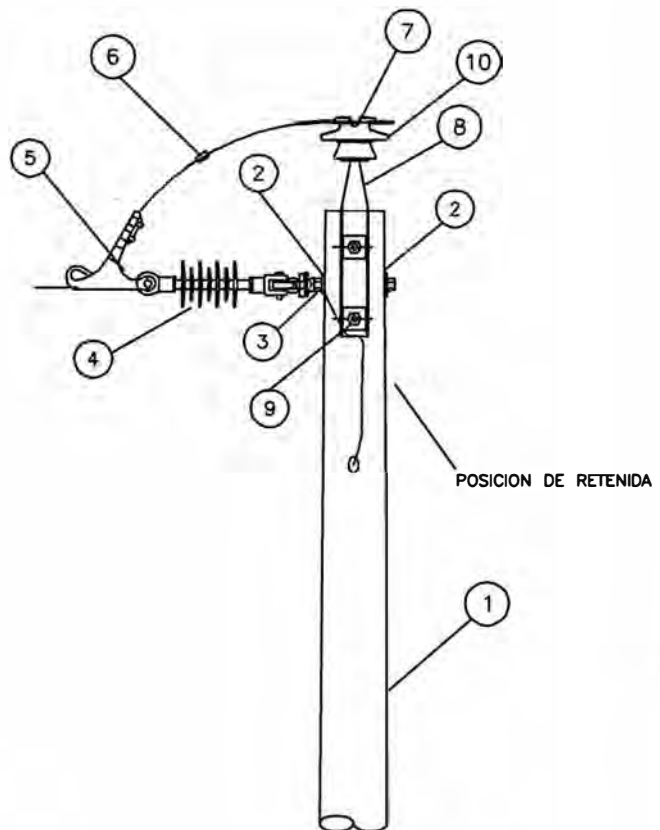
-Las dimensiones se dan en mm.

12	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO DE 16mm ² , PARA PUESTA A TIERRA	-
11	TUERCA OJO PARA PERNO DE 16mm ϕ	1
10	AISLADOR DE PORCELANA TIPO PIN, CLASE ANSI 56-3	1
9	PERNO DE A*G* DE 16mm ϕ x203 LONG. CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2
8	ESPIGA DE A*G* DE 609 mm LONG. PARA CABEZA DE POSTE Y AISLADOR ANSI 56-3	1
7	ALAMBRE DE AMARRE ALUMINIO RECOCIDO DE 16 mm ²	2.5m
6	GRAPA DE DOBLE VIA DE ALUMINIO PARA CONDUCTOR DE 35mm ²	1
5	GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR DE 35 mm ² Y CINTA PLANA	2
4	AISLADOR POLIMERICO TIPO SUSPENSION CON HORQUILLA (ESTRUCTURA) Y LENGUETA (LINEA) 36kV	2
3	PERNO OJO DE A*G*, 16 mm ϕ x 203 mm long.; 152 mm MAQUINADO CON TUERCA Y CONTRATUERCA	
2	ARANDELA CUADRADA CURVA 57mm x 57mm x 5mm, 18mm ϕ AGUJERO	4
1	POSTE DE MADERA 11m CLASE 6	-

CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
DIBUJAO: REVISO: L.R.B. APROBDO: L.R.B. FECHA: SET./2011 ESC: S/E.		SOPORTE DE RETENION O ANCLAJE MONOFASICO RETORNO POR TIERRA TIPO PR3-0	LAMINA N°: 005



VISTA FRONTAL



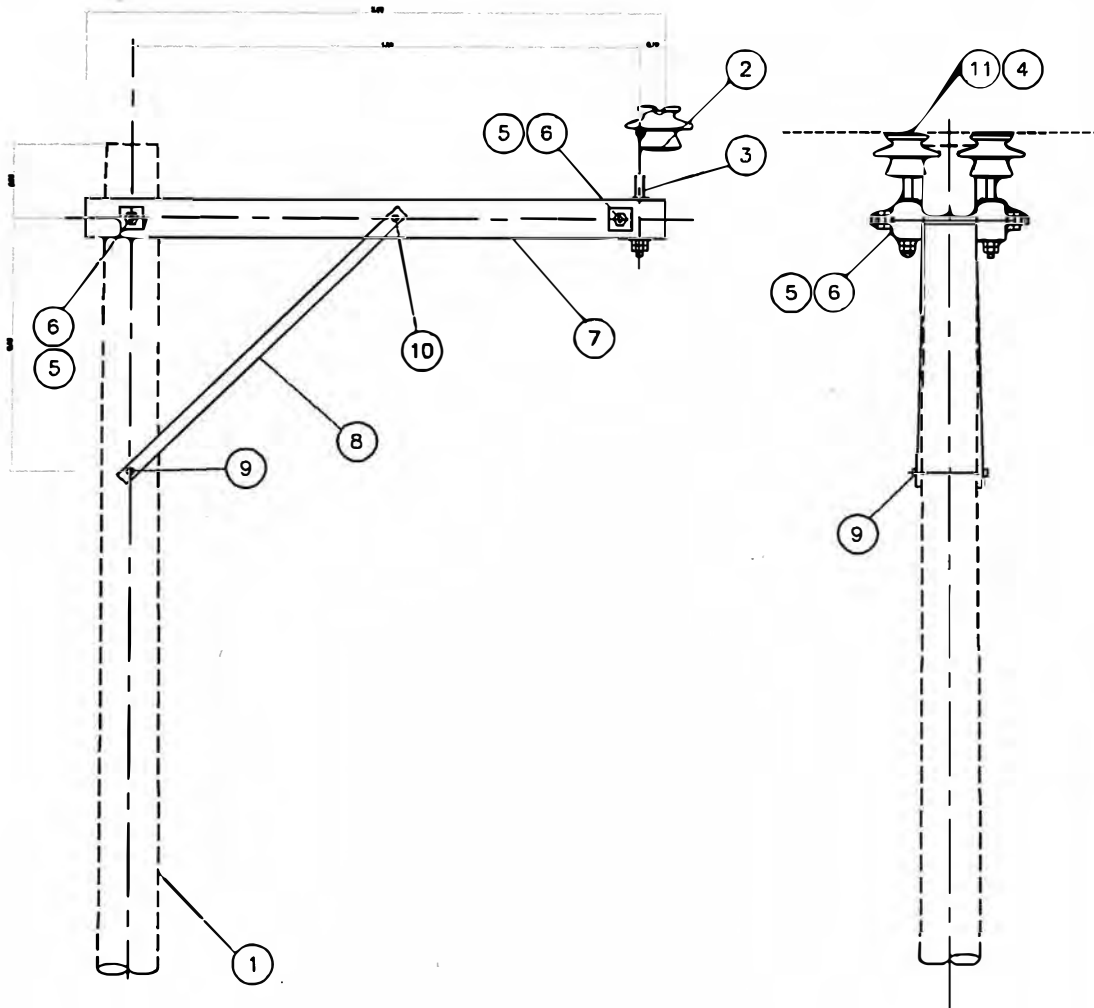
VISTA LATERAL

NOTA:

-Las dimensiones se dan en mm.

10	AISLADOR DE PORCELANA TIPO PIN, CLASE ANSI 56-3	1
9	PERNO DE A'G' DE 16mm ϕ x203 LONG. CON TUERCA Y CONTRATUERCA	2
8	ESPIGA DE A'G' DE 609 mm LONG. CON ROSCA DE PLOMO DE 35 mm ϕ	1
7	ALAMBRE DE AMARRE ALUMINIO RECOCIDO DE 16 mm ²	2.5m
6	GRAPA DE DOBLE VIA DE ALUMINIO PARA CONDUCTOR DE 35mm ²	1
5	GRAPA DE ANCLAJE PARA CONDUCTOR DE 35 mm ² Y CINTA PLANA	1
4	AISLADOR POLIMERICO TIPO SUSPENSION CON HORQUILLA (ESTRUCTURA) Y LENGUETA (LINEA) 25 kV	1
3	PERNO OJO DE A'G', 16 mm ϕ x 203 mm long.; 152 mm MAQUINADO CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1
2	ARANDELA CUADRADA CURVA 57mm x 57mm x 5mm, 18mm ϕ AGUJERO	4
1	POSTE DE MADERA 11m CLASE 6	-

CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
DIBUJO: REVISO: L.R.B. APROBO: L.R.B. FECHA: SET./2011 ESC: S/E.		SOPORTE DE RETENCION / SUSPENSION MONOFASICO RETORNO POR TIERRA TIPO TS-0	LAMINA N°: 006

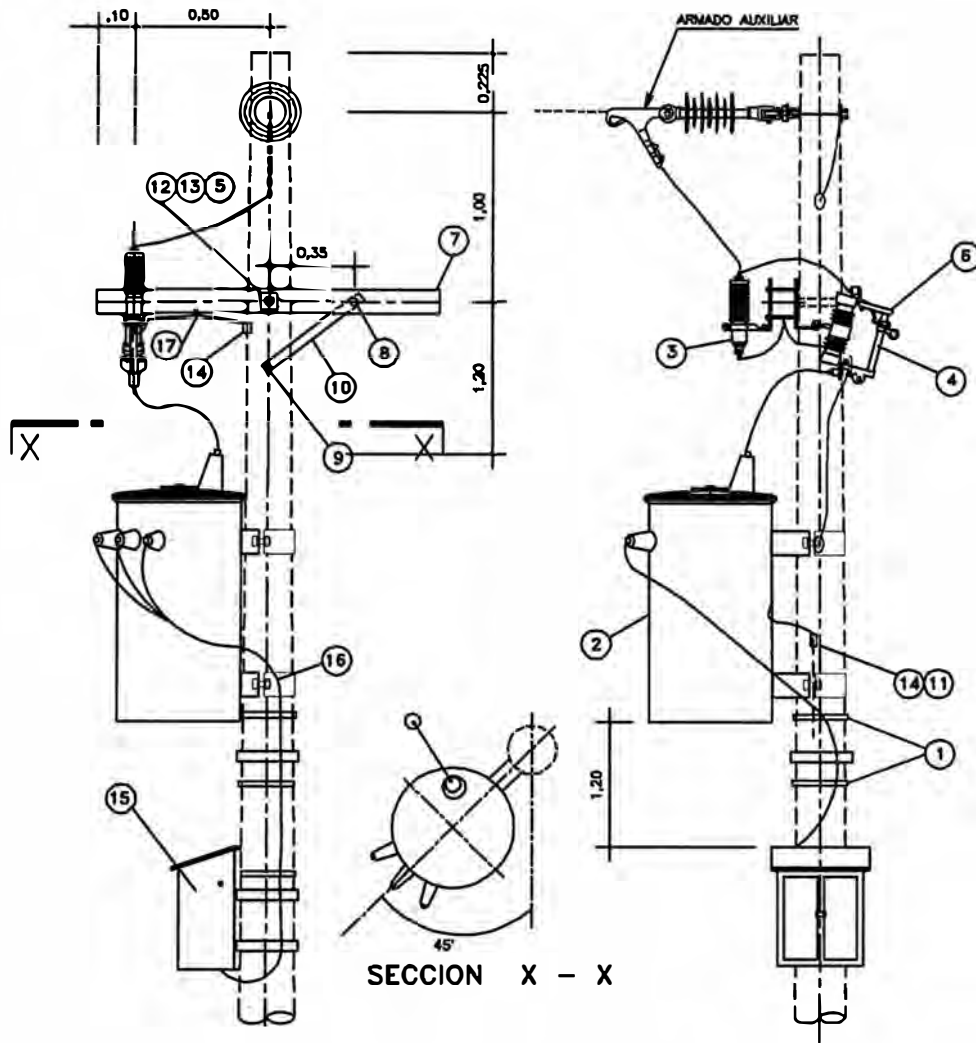


VISTA FRONTAL

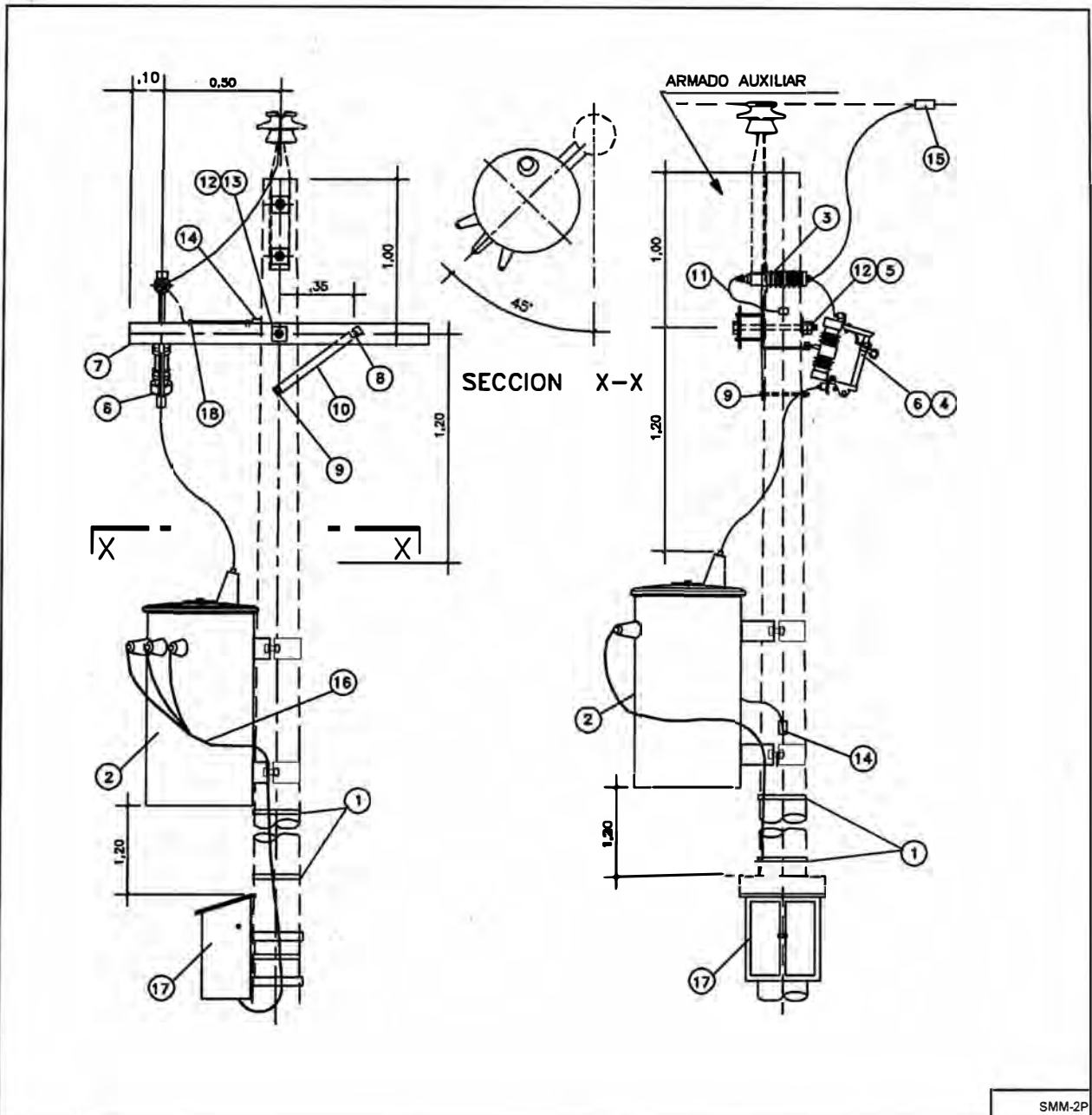
VISTA LATERAL

	11	Varilla de armar preformada doble, segun requerimiento	1
	10	Perno coche de a'g', 13mm ϕ x152mm longitud, 76mm maquinado, con arandela tuerca y contratuerca	2
	9	Perno maquinado de a'g', 13mm ϕ x 254mm long., 152 maquinado, con tuerca y contratuerco	1
	8	Brazo soporte (riestra) de perfil angular de a'g' de 38x38x5mm. 1,35m de longitud.	2
	7	Cruceta de madera tratada de 90x115mm seccion, 2,0m longitud	2
	6	Perno doble armado 16mmx457mm long; con tuercas	2
	5	Arandela cuadrada plana de a'g', 57x57x5mm, 18mm ϕ de agujero	6
	4	Alambre de amarre, segun requerimiento	5,0m
	3	Espiga para cruceta, para aislador tipo pin, clase ansi 56-3	2
	2	Aislador de porcelana tipo pin, clase ansi 56-3	2
	1	Poste de concreto, segun requerimiento	-

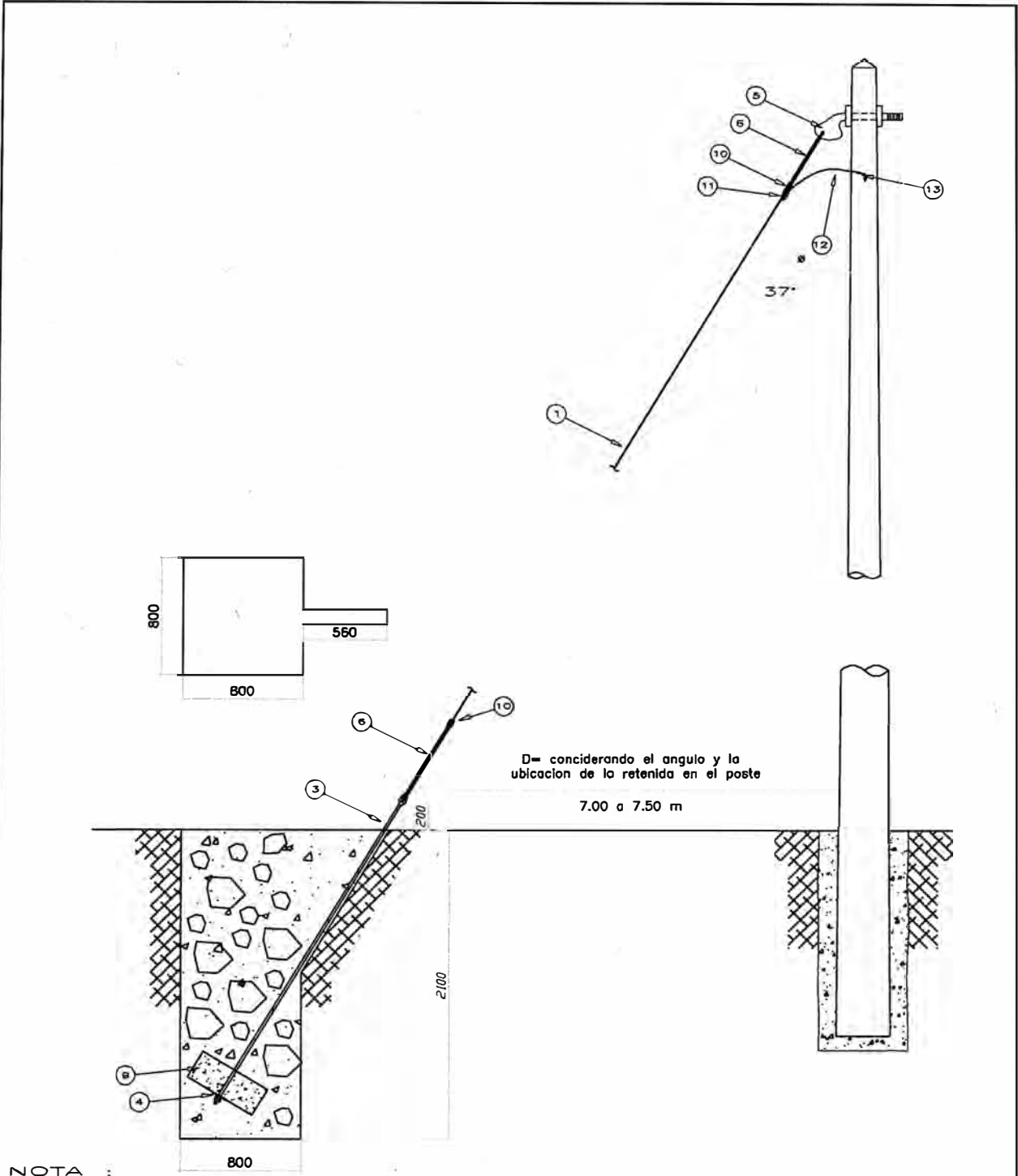
CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT.
DELUO:		SOPORTE DE ANGULO VERTICAL 10°-30°, MRT RED PRIMARIA, SIN NEUTRO TIPO PA1VE-1m	LAMINA N°: 007
REVISO:	L.R.B.		
APROBO:	L.R.B.		
FECHA:	SET./2011		



CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT.
	17	GRAPA EN "U" DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE, 44.5x9.5mm, 3.7 mmØ	1
	16	CABLE NYY UNIPOLAR EN CONFORMACION PARALELA SECCION. SEGUN REQUERIMIENTO	5m
	15	TABLERO DE DISTRIBUCION MONOFASICO	1
	14	CONECTOR DE COBRE TIPO PERNO PARTIDO PARA CONDUCTOR DE 16 mm ²	4
	13	ARANDELA CUADRADA PLANA DE A° G° 57 x 57 x 5mm, 18mmØ AGUJERO	1
	12	PERNO MAQUINADO DE A° G° 16mmØ x 356mm LONGITUD, 152mm MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1
	11	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO DE 16 mm ² PARA PUESTA A TIERRA	2.5m
	10	BRAZO SOPORTE (RIOSTRA) DE PERFIL ANGULAR DE A° G°. DE 38 x 38 x 6mm. SECCION, 0.71m LONGITUD	1
	9	PERNO DE A° G° 13mmØ x 254mm PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	1
	8	PERNO CABEZA COCHE DE A° G° 13mm x 152mm LONGITUD, 76mm MAQUINADO, CON ARANDELA, TUERCA Y CONTRATUERCA	1
	7	CRUCETA DE MADERA TRATADA DE 90 x 115mm SECCION, 1.20m LONGITUD	1
	6	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO EXPULSION (CUT-OUT), 27/38kV, 100A	1
	5	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A° G°, 57 x 57 x 5mm, 18mmØ AGUJERO	1
	4	FUSIBLE DE EXPULSION, SEGUN REQUERIMIENTO	1
	3	PARARRAYOS TIPO AUTOVALVULA DE OXIDO METALICO, 21 kV, 10kA	1
	2	TRANSFORMADOR MONOFASICO FASE - NEUTRO INC. ABRAZADERA DE SUJECION A POSTE	1
	1	FLEJE DE ACERO CON HEBILLA	3
			SMM-1P
DESLD:			LAMINA N°:
REVISO:	L.R.B.	S.E. MONOFASICA MONOPOSTE EN FIN DE LINEA CON PARARRAYOS TIPO SMM-1P	008
APROBO:	L.R.B.		
FECHA:	SET./2011	ESC:	S/E.



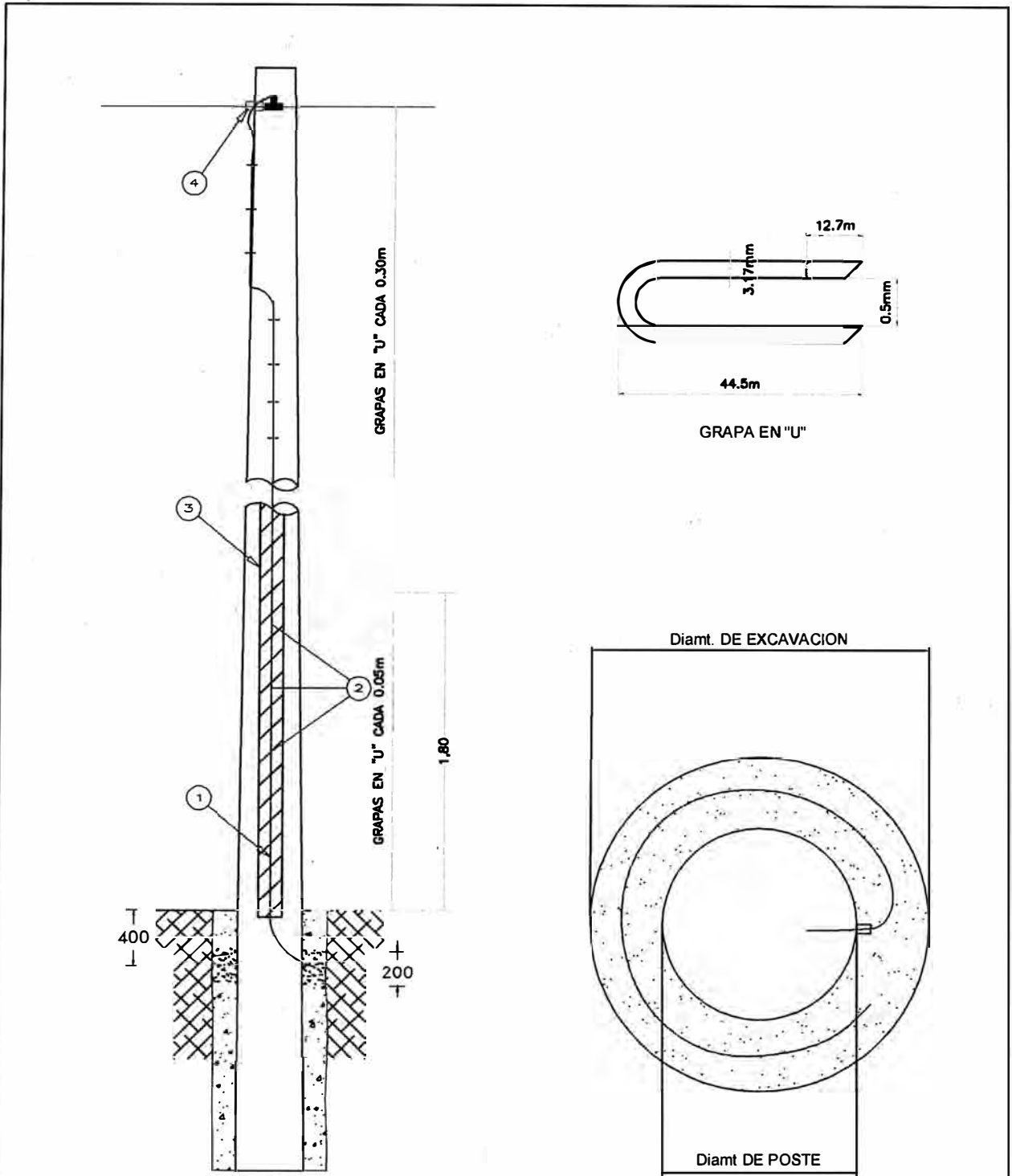
		SMM-2P	
CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANT.
	18	GRAPA EN "U" DE ACERO RECUBIERTO DE COBRE, 44.5x9.5mm, 3.7 mmØ	2
	17	TABLERO DE DISTRIBUCION MONOFASICO	1
	16	CABLE NYU UNIPOLAR EN CONFORMACION PARALELA SECCION, SEGUN REQUERIMIENTO	5m
	15	GRAPA DOBLE VIA DE ALUMINIO PARA CONDUCTOR DE 25 mm ²	1
	14	CONECTOR DE COBRE TIPO PERNO PARTIDO PARA CONDUCTOR DE 16 mm ²	4
	13	ARANDELA CUADRADA PLANA DE A° G°, 57 x 57 x 5mm, 18mmØ AGUJERO	1
	12	PERNO MAQUINADO DE A° G° 16mmØ x 356mm LONGITUD, 152mm MAQUINADO, CON TUERCA Y CONTRATUERCA	1
	11	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO DE 16 mm ² PARA PUESTA A TIERRA	2m
	10	BRAZO SOPORTE (RIOSTRA) DE PERFIL ANGULAR DE A° G°, DE 38 x 38 x 6mm. SECCION, 0.71m LONGITUD	1
	9	PERNO DE A° G° 13mmØ x 254mm PROVISTO DE TUERCA Y CONTRATUERCA	1
	8	PERNO-COCHETE DE A° G° 13mm x 152mm LONGITUD, 76mm MAQUINADO, CON ARANDELA, TUERCA Y CONTRATUERCA	1
	7	CRUCETA DE MADERA TRATADA DE 90 x 115mm SECCION, 1.20m LONGITUD	1
	6	SECCIONADOR FUSIBLE TIPO EXPULSION (CUT - OUT), 27/38kV, 100A	1
	5	ARANDELA CUADRADA CURVA DE A° G°, 57 x 57 x 5mm, 18mmØ AGUJERO	1
	4	FUSIBLE DE EXPULSION, SEGUN REQUERIMIENTO	1
	3	PARARRAYOS TIPO AUTOVALVULA DE OXIDO METALICO, 21 kV, 10kA	1
	2	TRANSFORMADOR MONOFASICO FASE - NEUTRO INC. ABRAZADERA DE SUJECION A POSTE	1
	1	FLEJE DE ACERO CON HEBILLA	3
DIBUJÓ:		S.E. MONOFASICA MONOPOSTE EN ALINEAMIENTO CON PARARRAYOS TIPO SMM-2P	LAMINA N°:
REVISÓ:	L.R.B.		009
APROBÓ:	L.R.B.		
FECHA:	SET./2011		



NOTA :
- Las dimensiones en mm

CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
	13	CONECTOR TIPO PERNO PARTIDO (SPLIT BOLT) PARA CONDUCTOR DE 16mm ²	01
	12	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO DE 16mm ² , PARA PUESTA A TIERRA	0.5m
	11	CONECTOR DOBLE VÍA BIMETALICO PARA CABLE DE ACERO DE 10mm ϕ Y COBRE DE 16mm ²	01
	10	ALAMBRE GALVANIZADO No. 12, PARA ENTORCHE	4.0m
	9	BLOQUE DE CONCRETO ARMADO DE 0.40 x 0.40 x 0.15m	01
	6	MORDAZA PREFORMADA DE A'G' PARA CABLE DE 10 mm	02
	5		01
	4	ARANDELA OE ANCLAJE CUADRADA PLANA 102mm x 102mm x 6.35mm, AGUJERO 18mm ϕ	01
	3	VARILLA DE ANCLAJE A'G' DE 16mm ϕ x2400mm LONG. CON OJAL-GUARDACABO UN EXTREMO, TCA Y CTCA EN OTRO	01
	1	CABLE DE A'G' SIEMENS MARTIN 10mm ϕ , 7 HILOS	12m
CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD

DIBUJO: REVISO: L.R.B. APROBADO: L.R.B. FECHA: SET./2011 ESC: S/E.	RETENIDA INCLINADA SIMPLE ARMADO TIPO RI	LAMINA N°: 010
--	---	-------------------

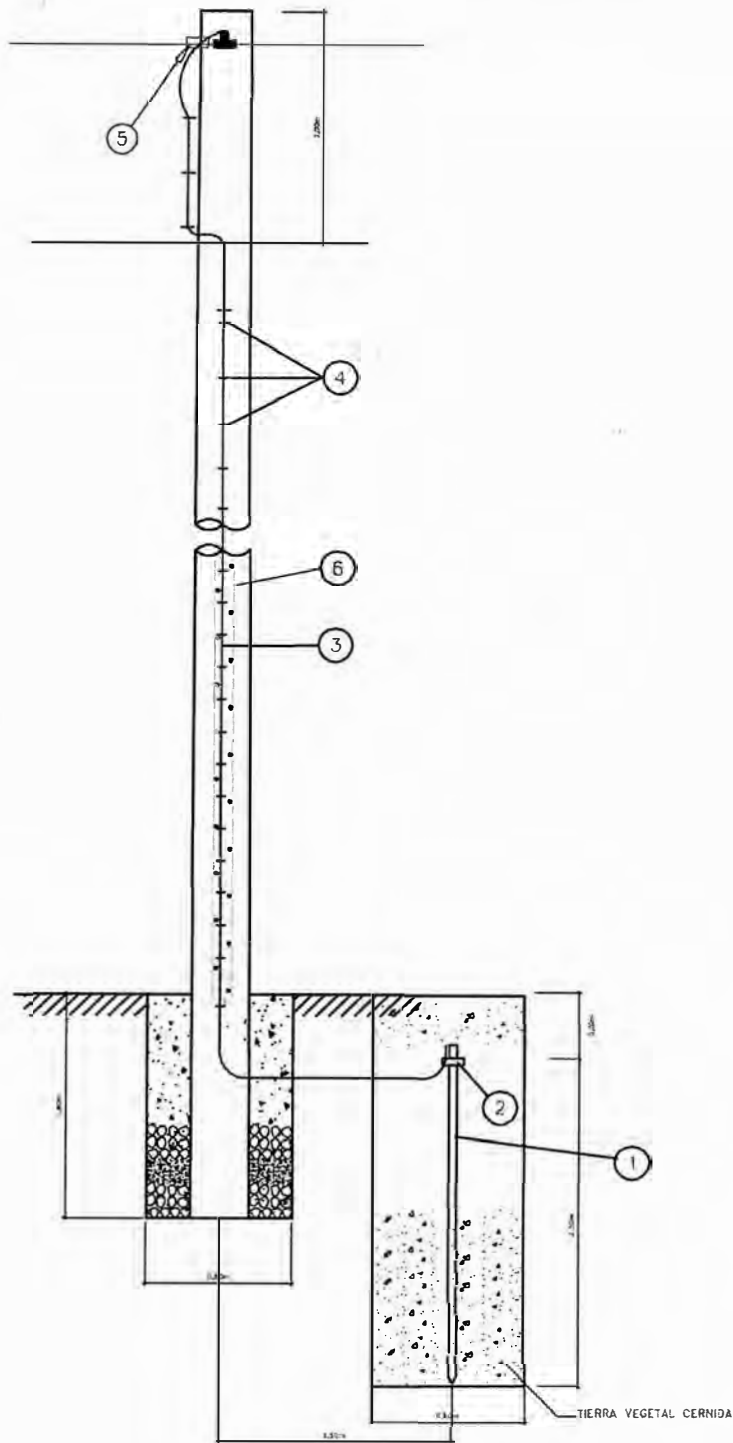


NOTA :

- Considerar a la profundidad indicada la cimentacion con tierra cernida compactada
- Las dimensiones en mm

CODIGO	ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
	4	CONECTOR BIMETALICO PARA CABLE DE ACERO DE 10mm2 Y CABLE 16mm2	1
	3	LISTON DE MADERA TRATADA DE 50x19mm SECCION 2.7mm LONG. (INCLUYE CLAVOS DE FIJACION)	1
	2	GRAPA EN "U" DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE 44.5x0.5mm, 3.7mmØ	70
	1	CONDUCTOR DE COBRE RECOCIDO CABLEADO, DE 16mm2 PARA BAJADA A TIERRA	11m

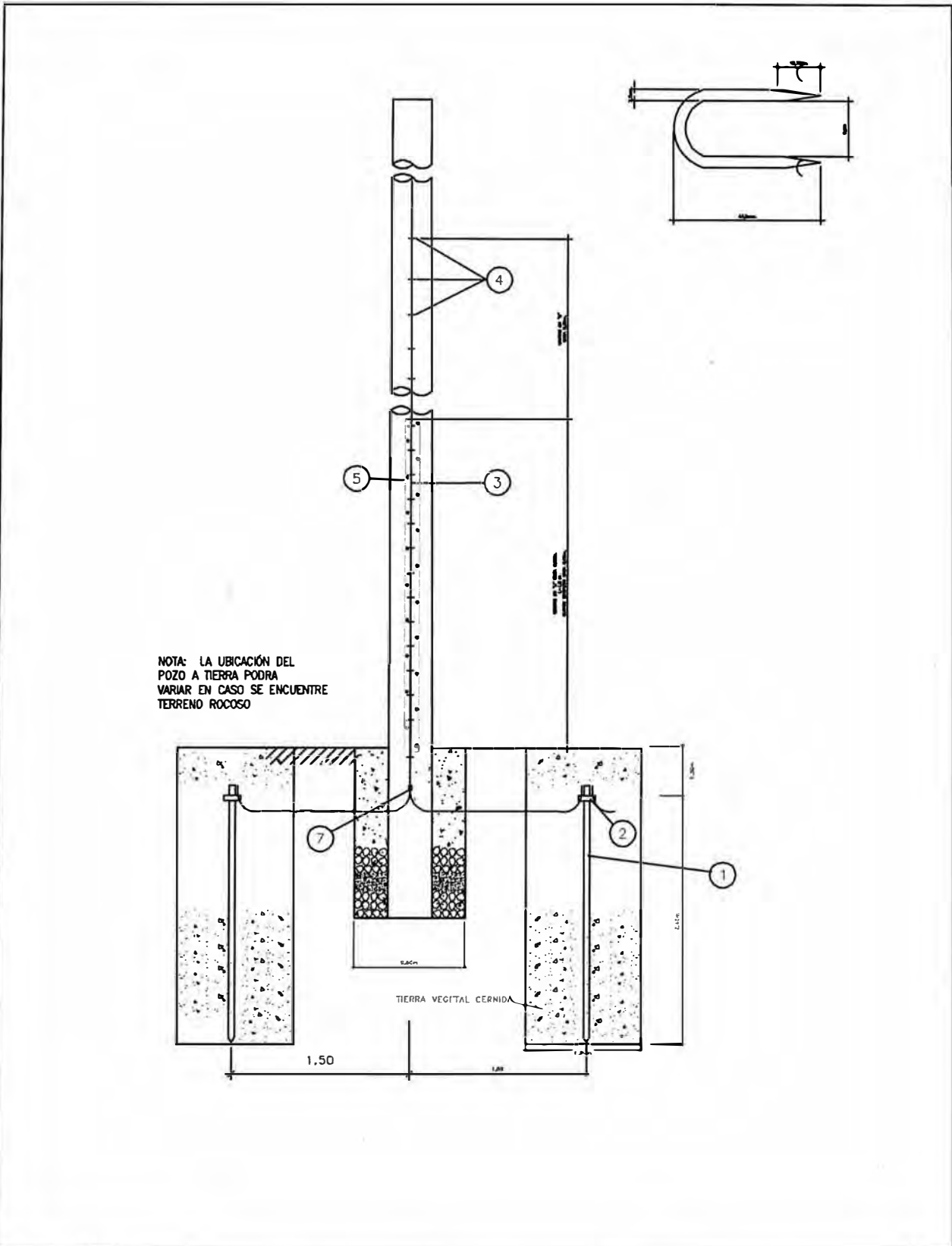
DIBUJO: REVISO: L.R.B. APROBADO: L.R.B. FECHA: SET./2011 ESC: S/E.		DETALLE DE PUESTA A TIERRA ARMADO TIPO PAT-0 LINEA PRIMARIA	LAMINA N°: 011
--	--	---	-------------------



NOTA: EN LA SS.EE. SE INSTALARA TRES P.T. (PAT-3)

6	LISTON DE MADERA TRATADA DE 50x19 mm SECCION 2,7m LONG. (INCLUYE CLAVOS DE FIJACION)	01
5	CONECTOR BIMETALICO, PARA Al. 25 mm ² / Cu 16 mm ² , NEUTRO DESNUDO, TIPO CUÑA	01
4	GRAPA EN "U" DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE, 44,5x9,5mm, 3,7mm ϕ	70
3	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO DE 16mm ² , 7 HILOS	12m
2	CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE 16mm ϕ Y CONDUCTOR DE 16mm ²	01
1	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE DE 16mm ϕ x2400mm DE LONGITUD	01

CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
DIBUJO:		DETALLES DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-1 LINEAS Y REDES PRIMARIAS	LAMINA N: 012
REVISO:	L.R.B.		
APROBO:	L.R.B.		
FECHA:	SET./2011		



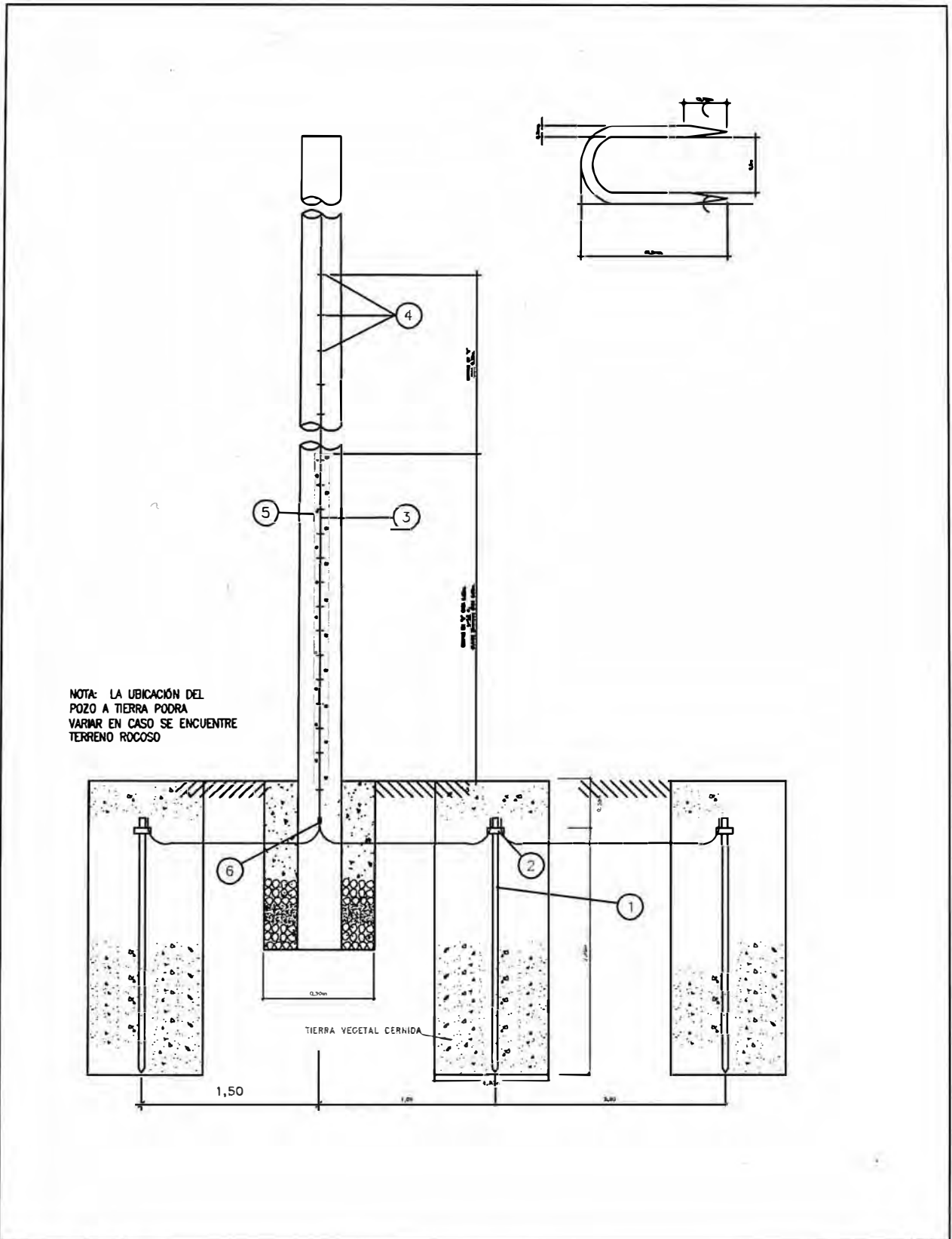
NOTA: LA UBICACIÓN DEL POZO A TIERRA PODRA VARIAR EN CASO SE ENCUENTRE TERRENO ROCOSO

	6	CONECTOR DE COBRE TIPO PERNO PARTIDO PARA CONDUCTOR DE 16mm ² .	01
	5	LISTON DE MADERA TRATADA DE 50x19 mm SECCION 2,7m LONG.(INCLUYE CLAVO DE FIJACION)	01
	4	GRAPA EN "U" DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE, 44,5x9,5mm, 3,7mm ϕ	70
	3	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO DE 16mm ² , 7 HILOS	20m
	2	CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE 16mm ϕ Y CONDUCTOR DE 16mm ²	02
	1	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE DE 16mm ϕ x2400mm DE LONGITUD	02
CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.

DIBUJO:	
REVISO:	L.R.B.
APROBO:	L.R.B.
FECHA:	SET./2011
ESC:	S/E.

DETALLES DE PUESTA A TIERRA
TIPO PAT-2
LINEAS Y REDES PRIMARIAS

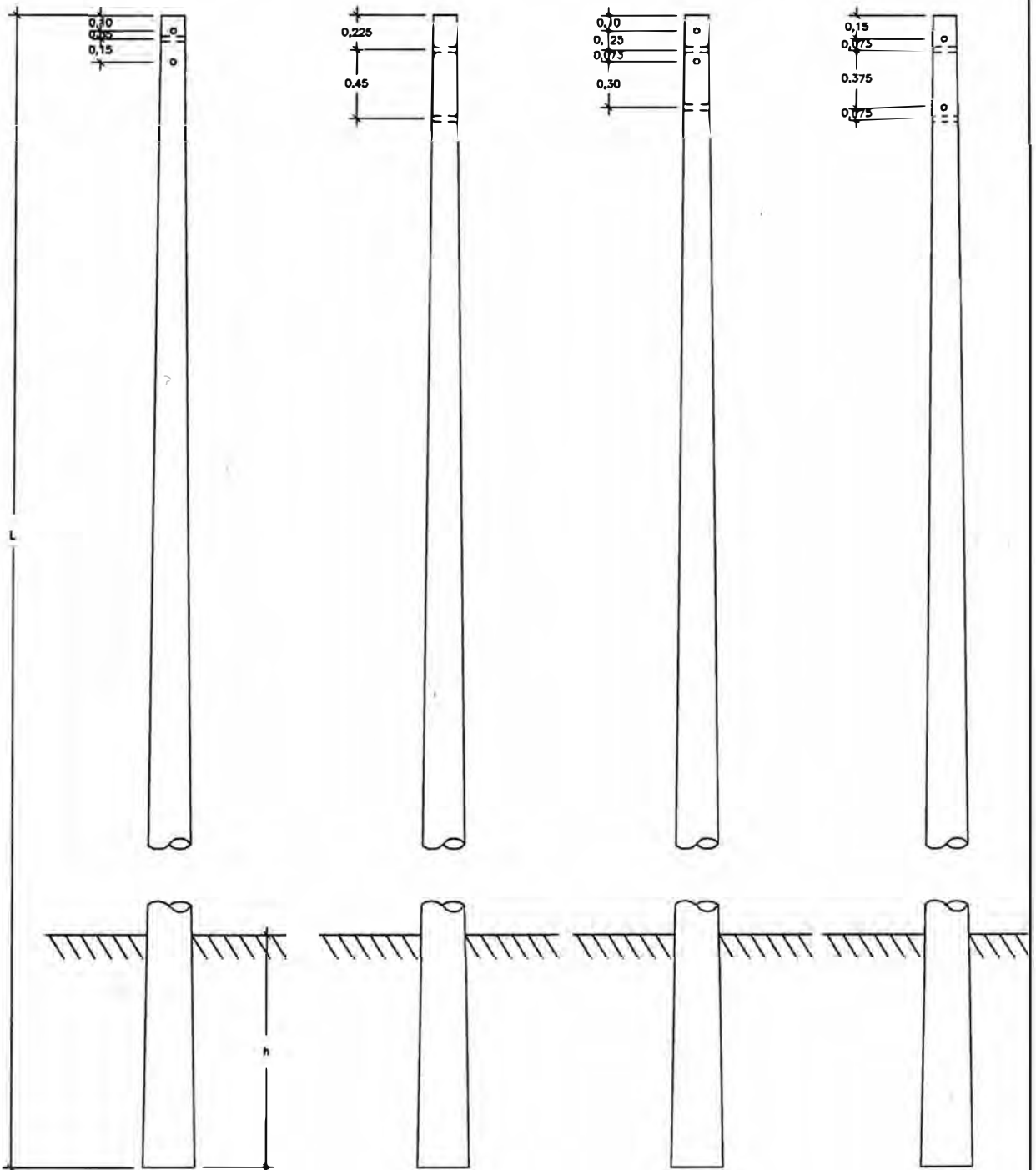
LAMINA N°:
013



NOTA: LA UBICACIÓN DEL POZO A TIERRA PODRÁ VARIAR EN CASO SE ENCUENTRE TERRENO ROCOSO

	6	CONECTOR DE COBRE TIPO PERNO PARTIDO PARA CONDUCTOR DE 16mm ² .	01
	5	LISTON DE MADERA TRATADA DE 50x19 mm SECCION 2,7m LONG.(INCLUYE CLAVO DE FIJACION)	01
	4	GRAPA EN "U" DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE, 44,5x9,5mm, 3,7mm ϕ	70
	3	CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DE COBRE RECOCIDO, CABLEADO DE 16mm ² , 7 HILOS	20m
	2	CONECTOR DE BRONCE PARA ELECTRODO DE 16mm ϕ Y CONDUCTOR DE 16mm ²	03
	1	ELECTRODO DE ACERO RECUBIERTO CON COBRE DE 16mm ϕ x2400mm DE LONGITUD	03
CODIGO	ITEM REA	DESCRIPCION	CANT.
DIBUJO:		DETALLES DE PUESTA A TIERRA TIPO PAT-3 LINEAS Y REDES PRIMARIAS	LAMINA N°: 014
REVISO:	L.R.B.		
APROBO:	L.R.B.		
FECHA:	SET./2011		

POSTE DE MADERA 11m
LÍNEA Y RED PRIMARIA 1Ø MRT



ARMADOS:
PS1-0, PA1-0

ARMADOS:
PA2-0, PTV-0

ARMADO:
PR3-0

ARMADO:
PA3-0

NOTA :
- Todos los agujeros son de $\phi 18\text{mm}$
- Las dimensiones se expresaran en METROS

DIBUJO:	
REVISO:	L.R.B.
APROBO:	L.R.B.
FECHA:	SET./2011
ESC:	S/E.

SUBSISTEMA DE DISTRIBUCION PRIMARIA 13,2KV
DETALLE DE AGUJEROS PARA
POSTES DE MADERA 11 y 12 CLASE 6

LAMINA N°:
015

ANEXO C
METRADOS Y PRESUPUESTO

ANEXO C.1

Metrado y Presupuesto de equipos y materiales de un sistema MRT en 13.2kV.

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO TOTAL	COSTO UNITARIO \$.	COSTO TOTAL \$.
A.- SUMINISTRO DE MATERIALES Y EQUIPOS					
1.00	<u>POSTES Y CRUCETAS DE MADERA</u>				
1.01	Cruceta de madera de 90 mm x 115 mm x 1,20 m	u	1	60.00	60.00
1.05	Liston de Madera Tratada de 50 x 19 mm. Long. 2.7 m (Incl. Clavos de Fijación)	u	17	16.89	287.13
1.06	Poste de Madera Tratada de 11 m/6C	u	17	740.00	12,580.00
1.07	Poste de Madera Tratada de 11 m/5C	u		712.10	
	SUB-TOTAL - 1				12,927.13
3.00	<u>AISLADORES Y ACCESORIOS</u>				
3.01	Aislador de Porcelana Tipo Pin, Clase ANSI 56-3	u	18	64.50	1,161.00
3.02	Espiga de A°G° de 609 mm long. Para cabeza de poste y Aislador ANSI 56-3	u	18	33.20	597.60
3.03	Espiga de A°G° para Cruceta y Aislador 56-3, de 381 mm long. y Accesorios	u		27.00	
	SUB-TOTAL - 3				1,758.60
4.00	<u>AISLADORES DE SUSPENSIÓN Y ACCESORIOS</u>				
4.01	Aislador polimerico tipo suspension con horquilla (estructura) y lengüeta (Linea) 25kV	u	10	112.50	1,125.00
	SUB-TOTAL - 4				1,125.00
5.00	<u>CONDUCTOR DE ALEACIÓN DE ALUMINIO</u>				
5.01	Conductor de Aleacion de Aluminio de 35 mm²	km	2.640	1,968.00	5,195.52
5.02	Conductor de Aleacion de Aluminio de 70 mm²	km		3,023.00	
	SUB-TOTAL - 5				5,195.52
6.00	<u>ACCESORIOS PARA CONDUCTOR DE ALEACION ALUMINIO</u>				
6.01	Varilla de Armar preformada Simple para Conductor de 35 mm²	u	9	10.56	95.04
6.02	Varilla de Armar preformada Doble para Conductor de 35 mm²	u	2	9.78	19.56
6.07	Alambre de Amarre Aluminio Recocido de 16 mm²	m	47.50	1.89	89.78
6.10	Grapa de Anclaje para Conductor de 35 mm²	u	9	27.60	248.40
6.12	Cinta Plana de Armar de Aluminio	m	7.20	0.78	5.62
	SUB-TOTAL - 6				458.40
7.00	<u>CONDUCTOR DE COBRE</u>				
7.01	Conductor de Cobre Recocido, Cableado, de 16 mm², para Puesta a Tierra	m	199.00	5.10	1,014.90
	SUB-TOTAL - 7				1,014.90
8.00	<u>MATERIAL DE FERRETERIA PARA POSTES Y CRUCETAS</u>				
8.03	Perno de A°G° de 16 mm Ø x 254 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	28	9.76	273.28
8.05	Perno de A°G° de 16 mm Ø x 356 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	1	9.76	9.76
8.07	Perno de A°G° de 16 mm Ø x 508 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	4	14.50	58.00
8.10	Perno Ojo de A°G° de 16 mm Ø x 254 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	5	9.00	45.00
8.11	Tuerca-Ojo para Perno de 16 mm Ø	u	4	8.70	34.80
8.12	Soporte Separador de Vertice de Poste de A°G° Fabricado con Platina de 70 x 6 mm	u	4	17.70	70.80
8.13	Tubo Espaciador de A°G° de 19 mm Ø x 38 mm longitud	u	4	1.50	6.00
8.16	Arandela Cuadrada Plana de A° G°, 57 x 57 x 5 mm, Agujero de 18 mm Ø	u	5	3.00	15.00
8.17	Arandela Cuadrada curva de A° G°, 57 x 57 x 5 mm, Agujero de 18 mm Ø	u	38	3.00	114.00
8.20	Grapa en "U" de Acero Recubierto de Cobre	u	765	0.67	512.55
	SUB-TOTAL - 8				1,139.19
9.00	<u>RETENIDAS Y ANCLAJES</u>				
9.01	Cable de Acero Grado Siemens Martin, de 10 mm Ø	m	112.00	5.60	627.20
9.02	Perno Angular con Ojal-Guarda Cabo de A°G°, 16 mm Ø x 254 mm, provisto de Tuerca y	u	10	10.60	106.00
9.03	Varilla de Anclaje de A° G° de 16 mm Ø x 2,40 M, provisto de Ojal Guardacabo en Un Ex	u	10	54.00	540.00
9.04	Mordaza preformada de A° G° para Cable de 10 mm Ø	u	20	14.20	284.00
9.05	Alambre de Acero N° 12; para Entorchado	m	15.00	0.90	13.50
9.06	Arandela de Anclaje, de A° G°, 102 x 102 x 6,35 mm, Agujero de 18 mmØ	u	10	7.10	71.00
9.07	Bloque de Concreto de 0,40 x 0,40 x 0,15 m	u	10	38.00	380.00
9.08	Abrazadera para Retenida Ø 150 mm x 100 mm x 5 mm	u		20.00	
	SUB-TOTAL - 9				2,021.70
10.00	<u>MATERIAL PARA PUESTA A TIERRA</u>				
10.01	Electrodo de Acero Recubierto de Cobre de 16 mm Ø x 2,40 m	u	6	41.00	246.00
10.02	Conector AB para Electrodo de 16 mm Ø	u	6	9.60	57.60
10.03	Caja Registro de Concreto para Puesta a Tierra 0,50x0,50x0,45 m	u	6	46.00	276.00
10.04	Plancha Doblada de Cobre para Toma a Tierra de Espigas y/ o Pernos	u	22	8.10	178.20
10.05	Conector de Cobre Tipo Perno Partido para Conductor 16 mm²	u	9	4.50	40.50
10.06	Conector Doble Via Bimetálico para Cable de Acero de 10mm² y Cobre de 16 mm²	u		16.00	
	SUB-TOTAL - 10				798.30
11.00	<u>EQUIPO DE PROTECCION Y MANIOBRA</u>				
11.01	Transformador monofasico 10kVA fase-neutro inc. Abrazadera de sujecion de poste	u	1	9,450.00	9,450.00
11.02	Tablero de distribucion monofasico	u	1	2,989.00	2,989.00
11.03	Seccionador Fusible Unipolar Tipo Expulsion (Cut-Out) de 27/38 kV, 100A, 150kV-BIL.	u	1	240.00	240.00
11.04	Fusible Tipo Expulsion de 03 A, Tipo K	u	1	6.10	6.10
11.06	Pararrayos de Oxido Metalico, 21 kV, 10 KA Clase 1	u	1	325.00	325.00
	SUB-TOTAL - 11				13,010.10
	TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES Y EQUIPOS				39,448.84

ANEXO C.2

Metrado y Presupuesto de equipos y materiales de un sistema Trifásico en 22.9kV.

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO TOTAL	COSTO UNITARIO SJ.	COSTO TOTAL SJ.
A.- SUMINISTRO DE MATERIALES Y EQUIPOS					
1.00	<u>POSTES Y CRUCETAS DE MADERA</u>				
1.01	Cruceta de madera de 90 mm x 115 mm x 1,20 m	u	1	60.00	60.00
1.05	Liston de Madera Tratada de 50 x 19 mm, Long. 2,7 m (Incl. Clavos de Fijación)	u	17	16.89	287.13
1.06	Poste de Madera Tratada de 11 m/6C	u	17	740.00	12,580.00
1.07	Poste de Madera Tratada de 11 m/5C	u		712.10	
	SUB-TOTAL - 1				12,927.13
3.00	<u>AISLADORES Y ACCESORIOS</u>				
3.01	Aislador de Porcelana Tipo Pin, Clase ANSI 56-3	u	18	64.50	1,161.00
3.02	Espiga de A°G° de 609 mm long. Para cabeza de poste y Aislador ANSI 56-3	u	18	33.20	597.60
3.03	Espiga de A°G° para Cruceta y Aislador 56-3, de 381 mm long y Accesorios	u		27.00	
	SUB-TOTAL - 3				1,758.60
4.00	<u>AISLADORES DE SUSPENSIÓN Y ACCESORIOS</u>				
4.01	Aislador polimenco tipo suspension con horquilla (estructura) y lengüeta (Linea) 25kV	u	30	112.50	3,375.00
	SUB-TOTAL - 4				3,375.00
5.00	<u>CONDUCTOR DE ALEACION DE ALUMINIO</u>				
5.01	Conductor de Aleacion de Aluminio de 35 mm²	km	7.910	1,968.00	15,566.88
5.02	Conductor de Aleacion de Aluminio de 70 mm²	km		3,023.00	
	SUB-TOTAL - 5				15,566.88
6.00	<u>ACCESORIOS PARA CONDUCTOR DE ALEACION ALUMINIO</u>				
6.01	Varilla de Armar preformada Simple para Conductor de 35 mm²	u	27	10.56	285.12
6.02	Varilla de Armar preformada Doble para Conductor de 35 mm²	u	6	9.78	58.68
6.07	Alambre de Amarre Aluminio Recocido de 16 mm²	m	142.50	1.89	269.33
6.10	Grapa de Anclaje para Conductor de 35 mm²	u	27	27.60	745.20
6.12	Cinta Plana de Armar de Aluminio	m	8.80	0.78	6.86
	SUB-TOTAL - 6				1,365.19
7.00	<u>CONDUCTOR DE COBRE</u>				
7.01	Conductor de Cobre Recocido, Cableado, de 16 mm², para Puesta a Tierra	m	233.00	5.10	1,188.30
	SUB-TOTAL - 7				1,188.30
8.00	<u>MATERIAL DE FERRETERIA PARA POSTES Y CRUCETAS</u>				
8.03	Perno de A°G° de 16 mm Ø x 254 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	84	9.76	819.84
8.05	Perno de A°G° de 16 mm Ø x 356 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	3	9.76	29.28
8.07	Perno de A°G° de 16 mm Ø x 508 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	12	14.50	174.00
8.10	Perno Ojo de A°G° de 16 mm Ø x 254 mm, provisto de Tuerca y Contratuerca	u	15	9.00	135.00
8.11	Tuerca-Ojo para Perno de 16 mm Ø	u	12	8.70	104.40
8.12	Soporte Separador de Vertice de Poste de A°G° Fabricado con Platina de 70 x 6 mm	u	12	17.70	212.40
8.13	Tubo Espaciador de A°G° de 19 mm Ø x 38 mm longitud	u	12	1.50	18.00
8.16	Arandela Cuadrada Plana de A° G°, 57 x 57 x 5 mm, Agujero de 18 mm Ø	u	15	3.00	45.00
8.17	Arandela Cuadrada curva de A° G°, 57 x 57 x 5 mm, Agujero de 18 mm Ø	u	114	3.00	342.00
8.20	Grapa en "U" de Acero Recubierto de Cobre	u	765	0.67	512.55
	SUB-TOTAL - 8				2,392.47
9.00	<u>RETENIDAS Y ANCLAJES</u>				
9.01	Cable de Acero Grado Siemens Martin, de 10 mm Ø	m	112.00	5.60	627.20
9.02	Perno Angular con Ojal-Guarda Cabo de A°G°, 16 mm Ø x 254 mm, provisto de Tuerca y	u	10	10.60	106.00
9.03	Varilla de Anclaje de A° G° de 16 mm Ø x 2.40 M, provisto de Ojal Guardacabo en Un Ex	u	10	54.00	540.00
9.04	Mordaza preformada de A° G° para Cable de 10 mm Ø	u	20	14.20	284.00
9.05	Alambre de Acero N° 12, para Entorchado	m	15.00	0.90	13.50
9.06	Arandela de Anclaje, de A° G°, 102 x 102 x 6,35 mm, Agujero de 18 mmo	u	10	7.10	71.00
9.07	Bloque de Concreto de 0,40 x 0,40 x 0,15 m	u	10	38.00	380.00
9.08	Abrazadera para Retenida Ø 150 mm x 100 mm x 5 mm	u		20.00	
	SUB-TOTAL - 9				2,021.70
10.00	<u>MATERIAL PARA PUESTA A TIERRA</u>				
10.01	Electrodo de Acero Recubierto de Cobre de 16 mm Ø x 2.40 m	u	6	41.00	246.00
10.02	Conector AB para Electrodo de 16 mm Ø	u	6	9.60	57.60
10.03	Caja Registro de Concreto para Puesta a Tierra 0,50x0,50x0,45 m	u	6	46.00	276.00
10.04	Plancha Doblada de Cobre para Toma a Tierra de Espigas y/ o Pernos	u	22	8.10	178.20
10.05	Conector de Cobre Tipo Perno Partido para Conductor 16 mm²	u	9	4.50	40.50
10.06	Conector Doble Via Bimetálico para Cable de Acero de 10mm² y Cobre de 16 mm²	u		16.00	
	SUB-TOTAL - 10				798.30
11.00	<u>EQUIPO DE PROTECCION Y MANIOBRA</u>				
11.01	Transformador monofasico 10kVA fase-neutro inc. Abrazadera de sujecion de poste	u	1	9,450.00	9,450.00
11.02	Tablero de distribucion monofasico	u	1	2,989.00	2,989.00
11.03	Seccionador Fusible Unipolar Tipo Expulsion (Cut-Out) de 27/38 kV, 100A, 150kV-BIL	u	3	240.00	720.00
11.04	Fusible Tipo Expulsion de 03 A, Tipo K	u	3	6.10	18.30
11.06	Pararrayos de Oxido Metalico, 21 kV, 10 KA Clase 1	u	3	325.00	975.00
	SUB-TOTAL - 11				14,162.30
TOTAL SUMINISTRO DE MATERIALES Y EQUIPOS					55,545.87

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Norma DGE, "Especificaciones Técnicas de Soportes Normalizados para Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural", 2003.
- 2.-Norma DGE, "Bases para el Diseño de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural", 2003.
- 3.-Pablo Díaz, "Soluciones prácticas para la puesta a tierra de sistemas eléctricos de distribución", McGraw-Hill, 2001.
- 4.-Norma DGE, "Especificaciones Técnicas de Montaje de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural", 2003.
- 5.-MEM-DGE, "Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001", 2001.
- 6.-Norma DGE, "Especificaciones Técnicas de Montaje de Redes Secundarias con conductor Autoportante para Electrificación Rural", 2003.
- 7.-Norma DGE, "Especificaciones Técnicas de Soportes Normalizados para Líneas y redes Secundarias para Electrificación Rural", 2003.
- 8.-Norma DGE, "Bases para el Diseño de Líneas y Redes Secundarias con conductores Autoportantes para Electrificación Rural", 2003.
- 9.-Norma DGE, "Especificaciones Técnicas Para el Suministro de Materiales y Equipos de Líneas y Redes Primarias para Electrificación Rural", 2003.