AMPLIACIÓNDELAINFRAESTRUCTURA ELÉCTRICARURALENZONARURALDEL MUNICIPIODERIOHACHA,LAGUAJIRA

PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

NORMAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

Elaborado por:
YEINER A. VALDEBLANQUEZ DAVILA
Diseñador del Proyecto

RIOHACHA, ABRIL DE 2023

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de este capítulo normativo es dejar establecidos unos principios generales relativos a los trabajos de construcción de redes eléctricas en media y baja tensión que sirvan a los diferentes agentes que en ellos intervienen como guía para la planeación, realización y supervisión de las tareas específicas en un medio relativamente hostil como son las vías públicas y frente a riesgos potenciales como la exposición a diferentes niveles de tensión, la altura en que se trabajan algunos aspectos de la construcción de redes eléctricas y el transporte y la manipulación de herrajes, materiales y equipos pesados, punzantes y/o afilados, etc.

El presente documento de PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS - NORMAS TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN se basa en los lineamientos técnicos del operador AIRE S.A. E.S.P. y las NORMAS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS (NPC) GENERALES.

MEMORIA DE CONSTRUCCIÓN
REDES BT
AIR-E

ÍNDICE

1. OBJETO 7
2. GLOSARIO DE TÉRMINOS 8
3. DELIMITACIÓN DE ZONAS PARA EL DISEÑO DE LINEAS 11
3.1. ZONAS POR VELOCIDAD DE VIENTO 11
4. ELEMENTOS DE LAS LÍNEAS 12
4.1. CONDUCTORES 12
4.1.1. Conductores de línea 12
4.1.2. Conductores de acometida 13
4.2. POSTES Y CIMENTACIONES 15
4.2.1. Postes 15
4.2.2. Cimentaciones 16
4.3. ESTRUCTURAS 17
4.3.1. Configuraciones de las Redes de B.T. 17
4.4. MATERIAL DE CONEXIÓN A LA RED 19
4.4.1. Empalmes 20
4.4.2. Conectores de derivación por perforación 20
4.4.3. Cajas de derivación de acometidas 20
4.4.4. Materiales varios 21
4.5. RETENIDAS 21
4.5.1. Consideraciones respecto a la instalación de la retenida 26
4.6. PUESTA A TIERRA 26
4.6.1. Generalidades 26
4.6.2. Conductor a tierra 26
4.6.3. Electrodo de Puesta a Tierra 27
4.7. ALUMBRADO PÚBLICO 27
5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD 28
5.1. GENERALIDADES 28
5.2. DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS SOPORTADOS EN LA MISMA ESTRUCTURA 28
5.3. CRUZAMIENTOS 28
5.3.1. Cruce con líneas eléctricas aéreas de B.T., M.T. y de Comunicación 28
5.3.2. Cruces con diferentes lugares y situaciones 29
5.4. PASO POR ZONAS 30
5.4.1. Paso por zonas con Edificaciones 30
5.5. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS 31

5.5.1. Con líneas eléctricas de M.T 31
5.5.2. Con otras líneas de B.T. 31
5.5.3. Carreteras, caminos y calles 31
6. CALCULO ELÉCTRICO 32
6.1. CARGAS DE DISEÑO 32
6.2. CORRIENTE NOMINAL 33
6.3. CAÍDA DE TENSIÓN 34
7. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (PAT) 36
7.1. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR A TIERRA 36
7.2. SELECCIÓN DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA 36
8. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES 38
8.1. GENERALIDADES 38
8.2. HIPÓTESIS Y LÍMITES DE TENSIÓN MECÁNICA 38
8.3. PESO UNITARIO APARENTE DEL CONDUCTOR 40
8.4. VANOS IDEALES DE REGULACIÓN 42
8.5. TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO Y TABLAS DE TENDIDO 43
8.6. CURVAS DE PLANTILLADO 43
8.7. TABLAS DE REGULACIÓN 44
9. CÁLCULO MECÁNICO DE POSTES 45
9.1. GENERALIDADES 45
9.2. HIPÓTESIS NORMALES 46
9.2.1. Esfuerzos horizontales transversales 46
9.2.1.1. Por viento en postes 46
9.2.1.2. Por conductores en postes AL 46
9.2.1.3. Por conductores en postes ANG 47
9.2.1.4. Por conductores en postes FL 48
9.2.1.5. Por conductores en postes PE 48
9.2.1.6. Por conductores de la red y haz de acometidas 49
9.2.2. Esfuerzos horizontales longitudinales 50
9.3. SELECCIÓN DEL POSTE AUTOSOPORTADO 50
9.3.1. Esfuerzos últimos y factores de mayoración 50
9.3.2. Método de selección 51
10. CÁLCULO MECÁNICO DE RETENIDAS 52
10.1. RETENIDAS 52
10.1.1. Retenida Bisectora Directa a Tierra Inclinada 53
10.1.2. Conjunto a 90° Directa a Tierra Inclinada 54

10.1.3. Retenida Directa a Tierra Vertical 56
10.2. ANCLA DE LA RETENIDA 56
11. CÁLCULO DE CIMENTACIONES 57
11.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE TERRENO 57
11.2. MÉTODO DE CÁLCULO 58
11.2.1. Consideraciones generales 58
11.2.2. Consideraciones particulares para terrenos flojos 59
12. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO 60
13. NORMAS 61

14. ANEXO A. TABLAS DE APLICACIÓN

A1 DELIMITACIÓN DE ZONAS POR DEPARTAMENTO
A1.1 Planos de viento

A2 TABLAS DE CONSTANTE DE REGULACIÓN

A3 TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO
A3.1 Área Urbana
A3.2 Área Rural
A3.3 Área Urbana Tense Reducido

A4 TABLAS DE TENDIDO
A4.1 Área Urbana
A4.2 Área Rural
A4.3 Área Urbana Tense Reducido

A5 VANO MÁXIMO ADMISIBLE
A5.1 Limitado por altura de poste
A5.2 Limitado por eolovano y capacidad poste

A6 TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO PARA POSTES
A6.1 Angulo máximo para postes autosoportados
A6.1.1 Rural
A6.1.2 Urbana
A6.1.3 Urbana Tense Reducido
A6.2 Angulo máximo para postes autosoportados en configuración especial
A6.3 Angulo máximo para postes con retenida
A6.3.1 Rural
A6.3.2 Urbana
A6.4 Tablas de Utilización de Postes para Fin de Línea

A7 TABLAS DE CIMENTACIONES

A7.1 Cimentaciones Directamente Empotradas
A7.2 Cimentaciones Monobloque Cilíndricas
A7.3 Cimentaciones Monobloque Prismáticas

15. ANEXO B. FUNDAMENTOS PARA DISEÑAR

B1 CÁLCULO ELÉCTRICO DE CONDUCTORES
- B1.1 Resistencia
- B1.2 Reactancia inductiva
- B1.3 Intensidad Máxima de Cortocircuito
- B1.4 Constante regulación
- B1.5 Pérdida de potencia
- B1.6 Potencia a transportar

B2 APLICACIÓN DEL IEC 60826/03
- B2.1 Vientos máximos y reducidos por zona y área
- B2.2 Sobrecarga por viento en conductores
- B2.3 Fuerza por viento sobre postes
- B2.4 Factores de mayoración y coeficientes de seguridad

B3 ECUACIÓN DE CAMBIO DE CONDICIONES
- B3.1 Catenaria
  - B3.1.1 Curva de equilibrio de un hilo
  - B3.1.2 Cálculo de tensiones
  - B3.1.3 Cálculo de flechas
- B3.2 Ecuación cambio de condiciones
  - B3.2.1 Generalidades
  - B3.2.2 Método de resolución (Cardano-Bombelli)
  - B3.2.3 Tablas de regulación (método exacto)

B4 METODOLOGIA PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA DE PAT
- B4.1 Cálculo de la Resistencia de PAT para un electrodo de difusión vertical
- B4.2 Pautas para el mejoramiento de la resistencia de PAT

B5 TEORÍA CÁLCULO MECÁNICO DE POSTES
- B5.1 Esfuerzo vertical último postes de concreto
- B5.2 Teoría del Gravivano
- B5.3 Teoría del Eolovano

B6 TEORÍA CÁLCULO CIMENTACIONES
- B6.1 Método de Sulzberger
- B6.2 Cálculo del solado base
- B6.3 Cálculo cimentaciones en terrenos flojos
- B6.4 Características de los terrenos

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 - Velocidad de viento por zona....11
Tabla 2 – Características Constructivas de Conductores para Redes de B.T. 12
Tabla 3 - Características Generales de Conductores Trenzados 12
Tabla 4 - Intensidad de C.C. admisible (kA) para Conductores de Línea....13
Tabla 5 - Características Generales de Conductores Concéntricos....14
Tabla 6 - Intensidad de C.C. admisible (kA) para Conductores de Acometida 15
Tabla 7 - Características Generales de los Postes de Hormigón....15
Tabla 8 - Características Generales de los Cables de Acero Galvanizado 25
Tabla 9 - Características Generales de las Varillas de Anclaje 25
Tabla 10 - Características Generales de los Aisladores Tensores 25
Tabla 11 - Características Generales de la Pletina de Sujeción de Retenida....25
Tabla 12 - Características Generales de los conductores a tierra 27
Tabla 13 - Características Generales de los electrodos de PAT....27
Tabla 14 - Distancia Vertical Mínima a Líneas Eléctricas y de Comunicación....29
Tabla 15- Cruce con Diferentes lugares y situaciones 30
Tabla 16 - Paso por Diferentes Zonas 31
Tabla 17 - Cargas de diseño 32
Tabla 18 - Factores de Simultaneidad 32
Tabla 19 - Valores típicos de resistividad del terreno....36
Tabla 20 - Configuraciones PAT de acuerdo a Resistividad Aparente del Terreno 37
Tabla 21 - Hipótesis de cálculo mecánico....39
Tabla 22 - Límites de tensión mecánica....40
Tabla 23 - Fuerza unitaria de viento por conductor 41
Tabla 24 - Peso unitario aparente por conductor 42
Tabla 25 - Hipótesis y tipos de esfuerzos 45
Tabla 26 - Esfuerzo equivalente por viento sobre el poste de BT....46
Tabla 27 - Hipótesis Normales para postes de hormigón....50
Tabla 28 - Capacidad mecánica de postes....51
Tabla 29 - Rigidez del poste de concreto....52
Tabla 30 - Capacidad vertical de postes de concreto con retenidas 52
Tabla 31 - Retenida Bisectora Poste ANG y FL....53
Tabla 32 - Coeficientes A, B y C Retenida Bisectora 54
Tabla 33 - Conjunto a 90° Poste ANG....54
Tabla 34 - Coeficientes A, B y C Conjunto a 90°....55
Tabla 35 - Dimensiones anclas de concreto reforzado....56
Tabla 36 - Tipificación de terrenos y sus características 57

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1- Mapa de Vientos 11
Figura 2 - Solado base 16
Figura 3 - Retenida Bisectora 21
Figura 4 - Conjunto a 90º 23
Figura 5 - Retenida para Configuración Especial (Retenida Aérea) 23
Figura 6 - Retenida Directa a Tierra Inclinada 24
Figura 7 - Retenida Directa a Tierra Vertical 24
Figura 8 - Diagrama Caída de Tensión 34
Figura 9 - Peso unitario aparente 41
Figura 10 - Sistema cartesiano de esfuerzos 45
Figura 11 - F_{TVC} 47
Figura 12 - Dimensiones del Ancla de Concreto 56
Figura 13 - Cimentación 58

1. OBJETO

El objeto del presente documento Memoria, es establecer las características técnicas que debe cumplir la construcción de redes aéreas trenzadas de Baja Tensión (BT), en el sistema eléctrico operado por AIR-E S.A.S. E.S.P. en Colombia.

2. GLOSARIO DE TÉRMINOS

ARMADO: Conjunto de materiales cuya función es sostener los conductores en el poste, definiendo la ubicación espacial de los mismos.

ASCE: American Society of Civil Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles).

CANTON: Conjunto de vanos comprendidos entre dos postes con grapas de amarre, donde se tiende y se regula el conductor.

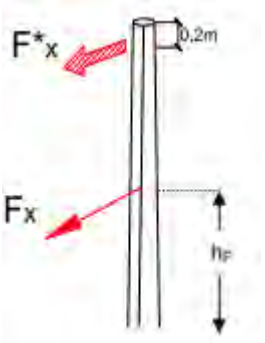
CIGRE: International Council On Large Electric Systems (Consejo Internacional de Grandes Sistemas Eléctricos).

CIMENTACIÓN: Obra civil cuya función es transmitir las cargas de los postes al suelo, distribuyéndolas de manera que no superen su presión admisible.

CURVAS DE PLANTILLADO: Curvas que muestran la geometría del conductor tendido. Se utilizan durante la etapa de distribución de postes a lo largo del perfil longitudinal de la línea, para comprobar los requerimientos de distancias eléctricas de seguridad e identificar los postes sometidos a tracción ascendente.

EOLOVANO: Distancia para determinar la carga transversal debido a la acción del viento sobre los conductores. Se calcula como la semisuma de las longitudes de los vanos anterior y posterior.

ESFUERZO EQUIVALENTE: de una fuerza Fx, aplicada a una altura h_F del poste, es aquella que crea el mismo momento flector que Fx, pero aplicada a la misma altura que el esfuerzo nominal del poste. Se calcula así:



$$F_X^* = \frac{h_F}{h_N} \cdot F_X$$

donde:

F_X^*: Esfuerzo EQUIVALENTE de la fuerza F_X (daN)
F_X: Fuerza x aplicada en el punto h_F (daN)
h_F: Altura del punto de aplicación de F_X medida desde la base del poste (m)
h_N: Altura donde está referido el esfuerzo nominal del poste (Altura libre menos 0,2 m)

GRAVIVANO: Distancia utilizada para determinar la carga vertical debido al peso propio del conductor. Se define como la distancia entre los vértices de las catenarias de dos vanos adyacentes.

HIPOTESIS DE CÁLCULO MECANICO: Conjunto de los casos climáticos más representativos a los que estaría expuesto el conductor de la línea. Corresponden a combinaciones de temperaturas y

sobrecargas durante las cuales se espera que el conductor trabaje dentro de unos límites de tensión mecánica específicos.

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

IEC/CEI: International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).

PROYECTO ESPECIFICO: Es un documento que hace parte del proyecto tipo. Establece un modelo para el diseño de una línea que regula: presentación de los cálculos eléctricos y mecánicos, presentación de planos, informe de cruzamientos y paso por zonas, presupuesto de obra, etc.

PUESTA A TIERRA: Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – Colombia. Fija los parámetros mínimos de seguridad para las instalaciones eléctricas.

SISTEMA ELECTRICO: Conjunto de medios y elementos útiles para la generación, transporte, distribución y uso final de la energía eléctrica.

TABLA DE CÁLCULO MECANICO: Tabla que indica las tensiones y flechas que presenta el conductor, para distintos valores de vano regulador, en cada una de las hipótesis de cálculo mecánico.

TABLA DE REGULACION: Tabla que indica las tensiones con las que se deberá tender el conductor en un cantón determinado, bajo las condiciones climáticas señaladas en la Tabla de Tendido. Además, indica el valor de la flecha que se espera en cada vano que conforma el cantón.

TABLA DE TENDIDO: Tabla que indica las tensiones y flechas que presenta el conductor, para distintos valores de vano regulador, en aquellas condiciones climáticas establecidas (temperaturas sin sobrecarga) para el tendido en un cantón de la línea.

TENSE NORMAL: Surge de aplicar las condiciones iniciales en la tensión del conductor, según la directriz de la Cigré.

TENSION DE SERVICIO: Valor de tensión, bajo condiciones normales, en un instante dado y en un nodo del sistema. Puede ser estimado, esperado o medido.

VANO: Distancia horizontal entre postes contiguos en una línea de distribución.

VANO REGULADOR: Vano a considerar para obtener la tensión mecánica que se debe dar al conductor en un cantón, de manera que se puedan obtener las flechas en todos los vanos individuales, para cualquier condición climática que se presente en la línea.

VIENTO DE RAFAGA: Velocidad de viento que corresponde al promedio de las velocidades observadas durante un período de 3 segundos. Se expresa en km/h.

VIENTO MÁXIMO: Viento máximo de ráfaga, con período de retorno de 36 años, a considerar para calcular la sobrecarga transversal máxima esperada en los elementos de la línea (conductores, postes, etc.).

VIENTO SOSTENIDO: Velocidad de viento que corresponde al promedio de las velocidades observadas durante un período de 10 minutos. Se expresa en m/s.

3. DELIMITACIÓN DE ZONAS PARA EL DISEÑO DE LINEAS

Para todos los Proyectos Específicos diseñados en el área de operación de AIR-E S.A.S. E.S.P., se debe definir la zona territorial donde se encuentra emplazada la red objeto del proyecto, determinada por las velocidades de viento.

3.1. ZONAS POR VELOCIDAD DE VIENTO

En Tabla 1 se presentan las velocidades de viento establecidas para el diseño de redes aéreas trenzadas de BT.

Tabla 1 - Velocidad de viento por zona

Zona de Viento	Viento Máximo (km/h)	
	Área Rural	Área Urbana
A	130	80
B	100	60
C	80	50

Nota: La justificación de los valores calculados para cada una de las zonas y áreas, se encuentra en el apartado B2.1 del Anexo B. En la Figura 1, se presenta la cobertura de cada zona en el area geográfica operada por AIR-E S.A.S. E.S.P.

Figura 1- Mapa de Vientos



En el anexo A1.1 se presentan las zonas de viento por departamento.

4. ELEMENTOS DE LAS LÍNEAS

Todos los materiales empleados para la construcción de líneas eléctricas aéreas de baja tensión, se encuentran definidos en las respectivas Especificaciones Técnicas de Materiales.

4.1. CONDUCTORES

4.1.1. Conductores de línea

Los conductores a emplear serán trenzados de aluminio. Los conductores trenzados se construirán con los conductores de fase de aluminio (AAC), mientras que el neutro será de aleación de aluminio (AAAC). En las tablas 2, 3 y 4 se indican las características generales de los conductores.

Tabla 2 – Características Constructivas de Conductores para Redes de B.T.

Características constructivas	
Conductor	**Descripción**
Conductores de uso en líneas y acometidas	
Tríplex #2	Trenzado; Fases: #2 AAC – Neutro: #2 AAAC
Tríplex 1/0	Trenzado; Fases: 1/0 AAC – Neutro: 1/0 AAAC
Quadruple 1/0	Trenzado; Fases: 1/0 AAC – Neutro: 1/0 AAAC
Tríplex 4/0	Trenzado; Fases: 4/0 AAC – Neutro: 4/0 AAAC
Cuádruplex 4/0	Trenzado; Fases: 4/0 AAC – Neutro: 4/0 AAAC

Tabla 3 - Características Generales de Conductores Trenzados

Conductor	Triplex #2 AWG	Triplex 1/0 AWG	Quadruple 1/0 AWG	Triplex 4/0 AWG	Cuádruplex 4/0 AWG
Sección de la fase (mm^2)	33,6	53,5	53,5	107,2	107,2
Sección del neutro (mm^2)	39,2	62,4	62,4	125	125
Composición fase (nº x ϕ en mm)	7 x 2,47	7 x 3,12	7 x 3,12	13 x 2,9 + 6 x 2,12	13 x 2,9 + 6 x 2,12
Composición neutro (nº x ϕ en mm)	7 x 2,67	7 x 3,37	7 x 3,37	7 x 4,77	7 x 4,77
Aislamiento	Polietileno reticulado				

Conductor	Triplex #2 AWG	Triplex 1/0 AWG	Quadruple 1/0 AWG	Triplex 4/0 AWG	Cuádruplex 4/0 AWG
Diámetro aproximado del haz (mm)	21	27	33	35	40
Peso del haz (daN/m)	≤ 0,351	≤ 0,631	≤ 0,870	≤ 1,189	≤ 1,570
Carga de rotura por conductor (daN) **(1)**	1 240	1 890	1 890	3 780	3 780
Resistencia eléctrica en C.C. a 20 ºC (Ω/km) Conductor de Fase	≤ 0,86	≤ 0,54	≤ 0,54	≤ 0,27	≤ 0,27
Resistencia eléctrica en C.C. a 60ºC (Ω/km) Conductor de Fase	≤ 0,99	≤ 0,63	≤ 0,63	≤ 0,31	≤ 0,31
Intensidad máxima admisible (A) **(2)**	150	205	180	300	275

(1) Cuando se cita la carga de rotura por conductor se refiere a la del neutro de AAAC.
(2) Valores calculados en las siguientes condiciones: T. Ambiente: 25ºC, T. Conductor: 75 ºC, velocidad del viento: 0,6 m/s y sin radiación solar.

Tabla 4 - Intensidad de C.C. admisible (kA) para Conductores de Línea

Duración del cortocircuito (s)	CONDUCTOR		
	AAC #2 AWG	AAC 1/0 AWG	AAC 4/0 AWG
0,1	9,88	15,73	31,53
0,15	8,07	12,85	25,74
0,2	6,99	11,13	22,29
0,5	4,42	7,04	14,10
1	3,12	4,98	9,97
1,5	2,55	4,06	8,14
2	2,21	3,52	7,05

Los extremos de los conductores se protegerán mediante capuchones que impidan el ingreso de de humedad o sustancias corrosivas que puedan deteriorarlos.

4.1.2. Conductores de acometida

La acometida es la parte de la instalación comprendida entre la red de distribución general y la instalación receptora. Se entiende por unidad receptora el gabinete donde está instalado el contador de energía y el sistema de protección. Por lo tanto, forman parte de ella, los siguientes elementos:

- Elementos de conexión y anclaje a la red de distribución.
- Línea de acometida.
- Los terminales de los conductores de entrada a la instalación receptora.

El tratamiento técnico de las acometidas, sus características, su instalación y protección se presenta en la ES.03761CO de Especificaciones particualres de instalaciones de Conexión y Enlace.

Tabla 5 - Características Generales de Conductores Concéntricos

Conductores concéntricos (Al)							
Conductor	**Conc. 2 x #6**	**Conc. 3 x #6**	**Conc. 2 x #4**	**Conc. 3 x #4**	**Conc. 4 x #4**	**Conc. 3 x #2**	**Conc. 4 x #2**
Sección de la fase (mm^2)	13,30	13,30	21,20	21,20	21,20	33,60	33,60
Sección del neutro (mm^2)	12.97	13,33	21,30	21,11	21,12	33,70	33,44
Composición fase (nº alam. x Ø en mm)	7 x 1.5544	7 x 1.5544	7 x 1.9608	7 x 1.9608	7 x 1.9608	7 x 2.4739	7 x 2.4739
Aislamiento (1)	Polietileno reticulado y PVC						
Diámetro exterior aproximado (mm) (2)	11.14	11.2 x 18.2	12.7	13.8 x 21.9	22.0	15.6 x 25.3	26.0
Peso del conductor (daN/m)	≤ 0,152	≤ 0,244	≤ 0,246	≤ 0,335	≤ 0,397	≤ 0,471	≤ 0,570
Resistencia eléctrica en C.C. a 20 ºC (Ω/km)	≤ 2,16	≤ 2,16	≤ 1,36	≤ 1,36	≤ 1,36	≤ 0,85	≤ 0,85
Resistencia eléctrica en C.C. a 60 ºC (Ω/km)	≤ 2,52	≤ 2,52	≤ 1,58	≤ 1,58	≤ 1,58	≤ 1,00	≤ 1,00
Intensidad máxima admisible (A) (3)	60	60	75	75	75	100	100

Conductores concéntricos (Cu)							
Conductor	**Conc. 2 x #8**	**Conc. 3 x #8**	**Conc. 2 x #6**	**Conc. 3 x #6**	**Conc. 4 x #6**	**Conc. 3 x #4**	**Conc. 4 x #4**
Sección de la fase (mm^2)	8,37	8,37	13,30	13,30	13,30	21,20	21,20
Sección del neutro (mm^2)	8,44	8,33	12.98	13,33	13,33	21,11	21,12
Composición fase (nº alam. x Ø en mm)	7 x 1,23	7 x 1,23	7 x 1,55	7 x 1,55	7 x 1,55	7 x 1,96	7 x 1,96
Aislamiento (1)	Polietileno reticulado y PVC						
Diámetro exterior aproximado (mm) (2)	9,6	10,0 x 16,0	11,6	11,2 x 18,1	19,1	12,7 x 20,8	22,0
Peso del conductor (daN/m)	≤ 0,225	≤ 0,350	≤ 0,325	≤ 0,475	≤ 0,625	≤ 0,700	≤ 0,900
Resistencia eléctrica en C.C. a 20 ºC (Ω/km)	≤ 2,10	≤ 2,10	≤ 1,32	≤ 1,32	≤ 1,32	≤ 0.83	≤ 0.83
Resistencia eléctrica en C.C. a 60 ºC (Ω/km)	≤2,43	≤ 2,43	≤ 1,53	≤ 1,53	≤ 1,53	≤ 1.22	≤ 1.22
Intensidad máxima admisible (A) (3)	55	55	75	75	75	95	95

(1) En los conductores concéntricos solo se aislarán con polietileno reticulado (XLPE) los conductores de fase. El forro exterior es de PVC.
(2) En el caso de conductores concéntricos que no poseen una sección circular, se indican las dimensiones de los diámetros mayor y menor.
(3) Valor suministrado por el fabricante para una temperatura de 75ºC en el conductor y ambiental de 30ºC.

Tabla 6 - Intensidad de C.C. admisible (kA) para Conductores de Acometida

Duración del cortocircuito (s)	Conductor					
	Al #6 AWG	Al #4 AWG	Al #2 AWG	Cu #8 AWG	Cu #6 AWG	Cu #4 AWG
0,1	3,91	6,23	9,88	3,78	6,01	9,59
0,15	3,19	5,09	8,07	3,09	4,91	7,83
0,2	2,77	4,41	6,99	2,68	4,25	6,78
0,5	1,75	2,79	4,42	1,69	2,69	4,29
1	1,24	1,97	3,12	1,20	1,90	3,03
1,5	1,01	1,61	2,55	0,98	1,55	2,48
2	0,87	1,39	2,21	0,85	1,34	2,14

El cable concéntrico es aplicable para la alimentación de lámparas de alumbrado publico con la restricción de vanos máximos de hasta 50 metros. El esquema AP 001 muestra la forma de conexón del alumbrado public existente en proyectos propios la Compañía del tipo red de acometidas y/o con medidores en poste.

4.2. POSTES Y CIMENTACIONES

4.2.1. Postes

Los postes serán de hormigón pretensado, fibra de vidrio y metálicos, de resistencia adecuada al esfuerzo que han de soportar. En la Tabla 7 se indican las principales características de los postes de hormigón.

Tabla 7 - Características Generales de los Postes de Hormigón

Denominación	Altura (m)	Carga de Rotura (daN)	Diámetro cima (cm)	Diámetro base (cm)
PH-9/500 daN	9	500	14	27,5
PH-9/735 daN	9	735	14	27,5
PH-9/1030 daN	9	1 030	19	32,5

PH-9/1324 daN	9	1 324	21	34,5

La solución prioritaria será autosoportado.

Los postes se clasifican según su función en:

Postes de alineación (AL)
Postes de ángulo (ANG)
Postes de fin de línea (FL)
Postes de estrellamiento (PE)

4.2.2. Cimentaciones

Las cimentaciones se realizarán enterrando el poste directamente en el suelo o mediante aporte de hormigón. Estas últimas serán del tipo cilíndrica o prismática recta de sección cuadrada. Se dará preferencia a las cimentaciones tipo directa, excepto en terrenos flojos que será tipo monobloque prismática.

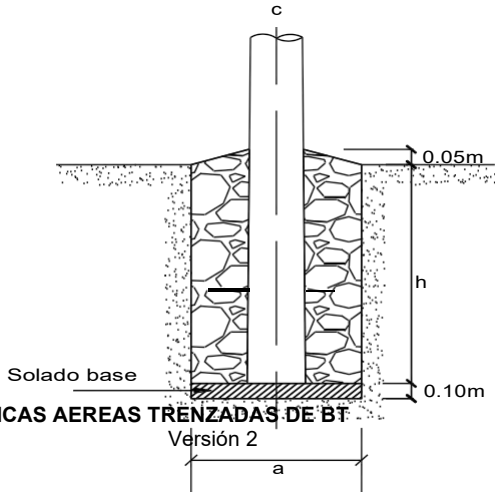
La elección de un tipo de cimentación u otro dependerá del tipo de terreno y de la maquinaria disponible.

Se empleará un hormigón cuya resistencia mecánica sea mínima de 21Mpa (3000 psi), el cemento, agua y agregados deben cumplir con las normas relevantes de acuerdo a lo estipulado en el capítulo C.3 de la norma sismo resistente NSR-10. Se prohíbe el empleo de agregados que contengan sulfuros oxidables. El cemento usado para el concreto será Portland Tipo I. La calidad del agua debe garantizarse con el cumplimiento mínimamente de: un PH ≥ 5, Sustancias Disueltas ≥ 15 g/l, sin hidratos de carbono. Se prohíbe la utilización de agua de mar.

A la peana (parte de la cimentación que sobresale por encima del nivel del suelo) se le dará una ligera pendiente, con un mínimo del 10%, como vierteaguas.

Para las cimentaciones con aporte de hormigón cilíndricas y prismáticas se fabricará un solado base en el fondo de la cimentación, de una altura de 0,10 m. Su función es eliminar las presiones diferenciales producidas sobre la base del poste, evitando su hundimiento. Se empleará un hormigón cuya resistencia mecánica sea mínima de 17,5 Mpa (2500 psi).

Figura 2 - Solado base



En las cimentaciones directamente enterradas no se permite el uso de tierra vegetal como relleno y deberá ser reemplazada por una mezcla de grava y tierra.

4.3. ESTRUCTURAS

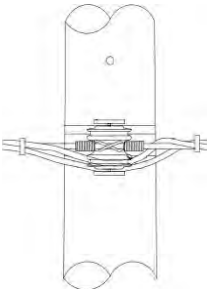
Una estructura es un conjunto de herrajes, accesorios (soportes, flejes, etc.) cuya función es transferir los esfuerzos de los conductores a los postes. Por otro lado, define la ubicación en el espacio de los conductores ó lo que llamaremos CONFIGURACIÓN de la estructura.

4.3.1. Configuraciones de las Redes de B.T.

Las distintas configuraciones posibles para redes trenzadas de B.T. son las siguientes:

a) Configuración con Aislador tipo Carrete

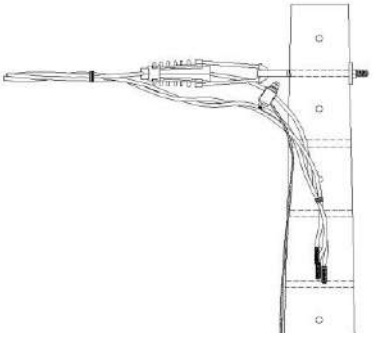
Es la configuración prioritaria. Los conductores se instalarán directamente sobre el poste El neutro fiador se sujetará al mediante el uso de una percha o soporte horquilla de un puesto con un aislador tipo carrete. El soporte horquilla será instalado sobre el poste utilizando fleje de acero inoxidable y hebilla en armados de suspensión.



poste

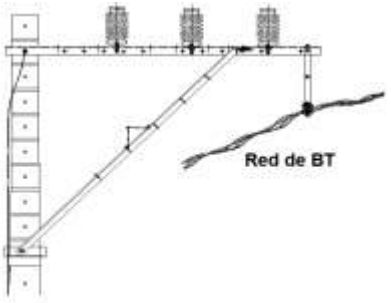
b) Configuración con Grapas y Pinzas

Igualmente, los conductores se instalarán directamente sobre el poste. Para sujetar el conductor al poste se utilizarán pinzas de amarre o grapas de suspensión de acuerdo a la función del apoyo. Se utiliza el neutro fiador para sujetar el haz de conductores.
Se utilizarán abrazaderas ó bridas de sujeción antes y después de cada grapa ó pinza con el objetivo de asegurar la unión del haz de conductores triplex ó cuádruplex.



c) Configuración Especial

Los conductores de la red de Baja Tensión se instalan en el extremo de la cruceta de MT en configuración bandera. Para soportar el conductor se utilizará un herraje en forma de U que permita aumentar la distancia vertical de separación entre la red MT y BT.



d) Configuración Red Tipo Acometidas (chilena)

La red se conforma con las acometidas agrupadas y amarradas a un mensajero en cable de acero galvanizado. La acometida de mayor longitud no sobrepasa los sesenta (60) m y todas son alimentadas por transformadores monofásicos de baja capacidad (Menor a 37.5kVA). La fijación del cable mensajero al poste se hace mediante el mismo sistema de la configuración con aislador carrete.

Atendiendo a factores constructivos se permite colocar, sobre el cable mensajero, hasta 12 conductores concéntricos bipolares, 8 conductores tripolares ó 6 conductores tetrapolares, con vanos entre postes no mayores a 40m. Así mismo, las estructuras se codificarán según la siguiente regla nemotécnica:

BT AB

A = Código de la Configuración:
1. Con aislador carrete
2. Con grapas y pinzas
3. Especial
4. Tipo acometidas (chilena)

B = Tipo de Configuración Con Aislador Carrete

Configuración	C	Descripción
1. Con Aislador Carrete	2	AL y ANG < 60°
	5	ANG 60º-90º
	6	Anclaje o doble fin de linea
2. Con Grapas y pinzas	1	FL
	2	AL y ANG < 60°
	5	ANG 60º-90º
	6	Anclaje o doble fin de línea
3. Especial	1	FL
	2	AL
	3	ANG < 10°
	6	Anclaje o doble fin de línea
4. Tipo Acometidas	1	FL
	2	AL y ANG < 60°
	5	ANG 60º-90º
	6	Anclaje o doble fin de línea

4.4. MATERIAL DE CONEXIÓN A LA RED

Se deben utilizar los siguientes elementos de conexión para el montaje y uso de la red B.T.:

4.4.1. Empalmes

Se emplearán dos tipos de material para la realización de los empalmes en las líneas de B.T. en las cuales no se prevea la posibilidad de una futura desconexión.

- Empalmes a plena tracción. Se utilizarán preferentemente para conexiones de empalme, bajo tensión mecánica del neutro fiador.

- Empalme manguito a compresión. Se utilizará para conexiones de empalme que no soporten tensiones mecánicas.

Su instalación se efectuará por compresión mediante prensas con matricería hexagonal. Este empalme será pre-aislado.

4.4.2. Conectores de derivación por perforación

Se utilizarán para la derivación de conductores de línea y acometida, permitiendo, con facilidad, el montaje y desmontaje independiente del conductor de línea y del conductor o conductores derivados.

Su diseño será tal que, una vez instalados, no presenten accesible ningún elemento metálico bajo tensión eléctrica y la conexión se realiza mediante la perforación de los aislantes del conductor principal y derivado.

4.4.3. Cajas de derivación de acometidas

Se emplearán cuando sea necesaria la conexión de tres o más conductores derivados de la línea principal.

La caja de derivación se conectará mediante cable concéntrico a la red y se derivarán las acometidas desde ella.

En redes construidas en configuración normal las cajas de derivación se instalarán a una altura mínima de 7m sobre el nivel del suelo, sujetas mediante fleje de acero inoxidable y hebillas sobre el poste.

Cuando la red sea en configuración especial, las cajas de derivación serán instaladas sobre el poste, sujetas mediante fleje de acero inoxidable y hebillas.

Las cajas serán de material plástico, y en su interior poseerán los barrajes y mecanismos de conexión especificados. El cable alimentador de la caja será concéntrico de cobre calibre 3 x #4 AWG o 4 x #4 AWG o su equivalente en aluminio.

En las cajas de derivación se instalarán las marquillas de identificación de usuarios.

4.4.4. Materiales varios

- Bridas de sujeción o correas. Estarán fabricadas en material sintético de alta resistencia a la intemperie y sin aristas vivas que puedan dañar al aislamiento de los conductores.

- Soportes de amarre y suspensión. Estarán diseñados de modo que permitan la instalación de pinzas de amarre y grapas de suspensión. En los postes se utilizarán tornillos pasantes de acero galvanizado con cabeza de ojo o algún material similar.

- Grapas de suspensión. Se usarán grapas de suspensión solo con los conductores de neutro fiador de aleación de aluminio (AAAC). La grapa sujetará al haz de conductores por el neutro. Deben permitir las oscilaciones transversales y longitudinales de los conductores. Estarán fabricadas en materiales de alta resistencia a la intemperie y deberán soportar esfuerzos de tracción.

- Pinza de amarre para el neutro fiador. Las pinzas serán de cuerpo metálico, mientras que las cuñas que estén en contacto con el conductor serán de material plástico.

4.5. RETENIDAS

Es el conjunto de elementos estructurales que tienen por objeto absorber el exceso de esfuerzos que superan la capacidad mecánica del poste y transmitirlos directamente al suelo. Se clasifican en tres categorías, según su función:

a) Bisectora (Figura 3)
b) Conjunto a 90º (Figura 4)
c) Retenida para configuración especial con red de media y baja tensión. (
d) Figura 5)

Figura 3 - Retenida Bisectora

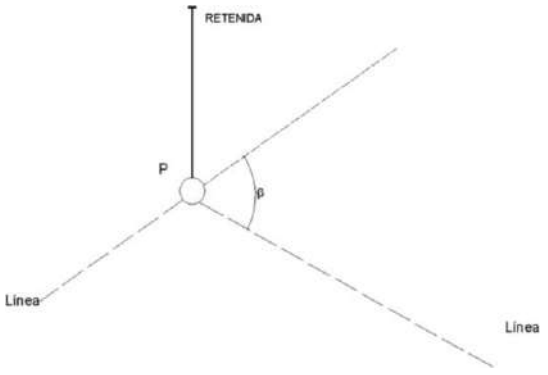


Figura 4 - Conjunto a 90º

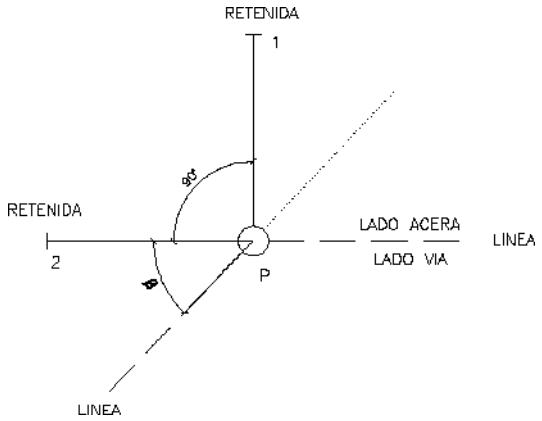
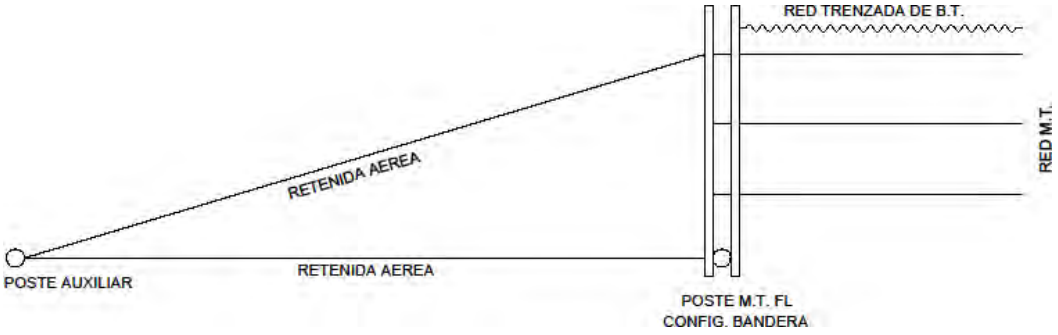


Figura 5 - Retenida para Configuración Especial (Retenida Aérea)

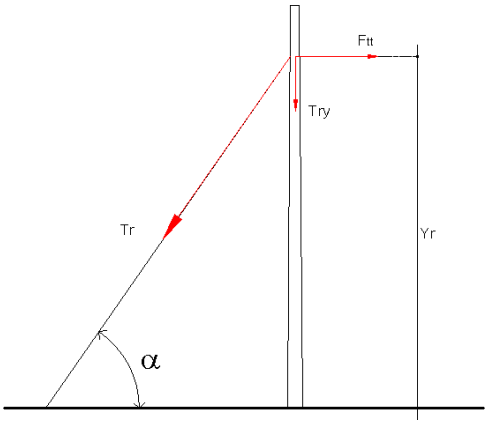


En área rural y postes tipo ANG, cuando tengan que ser retenidos, se utilizará la solución bisectora hasta 50° y el conjunto a 90° para ángulos mayores. En áreas urbanas y para cualquier ángulo se adoptará tipo 90°.

Las retenidas para configuración especial se utilizarán en terminales de red de media y baja tensión simultáneamente, apoyándose en un poste auxiliar y una retenida directa a tierra, si es posible. Atendiendo a su tipo, las retenidas se clasifican así:

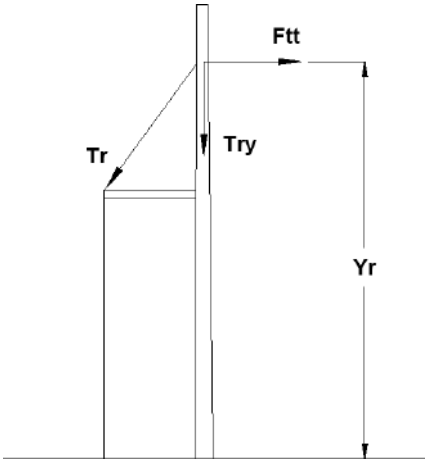
a) Retenida directa a tierra inclinada (Figura 6)

Figura 6 - Retenida Directa a Tierra Inclinada



b) Retenida directa a tierra vertical (Figura 7)

Figura 7 - Retenida Directa a Tierra Vertical



En las tablas 8, 9, 10 y 11 se indican las principales características de los cables de acero galvanizado, varillas de anclaje, aislador tensor y pletina de fijación para retenida.

Tabla 8 - Características Generales de los Cables de Acero Galvanizado

Denominación		3/8”
Sección Transversal	Total (mm²)	51,1
Composición	N^0 Alambres	7
	Diámetro nominal del alambre (mm)	3,05
Diámetro Nominal del Cable (mm)		9,52
Peso (daN/m)		0,399
Carga de Rotura (daN)		≥ 6 840
Módulo de Elasticidad (daN/mm^2)		18 130
Coeficiente de dilatación lineal (ºC^{-1})		11,5*10-6

Tabla 9 - Características Generales de las Varillas de Anclaje

Denominación	3 / 4”
Diámetro (mm)	19,05
Longitud (mm)	2 440
Carga de rotura mínima (daN)	10 000

Tabla 10 - Características Generales de los Aisladores Tensores

Denominación	Clase 54-2
Longitud (mm)	108
Carga de rotura mínima (daN)	≥ 5 300

Tabla 11 - Características Generales de la Pletina de Sujeción de Retenida

Denominación	Pletina
Espesor (mm)	17,5
Diámetro taladro (mm)	17,5
Carga de rotura mínima (daN)	8 900

4.5.1. Consideraciones respecto a la instalación de la retenida

Se utilizará la retenida vertical cuando por restricciones de espacio no sea posible instalar la inclinada a tierra y los cables deben formar un ángulo de 30° con el eje vertical del poste. Para la retenida vertical, el brazo de acero se deberá instalar a una distancia no mayor a 2,60 m con respecto al punto de fijación de la retenida, con el objetivo de garantizar este.

La varilla del ancla se entierra en línea con el cable de retenida.

Cuando otras empresas instalen otros conductores para diversos usos (telefonía, baja tensión, etc.) en los postes de AIR-E S.A.S. E.S.P., añadirán, en el caso de ser necesario, las correspondientes retenidas para soportar los nuevos esfuerzos a los que se verán sometidos los postes. Estas retenidas se sujetarán a la altura más cercana posible del punto de aplicación de la carga.

Se debe aplicar la tensión inicial (pretensionado) a los cables de retenida antes del montaje de la línea para evitar sobrepasar los esfuerzos de rotura en el poste y la capacidad de la cimentación.

4.6. PUESTA A TIERRA

4.6.1. Generalidades

Se colocará a tierra el conductor neutro de la red de baja tensión en los postes que soporten el transformador, fines de línea de la red trenzada y todas las crucetas metálicas en configuración especial.

Se garantizará un mínimo de una puesta a tierra del conductor neutro cada 200 metros de longitud de la línea, de modo tal que la resistencia total del sistema con todas las puestas a tierra conectadas sea menor o igual a 10 Ohmios. En cada dispersor la resistencia será menor o igual a 25 Ohmios.

La puesta a tierra debe instalarse a una distancia mínima de 1 m del borde del poste o de la cimentación si está hormigonado. La profundidad mínima será de 0,5 m del nivel del suelo.

El bajante de acero Austenítico, que desciende por fuera del poste, se protegerá en la zona inferior la cual es accesible a contacto accidental, mediante un tubo de protección (PVC o similar), fijado al poste con flejes de acero, uno en cada extremo del tubo y otro en su parte central. A partir de los 3m de altura sobre el suelo, hacia arriba del poste, el bajante se sujetará al poste con flejes de acero colocados aproximadamente a 1 m entre sí. En el caso de Copper Clad el bajante se instalará por dentro del poste.

4.6.2. Conductor a tierra

Es el conductor que conecta el equipo al electrodo de puesta a tierra. Los tipos son: Cable de Acero recubierto de cobre (Copper-clad Steel) Ø3/8” y Acero Inoxidable Austenitico 304. En la Tabla 12 se indican las principales características de ambos.

Tabla 12 - Características Generales de los conductores a tierra

Denominación	Copper-clad Steel	Fleje Acero Austenítico
	3/8"	22,22x1.2mm
Sección Transversal Total (mm²)	58, 56	26,66
Dimensiones (mm)	Ø = 9,8	1,2 x 22,22
Conductividad (%) *	30	2,4
Temperatura de Fusión (ºC)*	1084	1400
Constante K_F *	14,64	30,05
Intensidad de Cortocircuito Max. Admisible (kA)	20,38	4,52

*Fuente RETIE Tabla 24 Constantes de los materiales, pág. 63 anexo general resol. 181294_08

4.6.3. Electrodo de Puesta a Tierra

Se utilizarán dos tipos: electrodo de difusión vertical de acero con recubrimiento de cobre y varilla de acero inoxidable Austenítico 304. Para el primero, el conductor a tierra debe ser de copper-clad Steel y para el segundo, fleje de acero inoxidable Austenítico 304. En la Tabla 13 se indica las principales características de la varilla utilizada como electrodo de difusión vertical.

Tabla 13 - Características Generales de los electrodos de PAT

Denominación	Varilla tipo Acero recubierto de cobre	Varilla de Acero Inoxidable Austenítico 304
Diámetro (mm)	16,0	16,0
Longitud (mm)	2400	2400

4.7. ALUMBRADO PÚBLICO

Se debe disponer de un circuito independiente para la alimentación de lámparas de alumbrado público, empleando cable concéntrico y con la restricción de vanos máximos de hasta 50 metros. El esquema AP 001 muestra la forma de conexión tanto para proyectos nuevos como existentes, propios y de particulares.

5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

5.1. GENERALIDADES

En este apartado se muestran las distancias mínimas de seguridad que deben mantenerse en torno a los conductores de baja tensión para evitar riesgos a las personas e impedir daños a las instalaciones e interrupciones en el servicio y todas las distancias de seguridad aquí descritas se deben medir de superficie a superficie.

En la medición de distancias, los herrajes y accesorios que están energizados debido a su conexión eléctrica a los conductores de la línea se deben considerar como parte integral de los mismos. Las distintas distancias de seguridad a tener en cuenta en el presente Proyecto Tipo, serán las siguientes:

5.2. DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS SOPORTADOS EN LA MISMA ESTRUCTURA

Los conductores de B.T. de distintos circuitos soportados por el mismo apoyo se separarán verticalmente un mínimo de 0,4 m mientras que horizontalmente se situarán a 0,3 m.

5.3. CRUZAMIENTOS

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados a la distancia indicada en los siguientes apartados por encima de cualquier punto del terreno o superficie.

5.3.1. Cruce con líneas eléctricas aéreas de B.T., M.T. y de Comunicación

La línea de baja tensión deberá cruzar por debajo de la línea de media tensión. Cuando sea posible y práctico, el cruce de conductores se hará aprovechando una misma estructura.

Las distancias mínimas indicadas en este apartado se medirán en el punto de mayor acercamiento entre los dos conductores, considerando las posibles posiciones de los mismos y teniendo en cuenta el desplazamiento más desfavorable de la línea.

Cuando el cruce sea en diferentes estructuras se procurará que se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea de Media Tensión. Las mínimas distancias verticales que se deben respetar serán las que indica en la Tabla 14.

Las líneas de baja tensión cruzarán por encima de las de telecomunicación. Solo en casos excepcionales se permitirá que pasen por debajo, respetando siempre la distancia mínima vertical de seguridad respecto al suelo.

Ante condiciones excepcionales y previa autorización por parte de AIR-E, se podrá aplicar lo permitido por el Reglamento de Instalaciones Eléctricas en su artículo 13 Distancias de seguridad Nota 9 Pág. 50 respecto a instalar líneas de baja tensión por encima de las líneas de media tensión.

Tabla 14 - Distancia Vertical Mínima a Líneas Eléctricas y de Comunicación

Tensión Nominal (kV)	Distancia (m)
500	4,2
230/220	2,4
115/110	1,7
66	1,4
57,5	1,3
44/34,5/33	1,2
13,8/13,2/11,4/7,6	1,2
< 1	0.6
Comunicaciones	1.2

5.3.2. Cruces con diferentes lugares y situaciones

La altura mínima de los conductores sobre la rasante de la carretera o sobre las cabezas de los raíles, hilos sustentadores o superficies, será como se muestra en la Tabla 15.

En el caso de ferrocarriles, tranvías o trolebuses provistos de pértigas de hierro para transmitir la energía eléctrica del cable conductor al vehículo (trole) u otros elementos de toma de corriente que puedan separarse accidentalmente de la línea de contacto, los conductores de B.T. deben estar a una altura tal que, al desconectarse el mecanismo de toma de corriente, en la posición más desfavorable que pueda adoptar, se mantenga una distancia mínima de 1,2 m entre ambos.

En los cruzamientos con ríos y canales, navegables o flotables, la distancia mínima de los conductores a la superficie del agua se medirá, teniendo en cuenta el máximo nivel que ésta pueda alcanzar.

Tabla 15 - Cruce con Diferentes lugares y situaciones

Naturaleza de la superficie	Distancia de seguridad mínima (m)
Carreteras, calles y áreas de tránsito	5
Aceras o caminos para peatones	5
Ferrocarriles sin Electrificar	7,5
Ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses (distancia f entre conductores)	1.2
Aguas navegables adecuadas para embarcaciones con altura superior a 2 m y menor de 7 m	9,6
Aguas navegables no adecuadas para embarcaciones con altura superior a 2 m	4,6

Los conductores no presentarán ningún empalme en el vano de cruce y para el cálculo se tomará la flecha final obtenida según la hipótesis de cálculo más desfavorable, sin tener en cuenta el desplazamiento producido por la acción del viento.

5.4. PASO POR ZONAS

5.4.1. Paso por zonas con Edificaciones

Los conductores pueden ser colocados adyacentes a las construcciones, siempre y cuando las distancias verticales y horizontales no sean menores que las indicadas por la Tabla 16, bajo las siguientes condiciones: (Para conductores aislados las distancias horizontales no aplican).

- Cuando los conductores discurran por encima y a lo largo de las instalaciones, las separaciones se respetarán teniendo en cuenta la temperatura máxima del conductor (50 ºC) sin desplazamiento de viento (flecha final).

Tabla 16 - Paso por Diferentes Zonas

Naturaleza de la superficie		Distancia de seguridad mínima (m)
Horizontal	Anuncios, chimeneas, antenas, etc. No accesibles a personas y que no requieran mantenimiento (pintura, limpieza, cambio de partes).	N/A para conductores aislados
	Zonas de edificios, muros, proyecciones, ventanas, independientemente de la facilidad de la accesibilidad de las personas	N/A para conductores aislados
Vertical (*)	Anúncios, chimeneas, antenas, zonas de edifícios, etc. No accesibles a personas	0.45
	Zonas accesibles a personas y de tránsito de vehículos de menos de 2,45 m de altura	3,5
	Carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular.	5

(*) Las distancias verticales se respetarán tanto por encima como por debajo de la superficie de referencia en las condiciones indicadas en este apartado.

5.5. PROXIMIDADES Y PARALELISMOS

5.5.1. Con líneas eléctricas de M.T.

Se mantendrá una distancia mínima en paralelismos (vertical) entre línea de B.T. y líneas de M.T:

- 0,42 m para 13,2 kV
- 0,45 m para 34,5 kV

5.5.2. Con otras líneas de B.T.

Las distancias de seguridad mínimas que deben mantener los conductores de BT del mismo o diferente circuito serán de 0,4 m.

5.5.3. Carreteras, caminos y calles

Las estructuras, incluyendo sus retenidas deberán estar colocadas lo más separado posible de la orilla de la carretera, camino o calle. En el caso de que existan bordillos la estructura deberá colocarse lo más separado posible de la orilla del bordillo y nunca a menos de 0,15 m. En todos los casos los postes serán instalados de modo tal que se asegure el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad para las redes de BT. Las estructuras deben estar colocadas lo más lejos posible del inicio de la curvatura de las esquinas.

6. CALCULO ELÉCTRICO

6.1. CARGAS DE DISEÑO

Para la realización de los cálculos para el diseño de las redes de baja tensión se tendrá en consideración lo siguiente:

a) Cuando se trate de proyectos de remodelación de redes de propiedad de AIR-E, se emplearán los niveles de energía y potencia de diseño, definidos en la Tabla 17 y los factores de simultaneidad de la Tabla 18.

Tabla 17 - Cargas de diseño

Rango	Consumo promedio (kWh/mes)	Potencia inicial (kW)	Tasa Anual de crecimiento (%)	Potencia de Diseño (kW)
Bajo Bajo	De 105 a 144	1.00	2.0	1.35
Bajo	De 145 a 189	1.20	2,0	1.62
Medio	De 190 a 279	1.70	1.0	1.97
Medio Alto	De 280 a 379	2.20	1.0	2.55
Alto	De 380 a 660	3.80	1.0	4.41

Nota: La potencia de diseño requerida para el cálculo de la red de baja tensión, se ha obtenido considerando la tasa de crecimiento anual para un período de 15 años.

Tabla 18 - Factores de Simultaneidad

No. Clientes	Factor de Simultaneidad	No. Clientes	Factor de Simultaneidad
1	1	16	0,45
2	0,91	17	0,44
3	0,83	18	0,44
4	0,76	19	0,43
5	0,71	20	0,43
6	0,66	21	0,42
7	0,62	22	0,42
8	0,59	23	0,42
9	0,56	24	0,41
10	0,53	25	0,41
11	0,51	26	0,41
12	0,50	27	0,41
13	0,48	28	0,41
14	0,47	29	0,41
15	0,46	30 y más	0,40

Viviendas residenciales con un promedio de consumo mensual mayor a 660 kWh se considerarán cargas especiales. En este caso, el cálculo de la potencia de diseño (proyectada a 15 años) se realizará en base al consumo promedio mes, tasa anual de crecimiento del 0,5% y factor de carga 25%; mediante la fórmula siguiente:

$$\mathrm{kW_D} = \frac{\mathrm{kWh_{mes}}}{0{,}25 \cdot 720} \cdot (1 + 0{,}5\%)^{15} = 0{,}006 \cdot \mathrm{kWh}_{\ \mathrm{mes}}$$

Cuando estas cargas especiales sean del tipo comercial o industrial, la potencia de cálculo debe justificarse convenientemente partiendo de la potencia real instalada y en función de una estimación de las horas de utilización y/o factor de coincidencia.

b) En proyectos de construcción de redes nuevas el cálculo de las cargas de diseño se realizará mediante el método previsto en la NTC 2050.

Para dimensionar las redes aéreas de media tensión, transformadores, redes de baja tensión y acometidas el proyectista considerará, mínimo, dos aires acondicionados de 9000 BTU en el censo de carga de cada vivienda.

Se aplicarán los factores de demanda previstos en la Tabla 220-32 de la NTC 2050 sólo para casos de cargas residenciales. Para el resto de cargas se considerará un factor de demanda de 100%.

En cualquiera de los casos descritos anteriormente, el conductor a seleccionar para la red de Baja Tensión, debe cumplir simultáneamente los apartados 6.2 y 6.3. Para ello se tendrá en cuenta:

- el rango al que pertenecen los clientes existentes y por lo tanto su potencia unitaria de diseño en la Tabla 17 (caso a), o el cálculo realizado según la NTC 2050 para el caso de los proyectos mencionados en el punto b.
- otras cargas, como alumbrado público
- clientes y/o cargas futuras. Ejemplo, lotes sin vivencia entre los existentes, y/o áreas cercanas de futura expansión y que presumiblemente serán conectadas a la red que se está diseñando, etc.

6.2. CORRIENTE NOMINAL

La corriente nominal de la instalación se calcula mediante la siguiente expresión:

- Red BT trifásica:

$$I = \frac{1000 \bullet P}{\sqrt{3} \bullet U \bullet \cos\varphi}$$

Donde:

P: Potencia trifásica a transportar por la red de BT y/o acometida (kW). Se calcula como suma de las potencias unitarias de diseño de las cargas receptoras, afectadas por el coeficiente de simultaneidad.
U: Tensión nominal entre fases (V)
cosφ: Factor de potencia medio de las cargas receptoras

- Red BT monofásica:

$$I = \frac{1000 \bullet P}{U \bullet \cos\varphi}$$

Siendo:

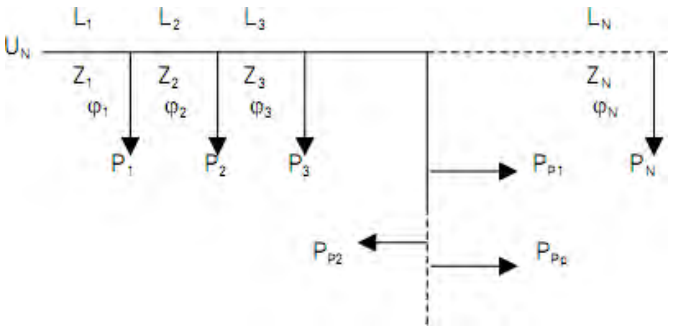
P: Potencia monofásica a transportar por la red de BT y/o acometida (kW). Se calcula como suma de las potencias unitarias de diseño de las cargas receptoras, afectadas por el coeficiente de simultaneidad
U: Tensión nominal de la línea (V)
cosφ: Factor de potencia medio de las cargas receptoras

Se seleccionará aquel conductor (de línea ó acometida) cuya intensidad máxima admisible (ver tablas 3 y 5) sea mayor a la corriente nominal.

6.3. CAÍDA DE TENSIÓN

Los cálculos serán aplicables a un tramo de línea, siendo la caída total de tensión la suma de las caídas en cada uno de los tramos intermedios.

Figura 8 - Diagrama Caída de Tensión



Para el cálculo de la caída de tensión se utiliza el método del momento eléctrico. El porcentaje de caída de tensión está dado por:

$$\%\,\Delta V = K_v * P * L$$

Siendo:

K_V: Constante de Regulación

P: Potencia a transportar (kW)

L: Longitud de la línea (km)

Se seleccionará aquel conductor de línea cuya caída de tensión sea menor o igual a los siguientes límites:

- Urbana: 3% de la tensión nominal desde el transformador de distribución hasta el punto de conexión de la acometida.
- Rural: 5% de la tensión nominal desde el transformador de distribución hasta el punto de conexión de la acometida.

Los límites de caída de tensión en los conductores de acometida están definidos en la norma de acometidas y medidas de AIR-E S.A.S. ESP.

En el caso de las líneas monofásicas (120/240 V) a tres hilos se considerará la carga equilibrada.

En el apartado B1.3 del anexo B se justifica el cálculo de la constante de regulación. En el capítulo A2 del anexo A aparecen las tablas para obtener la constante de regulación, dependiendo de los diferentes niveles de tensión, conductores normalizados y para diferentes factores de potencia.

En el capítulo B1 del anexo B se desarrolla el cálculo eléctrico de los conductores, que incluye resistencia, pérdidas de potencia y potencia máxima a transportar.

7. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (PAT)

7.1. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR A TIERRA

La selección del conductor a tierra depende del valor de la corriente de cortocircuito de régimen transitorio a 150 ms, en el punto de instalación de la puesta a tierra. Este valor será suministrado por AIR-E S.A.S. E.S.P. El conductor a seleccionar debe cumplir la siguiente ecuación:

$$I_{cc} \leq I_{cc_adm}$$

Donde:

I_{cc} : Corriente de cortocircuito en el punto de instalación de la puesta a tierra (kA)
I_{cc_adm}: Intensidad de cortocircuito máxima admisible del conductor (kA) (ver Tabla 12)

7.2. SELECCIÓN DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA

La resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial y controla las tensiones transferidas. El máximo valor establecido para protección contra rayos y/o corrientes de cortocircuito en redes de BT y que determina la selección del electrodo es de 25 Ω.

Se deberá medir la resistividad aparente del terreno, siguiendo los métodos establecidos en el RETIE. En la Tabla 19 se presentan valores típicos de resistividad del terreno.

Tabla 19 - Valores típicos de resistividad del terreno

Descripción de suelo	Símbolo del Grupo	Resistividad Media (Ω x m)
Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	CH	10-55*
Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)	CL	25-60*
Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas	ML	30-80
Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arena y arcilla	SC	50-200
Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduados	SM	100-500

La terminología utilizada en esta tabla corresponde a la “United Soil Classification” y es un método estándar de describir los suelos en un informe geotécnico y geofísico.
*Estos resultados de clasificación de resistividad son altamente influenciados por la presencia de humedad

La selección del tipo de configuración del electrodo de puesta a tierra se hará de la siguiente manera: partiendo del valor medido de resistividad aparente del terreno, se selecciona la configuración y tipo de electrodo en la Tabla 20 cuya columna A (resistividad aparente) sea mayor o igual a la medida en campo.

Tabla 20 - Configuraciones PAT de acuerdo a Resistividad Aparente del Terreno

Tipo de electrodo	Configuración		Columna A
	Nombre	Diagrama	Valores máximos de resistividad aparente del terreno (ρ = Ωm)
Acero recubierto de una capa de cobre (Copper Clad Steel)	Electrodo de Difusión Vertical		58
Acero Inoxidable Austenítico 304	Electrodo de Difusión Vertical		58

Los valores de la Tabla 20, se calcularon siguiendo la metodología establecida en el anexo B4, con las siguientes premisas:

- La resistencia máxima por punto debe ser 25 ohmios.
- Los valores máximos de resistividad aparente del terreno se obtuvieron considerando un electrodo de difusión vertical de 2,4 m y un diámetro de 16mm.

Si la resistividad aparente del terreno supera el valor establecido en la Tabla 20 remítase al anexo B4 donde se desarrolla el método de cálculo de la puesta a tierra y se dan recomendaciones para mejorar la resistencia de puesta a tierra mediante el tratamiento del terreno.

8. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

8.1. GENERALIDADES

El objeto del cálculo es controlar la tensión mecánica de los conductores para los distintos regímenes de carga / condiciones climáticas para: evitar fatigas y daños que pongan en riesgo la seguridad / continuidad del servicio, evitar la aparición de fenómenos vibratorios y aprovechar la capacidad mecánica de los mismos, logrando un balance adecuado entre longitud de vanos y dimensionamiento de postes.

Básicamente, este cálculo dependerá de los siguientes factores:

a) Las características meteorológicas y geográficas del sitio en la que se instalen las líneas.

b) La tensión mecánica a la que se verán sometidos los conductores al variar las condiciones ambientales en los distintos casos de carga.

c) La flecha que tomarán los mismos en los diferentes vanos y para los distintos casos de carga.

d) Su comportamiento frente a la posible aparición de fenómenos vibratorios. Para estas condiciones a la hora de establecer los límites de tensionado, el presente proyecto tipo se guiará de las recomendaciones establecidas por el CIGRÉ en el campo de las vibraciones eólicas.

e) Las características mecánicas de postes y crucetas (configuración especial) utilizados en el presente proyecto tipo.

f) Los criterios constructivos adoptados para las áreas rural y urbana

8.2. HIPÓTESIS Y LÍMITES DE TENSIÓN MECÁNICA

La Tabla 21 resume las distintas condiciones, hipotesis y sobrecargas por viento consideradas.

Tabla 21 - Hipotesis de cálculo mecánico

Condición		Temperatura (°C)	Sobrecarga Qo (daN/m²)					
			Zona A		Zona B		Zona C	
			Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
Tracción máxima	Hipótesis de Viento máximo	20	68.68	32.42	42.87	18.24	27.44	12.66
	Hipótesis de Temperatura mínima	15	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Flecha máxima	Hipótesis de Temperatura máxima	50	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Flecha mínima	Hipótesis de Temperatura mínima	15	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Fenómenos vibratorios	EDS	28	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
	CHS	18	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

Nota: En el numeral B.2.2.1 del Anexo B se describe con detalle el cálculo de las sobrecargas por viento en el conductor.

En la condición de tracción máxima se determinará la máxima tensión en los cables mediante la suposición de las condiciones de mayor exigencia mecánica, comparando las tracciones resultantes de las hipótesis de viento máximo y temperatura mínima.

En la condición flecha máxima se verificarán las distancias verticales de seguridad eléctrica a respetar por los conductores.

Bajo la condición de flecha mínima, se comprobará que no existan arrancamientos en los postes por causa del tiro vertical resultante hacia arriba (efecto “Up-lift”). El valor de la flecha se calculará con la hipótesis de temperatura mínima.

Las hipótesis de EDS y CHS tienen en cuenta el fenómeno de vibración eólica del cable. La primera en condiciones de temperatura promedio, sin sobrecarga alguna. La segunda, a la temperatura más baja frecuente, también sin sobrecarga.

Teniendo en cuenta las recomendaciones del CIGRÉ TB273/2005 y del EPRI Orange Book/2008 se han adoptado los siguientes límites de tensión mecánica, expresados como porcentaje de la carga de rotura del conductor (CR), para cada una de las hipótesis:

Tabla 22 - Límites de tensión mecánica

Conductor	Porcentajes de la carga de rotura (% CR)					
	Viento máximo	Temperatura mínima	Temperatura máxima	EDS	CHS	
					Tense Normal	Tense Reducido (*)
Tríplex Nº 2 AWG	28,2	28,2	28,2	15	9,5	
Tríplex 1/0 AWG	18,5	18,5	18,5	15	9,5	
Tríplex 4/0 AWG	13.2	13.2	13.2	13,5	10	8,0
Cuádruplex 1/0 AWG	18,5	18,5	18,5	15	9,5	
Cuádruplex 4/0 AWG	13.2	13.2	13.2	13,5	10	8,0

(*) Solamente para Zonas A y B

La tensión mecánica en el neutro fiador, en la hipótesis de viento máximo no sobrepasará los 350 daN para el Tríplex #2, Tríplex 1/0 y cuádruplex 1/0 y 500 daN para el Tríplex y cuádruplex 4/0 AWG.

Con el objetivo de reducir las tensiones máximas y por ende el dimensionamiento de los postes requeridos, sin comprometer las flechas, se ha considerado un estado de tense reducido, cuya aplicación es exclusivamente para conductores de calibre 4/0 AWG en zonas A y B para áreas urbanas y cantones cuyo vano regulador es menor o igual a 50 metros. Si como consecuencia del análisis de flechas / distancias de seguridad no pudieran respetarse las mismas, deberá adoptarse el estado de tense normal.

8.3. PESO UNITARIO APARENTE DEL CONDUCTOR

Los conductores en determinadas condiciones se encuentran sometidos a una fuerza horizontal transversal debida al viento. La cual se expresa por unidad de longitud y está relacionada con el diámetro del conductor y la sobrecarga por viento. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$P_v = Q_o \,.\, d \,.\, 10^{-3}$$

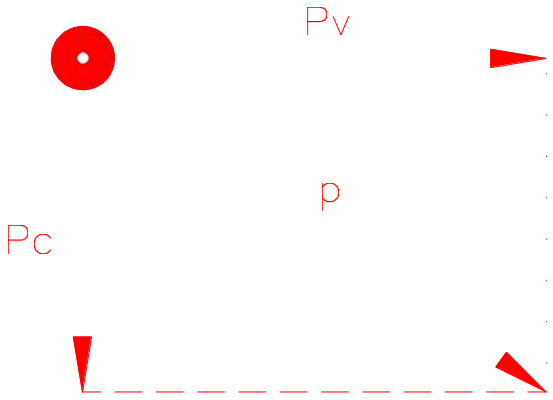
Siendo el peso unitario aparente del conductor:

$$p = \sqrt{Pc^2 + Pv^2}$$

Donde:

p: Peso unitario aparente del conductor (daN/m)
p_c: Peso unitario propio del conductor (daN/m)
p_v: Fuerza unitaria de viento sobre el conductor (daN/m)
Q_0: Sobrecarga por viento en el conductor (daN/m²) (ver Tabla 23)
d: Diámetro total del conductor (mm)

Figura 9 - Peso unitario aparente



Se asume que la dirección del peso unitario aparente (p) define el plano que contiene a la catenaria bajo la acción del viento.

Tabla 23 - Fuerza unitaria de viento por conductor

Conductor	p_c (daN/m)	Pv (daN/m)					
		Zona A		Zona B		Zona C	
		Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
Tríplex Nº 2 AWG	0,351	1,442	0,681	0,900	0,383	0,576	0,266
Tríplex 1/0 AWG	0,631	1,854	0,875	1.158	0,492	0,741	0,342
Tríplex 4/0 AWG	1.189	2.404	1.135	1.501	0.638	0.960	0.443
Cuádruplex 1/0 AWG	0,870	2.266	1.070	1.415	0.602	0.905	0.418
Cuádruplex 4/0 AWG	1.570	2.747	1.297	1.715	0.729	1.098	0.507

Tabla 24 - Peso unitario aparente por conductor

Conductor	p_c (daN/m)	Pa (daN/m)					
		Zona A		Zona B		Zona C	
		Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
Tríplex Nº 2 AWG	0,351	1.484	0.766	0.966	0.519	0.675	0.440
Tríplex 1/0 AWG	0,631	1.958	1.079	1.318	0.800	0.973	0.718
Tríplex 4/0 AWG	1.189	2.682	1.644	1.914	1.349	1.528	1.269
Cuádruplex 1/0 AWG	0,870	2.428	1.379	1.661	1.058	1.256	0.965
Cuádruplex 4/0 AWG	1.570	3.164	2.036	2.325	1.731	1.916	1.650

8.4. VANOS IDEALES DE REGULACIÓN

El comportamiento de la componente horizontal de la tensión del cable en un cantón, o conjunto de vanos comprendidos entre dos amarres, se puede asemejar al comportamiento del mismo cable en un único vano tipo llamado vano ideal de regulación.

La longitud del vano ideal de regulación se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_r = a_p + \frac{2 \cdot (a_{max} - a_p)}{3}$$

Con:

$$a_p = \frac{\sum a_i}{n}$$

Siendo:

a_r: Longitud del vano ideal de regulación (m)
a_p: Vano promedio
a_i: Longitud del vano individual i (m)
a_{max}: Longitud del vano máximo individual (m)
n: Cantidad de vanos del cantón

8.5. TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO Y TABLAS DE TENDIDO

Las tensiones en el conductor, correspondientes a cada una de las hipótesis de carga, consignadas en las respectivas tablas de cálculo mecánico y tablas de tendido, se han obtenido aplicando la ecuación de cambio de condiciones para vano nivelado (apartado B.3.2 del Anexo B). En dicha ecuación, se ha tomado como situación inicial o de partida la hipótesis más desfavorable. Es decir, aquella cuya tensión coincide con el valor límite establecido en la tabla 22. Así mismo, las flechas se han calculado para vanos nivelados según la expresión del numeral B.3.1.3 del Anexo B.

Finalmente, las tablas de cálculo mecánico reflejan los valores de los parámetros de la catenaria de flecha máxima (50°C) y mínima (15°C). Dicho parámetro se ha calculado según la expresión del numeral B.3.1.1 del Anexo B.

Las tablas de cálculo mecánico y las tablas de tendido para los distintos conductores normalizados, se han elaborado para las zonas y áreas que cubre el presente proyecto tipo. Estas tablas se encuentran en los capítulos A.3 y A.4 del Anexo A, respectivamente.

8.6. CURVAS DE PLANTILLADO

Las curvas de plantillado (parábolas máxima y mínima) se utilizan durante la etapa de distribución de postes a lo largo del perfil longitudinal de la línea, para comprobar los requerimientos de distancias eléctricas de seguridad e identificar los postes sometidos a tracción ascendente.

La parábola máxima se usará para verificar que se respeten las distancias de seguridad al terreno, así como las requeridas en cruzamientos (por encima) con obstáculos u otras líneas.

La parábola mínima se empleará para determinar si existen postes bajo el Efecto “Up-lift” y para comprobar que se cumplan las distancias de seguridad en cruzamientos (por debajo) con otras líneas.

Para la elaboración de las curvas de plantillado, se empleará la siguiente expresión:

$$y = \frac{x^2}{2 \cdot C}$$

Siendo:

x: Semivanos para generar la curva (m).

C: Parámetro de la catenaria correspondiente al vano de regulación (m)

Para generar las curvas de parábola máxima y mínima, para un determinado vano regulador, se obtendrán de la tabla de cálculo mecánico correspondiente, los parámetros de la catenaria de flecha máxima (50°C) y mínima (15°C), respectivamente.

8.7. TABLAS DE REGULACIÓN

Las tablas de regulación indican las flechas y tensiones con las que debe ser instalado el cable en función de la temperatura ambiente y sin actuar sobrecarga alguna.

A diferencia de la tabla de tendido, la cual está concebida para vanos ideales de regulación, se tendrá en cuenta el desnivel existente entre los postes que constituyen cada vano.

Si los desniveles son despreciables se aplicará la siguiente aproximación:

$$F_{i,t} = F_{r,t} \cdot \left(\frac{a_i^2}{a_r^2}\right)$$

Siendo:

$F_{i,t}$: Flecha de instalación del conductor para el vano i del cantón, a la temperatura t (m)
$F_{r,t}$: Flecha del vano ideal de regulación del cantón a la temperatura t (m)
a_i: Longitud del vano individual i (m)
a_r: Longitud del vano ideal de regulación (m)

Para cada cantón y una vez calculado su vano ideal de regulación, la flecha (F_{rt}) se obtendrá de la correspondiente tabla de tendido (capítulo A.4 del Anexo A).

En caso de tener desniveles considerables remitirse a los apartados 8.4 y 8.7 del Proyecto Tipo de Líneas Aéreas de Media Tensión.

9. CÁLCULO MECÁNICO DE POSTES

9.1. GENERALIDADES

Se realizará de forma individual para cada uno de los postes. Dependerá de su función (AL, ANG y FL) y de las hipótesis y condiciones de esfuerzo consideradas según Tabla 21. El poste seleccionado debe cumplir con todas ellas.

Los esfuerzos se referirán a un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (verticales, transversales, longitudinales).

Para el caso de redes de baja tensión instalados en postes de MT (red mixta y configuración especial), ya sea con red aérea de MT desnuda o forrada, los postes se dimensionarán según el respectivo Proyecto Tipo. **En este capítulo solo se tratará el cálculo de postes de baja tensión.**

Figura 10 - Sistema cartesiano de esfuerzos

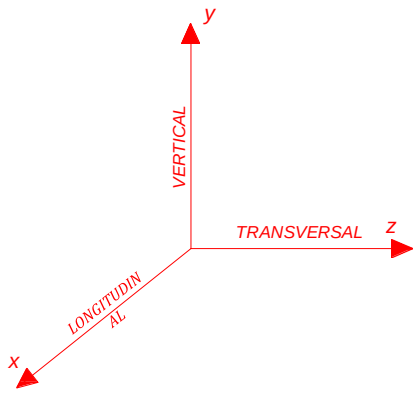


Tabla 25 - Hipótesis y tipos de esfuerzos

FUNCIÓN	HIPÓTESIS NORMAL
AL	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores (1)
	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento en el poste (1)
ANG	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores y por resultante de tensiones (1)
	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento en el poste (1)
FL	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores (1)
	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento en el poste (1)
	Esfuerzo horizontal longitudinal por desequilibrio REAL de tensiones (1)

Nota: (1) a 20°C y velocidad máxima de viento según Zona y Área

9.2. HIPÓTESIS NORMALES

9.2.1. Esfuerzos horizontales transversales

Se considerarán esfuerzos transversales horizontales aquellos debidos al viento en conductores y postes. De igual manera y cuando apliquen, las debidas a la resultante de tensiones (postes con función de ANG).

El cálculo de los esfuerzos por viento en conductores se realizará mediante la teoría del eolovano (ver apartado B5.3 del Anexo B).

9.2.1.1. Por viento en postes

El esfuerzo horizontal transversal $\mathbf{F}^{*}_{TVP}$ se obtendrá de la Tabla 26. Los valores están ya calculados como esfuerzo EQUIVALENTE y se encuentran debidamente justificados en el apartado B2.2 del Anexo B.

Tabla 26 - Esfuerzo equivalente por viento sobre el poste de BT

Tipo de poste	Esfuerzo EQUIVALENTE por viento sobre el poste de BT (daN)					
	Zona A		Zona B		Zona C	
	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
PH-9/500 daN	51,02	39,86	36,13	22,42	23,12	15,57
PH-9/735 daN	51,02	39,86	36,13	22,42	23,12	15,57
PH-9/1030 daN	50,97	51,09	46,30	28,74	29,63	19,96
PH-9/1324 daN	46,45	55,74	48,34	31,35	32,33	21,77

9.2.1.2. Por conductores en postes AL

El esfuerzo EQUIVALENTE horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores en daN se calcula:

$$F^{*}_{TVC} = P_{V,C} \cdot a_V \cdot \frac{H_C}{H_N}$$

Donde:

H_C: Altura del conductor de BT (m)
H_N: Altura libre poste – 0,2 m (ver Capítulo 2 definición de “Esfuerzo Equivalente”)
$P_{V,C}$: Fuerza unitaria del viento sobre el conductor (daN/m). Ver Tabla 23 en el apartado 8.3 del presente documento.
a_V: Longitud del eolovano (m)

9.2.1.3. Por conductores en postes ANG

El esfuerzo EQUIVALENTE horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores (daN) se calcula:

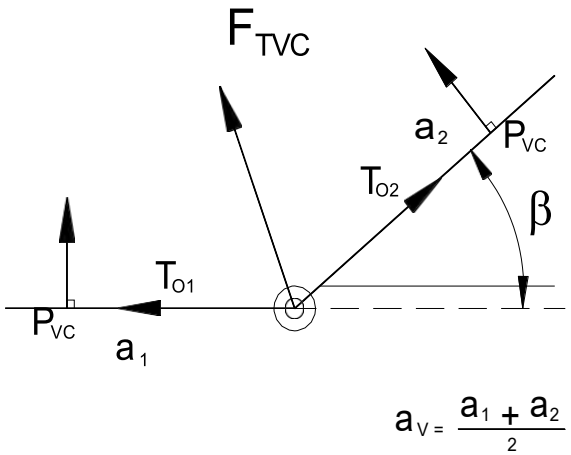
$$F^*_{TVC} = \left(P_{V,C} \cdot a_V \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + 2 \cdot \text{máx}\left(T_{02}, T_{01}\right) \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \right) \cdot \frac{H_C}{H_N}$$

donde:

H_C: Altura del conductor de BT (m)
H_N: Altura libre poste – 0,2 m (ver Capítulo 2 definición de “Esfuerzo Equivalente”)
$P_{V,C}$: Fuerza unitaria del viento sobre el conductor (daN/m). Ver Tabla 23 en el apartado 8.3 del presente documento.
a_V: Longitud del Eolovano (m)
β: Ángulo de deflexión de la línea (°)
T_{01}: Componente horizontal de la tensión en el conductor (daN), correspondiente al vano anterior al poste y calculada para las condiciones de viento máximo y 20ºC
T_{02}: Componente horizontal de la tensión en el conductor (daN), correspondiente al vano posterior al poste y calculada para las condiciones de viento máximo y 20ºC

El primer término corresponde con la acción del viento sobre los conductores en la dirección de la resultante de ángulo. El segundo, con la resultante de tensiones. En el caso de pequeños ángulos (pertenecen al mismo cantón), se cumple que $T_{01} = T_{02} = T_0$; donde T_0 es la componente horizontal de la tensión del vano regulador de cantón al que pertenece el poste.

Figura 11 - F_{TVC}



9.2.1.4. Por conductores en postes FL

El esfuerzo EQUIVALENTE horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores (daN) es:

$$F^*_{TVC} = P_{V,C} \cdot \frac{a}{2} \frac{H_C}{H_N}$$

Donde:

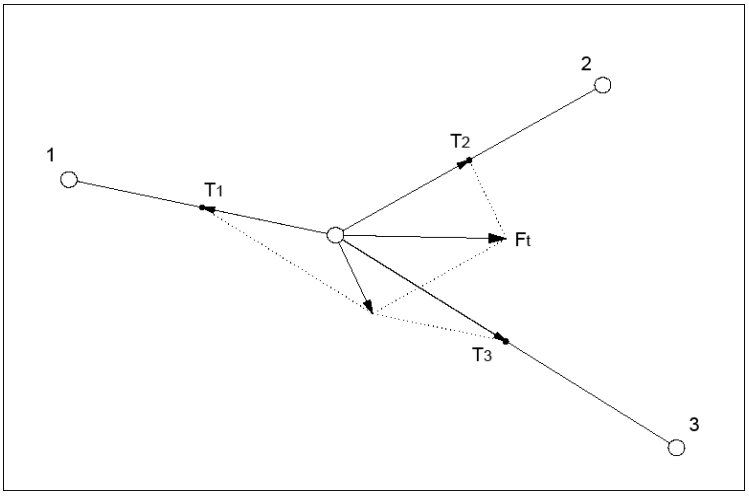
H_C: Altura del conductor de BT (m)
H_N: Altura libre poste – 0,2 m (ver Capítulo 2 definición de “Esfuerzo Equivalente”)
$P_{V,C}$: Fuerza unitaria del viento sobre el conductor (daN/m). Ver Tabla 23 en el apartado 8.3 del presente documento.
a: Longitud del vano anterior (m)

9.2.1.5. Por conductores en postes PE

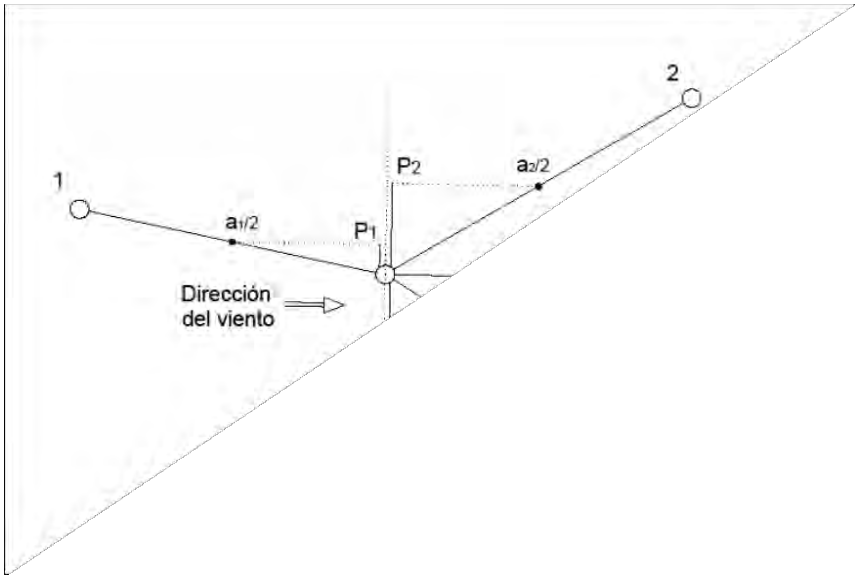
Para determinar el esfuerzo horizontal transversal por resultante de tensiones y la acción del viento sobre conductores, se recomienda adoptar el cálculo gráfico por su sencillez y según el siguiente método:

Paso 1: Obtener los tenses máximos (condición 20ºC y viento máximo) T_1, T_2 y T_3 de las tablas de cálculo mecánico correspondientes.

Paso 2: Calcular gráficamente el esfuerzo F_T resultante de los tenses anteriores, tal como se muestra en el siguiente gráfico:



Paso 3: Determinar gráficamente las proyecciones P_1, P_2 y P_3 de cada semivano ($a_1/2$, $a_2/2$ y $a_3/2$) sobre la perpendicular a la resultante F_T, según el siguiente gráfico:



Paso 4: Finalmente, calcular el esfuerzo horizontal transversal por resultante de tensiones y viento sobre los conductores (daN):

$$Ftr = F_T + P_{VC} * (P_1 + P_2 + P_3)$$

Donde:

F_{tr}: Fuerza total resultante sobre el poste (daN)
$P_{V,C}$: Fuerza unitaria del viento sobre el conductor (daN/m). Ver Tabla 23 en el apartado 8.3 del presente documento.
F_T: Resultante de tensiones (daN) obtenida según el paso 2
P_1, P_2 y P_3: Proyecciones de cada semivano (m) calculadas en el paso 3

El esfuerzo EQUIVALENTE F^*_{TVC} se calculará según la definición respectiva del capítulo 2.

9.2.1.6. Por conductores de la red y haz de acometidas

Se calculará en forma similar a las redes trenzadas considerando las características mecánicas del cable de acero portante, el diámetro aproximado del haz de acometidas y el peso total del conjunto.

9.2.2. Esfuerzos horizontales longitudinales

Aparece como consecuencia del desequilibrio real de tensiones (desequilibrio 100%) en los postes FL. El valor EQUIVALENTE (daN) se calcula:

$$F^*_{LTC} = T_0 \cdot \frac{H_C}{H_N}$$

donde:

H_C: Altura del conductor de BT (m)
H_N: Altura libre poste – 0,2 m (ver Capítulo 2 definición de "Esfuerzo Equivalente")
T_0: Componente horizontal de la tensión en el conductor, correspondiente al vano regulador del cantón anterior (daN). Evaluada con viento máximo y 20ºC

9.3. SELECCIÓN DEL POSTE AUTOSOPORTADO

9.3.1. Esfuerzos últimos y factores de mayoración

La Tabla 27 relaciona los esfuerzos calculados según los numerales 9.2.1 y 9.2.2 con los factores de mayoración y valores últimos a aplicar para seleccionar el poste.

Tabla 27 - Hipótesis Normales para postes de hormigón

Tipo de esfuerzo calculado	Factor de mayoración	Esfuerzo último
Esfuerzo resultante por efecto combinado de esfuerzos horizontales (transversales y longitudinales)	2,5	Esfuerzo de rotura a flexión

El esfuerzo resultante se obtiene combinando los esfuerzos EQUIVALENTES horizontales transversales (T) y longitudinales (L):

$$R^* = \sqrt{\left(\sum T^*\right)^2 + \left(\sum L^*\right)^2}$$

Los valores de esfuerzos últimos para los distintos postes de hormigón normalizados son los siguientes:

Tabla 28 - Capacidad mecánica de postes

Tipo de poste	Esfuerzo de rotura a flexión (daN)	Esfuerzo vertical último para postes autosoportados (daN)	
		h_N	h_N– 0,4m
PH-9/500 daN	500	1186	1607
PH-9/735 daN	735	1186	1607
PH-9/1030 daN	1030	4244	5487

Nota. h_N= Altura libre – 0,2 m.

9.3.2. Método de selección

El poste seleccionado debe cumplir la siguiente relación:

Esfuerzo Último ≥ Esfuerzo calculado · Factor de Mayoración

Función Poste	Criterio
AL y ANG	$2.5 \cdot (F^{+}_{TVC} + F^{+}_{TVF}) \leq Esf.\ Rotura\ Flexion$
FI	$2.5 \cdot \sqrt{(F^{+}_{TVC} + F^{+}_{TVF})^2 + (F^{+}_{LTC})^2} \leq Esf.\ Rotura\ Flexion$

10. CÁLCULO MECÁNICO DE RETENIDAS

10.1. RETENIDAS

Las retenidas se utilizan para contrarrestar los esfuerzos horizontales que no puede soportar el poste por sí mismo: fuerzas transversales debidas al viento y a la resultante de tensiones por el ángulo de deflexión de la línea, así como las fuerzas longitudinales en los postes de FL. Por lo tanto, se debe comprobar que el cable de la retenida a utilizar puede soportar dichos esfuerzos.

Los esfuerzos verticales transmitidos por la retenida al poste no son de una gran magnitud dados los tenses que se manejan en BT. Sin embargo, hay que tener en cuenta, para el dimensionamiento del poste, que una proporción del esfuerzo horizontal aplicado al conjunto poste / retenida, es absorbido por el propio poste (fuerza residual).

Se aplicó la metodología del Anexo B8 del Proyecto Tipo de Líneas Aéreas MT Sin Neutro, teniendo en cuenta los datos de las tablas 29 y 30, propios de los postes de BT.

Tabla 29 - Rigidez del poste de concreto

Tipo de poste	Rigidez del poste de concreto (daN/m)	
	h_N	h_N– 0,4m
PH-9/500 daN	3129	3849
PH-9/735 daN	3129	3849
PH-9/1030 daN	7154	8716

Nota: h_N= Altura libre – 0,2 m.

Tabla 30 - Capacidad vertical de postes de concreto con retenidas

Tipo de poste	Esfuerzo vertical último para postes con retenidas (daN)	
	h_N	h_N– 0,4m
PH-9/500 daN	3559	4820
PH-9/735 daN	3559	4820
PH-9/1030 daN	12733	16461

Nota: h_N= Altura libre – 0,2 m.

10.1.1. Retenida Bisectora Directa a Tierra Inclinada

Aplica para ángulos hasta 50° y FL. Efectuar el cálculo de la retenida y la comprobación a flexión del poste según los pasos de la Tabla 31.

Tabla 31 - Retenida Bisectora Poste ANG y FL

FIN DE LÍNEA	ANGULO (≤50°)
Paso 1: Calcular esfuerzo horizontal (daN)	**Paso 1: Calcular esfuerzo horizontal (daN)**
$F_h = T_0$	$F_h = P_{V,C} \cdot a_V \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + 2 \cdot \text{máx}(T_{02}, T_{01}) \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)$
T_0 según 9.2.2	T_{01} y T_{02} según 9.2.1.3
Paso 2: Calcular esfuerzo residual absorbido por el poste (daN)	
$F^*_{RES} = \mathbf{A} \cdot F_h \cdot \frac{H_c}{H_N}$	
Paso 3: Comprobar retenida a tracción	
Verificar que se cumple: $1{,}5 \cdot \mathbf{C} \cdot F_h \leq R_U$	
Paso 4: Pretensionado de la retenida (daN)	
$T^0_{RET} = \text{Máx}\left[2 \cdot \left\lvert \mathbf{A} \cdot F_h - \frac{ERF}{2{,}5} \right\rvert ;\ 0{,}05 \cdot R_U\right]$	
Paso 5: Comprobación del FL a flexión	**Paso 5: Comprobación del ANG a flexión**
$2{,}5 \cdot \sqrt{(F^*_{TVC} + F^*_{TVP})^2 + (F^*_{RES})^2} \leq ERF$	$2{,}5 \cdot (F^*_{TVP} + F^*_{RES}) \leq ERF$
Resto variables según 9.3.2	Resto variables según 9.3.2

Donde:

A: Depende del tipo de poste que se está evaluando (Tabla 32)

H_C: Altura del punto de aplicación de la retenida (m)

H_N: Altura libre del poste – 0,2 (m)

C: Depende del tipo de poste que se está evaluando y del ángulo de deflexión de la línea β (Tabla 32)

R_U: Carga de rotura de la retenida (daN)

T^0_{RET}: Tensión inicial a aplicar en la retenida en el momento de la instalación (daN)

ERF: Esfuerzo de rotura a flexión del poste (daN)

Tabla 32 - Coeficientes A, B y C Retenida Bisectora

Retenida 3/8" Alpha 60º			
Poste	**0,2 m**		
(daN)	**A**	**B**	**C**
500 -735	0,10	1,55	1,80
1030	0,20	1,39	1,61

10.1.2. Conjunto a 90° Directa a Tierra Inclinada

Efectuar el cálculo de la retenida y la comprobación a flexión del poste según los pasos de la Tabla 33.

Tabla 33 - Conjunto a 90° Poste ANG

Paso 1: Calcular esfuerzo horizontal (daN)

$$F_h = P_{V,C} \cdot a_V \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + 2 \cdot \text{máx}(T_{02}, T_{01}) \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

T_{01} y T_{02} según 9.2.1.3

Paso 2: Calcular esfuerzo residual absorbido por el poste (daN)

$$F^{+}_{RES} = \mathbf{A} \cdot F_h \cdot \frac{H_c}{H_N}$$

Paso 3: Comprobar retenida a tracción

Verificar que se cumple para la retenida perpendicular (caso más desfavorable, exceptuando cuando el ángulo de deflexión es 90° en que ambas retenidas tienen la misma tensión):

$$1.5 \cdot \mathbf{C_P} \cdot F_h \leq R_U$$

Paso 4: Pretensionado de la retenida (daN)

$$T^{U}_{RET} = \text{Máx}\left[2 \cdot \left|\mathbf{A} \cdot F_h - \frac{ERF}{2,5}\right| ; \ 0,05 \cdot R_U\right]$$

Paso 5: Comprobación del ANG a flexión

$$2,5 \cdot (F^{+}_{TVP} + F^{+}_{RES}) \leq ERF$$

Resto variables según 9.3.2

Donde:

A: Depende del tipo de poste que se está evaluando (Tabla 32)

H_C : altura del punto de aplicación de la retenida (m)

H_N : altura libre del poste – 0,2 (m)

C_P: Depende del tipo de poste que se está evaluando y del ángulo de deflexión de la línea β (Tabla 32)

R_U: Carga de rotura de la retenida (daN)

T^0_{RET} : Tensión inicial a aplicar en la retenida en el momento de la instalación (daN)

ERF: Esfuerzo de rotura a flexión del poste (daN)

Tabla 34 - Coeficientes A, B y C Conjunto a 90°

	Retenida 3/8" Alpha 60º			
β	Poste	0,2 m		
	(daN)	A	B	CP
50º	500 -735	0,10	1,55	1,47
	1030	0,20	1,39	1,32
60º	500 -735	0,10	1,55	1,35
	1030	0,20	1,39	1,20
70º	500 -735	0,10	1,55	1,20
	1030	0,20	1,39	1,08
80º	500 -735	0,10	1,55	1,05
	1030	0,20	1,39	0,94
90º	500 -735	0,10	1,55	0,90
	1030	0,20	1,39	0,80

10.1.3. Retenida Directa a Tierra Vertical

El cálculo de la retenida vertical se efectuará como un poste auto soportado, trasladando la fuerza horizontal F_H a la altura de punto de fijación del brazo de acero que sostiene el cable de retenida.

10.2. ANCLA DE LA RETENIDA

Las dimensiones del ancla de concreto para la fijación del cable de retenida, se seleccionarán de acuerdo con la Tabla 35 dependiendo del tipo terreno. La tensión del cable de retenida no sobrepasará la carga máxima que el ancla puede transmitir al terreno.

Figura 12 - Dimensiones del Ancla de Concreto

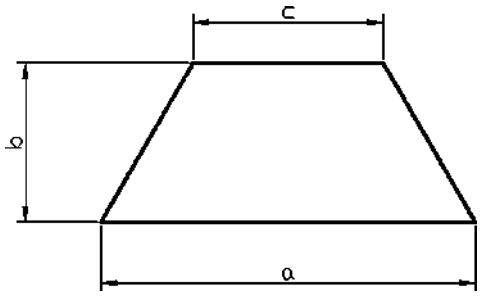


Tabla 35 - Dimensiones anclas de concreto reforzado

DIMENSIONES ANCLA		
Diametro cable	**3/8"**	
Tipo de suelo	**Suelo Normal**	**Suelo Flojo**
H (m)	1,88	1,94
a (m)	0,40	0,65
b (m)	0,25	0,25
c (m)	0,30	0,30
Carga máxima (dan)	8975	4770
Refuerzo (parrilla)	3/8"@10cm	3/8"@10cm

El ancla se construirá en concreto prefabricado.

11. CÁLCULO DE CIMENTACIONES

11.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE TERRENO

Los cálculos de cimentaciones del presente Proyecto Tipo se han realizado teniendo en cuenta los siguientes tipos de terreno y características:

Tabla 36 - Tipificación de terrenos y sus características

Terreno	σ_{adm} (daN/cm^2)	K =C_h y C_k (daN/cm^3) (*)	β (°)	μ	γ (daN/cm^3)
Flojo	1	8	3	0,2	1400
Normal	2	12	6	0,3	1400
Duro	4	16	10	0,4	1400
Muy duro	5	20	15	0,5	1400

(*) Nota: Coeficiente de compresibilidad único para paredes y el fondo

- **Terreno flojo**: Arena fina húmeda y arcilla blanda
- **Terreno normal**: Arcilla medio dura y arcilla fina seca
- **Terreno duro**: Arcilla rígida, Arena gruesa y pedregullo
- **Terreno muy duro**: Arcilla gruesa dura, gravera rodada y pedregullo rígido

Donde:

σ_{adm}: Capacidad portante del terreno (daN/cm^2)
C_h: Coeficiente de compresibilidad del terreno en las paredes laterales (daN/cm^3)
C_k: Coeficiente de compresibilidad del terreno en el fondo del macizo (daN/cm^3)
β: Ángulo de tierra gravante (°)
μ: Coeficiente de fricción entre el terreno y el hormigón
γ: Peso específico del terreno (daN/cm^3)

En la ejecución de la cimentación se utilizará como relleno el propio terreno natural obtenido durante la excavación, exceptuando si éste es tierra vegetal, en cuyo caso se debe utilizar una mezcla de grava y tierra.

En caso que el terreno tenga propiedades distintas a las indicadas en la Tabla 36, la cimentación debe calcularse conforme a lo establecido en el apartado 11.2 y en el capítulo B6 del Anexo B.

11.2. MÉTODO DE CÁLCULO

11.2.1. Consideraciones generales

El coeficiente de seguridad al vuelco se ha calculado mediante la expresión:

$$C_s = \frac{M_e}{M_v}$$

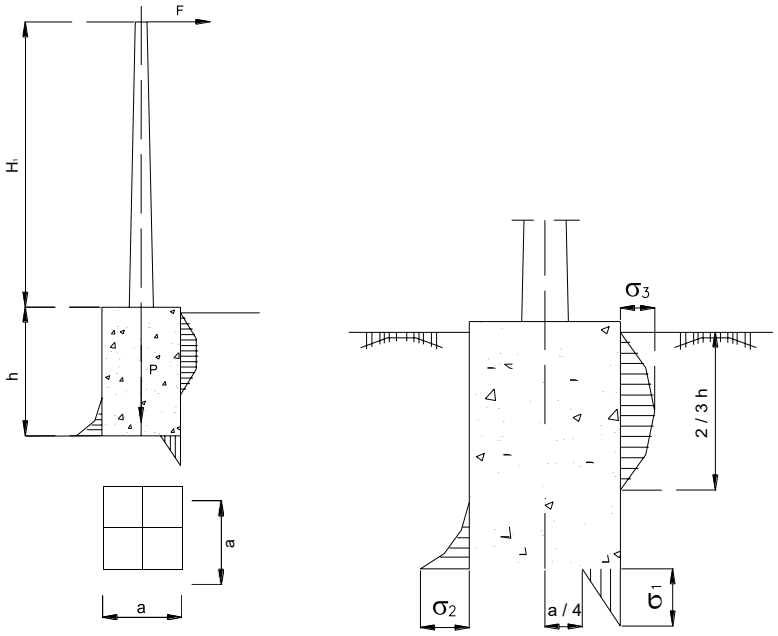
Donde:

M_e: Momento estabilizador total (daN.m)

M_v: Momento de vuelco (daN.m)

El coeficiente de seguridad al vuelco no será inferior a 1,50.

Figura 13 - Cimentación



El momento de vuelco de la cimentación se ha determinado mediante la siguiente expresión:

$$M_v = F \cdot \left(H_l + \frac{2}{3} \cdot h \right)$$

con:

$$F = \frac{CR}{Fs}$$

Siendo:

Mv: Momento de vuelco (daN.m)
F: Fuerza horizontal resultante de la solicitación combinada (m)
H_l: Altura sobre el terreno del punto de aplicación de F (m).
h: Profundidad de la cimentación (m).
CR: Esfuerzo de rotura a flexión del poste(daN)
Fs: Factor de seguridad, igual a 2,5.

El momento estabilizador total se obtiene por el método de Sulzberger (ver apartado B6.1 del Anexo B). De igual manera, se debe comprobar que las presiones máximas que la cimentación transmite al terreno no exceden los valores máximos fijados para el mismo (Tabla 36).

Se ha supuesto que la tangente del ángulo de giro máximo permitido al alcanzar el equilibrio (inclinación del poste) no será superior a 0,01 (tan (α) = 0,01).

Se ha considerado para los postes directamente empotrados, una profundidad mínima de la cimentación del 10% de la longitud total del poste más 0,6 m. Para los postes hormigonados, esta magnitud se incrementa en 0,10 m. En terrenos inclinados esta longitud se debe medir desde el lado del poste que quede menos enterrado.

Se debe tomar como espesor de la pared de la cimentación un mínimo 0,10 m, no considerándose como espesor útil el sello de hormigón que se introduce entre el poste y la cimentación.

El solado base se calcula según el método descrito en el apartado B.6.2 del Anexo B.

Finalmente, en el capítulo A7 del Anexo A se encuentran tabuladas las dimensiones de las cimentaciones normalizadas, así como, los valores de compresión máxima admisible de las mismas ($P_{MÁX}$ expresada en daN).

11.2.2. Consideraciones particulares para terrenos flojos

En terrenos flojos o suelos con alto nivel freático se dará preferencia a las cimentaciones tipo monobloque prismática.

12. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

1. Tramos de red alimentados por transformadores distintos pero que terminan en el mismo poste, serán en lo posible del mismo calibre, permitiendo en el futuro cambios topológicos.

2. Los tramos derivados se podrán seleccionar en el calibre que su carga exija.

3. De ser necesario, por requerimientos de carga, se podrán instalar dos ramales en los circuitos de salida desde el transformador manteniendo una separación de 10 cm como mínimo.

4. La red conformada por acometidas se utilizará en zonas específicas con alto riesgo de intervención por particulares.

5. La red trenzada utilizada en configuración especial se utilizará en zonas específicas de alto riesgo de intervención por particulares; siempre estará acompañada por la línea de media tensión en toda su extensión.

6. En condiciones normales se debe procurar instalar hasta un máximo de dos cajas de derivación de 8 abonados por poste.

7. El fin de línea de una red trenzada en configuración especial siempre deberá tener retenida.

8. Se instalarán los postes según la reglamentación del municipio.

9. El diseño debe prever la instalación del alumbrado público en las zonas urbanas, por lo tanto las distancias entre postes estará entre 35 y 40 m máximo.

10. Se debe acordar con el municipio o concesionario de alumbrado público el método de instalación del alumbrado con el fin de incorporar en las cajas de derivación la reserva para la conexión de las luminarias o el control de alumbrado.

11. La distribución de los postes será realizada de tal modo que sean instalados en los límites de predios. No se podrán bloquear o dificultar ingresos a parqueaderos o sitios públicos.

12. La red de baja tensión no debe pasar sobre predios particulares, así estén sin construcción o sin muro o malla de protección.

13. Se deben cumplir las alturas de seguridad en la instalación de las acometidas, y especial cuidado se tendrá en cruce de vías.

13. NORMAS

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE (SEI) – MERP No. 91: Design of Guyed Electrical Transmission Structures – 1997.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / PRECAST-PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE (PCI) – W1814-JR412: Guide for the Design of Prestressed Concrete Poles – 1997.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE (SEI) – MOP No. 111: Reliability-Based Design of Utility Pole Structures – 2006.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE (SEI) – MOP No. 74 3rd Ed.: Guidelines for Electrical Transmission Structural Loading – 2010.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SISMICA (AIS) – Reglamento Colombinao de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) – 2010.

CONSEIL INTERNATIONAL DES GRANDES RÉSEAUX ELECTRIQUES (CIGRÉ) – WG 22.06 Technical Brochure 178: Probabilistic Design of Overhead Transmission Lines – 2001.

CONSEIL INTERNATIONAL DES GRANDES RÉSEAUX ELECTRIQUES (CIGRÉ) – TF B2.11.04 Technical Brochure 273: Overhead Conductor Safe Design Tension with respect to Aeolian Vibrations – 2005.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI) – Transmission Line Reference Book: Wind-Induced Conductor Motion (The Orange Book) 2ndEd. - 2008.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS (ICONTEC) - NTC 3524: Electrotecnia. Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica - Guía para la selección y localización de amortiguadores tipo Stockbridge – 1993.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) – Technical Report IEC TR 61774 1st Ed.: Overhead Lines - Meteorological data for assessing climatic loads – 1997.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) – International Standard IEC 60826 3rd Ed.: Design Criteria of Overhead Transmission Lines – 2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) – International Standard IEC 60815-1: Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions– 1986.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA – REPUBLICA DE COLOMBIA (MINMINAS) Resolución No. 90708: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) – 2013

THE CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (CSA) – CSA International A14-00: Concrete poles – 2000.

THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. (IEEE) Standard 142: Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems – 1991

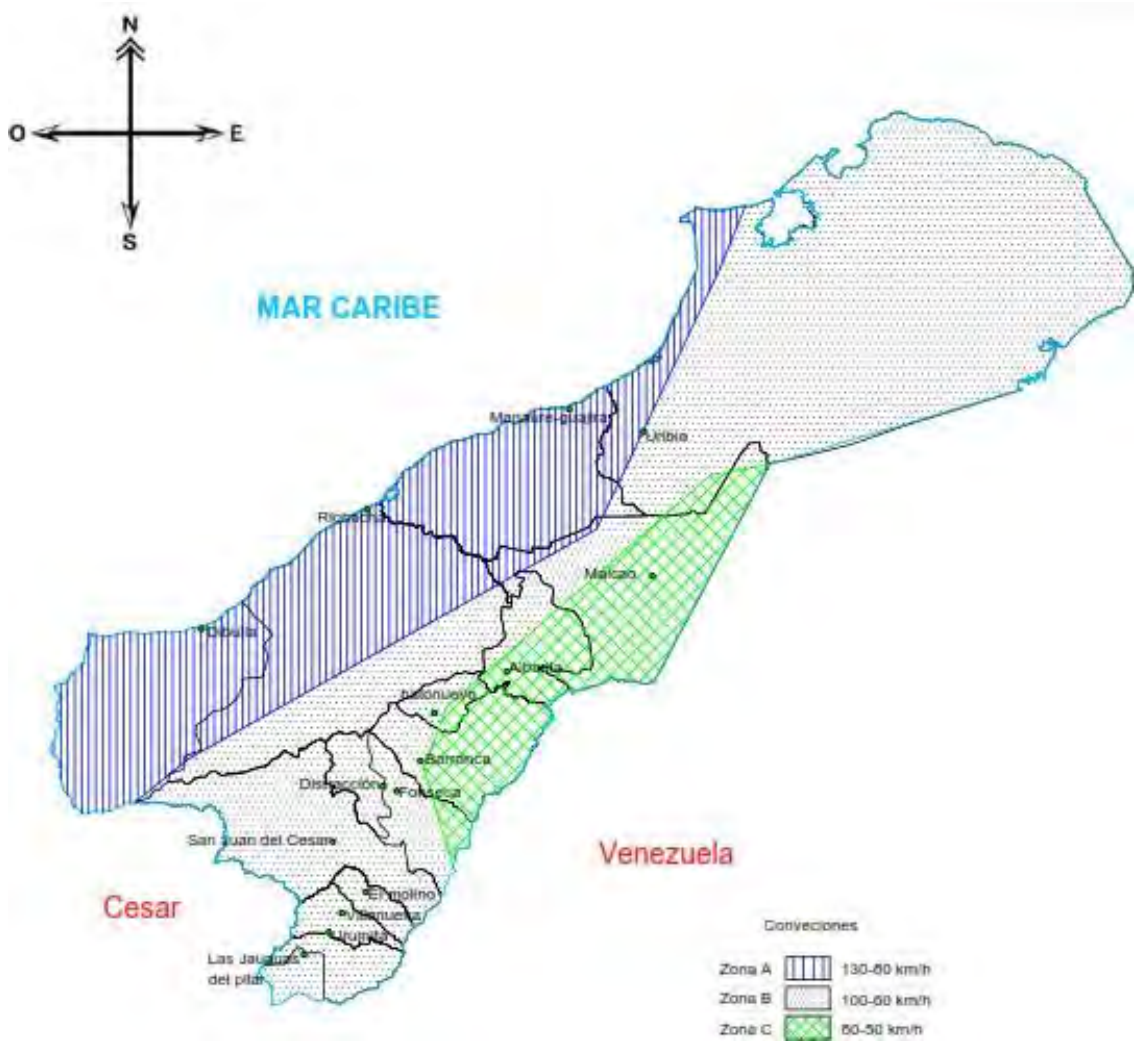
THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. (IEEE) Standard 738: Standard for Calculating the Current-Temperature of Bare Overhead Conductors – 2006

ANEXO A1

DELIMITACIÓN DE ZONAS POR DEPARTAMENTO

A1.1 PLANOS DE VIENTO

DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA



ANEXO TÉCNICAS DE MONTAJE
REDES BT
AIR-E

PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

1. Objeto y campo de aplicación

2. Ejecución del trabajo
   - 2.1 Apertura de hoyos
   - 2.2 Transporte y acopio de materiales
   - 2.3 Apertura de hoyos
   - 2.4 Cimentaciones
     - 2.4.1. Arena
     - 2.4.2. Piedra
     - 2.4.3. Cemento
     - 2.4.4 Agua
     - 2.4.5. Fabricación
   - 2.5 Izado de postes
   - 2.6 Retenidas
   - 2.7 Reposición del terreno
   - 2.8 Puesta a tierra
   - 2.9 Instalación de conductores

3. Materiales

4. Recepción de obra

TÉCNICAS DE MONTAJE

Anexo 1: Tendido de conductores trenzados de B.T.
Anexo 2: Instalación de cajas de derivación
Anexo 3: Instalación de conectores de perforación.

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El presente Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de líneas eléctricas aéreas realizadas según el PROYECTO TIPO DE AIR-E S.A.S. E.SP. LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS TRENZADAS DE B.T.

Las obras objeto del presente documento incluyen las construcciones de tipo civil, el suministro y montaje de los materiales necesarios en la construcción y la puesta en servicio de las líneas eléctricas aéreas de baja tensión con conductores trenzados en haz y con conductores concéntricos.

Los pliegos de condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

2. EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse de la forma descrita en los documentos contractuales y, donde no sea prescrita, según las directivas del Director de Obra.

Deberá revisar todas las condiciones existentes que puedan afectar al trabajo, y deberá hacer un reconocimiento cuidadoso de la ruta de las líneas, de forma que se familiarice con los detalles de construcción de las instalaciones.

El contratista pondrá a disposición de los municipios todos y cada uno de los servicios que estos demanden (vigilancia, control de tráfico, etc.)

El contratista será responsable de todos los desperfectos debidos a sus operaciones, así como de cualquier tipo de proceso judicial asociado a éstas, debiendo en cada caso reparar todos los desperfectos ocasionados a calles, cercas, inmuebles, etc.

El contratista deberá reparar a su propio cargo cualquier daño ocasionado a tuberías de agua, gas, y cualquier otro servicio, alcantarillas y aceras de la ciudad, debido a sus operaciones. De ser necesario desviará aquellas tuberías y canales que interfieran con la construcción de las cimentaciones de los postes, sin costo adicional.

De ser necesario y a juicio de la supervisión proveerá vigilancia y señales luminosas en sitio, cuando la obra en curso está ubicada en lugares de gran circulación peatonal y/o de vehículos o cuando por otras causas la supervisión lo considere oportuno.

También es responsabilidad del contratista el parcheo y reparación de las calles, a fin de que queden con el mismo tipo de terminación o mejor que la que tenía la calle antes de la apertura de las zanjas.

El contratista deberá prepararse a fin de terminar tramos completos diariamente y restablecer el servicio a los usuarios después de cada interrupción.

En las instalaciones a remodelar el contratista deberá tener en cuenta los demás servicios existentes en las mismas, y es su responsabilidad coordinar con cada una de las entidades interesadas el desmontaje de estos servicios y así como la nueva colocación de los mismos por parte de la entidad interesada después de que el contratista haya realizado sus instalaciones en la zona.

En todo caso el contratista será el responsable de la apariencia final de las líneas después de que estos servicios hayan sido recolocados en los postes.

2.1. TRAZO Y REPLANTEO

El contratista debe poseer los planos del proyecto de B.T. a fin de iniciar la actividad de replanteo. Una vez adquiridos estos documentos el contratista procederá a realizar el trazo y replanteo de la línea a construir. Para ello contará con personal altamente calificado y utilizará instrumentos de alta precisión para obtener cantidades exactas.

El contratista replanteará la ubicación de las estructuras, ejes y vértices de la línea a construir. Los puntos de ubicación definitiva de las estructuras serán debidamente marcados en el terreno con estacas o hitos fácilmente identificables y, en zona urbana, en los andenes mediante el uso de pintura. Se identificará las puestas a tierra y retenidas así como los puntos de instalación de C.T. Asimismo se identificarán los puntos de anclajes a fin de dejar previstos los agujeros de los postes en el sentido correcto.

2.2. TRANSPORTE Y ACOPIO DE MATERIALES

Los materiales que suministre **AIR-E S.A.S. E.S.P.** podrán entregarse al contratista en los almacenes de **AIR-E S.A.S. E.S.P.** y/o directamente del proveedor a las bodegas del contratista.

Los materiales serán entregados al contratista en perfecto estado de conservación. Las entregas podrán ser totales o parciales, según convenga.

En el caso que se disponga entregar los materiales en los almacenes de **AIR-E S.A.S. E.S.P.**, el contratista deberá proveerse del correspondiente vale de **AIR-E S.A.S. E.S.P.** El representante del contratista que se haga cargo del material, acreditará ser persona autorizada por él, entregándosele un resguardo en el que se indicará la clase de material entregado, fecha, etc., quedando una copia firmada por dicho representante en el almacén.

El contratista, a partir de la entrega de los materiales y medios auxiliares en el almacén de la empresa suministradora del material, tendrá a su cuenta y riesgo los gastos de carga, transporte, vigilancia y almacenamiento posterior.

La propiedad de los materiales entregados al contratista seguirá siendo de **AIR-E S.A.S. E.S.P.**, y aquél lo recibirá con carácter de depósito.

Al hacerse cargo del material, el contratista comprobará el estado del mismo, siendo a partir de este momento responsable de todos los defectos que sufra. Si descubriese el contratista algún defecto en el material retirado, deberá presentar inmediatamente la reclamación por escrito para que sea comprobado por **AIR-E S.A.S. E.S.P.**

AIR-E S.A.S. E.S.P. exigirá del contratista una póliza de seguros contra robo, avería en transporte y montaje del material entregado en compañía aseguradora de

reconocida solvencia. La existencia de materiales en bodega del contratista nunca podrá exceder el valor de la póliza.

El contratista queda obligado a colocar en los almacenes de **AIR-E S.A.S. E.S.P.** las bobinas vacías para su devolución a fábrica.

Del mismo modo, estará obligado a colocar por su cuenta en los citados almacenes todo el material sobrante.

Cuando el contratista sea el que suministre los materiales, cuidará de su carga y transporte desde su adquisición hasta la descarga en obra. Estos transportes serán por cuenta del contratista, siendo responsable de cuantas incidencias ocurran a los mismos hasta la recepción definitiva de la obra.

El contratista cuidará de que la carga, transporte y descarga de los materiales se efectúe sin que sufran golpes, roces o daños que puedan deteriorarlos.

El contratista tomará nota de los materiales recibidos, dando cuenta al director de obra de las anomalías que se produzcan.

- **Postes**

El transporte se hará de modo tal que los postes queden apropiadamente colocados sobre la caja del vehículo cuidando de que, debido a su longitud, puedan producirse desequilibrios por puntos de apoyo mal ubicados lo cual ocasionaría rajaduras o fisuras en los postes.

Se evitarán las sacudidas bruscas durante el transporte.

En la carga y descarga de los vehículos se evitarán toda clase de golpes o cualquier otra fuerza actuante que pueda producir el agrietamiento de los postes.

En el depósito de la obra se colocarán los postes manteniendo cierta separación de éstos con el suelo y entre ellos mismos (en el caso de unos encima de otros) con objeto de tener acceso para deslizar los estrobos, por lo que se pondrán, como mínimo, tres puntos de apoyo, los cuales serán tacos de madera y todos ellos de igual tamaño; por ninguna razón se utilizarán piedras para tal fin.

Los postes no serán arrastrados ni golpeados.

Desde el almacén de obra se transportarán con carros especiales o elementos apropiados al pie de apoyo.

Los estrobos a utilizar serán los adecuados para no producir daños en los apoyos. El Contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

- **Conductores y herrajes**

  Las bobinas, en sus diversos movimientos, serán tratadas con sumo cuidado, para evitar deterioros en los conductores y mantener el carrete de madera en buen estado de conservación.

  Para ello, en la carga y descarga se utilizarán mecanismos de elevación que eviten choques bruscos.

  Nunca se rodarán las bobinas en terrenos pedregosos que puedan ocasionar daños sobre los conductores.

  Las bobinas, en general, estarán almacenadas protegidas de sustancias que, por su acción, pudieran deteriorarlas o inutilizar los conductores.

2.3. APERTURA DE HOYOS

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las indicadas en el expediente técnico del proyecto.

Aquellas que excedan de las iníciales del Proyecto serán por cuenta del contratista, facturándose de acuerdo con las medidas dadas en el mismo.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar las excavaciones abiertas el menor tiempo posible, con el objeto de evitar accidentes.

Las tierras sobrantes deberán ser extendidas, si el propietario del terreno la autoriza, o retirarlas a vertedero en caso contrario.

El fondo de la excavación deberá ser plano y suficientemente compactado a fin de distribuir adecuadamente las cargas verticales actuantes.

El contratista tomará las precauciones que sean necesarias a fin de evitar la inundación del hoyo una vez abierto.

- En tierra

  Estas excavaciones se harán con pico y pala cuando las dimensiones de la cimentación así lo permitan. Se usarán cazo y barro en caso contrario.

  Se evitará remover mucho el terreno para que éste no pierda consistencia en la zona inmediata alrededor del hoyo.

  Una vez que el terreno esté nivelado, las paredes de los hoyos serán perpendiculares al terreno.

- En terreno con agua

  En condiciones normales se utilizará la bomba adecuada para achicar el agua filtrada y permitir el trabajo de excavación.

  Se realizará todo el proceso de colocación del apoyo lo más rápidamente posible, con el fin de evitar desprendimientos en las paredes del hoyo, aumentando las dimensiones del mismo.

- En terreno con roca

  El contratista utilizará el explosivo adecuado de las forma que la excavación real se ajuste los más posible a la teórica. Toda excavación adicional innecesaria causada por el uso indebido de los explosivos será por cuenta del contratista.

  Cuando se hace la excavación a base de explosivos se recomienda colocar cargas de pequeña potencia aunque sea necesario hacerlas en varias cargas para no remover mucho el terreno.

  Asimismo, el Contratista deberá tomar las precauciones adecuadas para que en el momento de la explosión no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correría a cargo del Contratista.

2.4. CIMENTACIONES

Si en el momento de realizar las excavaciones se apreciase que las características del terreno difieren a las indicadas en el proyecto, el contratista lo comunicará al director de obra siendo éste el que autorice un redimensionamiento nuevo de la cimentación.

Las cimentaciones se realizarán de acuerdo a lo indicado en el PROYECTO TIPO **AIR-E S.A.S. E.S.P.** DE LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS TRENZADAS DE B.T.

Salvo casos excepcionales las cimentaciones se realizarán mediante el compactado del terreno. En aquellos lugares donde las características del terreno no sean las apropiadas para este tipo de cimentación se empleará una cimentación monobloque de hormigón en masa.

Para todo caso se empleará hormigón de 21Mpa (3000 psi). El amasado de este se realizará siempre sobre chapas metálicas o superficies impermeables cuando se realice a mano, o en hormigoneras cuando así sea posible, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.

El poste será sostenido adecuadamente hasta que el hormigón haya fraguado evitando así pérdida de verticalidad o de alineación.

Al hacer el vertido se realizará el vibrado manual de la mezcla con objeto de hacer desaparecer las coqueras que pudieran formarse. No se dejarán las cimentaciones cortadas, ejecutándolas con hormigonado continuo hasta su terminación. Sí por fuerza mayor hubiera de suspenderse y quedara sin terminar, antes de proceder de nuevo al hormigonado se levantará la concha de lechada que tenga, con todo cuidado para no mover la piedra, siendo aconsejable el empleo suave del pico y luego del cepillo de alambre con agua, o solamente este ultimo si con él basta. Más tarde se procederá a mojarlo con una lechada de cemento e inmediatamente se procederá de nuevo al hormigonado.

Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.

Para los apoyos de hormigón, los macizos de cimentación quedarán 10 cm por encima del nivel del suelo, y se les dará una ligera pendiente como vierte-aguas.

Para los apoyos metálicos, los macizos sobrepasarán el nivel del suelo como mínimo 10 cm en terrenos normales, y 20 cm en terrenos de cultivo. La parte superior de este macizo estará terminada en forma de punta de diamante, a partir de mortero rico en cemento, con una pendiente de un 10% mínimo a modo de vierte-aguas.

Se tendrá la precaución de dejar un conducto para poder colocar el cable de tierra de los apoyos. Este conducto, en su parte superior, deberá coincidir a la altura de la salida del agujero para la línea de tierra que posee el apoyo.

2.4.1 ARENA

La arena empleada podrá proceder de ríos, canteras, etc. Debe ser limpia y no contener impurezas arcillosas u orgánicas. Será preferible la que tenga superficie áspera y de origen cuarzoso, desechando la de procedencia de terrenos que contenga mica o feldespato.

2.4.2 PIEDRA

Procederá de canteras o de graveras de río. Siempre se suministrará limpia. Sus dimensiones podrán estar entre 1 y 5 cm. Se prohíbe el empleo de piedras y arena unidas sin dosificación, así como cascotes o materiales blandos. En los apoyos metálicos, siempre previa autorización de AIR-E S.A.S. o del Director de Obra, podrá utilizarse hormigón ciclópeo.

2.4.3 CEMENTO

El cemento usado para concreto será el tipo Portland P-350 o equivalente fabricado en Colombia y deberá cumplir con los requisitos para el cemento Portland Tipo I, según la última revisión de la norma ASTM C-1 50. En el caso de terreno yesoso se empleará cemento puzolánico. El cemento deberá estar inalterado y libre de terrones en el momento

de usarse. El cemento usado para las obras deberá ser del mismo tipo y marca utilizado para el diseño de las mezclas.

2.4.4 AGUA

Se empleará aguas de río o manantial sancionadas como aceptables por la práctica, quedando prohibido el empleo de aguas de ciénagas.

Deberán rechazarse las aguas en las que se aprecie la presencia de hidratos de carbono, aceites o grasas.

Se descartará la utilización de agua de mar.

2.4.5 FABRICACIÓN

La dosificación de los materiales que constituyen el hormigón se realizará en peso y de tal modo que la resistencia del hormigón sea la adecuada para el uso al que se va a someter.

Cuando el hormigón no sea fabricado en central, el amasado se realizará con un periodo de batido, a la velocidad de régimen, no inferior a 90 s.

El fabricante de hormigón deberá documentar debidamente la dosificación empleada, que deberá ser aceptada expresamente por el Director de Obra.

En la obra existirá, a disposición del director de obra, un libro custodiado por el fabricante de hormigón que contendrá la dosificación nominal a emplear en la obra así como cualquier corrección realizada durante el proceso mediante la correspondiente justificación.

En este libro figurará la relación de proveedores de materias primas para la elaboración del hormigón, la descripción de los equipos empleados, y la referencia al documento de calibrado de la balanza para la dosificación del cemento. Así mismo figurará el registro del número de amasadas empleadas en cada lote y las fechas del hormigonado, con los resultados de los ensayos de resistencia del hormigón realizados.

En los casos en que el contratista pueda justificar, por experiencias anteriores, que con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones exigibles, podrá prescindir de los citados ensayos previos.

La temperatura de la masa del hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5 ºC.

Se prohibirá verter el hormigón sobre elementos (armaduras, encofrados, etc.) cuya temperatura sea inferior a 0 ºC.

En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes puede descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados.

No se hormigonará a temperaturas superiores a 40 ºC o con vientos excesivos.

Durante el fraguado y primer período de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado.

2.5. IZADO DE POSTES

La operación de izado de los postes debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea solicitado excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite elástico del material.

Se recomienda que sean izados con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

Se compactará el fondo de la excavación antes del izado de los postes, a fin de que el apoyo no se hunda en el terreno.

Cuando se construyan redes nuevas, la localización de los postes, al estar a escala en los planos, podría variar en el terreno, teniendo el contratista la responsabilidad de, antes de proceder a la realización de los trabajos, verificar la adecuada localización de los mismos y de sus vientos, de tal forma que no interfieran con entradas o que originen otro tipo de obstrucciones.

Al terminar el proceso de izado los postes que no lleven retenidas deberán estar perpendiculares al suelo y perfectamente alineados.

Aquellos postes que lleven retenidas deberán ser nivelados con una pequeña inclinación en el sentido contrario del conductor, de modo que después del tensado del conductor el apoyo adquiera su verticalidad.

2.6. RETENIDAS

Se utilizarán retenidas en los postes de fin de línea, anclaje y ángulo, o en aquellos otros postes en los cuales se requieran, intentando reducir su uso al mínimo posible.

Cualquier desviación de las normas por los detalles de la construcción generados por el contratista, deberá ser comunicada a la supervisión, la cual autorizará las soluciones de anclaje.

La retenida será solidariamente anclada al suelo con anclas adecuadas para estos fines y a la profundidad necesaria para soportar las tensiones.

La retenida se anclará con una varilla de acero galvanizado sujeta a su correspondiente ancla.

Deberá ser instalada antes del tendido de los conductores de línea y será tensada con una fuerza suficiente que incline ligeramente el poste en sentido contrario al de la línea, de manera tal que después de tensados los conductores, el poste adquiera su perpendicularidad y que no ceda en ningún caso.

En el caso de las retenidas directas a tierra inclinadas, la varilla de anclaje debe quedar formando un ángulo con el nivel del terreno no menor de 45° y no mayor de 60° dirigida hacia el punto de fijación en el poste.

El detalle de la instalación de retenidas se describe en el Pliego de Condiciones del Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas M.T. sin Neutro.

2.7. REPOSICIÓN DEL TERRENO

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado deberán ser extendidas, si el propietario del terreno lo autoriza, o retiradas a vertedero, en caso contrario. Estas operaciones serán a cargo del contratista.

Todos los daños serán por cuenta del Contratista, salvo aquellos aceptados por el Director de Obra.

2.8. PUESTA A TIERRA

Los apoyos de la línea deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con el Documento nº 2 Memoria del presente Proyecto Tipo y los planos de normas de construcción.

Se conectará a tierra el conductor neutro de la red de B.T. con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que se pueden originar en la propia instalación.

Los electrodos de puesta a tierra serán introducidos mediante medios mecánicos al suelo de tal manera que su parte superior quede bajo la superficie y permita la instalación de una caja de registro la cual servirá como medio de acceso y para mantenimiento.

Las configuraciones de puesta a tierra normalizadas se indican en el documento Nº 2 Memoria del Proyecto Tipo de Líneas Aéreas Trenzas de BT.

Luego de instalada la puesta a tierra el contratista realizará las mediciones pertinentes para verificar que el valor de la resistencia del electrodo cumpla con los requerimientos estipulados en la normativa vigente.

2.9. INSTALACIÓN DE CONDUCTORES

La preparación de las bobinas y las operaciones de desarrollado, tirado y colocación del haz sobre herrajes se ejecutarán con el mayor cuidado para evitar cualquier daño al aislamiento de los conductores.

Cualquier desperfecto real como torsión, aplastamiento o rotura de los conductores o de los alambres, rozadura de los conductores contra el suelo, contra los herrajes o contra cualquier objeto abrasivo, desgarrón del aislamiento, etc., debe obligatoriamente evitarse.

Las bobinas de los haces de conductores, almacenadas y protegidas de la humedad, no deben descargarse ni depositarse en lugares donde el polvo (arena, cemento, carbón, etc.) o cualquier otro cuerpo extraño pueda introducirse en el haz con peligro de deteriorar el aislamiento.

Las bobinas deben desarrollarse en un terreno desprovisto de asperezas. Este desarrollo se hace una vez para toda la longitud, siempre que sea posible. Se verificará en el curso de esta operación que el haz está completamente intacto, eliminando cualquier parte que presente deterioro.

Para el tendido de conductores es aconsejable utilizar poleas de madera o de aleación de aluminio en que la anchura y profundidad de la garganta tengan una dimensión mínima igual a una vez y media la del mayor diámetro del haz a tender. En el tendido se deben tomar todas las precauciones necesarias para evitar retorcer los conductores.

Las operaciones necesarias para el tendido son:

- Instalar los herrajes según los armados correspondientes y las poleas en todos los postes. Las poleas serán de aleación de aluminio de diámetro mínimo 23 veces el de los conductores El ancho y profundidad de las gargantas no serán inferiores a una vez y media el diámetro del haz de conductores de BT.

- Efectuar el tendido del conductor. Con objeto de evitar que el cable se extienda siguiendo su forma natural, la bobina estará dispuesta de forma tal que permita que el haz de conductores se desenrolle por su parte superior. La bobina estará montada sobre un eje soportado por gatos hidráulicos o sobre un portabobina para permitir que gire naturalmente.

- Operarios entrenados controlarán el giro de la bobina frenándola cuando sea necesario.

- El conductor trenzado se extenderá halándolo con una cuerda y pasándolo por las poleas sobre los postes, evitando que se arrastre por el suelo.

- Se regulará el tense de acuerdo con las tablas de tendido mostradas en los Anexos del Documento nº 2 Memoria del presente Proyecto Tipo. Para ello, previamente se determinará el vano de regulación.

- La temperatura se medirá cuidadosamente mediante un termómetro situado en las proximidades del conductor y colocado a la sombra de un apoyo.

- En general, se tensarán los conductores ligeramente por encima del tense requerido a fin de que al realizar el engrapado se consiga la flecha adecuada.

- Se evitará regular los tenses en horas en que la temperatura ambiente varía con rapidez, ya que puede provocar errores el hecho de que las variaciones de temperatura son mucho más rápidas en el aire que en los conductores.

Es aconsejable esperar 24 horas antes de amarrar definitivamente los conductores, para permitir que se igualen las tensiones en los vanos por efecto de las oscilaciones de los conductores.

2.10. DESMONTAJE DE REDES

El contratista ejecutará el desmontaje de las redes existentes una vez energizada y puesta en servicio la red nueva.

Antes de realizar en trabajo en sí, se realizará un inventario de todos los materiales y estructuras existentes a desmontar el mismo que será aprobado por el Director de Obra.

Los materiales desmontados serán entregados a AIR-E en los almacenes que la empresa disponga firmándose un Acta de Entrega como constancia.

En caso de que los materiales pertenezcan a la comunidad o terceros se hará la entrega a los propietarios igualmente con la firma del Acta de Entrega.

3. MATERIALES

Todos los materiales empleados en la obra serán de primera calidad y cumplirán los requisitos que exige el siguiente Pliego de Condiciones. El director de obra se reserva el derecho de rechazar aquellos materiales que no ofrezcan suficientes garantías.

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el contratista siempre que no se especifique lo contrario en el pliego de condiciones particulares.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el director de obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el director de obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

Las características técnicas y constructivas de los materiales utilizados en las líneas de MT están previstas en las Especificaciones Técnicas respectivas. El contratista suministrará los materiales que cumplan estrictamente estos requerimientos.

4. RECEPCIÓN DE OBRA

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones del presente Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Una vez finalizadas las instalaciones, el contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirá la medición de la conductividad de las tomas de tierra y las pruebas de aislamiento pertinentes.

El Director de Obra contestará por escrito al Contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.
AIR-E S.A.S. ESP realizará las pruebas de puesta en servicio a fin de proceder a la recepción de la obra.

TECNICAS DE MONTAJE

ANEXO 1. TENDIDO DE CONDUCTORES TRENZADOS DE BAJA TENSIÓN

1. TENDIDO DEL CONDUCTOR TRENZADO

Desde los centros de transformación saldrán las líneas principales de alimentación, desde estas saldrán las derivaciones para cubrir la zona a abastecer por el circuito, que alimentarán las diversas acometidas o terminará directamente en un suministro determinado.

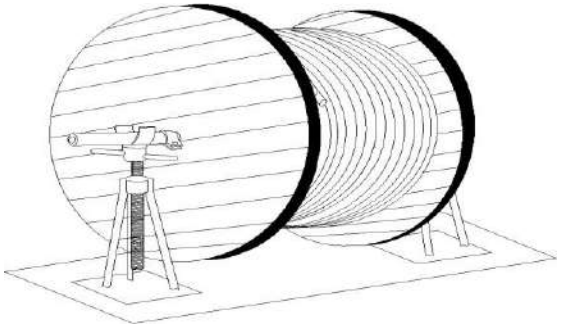
Antes de iniciar todo trabajo de tendido de conductores, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Colocar las señales de aviso y protección de la zona de trabajo, e identificar al ejecutor de los trabajos.
- ✓ No iniciar las tareas sin antes delimitar y proteger completamente la zona de trabajo.
- ✓ Identificar los riesgos potenciales.
- ✓ En caso de que sea necesario pasar el conductor por encima de otros conductores eléctricos, se debe verificar que estos estén desenergizados. De no ser posible, se debe instalar una protección o barrera para evitar el contacto con ellos.
- ✓ La superficie de la garganta de las poleas será lisa y exenta de porosidades y rugosidades. No se permitirá el empleo de poleas que por el uso presenten erosiones o acanaladuras provocadas por el paso de las cuerdas o cables.
- ✓ Las paredes laterales de las poleas estarán inclinadas formando un ángulo entre sí comprendido entre 20º y 60º para evitar enganches.
- ✓ El diámetro de la polea estará comprendido entre 25 y 30 veces el diámetro del conductor.

Se comprobará que todos los elementos y componentes de la instalación de la Red Trenzada en Baja Tensión, coinciden con su desarrollo en el proyecto. Se realizará un replanteo, detallando el numero de accesorios que se van a utilizar, de acuerdo con los puntos de apoyo, empalmes, derivación, etc.

La bobina estará siempre elevada y sujeta por un eje y gatos de potencia apropiados al peso de ésta, anclándose mediante el número suficiente de puntos que aseguren su inmovilidad. Las bobinas no serán levantadas por medio de herramientas de material, tamaño o curvatura que pudieran causar daño. (Ver figura 1)

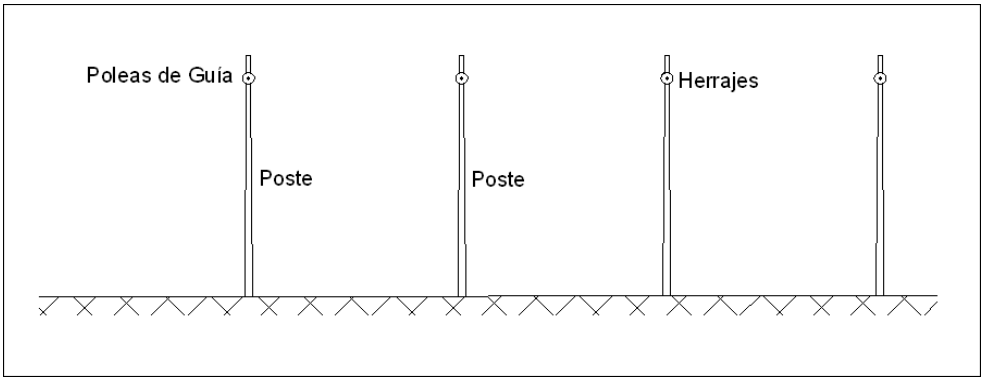
Fig. 1 Fijación gatos soporta bobinas



Debe descartarse como punto de apoyo para el tendido cualquier elemento que conforme parte de la propiedad privada, como por ejemplo: balcones, rejas, ventanas etc.

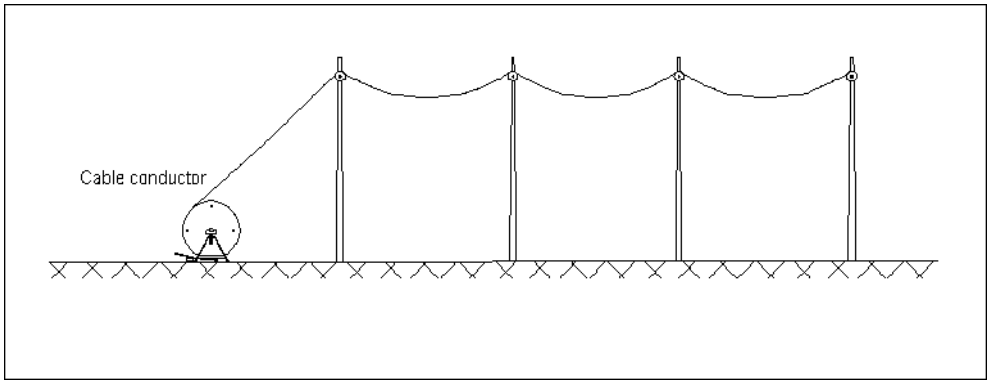
El primer paso para el tendido de los conductores, constará de la fijación de todos los herrajes y poleas previstos para la instalación. (Ver figura 2).

Figura 2. Fijación de Herrajes y Poleas



En el segundo paso se procederá al desenrollado del conductor de la bobina. El tiro del conductor se hará de tal manera que se eviten retorcimientos y torsiones. Se apoyará el conductor sobre las poleas en todo su recorrido, de forma tal que quede provisionalmente soportado por ellas. Para esto los trabajadores deberán subir a los postes para colocar el conductor en ellas, dichas poleas estarán provistas de cojinetes y tendrán una superficie lisa a fin de que la fricción sea reducida al mínimo. (Ver figura 3).

Figura 3. Montaje de Conductor sobre Poleas.



Por último se separará del haz los neutros portantes o fiadores de acero y se fijarán los amarres del conductor a los herrajes previamente instalados, como grapas de retención, grapas de suspensión, aisladores carretes, etc. El neutro irá conectado al sistema de puesta a tierra en los puntos donde se indique en el plano del proyecto.

ANEXO 2. INSTALACIÓN DE CAJAS DE DERIVACION

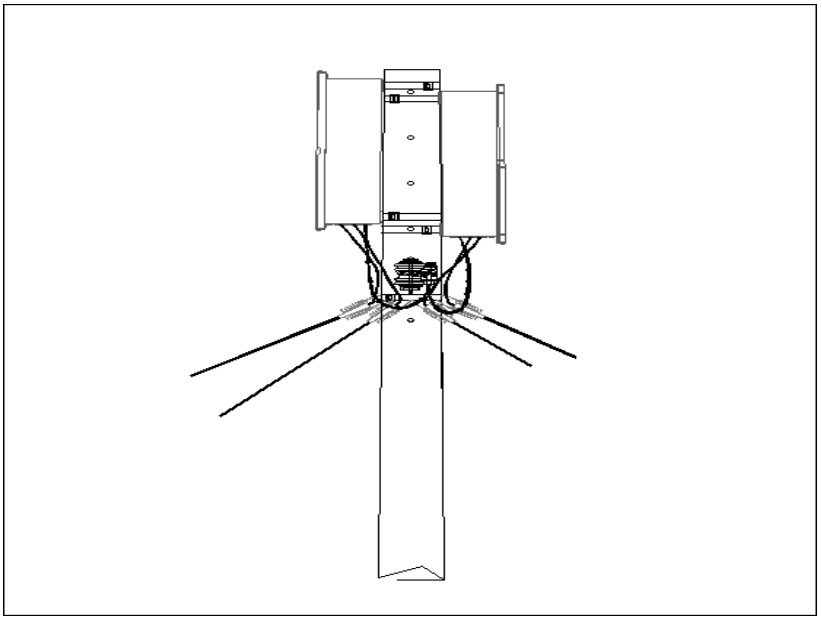
1. INSTALACIÓN DE CAJAS DE DERIVACIÓN

Las cajas de derivación estarán diseñadas para albergar hasta cuatro u ocho acometidas, y podrán ser instaladas sobre el poste.

La instalación sobre el poste se realizará con cinta y hebilla de acero inoxidable, tal como se muestra en la figura 1.

La posición de la caja durante la instalación, deberá quedar en forma tal que facilite la derivación vertical de las acometidas aéreas.

Figura 1. Caja de Derivación Instalada sobre Poste



En el caso que se utilicen configuraciones especiales en BT, como la utilización de la red chilena se deberá tener en cuenta el procedimiento para la Instalación de Configuraciones Especiales en BT, estipulados en las normas de construcción respectivas.

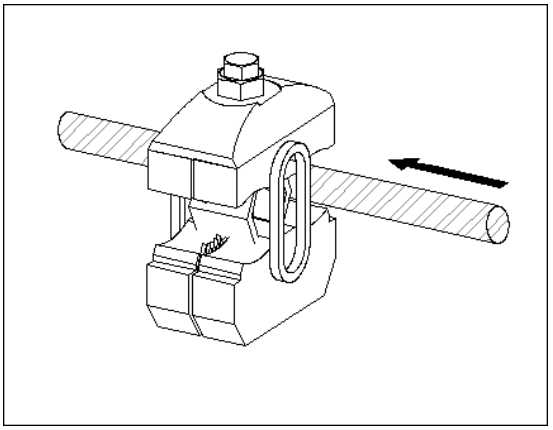
La conexión de la caja de derivación deberá hacerse en ausencia de tensión, respetando y cumpliendo las reglas de oro, se deberá verificar el diseño, calibre de conductores, y usuarios a energizar. Para todos los procedimientos a realizar, remitirse a las normas de construcción.

ANEXO 3. INSTALACIÓN DE CONECTORES DE PERFORACIÓN

1. INSTALACIÓN DE CONECTORES DE PERFORACIÓN

Se deberá seleccionar el conector de perforación de acuerdo con el calibre de los conductores principal y derivado. Una vez seleccionados los calibres, se insertará el conductor derivado totalmente en el capuchón del conector como se muestra en la figura 1.

Figura 1.
Conductor derivado colocado en conector



Seguidamente se posicionará el conector sobre el conductor principal, verificando que el conector quede alineado con los ejes de los conductores (principal y derivado). Se apretará con la mano el tornillo hasta que el conjunto cables-conector queden ajustados y se sostengan. (Ver figura 2 y 3).

Figura 2.
Conductor principal en conector

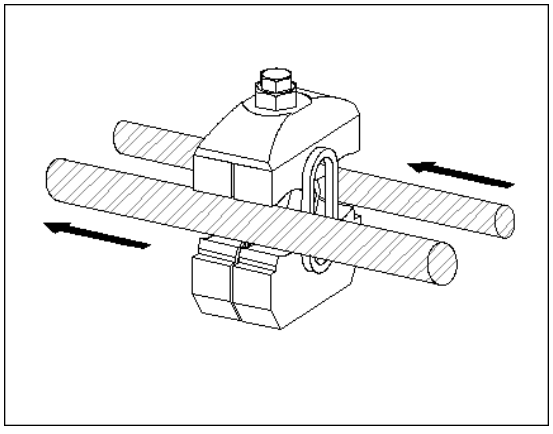
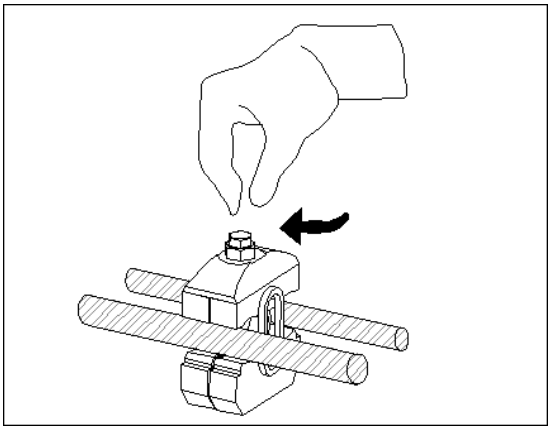
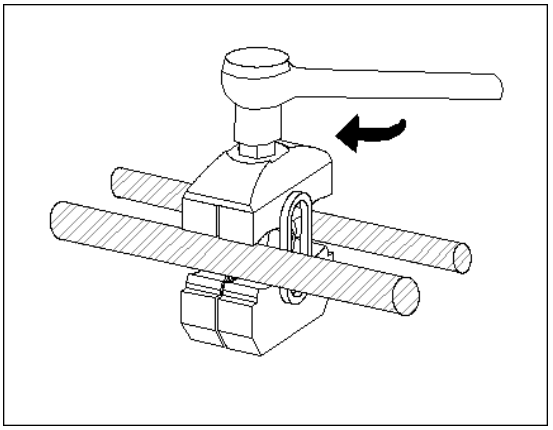


Figura 3.
Apriete manual



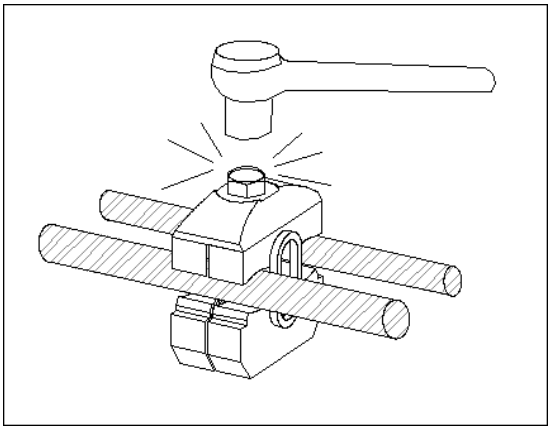
Se utilizará una herramienta de apriete (llave o ratchet) de acuerdo al diámetro de la cabeza del tornillo, y se apretará. (Ver figura 4).

Figura 4.
Apriete final con herramienta



La instalación terminará cuando la cabeza fusible del tornillo se quiebre. (Ver figura 5).

Figura 5.
Quiebre de cabeza de tornillo



MEMORIA DE CONSTRUCCIÓN
REDES MT
AIR-E

ÍNDICE

Pág.

1. OBJETO 9
2. GLOSARIO DE TÉRMINOS 10
3. DELIMITACIÓN DE ZONAS PARA EL DISEÑO DE LÍNEAS 13
3.1. ZONAS POR VELOCIDAD DE VIENTO 13
3.2. ZONAS POR NIVELES DE CONTAMINACIÓN 14
4. ELEMENTOS DE LAS LÍNEAS 15
4.1. AISLAMIENTO 15
4.2. CONDUCTORES 17
4.3. CABLE DE GUARDA 19
4.4. POSTES Y CIMENTACIONES 20
4.4.1. Postes 20
4.4.2. Cimentaciones 22
4.5. ESTRUCTURAS 23
4.6. RETENIDAS 28
4.6.1. Consideraciones respecto a la instalación de la retenida 31
4.7. PUESTA A TIERRA 34
4.7.1. Generalidades 34
4.7.2. Conductor a tierra 34
4.7.3. Electrodo de Puesta a Tierra 35
4.8. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y/O MANIOBRA 35
4.8.1. Conexión de clientes a la red de media tensión de 13,2 kV 35
4.8.1.1. Aspectos generales 35
4.8.1.2. Conexión de cargas potencialmente perturbadoras 38
5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD 39
5.1. GENERALIDADES 39
5.2. DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS SOPORTADOS EN LA MISMA ESTRUCTURA 39
5.2.1. Distancia entre conductores de línea 39
5.2.2. Distancia de conductores o elementos energizados a soportes y demás elementos conectados normalmente a tierra. 40
5.2.3. Distancia entre conductores energizados de distinta fase del mismo o diferente circuito (Derivaciones) 40

5.2.4. Distancia vertical sobre suelo de equipo de servicio eléctrico instalado en estructuras 41
5.3. CRUZAMIENTOS 41
5.3.1. Líneas eléctricas y de telecomunicación soportadas por diferentes estructuras 41
5.3.2. Distancias mínimas en cruzamientos con diferentes lugares y situaciones 42
5.4. PASO POR ZONAS 44
5.4.1. Paso por zonas con edificaciones 44
5.4.2. Bosques, árboles y masas de arbolado 45
5.5. PARALELISMOS 45
5.5.1. Con líneas eléctricas 45
5.5.2. Con líneas de telecomunicación 46
5.5.3. Con retenidas y mensajeros sujetos a la misma estructura 46
5.5.4. Carreteras, caminos y calles 46
5.5.5. Vías de ferrocarril 46
6. CALCULO ELÉCTRICO 48
6.1. CORRIENTE NOMINAL 48
6.2. CAÍDA DE TENSIÓN 48
7. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (PAT) 50
7.1. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR A TIERRA 50
7.2. SELECCIÓN DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA 50
8. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES 52
8.1. GENERALIDADES 52
8.2. HIPÓTESIS Y LÍMITES DE TENSIÓN MECÁNICA 52
8.3. PESO UNITARIO APARENTE DEL CONDUCTOR 55
8.4. VANOS IDEALES DE REGULACIÓN 57
8.5. TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO Y TABLAS DE TENDIDO 57
8.6. CURVAS DE PLANTILLADO 58
8.7. TABLAS DE REGULACIÓN 59
9. CÁLCULO MECÁNICO DE POSTES 60
9.1. GENERALIDADES 60
9.2. HIPÓTESIS NORMALES 62
9.2.1. Esfuerzos verticales 62
9.2.2. Esfuerzos horizontales transversales 62
9.2.2.1. Por viento en postes, aisladores y equipos 62
9.2.2.2. Por excentricidad del peso propio de conductores 64
9.2.2.3. Por conductores en postes AL 65

9.2.2.4. Por conductores en postes ANG 65
9.2.2.5. Por conductores en postes ANC 66
9.2.2.6. Por conductores en postes FL 66
9.2.3. Esfuerzos horizontales longitudinales 67
9.2.3.1. Por desequilibrio real de tensiones 67
9.2.3.2. Por excentricidad del peso propio de equipos 68
9.3. HIPÓTESIS ANORMALES 68
9.3.1. Esfuerzos verticales 68
9.3.2. Esfuerzo horizontal longitudinal 68
9.3.3. Esfuerzo longitudinal por rotura de conductores 69
9.4. SELECCIÓN DEL POSTE AUTOSOPORTADO 70
9.4.1. Esfuerzos últimos y factores de mayoración 70
9.4.2. Método de selección poste de hormigón autosoportado 71
10. CÁLCULO MECÁNICO DE RETENIDAS 72
10.1. RETENIDAS 72
10.1.1. Retenida Bisectora. Método Simplificado 73
10.1.1.1. Postes tipo ANG 73
10.1.1.2. Postes tipo FL y ANC (0º) 74
10.1.2. Conjunto a 90°. - Método Simplificado 76
10.2. Ancla de la retenida 81
11. CÁLCULO DE CIMENTACIONES 82
11.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE TERRENO 82
11.2. MÉTODO DE CÁLCULO 83
11.2.1. Consideraciones generales 83
12. ANÁLISIS DE RIESGO POR RAYOS 86
13. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO 89
13.1. CRITERIOS RELACIONADOS CON LA ESCOGENCIA DE LA ZONA DE CONTAMINACIÓN Y DE VIENTO 89
13.2. CRITERIOS RELACIONADOS CON EL TRAZADO DE LA LÍNEA 89
13.3. CRITERIOS RELACIONADOS CON LA SELECCIÓN DEL CONDUCTOR. 90
13.4. CRITERIOS RELACIONADOS CON LA SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN. 90
13.5. CRITERIOS RELACIONADOS CON LA SELECCIÓN DE POSTES 90
13.6. CRITERIOS PARA EL MUESTREO DE SUELOS 90
14. NORMAS 91

ANEXO A. TABLAS DE APLICACIÓN

A1 DELIMITACIÓN DE ZONAS POR DEPARTAMENTO
- A1.1 Planos de viento
- A1.2 Planos de niveles de contaminación

A2 TABLAS DE CONSTANTE DE REGULACIÓN

A3 TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO
- A3.1 Área Urbana tense normal
- A3.2 Área Urbana tense reducido
- A3.3 Área Rural

A4 TABLAS DE TENDIDO
- A4.1 Área Urbana tense normal
- A4.2 Área Urbana tense reducido
- A4.3 Área Rural
- A4.4 Tablas de Tendido para Vano Flojo

A5 VANO MÁXIMO ADMISIBLE
- A5.1 Limitado por separación de conductores
- A5.2 Limitado por altura de poste
- A5.3 Limitado por eolovano y capacidad poste

A6 TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO PARA POSTES
- A6.1 Angulo máximo para postes autosoportados en 13,2 kV
  - A6.1.1 Rural
  - A6.1.2 Urbana
  - A6.1.3 Urbana Red Mixta
- A6.2 Angulo máximo para postes autosoportados en 34,5 kV
  - A6.2.1 Rural
  - A6.2.2 Urbana
  - A6.2.3 Urbana Red Mixta

A7 TABLAS DE CIMENTACIONES
- A7.1 Cimentaciones Directamente Empotradas
- A7.2 Cimentaciones Monobloques Cilíndricas
- A7.3 Cimentaciones Monobloques Prismáticas

ANEXO B. FUNDAMENTOS PARA DISEÑAR

B1 CÁLCULO ELÉCTRICO DE CONDUCTORES
- B1.1 Resistencia
- B1.2 Reactancia inductiva
- B1.3 Constante regulación
- B1.4 Pérdida de potencia
- B1.5 Potencia a transportar

B2 APLICACIÓN DEL IEC 60826/03
- B2.1 Vientos máximos y reducidos por zona y área
- B2.2 Sobrecarga por viento en conductores
- B2.3 Fuerza por viento sobre postes
- B2.4 Fuerza por viento sobre aisladores
- B2.5 Fuerza por viento sobre equipos
- B2.6 Factores de mayoración y coeficientes de seguridad

B3 ECUACIÓN DE CAMBIO DE CONDICIONES
- B3.1 Catenaria
  - B3.1.1 Curva de equilibrio de un hilo
  - B3.1.2 Cálculo de tensiones
  - B3.1.3 Cálculo de flechas
- B3.2 Ecuación cambio de condiciones
  - B3.2.1 Generalidades
  - B3.2.2 Método de resolución (Cardano-Bombelli)
  - B3.2.3 Tablas de regulación (método exacto)

B4 AMORTIGUADORES
- B4.1.1 Criterios de utilización
- B4.1.2 Cantidad y ubicación de amortiguadores

B5 METODOLOGIA PARA EL CÁLCULO DEL SISTEMA DE PAT
- B5.1 Calculo de la Resistencia de PAT para un electrodo de difusión vertical
- B5.2 Calculo de la Resistencia de PAT para un anillo cerrado en cable
- B5.3 Pautas para el mejoramiento de la resistencia de PAT

B6 TEORÍA CÁLCULO MECÁNICO DE POSTES
- B6.1 Esfuerzo vertical último postes de concreto
- B6.2 Teoría del Gravivano
- B6.3 Teoría del Eolovano

B7 TEORÍA CÁLCULO CIMENTACIONES
- B7.1 Glosario de Términos
- B7.2 Criterios de Cálculo
- B7.3 Filosofía de Diseño
- B7.4 Teoría de Cálculo de Cimentaciones
- B7.6 Cálculo del peso de la tierra gravante
- B7.4 Cálculo del peso de la napa de agua
- B7.5 Cálculo cimentaciones en terrenos flojos
- B7.6 Características de los terrenos

B8 TEORÍA DE RETENIDAS
- B8.1 Retenidas
  - B8.1.1 Cable de Retenida
  - B8.1.2 Fuerza Residual y Fuerza de Compresión en el poste
  - B8.1.3 Pretensionado de la Retenida
- B8.2 Anclas
  - B8.2.1 Dimensionamiento del Ancla tipo Bloque de Hormigón
  - B8.2.2 Dimensionamiento del Ancla tipo Pirámide Truncada

B9 CÁLCULO DE LA TASA DE SALIDA POR DESCARGAS ATMOSFÉRICAS
- B9.1 Densidad de Rayos a Tierra y Número de Rayos Incidentes
- B9.2 Cálculo de Salidas por Fallas de Apantallamiento
- B9.3 Cálculo de Salidas por Flameos Inversos. Método de Anderson

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 - Velocidad de Viento por zona 13
Tabla 2 - Aislamiento de acuerdo a los Niveles de contaminación para 13,2 kV 15
Tabla 3 - Aislamiento de acuerdo a los Niveles de contaminación para 34,5 kV 15
Tabla 4 - Características Generales de los Aisladores Tipo Poste 16
Tabla 5 - Características Generales de los Aisladores Tipo Cadena 17
Tabla 6 - Conductores de acuerdo a los Niveles de contaminación 17
Tabla 7 - Características Generales de los Conductores ACSR 18
Tabla 8 - Características Generales de los Conductores AAAC 19
Tabla 9 - Características Generales de los Postes de Hormigón 21
Tabla 10 - Características Generales de los Cables de Acero Galvanizado 30
Tabla 11 - Características Generales de las Varillas de Anclaje 31
Tabla 12 - Características Generales de los Aisladores Tensores 31
Tabla 13 - Características Generales de la Pletina de Sujeción de Retenida 31
Tabla 14 - Características Generales de los conductores a tierra 34
Tabla 15 - Características Generales de los electrodos de PAT 35
Tabla 16 - Distancias de seguridad vertical sobre el suelo 41
Tabla 17 - Distancias mínimas verticales para cruce de líneas 42
Tabla 18 - Altura mínima de conductores sobre diferentes superficies 43
Tabla 19 - Distancia mínima de conductores al paso por diferentes zonas 44
Tabla 20 - Separación mínima a estructuras varias (m) 45
Tabla 21 - Separación mínima entre conductores y líneas de comunicación paralelos (m) 46
Tabla 22 - Valores típicos de resistividad del terreno 50
Tabla 23 - Configuraciones PAT de acuerdo a Resistividad Aparente del Terreno 51
Tabla 24 - Hipótesis de cálculo mecánico 53
Tabla 25 - Límites de tensión mecánica 54
Tabla 26 - Fuerza unitaria de viento por conductor 56
Tabla 27 - Peso unitario aparente por conductor 56
Tabla 28 - Hipótesis y tipos de esfuerzos 60
Tabla 29 - Esfuerzo equivalente por viento sobre el poste 63
Tabla 30 - Esfuerzo equivalente por viento sobre el aislador tipo poste 64
Tabla 31 - Hipótesis Normales para postes de hormigón 70
Tabla 32 - Hipótesis Anormales para postes de hormigón 70
Tabla 33 - Capacidad mecánica de postes 71
Tabla 34 - Formulación Método Simplificado para Poste Autosoportado 72
Tabla 35 - Retenida Bisectora Poste ANG 73
Tabla 36 - Retenida Bisectora Comprobación a Flexión Poste ANG 74
Tabla 37 - Retenida Bisectora Poste FL y ANC 74
Tabla 38 - Retenida Bisectora Comprobación a Flexión y Torsión Poste FL y ANC 75
Tabla 39- Coeficientes A, B y C Retenida Bisectora 76
Tabla 40 - Conjunto a 90° Poste ANG 76
Tabla 41 - Conjunto a 90° Comprobación a Flexión Poste ANG 78
Tabla 42 - Coeficientes A, B y C Conjunto a 90° 79
Tabla 43 - Capacidad vertical de postes de concreto con retenidas 80
Tabla 44 - Dimensiones anclas de concreto reforzado 81
Tabla 45 - Tipificación de terrenos y sus características 82

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1- Mapa de Vientos 13
Figura 2 – Mapa de Niveles de Contaminación 14
Figura 3 - Solado base 23
Figura 4- Retenida Bisectora 28
Figura 5 - Conjunto a 90º 29
Figura 6 - Retenida a Poste Auxiliar 29
Figura 7 - Retenida Directa a Tierra 30
Figura 8 - Distancias de seguridad en zonas de construcciones 44
Figura 9 - Diagrama Caída de Tensión 48
Figura 10 - Peso unitario aparente 55
Figura 11 - Curva de plantillado (parábola máxima) 58
Figura 12 - Sistema cartesiano de esfuerzos 60
Figura 13 - F^*_{TEC} 64
Figura 14 - F_{TVC} 66
Figura 15 - Desequilibrio real de tensiones 67
Figura 16 - 50% de desequilibrio de tensiones 68
Figura 17- Rotura de conductor 69
Figura 18 - Fuerzas actuantes sobre poste retenido 73
Figura 19 - Dimensiones del Ancla de Concreto 81
Figura 20 - Cimentación 84
Figura 21 – Matriz de riesgo de descargas atmosféricas 86
Figura 22 – Configuraciones para niveles de riesgo medio a muy alto. 88

1. OBJETO

El objeto del presente documento Memoria es establecer las características técnicas que debe cumplir la construcción de redes aéreas desnudas de MT para 13,2 y 34,5 kV en el sistema eléctrico operado por AIR-E S.A.S.S. E.S.P. en Colombia.

2. GLOSARIO DE TÉRMINOS

ANCLAJE: Poste cuya función es contener ó evitar la propagación de una falla como consecuencia de la rotura de un conductor.

ARMADO: Conjunto de materiales cuya función es sostener los conductores en el poste, definiendo la ubicación espacial de los mismos.

ASCE: American Society of Civil Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles).

BAYONETA: Estructura de perfiles angulares metálicos cuya función es soportar el cable de guarda de la línea eléctrica de media tensión.

CABLE DE GUARDA: Cable sin tensión eléctrica tendido en paralelo y sobre los conductores de fase de una línea de media tensión. Se instala en la parte superior de las estructuras y sirve como cobertura o apantallamiento para los conductores ante las descargas atmosféricas.

CANTON: Conjunto de vanos comprendidos entre dos postes con cadenas de amarre, donde se tiende y se regula el conductor.

CIGRE: International Council On Large Electric Systems (Consejo Internacional de Grandes Sistemas Eléctricos).

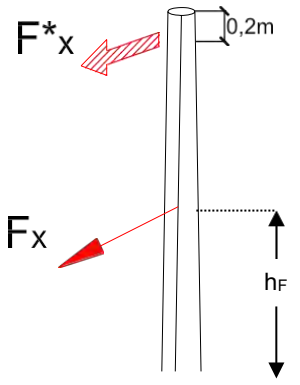
CIMENTACIÓN: Obra civil cuya función es transmitir las cargas de los postes al suelo, distribuyéndolas de manera que no superen su presión admisible.

CURVAS DE PLANTILLADO: Curvas que muestran la geometría del conductor tendido. Se utilizan durante la etapa de distribución de postes a lo largo del perfil longitudinal de la línea, para comprobar los requerimientos de distancias eléctricas de seguridad e identificar los postes sometidos a tracción ascendente.

EOLOVANO: Distancia para determinar la carga transversal debido a la acción del viento sobre los conductores. Se calcula como la semisuma de las longitudes de los vanos anterior y posterior.

ESFUERZO EQUIVALENTE: de una fuerza Fx, aplicada a una altura h_F del poste, es aquella que crea el mismo momento flector que Fx, pero aplicada a la misma altura que el esfuerzo nominal del poste. Se calcula así:

$$F^*_x = \frac{h_F}{h_N} . F_x$$



donde:

F_x^*: Esfuerzo EQUIVALENTE de la fuerza F_X (daN)
F_X: Fuerza x aplicada en el punto h_F (daN)
h_F: Altura del punto de aplicación de F_X medida desde la base del poste (m)
h_N: Altura donde está referido el esfuerzo nominal del poste (Altura libre menos 0,2 m)

GRAVIVANO: Distancia para determinar la carga vertical debido al peso propio del conductor.

HIPOTESIS DE CÁLCULO MECÁNICO: Conjunto de los casos climáticos más representativos a los que estaría expuesto el conductor de la línea. Corresponden a combinaciones de temperaturas y sobrecargas durante las cuales se espera que el conductor trabaje dentro de unos límites de tensión mecánica específicos.

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

IEC/CEI: International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).

NIVELES DE CONTAMINACIÓN: Equivale al grado de contaminación ambiental al que se encuentran expuestas las líneas de distribución. Los niveles se definen de acuerdo al grado de exposición de las líneas a la salinidad marina, contaminación industrial, polución, etc.

PROYECTO ESPECIFICO: Es un documento que hace parte del proyecto tipo. Establece un modelo para el diseño de una línea que regula: presentación de los cálculos eléctricos y mecánicos, presentación de planos, informe de cruzamientos y paso por zonas, presupuesto de obra, etc.

PUESTA A TIERRA: Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – Colombia. Fija los parámetros mínimos de seguridad para las instalaciones eléctricas.

SISTEMA ELÉCTRICO: Conjunto de medios y elementos útiles para la generación, transporte, distribución y uso final de la energía eléctrica.

TABLA DE CÁLCULO MECÁNICO: Tabla que indica las tensiones y flechas que presenta el conductor, para distintos valores de vano regulador, en cada una de las hipótesis de cálculo mecánico.

TABLA DE REGULACIÓN: Tabla que indica las tensiones con las que se deberá tender el conductor en un cantón determinado, bajo las condiciones climáticas señaladas en la Tabla de Tendido. Además, indica el valor de la flecha que se espera en cada vano que conforma el cantón.

TABLA DE TENDIDO: Tabla que indica las tensiones y flechas que presenta el conductor, para distintos valores de vano regulador, en aquellas condiciones climáticas establecidas (temperaturas sin sobrecarga) para el tendido en un cantón de la línea.

TENSE NORMAL: Surge de aplicar las condiciones iniciales en la tensión del conductor, según la directriz de la Cigré.

TENSE REDUCIDO: Se calcula a partir de considerar una única condición inicial de tensión (CHS 8%) más restrictiva que la de tense normal. Su aplicación es para cantones cuyo vano regulador es menor o igual a 50 metros en áreas urbanas.

TENSION DE SERVICIO: Valor de tensión, bajo condiciones normales, en un instante dado y en un nodo del sistema. Puede ser estimado, esperado o medido.

VANO: Distancia horizontal entre postes contiguos en una línea de distribución.

VANO REGULADOR: Vano a considerar para obtener la tensión mecánica que se debe dar al conductor en un cantón, de manera que se puedan obtener las tensiones y flechas en todos los vanos individuales, para cualquier condición climática que se presente en la línea.

VIENTO DE RÁFAGA: Velocidad de viento que corresponde al promedio de las velocidades observadas durante un período de 3 segundos. Se expresa en km/h.

VIENTO MÁXIMO: Viento máximo de ráfaga, con período de retorno de 36 años, a considerar para calcular la sobrecarga transversal máxima esperada en los elementos de la línea (conductores, aisladores, postes, etc.).

VIENTO REDUCIDO: Viento ráfaga calculado con un período de retorno de 3 años. Se obtiene a partir del viento máximo según el Estándar IEC 60826/2003. Se utiliza en la hipótesis de rotura de conductores, siguiendo la tercera medida de seguridad recomendada por IEC 60826/2003.

VIENTO SOSTENIDO: Velocidad de viento que corresponde al promedio de las velocidades observadas durante un período de 10 minutos. Se expresa en m/s.

PERIODO DE RETORNO VARIABLE CLIMÁTICA: Es la estimación del intervalo de tiempo entre eventos climáticos de cierta intensidad. El período de retorno teórico es el inverso de la probabilidad de que la intensidad del evento climático exceda al valor máximo en un año.

3. DELIMITACIÓN DE ZONAS PARA EL DISEÑO DE LÍNEAS

Para todos los Proyectos Específicos diseñados en el área de operación de AIR-E S.A.S.S. E.S.P., se debe definir la zona territorial donde se encuentra emplazada la línea objeto del proyecto, determinada por las velocidades de viento y los niveles de contaminación.

3.1. ZONAS POR VELOCIDAD DE VIENTO

En la Tabla 1 se presentan las velocidades de viento establecidas para el diseño de líneas aéreas MT.

Tabla 1 - Velocidad de Viento por zona

Zona de Viento	Área Rural		Área Urbana	
	Viento Máximo (km/h)	Viento Reducido (km/h)	Viento Máximo (km/h)	Viento Reducido (km/h)
A	130	78	80	48
B	100	60	60	36
C	80	48	50	30

Nota: La justificación de los valores calculados para ambas velocidades de viento y para cada una de las zonas y áreas, se encuentra en el apartado B2.1 del anexo B.

En la Figura 1, se presenta la cobertura de cada zona en el area geográfica operada por AIR-E S.A.S.S. E.S.P y en el anexo A1.1 se presentan las zonas de viento por departamento.

Figura 1- Mapa de Vientos



3.2. ZONAS POR NIVELES DE CONTAMINACIÓN

En la Figura 2, se presenta la cobertura de las zonas por nivel de contaminación en el área geográfica operada por AIR-E S.A.S.S. E.S.P. Se toma como referencia lo establecido en la resolucion CREG 015-2018 capitulo 4 numeral 4.1.5; el valor adicional de reconocimiento para administracion, operación y mantenimiento (A.O.M) por condiciones ambientales, aplicable a todos los activos del OR que estan a menos de 30 km de la orilla del mar. En el Anexo A1.2 se muestran dichas zonas por departamento.

Figura 2 – Mapa de Niveles de Contaminación



4. ELEMENTOS DE LAS LÍNEAS

Todos los materiales empleados para la construcción de líneas eléctricas aéreas se encuentran definidos en las respectivas Especificaciones Técnicas de Materiales.

4.1. AISLAMIENTO

El aislamiento se realizará mediante cadenas de amarre de material compuesto para ángulos fuertes, anclajes y finales de línea; y aisladores tipo poste para alineaciones y pequeños ángulos.

Las tablas 2 y 3 definen los aisladores a utilizar según nivel de contaminación y tensión.

Tabla 2 - Aislamiento de acuerdo a los Niveles de contaminación para 13,2 kV

Tipo	Descripción	Denominación	Nivel de Contaminación
Tipo poste	Aislador porcelano Line post	ANSI 57-1	Contaminación Normal (1)
	Aislador Compuesto Hibrido	PH-13,2	Altamente contaminado (2)
Tipo cadena	Aislador Compuesto Tipo cadena	ANSI DS15	Contaminación Normal (1)
		ANSI DS28	Altamente contaminado (2)

Tabla 3 - Aislamiento de acuerdo a los Niveles de contaminación para 34,5 kV

Tipo	Descripción	Denominación	Nivel de Contaminación
Tipo Poste	Aislador Porcelana Tipo Poste	ANSI 57-3	Contaminación Normal (1)
	Aislador polimérico tipo poste	PC 69	Altamente contaminado (2)
	Aislador Porcelana Tipo Poste	ANSI 57-5	Altamente contaminado (2)
Tipo cadena	Aislador Compuesto Tipo cadena	ANSI DS35	Contaminación Normal (1)
		ANSI DS46	Altamente contaminado (2)

Notas:

(1) El nivel de contaminación normal, corresponde al nivel II de acuerdo a la norma IEC 60815, con una distancia de fuga de 20 mm/kV.

(2) El nivel altamente contaminado, corresponde al nivel IV de acuerdo a la norma IEC 60815, con una distancia de fuga de 31 mm/kV.

En las tablas 4 y 5 se indican las características dimensionales, mecánicas, radioeléctricas y eléctricas para los Aisladores Tipo poste y los Aisladores Tipo cadena.

Tabla 4 - Características Generales de los Aisladores Tipo Poste

Denominación		Contaminación Normal		Altamente Contaminado		
		ANSI 57-1	ANSI 57-3	PH-13,2	ANSI 57 -5	PC 69
Características Dimensionales	Longitud (mm)	228	381	254	508	570
	Distancia de Fuga (mm)	≥356	≥736	≥465	≥1143	≥1143
	Distancia de Arco Seco (mm)	≥165	≥311	≥ 185	≥ 438.5	483
Características Mecánicas	Carga de Falla a Flexión (daN)	≥ 1 245	≥ 1 245	≥ 1 245	≥ 1 245	≥ 1 245
	Carga de Rutina a Flexión (daN)	≥498	≥498	≥498	≥498	≥498
Características Radio Eléctricas	Tensión R.I.V. a tierra (kV)	15	30	15	44	44
	Máximo RIV a 1 MHz (µV)	100	200	100	200	100
Características Eléctricas	Tensión de contorneo a frecuencia industrial en seco (kV)	≥70	≥125	≥70	≥160	251
	Tensión de contorneo a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	≥50	≥95	≥50	≥130	209
	Tensión critica de contorneo a impulso (+) (kV) pico	≥120	≥200	≥120	≥265	385

Tabla 5 - Características Generales de los Aisladores Tipo Cadena

Denominación		Contaminación Normal		Altamente Contaminado	
		DS - 15	DS – 35	DS - 28	DS - 46
Características Dimensionales	Longitud (mm)	330±15	525±60	430±25	590±50
	Distancia de Fuga (mm)	≥355	≥730	≥550	≥1085
Características Mecánicas	Carga de falla a tracción (daN)	≥7 000	≥7 000	≥7 000	≥7 000
	Carga de torsión (daN m)	≥4,8	≥4,8	≥4,8	≥4,8
Características Radio Eléctricas	Tensión de ensayo R.I.V. a tierra (kV)	15	30	20	30
	Máximo RIV a 1 MHz (µV)	10	10	10	10
Características Eléctricas	Tensión de contorneo a frecuencia industrial en seco (kV)	≥90	≥145	≥130	≥180
	Tensión de contorneo a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	≥65	≥130	≥100	≥145
	Tensión critica de contorneo a impulso (+) (kV) pico	≥140	≥250	≥190	≥280

4.2. CONDUCTORES

Los conductores a emplear serán de aluminio – acero (ACSR), y de aleación de aluminio AAAC 6201-T81. En la Tabla 6 se definen las zonas donde se deben proyectar la utilización de uno u otro conductor.

Tabla 6 - Conductores de acuerdo a los Niveles de contaminación

Designación	Descripción	Aplicación
AAAC	Conductor de aleación de aluminio	Líneas de distribución aérea, urbana y rural, zonas con niveles de alta contaminación
ACSR	Conductor de aluminio reforzado en acero recubierto con Zinc	Líneas de distribución aérea urbana y rural, zonas con niveles de contaminación normal

En las tablas 7 y 8 se indican las principales características de los conductores.

Tabla 7 - Características Generales de los Conductores ACSR

Denominación			477 kcmil	336,4 kcmil	266,8 kcmil	4/0 AWG	1/0 AWG
			Hawk	Linnet	Partridge	Penguin	Raven
Sección Transversal		Total (mm²)	280,86	198,17	157,21	125,09	62,43
		Aluminio (mm²)	241,53	170,45	135,19	107,22	53,51
		Acero (mm²)	39,93	27,72	22,02	17,87	8,92
Composición	Aluminio	N^0 Alambres	26	26	26	6	6
		Diámetro (mm)	3,44	2,89	2,57	4,77	3,37
	Acero	N^0 Alambres	7	7	7	1	1
		Diámetro (mm)	2,67	2,25	2,00	4,77	3,37
Diámetro Nominal del Cable (mm)			21,793	18,29	16,307	14,31	10,109
Peso (daN/m)			0,9561	0,6747	0,5355	0,4246	0,2118
Carga de Rotura (daN)			≥ 8 677	≥ 6 270	≥ 5 028	≥ 3 716	≥ 1 949
Módulo de elasticidad (daN/mm²)			≤ 7 700	≤ 7 700	≤ 7 700	≤ 8 100	≤ 8 100
Coeficiente de dilatación lineal (ºC^{-1})			≤ 18,9 x 10^{-6}			≤ 19,1 x 10^{-6}	
Resistencia Eléctrica en CA a 75ºC (Ω/km)			0,1432	0,2038	0,2570	0,3241	0,6494
Resistencia Eléctrica en CC a 20^{0}C (Ω/km)			0,1165	0,1652	0,2083	0,2627	0,5264
Densidad máxima de corriente (A/mm^2)			2,55	2,90	3,16	3,12	4,22
Intensidad Max. Admisible (A) (*)			616,96	494,52	427,67	334,54	226,06

(*) NOTA: Los valores de intensidad máxima han sido calculados según la IEEE 738 del 2006 y bajo las siguientes condiciones: Temperatura ambiente: 30ºC.; Temperatura de conductor: 75ºC; Velocidad del viento: 0,61 m/s

Tabla 8 - Características Generales de los Conductores AAAC

Denominación		559,5 Kcmil	394,5 kcmil	312,8kcmil	246,9kcmil	123,3 kcmil
		Darien	**Canton**	**Butte**	**Alliance**	**Azusa**
Sección Transversal	Total (mm²)	283,67	199,91	158,58	125,08	62,43
Composición	N^0 Alambres	19	19	19	7	7
	Diámetro (mm)	4,36	3,66	3,26	4,77	3,37
Diámetro Nominal del Cable (mm)		21,8	18,30	16,30	14,31	10,11
Peso (daN/m)		0,7631	0,5379	0,4267	0,3366	0,1680
Carga de Rotura (daN)		≥ 8 364	≥ 5 860	≥ 4 650	≥ 3 780	≥ 1 890
Modulo de Elasticidad (daN/mm^2)		≥ 6 180				
Coeficiente de dilatación lineal (ºC^{-1})		≤ 23 x 10^{-6}				
Resistencia Eléctrica en CA a 75^{0}C (Ω/km)		0,1388	0,1975	0,2491	0,3155	0,6316
Resistencia Eléctrica en CC a 20^{0}C (Ω/km)		0,1158	0,1643	0,2072	0,2625	0,5255
Densidad máxima de corriente (A/mm^2)		2,21	2,51	2,74	2,98	3,87
Intensidad Max. Admisible (A)(*)		626,76	502,48	434,38	373,31	241,58

(*) NOTA: Los valores de intensidad máxima han sido calculados según la IEEE 738 del 2006 y bajo las siguientes condiciones: Temperatura ambiente: 30ºC.; Temperatura de conductor: 75ºC; Velocidad del viento: 0,61 m/s.

4.3. CABLE DE GUARDA

Se instalará cable de guarda en las líneas de media tensión siguiendo las consideraciones del Apartado 12 de esta Memoria. El cable a utilizar será el Aluminium Clad Steel 7 N°8 el cual tiene las siguientes características:

Tabla 9 - Características Generales del cable de guarda

Denominación		Aluminium Clad Steel
Sección Transversal	Total (mm²)	58.56
Composición	N^0 Alambres	7
	Diámetro nominal del alambre (mm)	3,264
Diámetro Nominal del Cable (mm)		9,78
Peso (daN/m)		0,382
Carga de Rotura (daN)		≥ 7 086
Módulo de Elasticidad (daN/mm^2)		15 886
Coeficiente de dilatación lineal (ºC^{-1})		13*10-6

4.4. POSTES Y CIMENTACIONES

4.4.1. Postes

Los postes serán de hormigón pretensado, fibra de vidrio y metálicos, de resistencia adecuada al esfuerzo que han de soportar.

En la Tabla 9 se indican las principales características de los postes de hormigón.
Los postes se clasifican según su función en:

Postes de alineación (AL)

Postes de ángulo (ANG)

Postes de anclaje (ANC)

Postes de fin de línea (FL)

Postes especiales (AE)

Tabla 10 - Características Generales de los Postes de Hormigón

Denominación	Altura (m)	Carga de Rotura (daN) (1)	Diámetro cima (cm)	Diámetro base (cm)
PH-11/500 daN	11	500	14	30,5
PH-11/735 daN	11	735	14	30,5
PH-11/1030 daN	11	1 030	19	35,5
PH-11/1324 daN	11	1 324	20	36,5
PH-12/500 daN	12	500	14	32
PH-12/735 daN	12	735	16	34
PH-12/1030 daN	12	1 030	19	37
PH-12/1324 daN	12	1 324	20	38
PH-12/1600 daN	12	1600	23,5	41,5
PH-12/2500 daN	12	2500	27	45
PH-12/4000 daN	12	4000	34	52
PH-14/735 daN	14	735	16	37
PH-14/1030 daN	14	1 030	19	40
PH-14/1324 daN	14	1 324	20	41
PH-14/1600 daN	14	1600	23,5	44,5
PH-14/2500 daN	14	2500	27	48
PH-14/4000 daN	14	4000	34	55
PH-16/1600 daN	16	1600	21	45
PH-16/2000 daN	16	2000	26	50
PH-16/2500 daN	16	2500	28	52

Nota: (1) Especificado a 0,2 m por debajo de la cima

La función del poste de anclaje es contener ó evitar la propagación de una falla como consecuencia de la rotura de un conductor. Poseen cadenas de amarre, primordialmente deben colocarse en alineación y utilizando la configuración vertical. Se considerará anclaje cuando exista un cambio de sección del conductor.

Por otro lado, se conformarán tramos de uno o varios cantones constituidos en sus extremos por dos postes con función anclaje ó un anclaje y un fin de línea, cuya longitud será aproximadamente de 3 km en líneas rurales y 1,5 km en líneas urbanas.

Los postes especiales son "aquellos que tienen una función diferente a las definidas para los anteriores" y dado el carácter de Proyecto Tipo del presente documento, se prescindirá de su consideración, debiendo justificarse su utilización en cada Proyecto Específico de línea en que hayan de utilizarse.

Los postes de 11 metros se utilizarán en derivadas que no tengan proyección de crecimiento en los próximos 15 años.

4.4.2. Cimentaciones

Las cimentaciones se realizarán enterrando el poste directamente en el suelo o mediante aporte de hormigón. Las cimentaciones con aporte de hormigón serán del tipo cilíndrica ó prismática recta de sección cuadrada. Se dará preferencia a las cimentaciones tipo directa, excepto en terrenos flojos que será tipo monobloque.

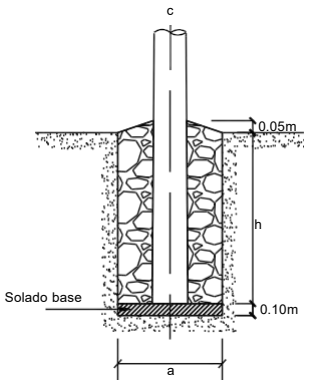
La elección de un tipo de cimentación u otro dependerá del tipo de terreno y de la maquinaria disponible.

Se empleará un hormigón cuya resistencia mecánica sea mínima de 21Mpa (3 000 psi), el cemento, agua y agregados deben cumplir con las normas relevantes de acuerdo a lo estipulado en el capítulo C.3 de la norma sismo resistente NSR-10. Se prohíbe el empleo de agregados que contengan sulfuros oxidables. El cemento usado para el concreto será Portland Tipo I. La calidad del agua debe garantizarse con el cumplimiento mínimamente de: un PH ≥ 5, Sustancias Disueltas ≥ 15 g/l, sin hidratos de carbono. Se prohíbe la utilización de agua de mar.

A la peana (parte de la cimentación que sobresale por encima del nivel del suelo) se le dará una ligera pendiente, con un mínimo del 10%, como vierteaguas.

Para las cimentaciones con aporte de hormigón, cilíndricas ó prismáticas se fabricará un solado base en el fondo de la cimentación, de una altura de 0,10 m. Su función es eliminar las presiones diferenciales producidas sobre la base del poste, evitando su hundimiento. Se empleará un hormigón cuya resistencia mecánica sea mínima de 17,5 Mpa (2500 psi).

Figura 3 - Solado base



Para las cimentaciones directamente enterradas no se permite el uso de tierra vegetal como relleno y deberá ser reemplazada por una mezcla de grava y tierra.

4.5. ESTRUCTURAS

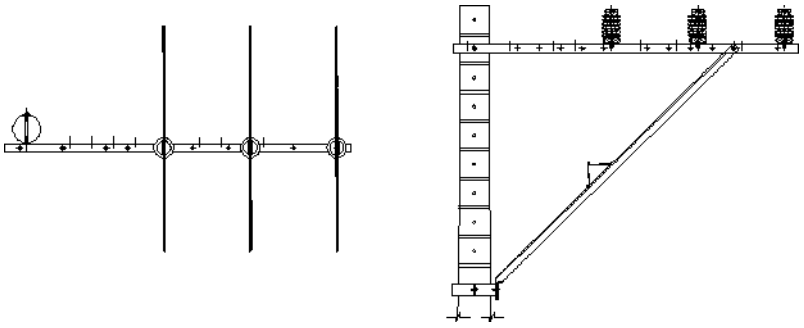
Una estructura es un conjunto de herrajes, accesorios (crucetas, soportes, flejes, etc.) y aislamiento con sus accesorios (aisladores, cadenas de amarre, grapas, retenciones, etc.), cuya función es transferir los esfuerzos de los conductores a los postes.

Por otro lado, define la ubicación en el espacio de los conductores ó lo que llamaremos CONFIGURACIÓN de la estructura. Las distintas configuraciones posibles son las siguientes:

Configuración en Bandera

Aquella en la cual los conductores se instalan a la misma altura sobre el terreno y a un solo lado del eje del poste. Es utilizada para lograr las distancias de seguridad, principalmente en áreas urbanas, por restricciones de espacio.

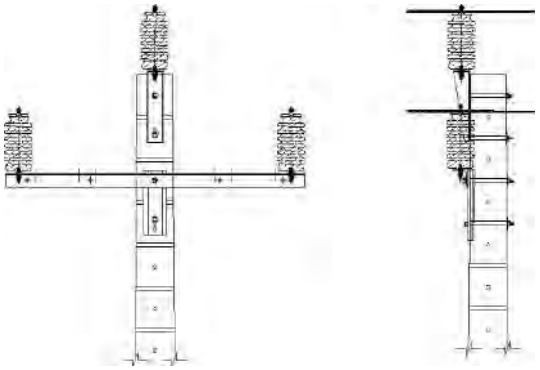
Para este tipo de configuración se utilizará cruceta angular metálica soportada con diagonal, con una longitud de 2,4 m para13,2 kV y 3 m para 34,5 kV.



Configuración Triangular – Compacta vano largo

Se presenta solamente en líneas trifásicas, cuando dos de los conductores de la línea están instalados a la misma altura y el tercero (central) a una altura superior, formando un triángulo al ser vistos desde un corte transversal. Los conductores están instalados a ambos lados del eje del poste.

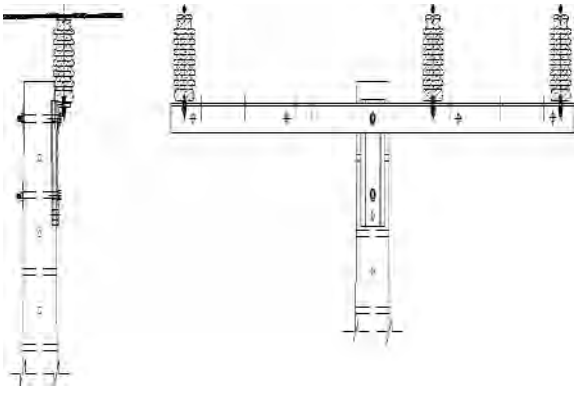
Para este tipo de configuración se utilizará cruceta angular metálica autosoportada con una longitud de 1,4 m para el nivel de 13,2 y 34,5 kV.



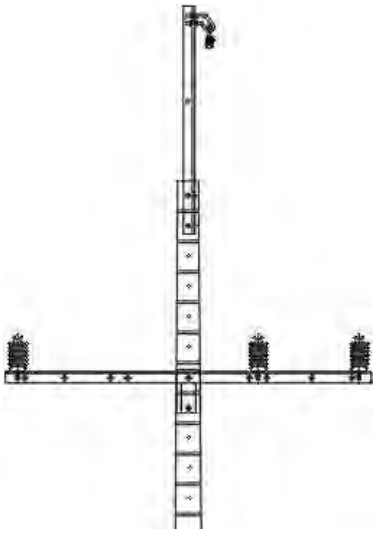
Configuración Horizontal

Se considera una línea en configuración horizontal cuando los conductores que la conforman están instalados en un mismo plano horizontal, es decir, a la misma altura sobre el nivel del suelo y a ambos lados del eje longitudinal del poste, visto desde la perspectiva de un corte transversal de la línea.

Para este tipo de configuración se utilizará cruceta angular metálica autosoportada con una longitud de 2,4 m para 13,2 kV y 3 m para 34,5 kV para líneas trifásicas y 1,4 m para líneas bifásicas.

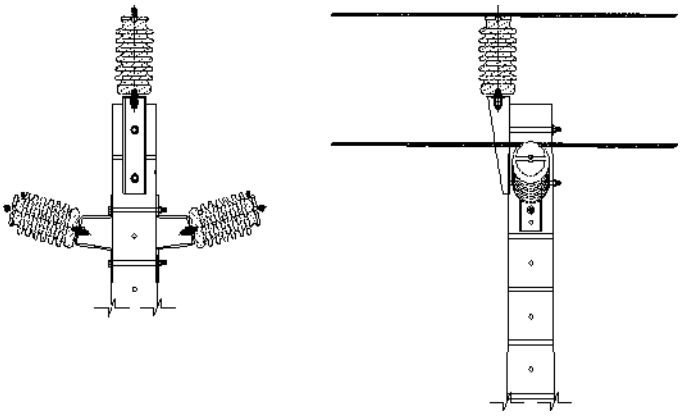


Cuando sea necesario el apantallamiento de la línea, se instalarán bayonetas metálicas en la cima del poste para sujetar el cable de guarda. En postes de fin de línea y de retención 60°-90° dicho cable será anclado directamente al poste.



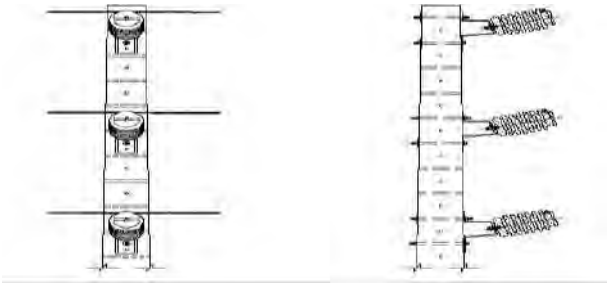
Configuración Compacta

Los conductores de la línea están instalados en disposición triangular. Uno de los aisladores va en la punta del poste y los otros dos a ambos lados del mismo. Éstos últimos, en el caso de ángulo hasta 5º se instalan sobre soportes y sobre cruceta angular metálica auto soportado de longitud de 1,4 m para el resto de casos.



Configuración Vertical

Aquella en la cual los conductores se instalan en el mismo plano vertical y a diferentes alturas, en una o dos caras del poste, dependiendo del ángulo de deflexión de la línea.



Las estructuras se codificarán según la siguiente regla nemotécnica:

MT ABC - X - Y - Z

A = Código de la Configuración:
1. Tipo Bandera
2. Tipo Triangular – Vano Largo
3. Tipo Horizontal
4. Tipo Vertical
5. Tipo Compacta

B = Número de Fases
1 Una Fase - Monofásico
2 Dos Fases - Bifásico
3 Tres Fases - Trifásico

C = Tipo de Configuración

Configuración	C	Descripción
Bandera	1	FL
	2	AL y ANG < 5
	3	ANG 5º-20/30º (2)
	4	ANG 20/30º-60º (2)
Triangular - Vano largo	2	AL y ANG < 5
Horizontal	1	FL
	2	AL y ANG < 5º
	3	ANG 5º-20/30º (2)
	4	ANG 20/30º-60º (2)
	5	ANG 60º-90º

Configuración	C	Descripción
	6	ANC hasta 60º (1)
Horizontal con cable de guarda	1G	FL con cable de guarda
	2G	AL y ANG < 5º con cable de guarda
	3G	ANG 5º-20/30º con cable de guarda (2)
	4G	ANG 20/30º-60º con cable de guarda (2)
	5	ANG 60º-90º
	6G	ANC hasta 60º (1) con cable de guarda
Vertical	1	FL
	2	AL y ANG < 5
	3	ANG 5º-20/30º (2)
	4	ANG 20/30º-60º (2)
	5	ANG 60º-90º
	6	ANC hasta 60º (1)
Vertical con cable de guarda	1	FL
	2	AL y ANG < 5
	3	ANG 5º-20/30º (2)
	4	ANG 20/30º-60º (2)
	5G	ANG 60º-90º con cable de guarda
	6	ANC hasta 60º (1)
Compacta	1	FL
	2	AL y ANG < 5
	3	ANG 5º-20/30º (2)
	4	ANG 20/30º-60º (2)
	6	ANC hasta 60º (1)

(1) Siendo la solución prioritaria el ANC a 0º

(2) Hasta 20º aplica para conductores Linnet, Canton, Hawk y Darien. Hasta 30º para el resto.

X = Nivel de Tensión

1 13,2 kV

2 34,5 kV

Y = Nivel de contaminación del aislamiento:

N Nivel contaminación normal

R Altamente contaminada

Z = Conductor:

1 1/0 ACSR – 123 AAAC

2 4/0 ACSR – 246 AAAC

3 266 ACSR – 312 AAAC

4 336 ACSR – 394 AAAC

5 477 ACSR – 559 AAAC

4.6. RETENIDAS

Es el conjunto de elementos estructurales que tienen por objeto absorber el exceso de esfuerzos que superan la capacidad mecánica del poste y transmitirlos directamente al suelo.

En armados con cable de guarda, se instalarán retenidas a las bayonetas cuando los esfuerzos mecánicos sobre éstas sean mayores a su capacidad resistente. Las retenidas se clasifican en dos categorías, según su función:

a) Bisectora (Figura 4)
b) Conjunto a 90º (Figura 5)

Atendiendo a su tipo, las retenidas se clasifican así:

a) Retenida a poste auxiliar (Figura 6)
b) Retenida directa a tierra (Figura 7)

Figura 4- Retenida Bisectora

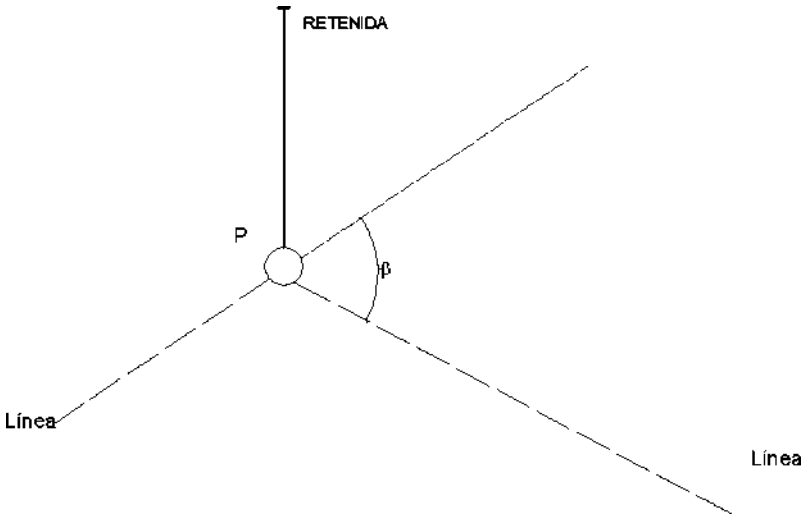
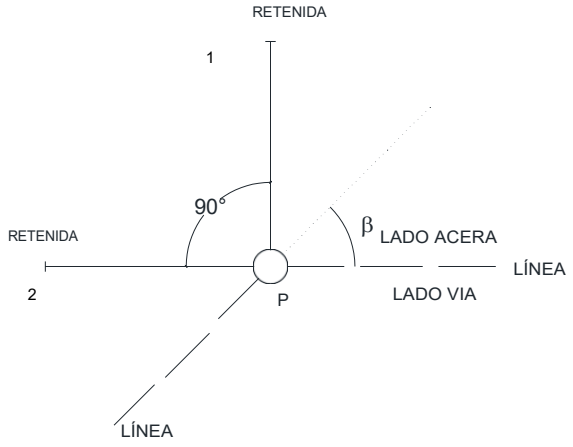


Figura 5 - Conjunto a 90º



En ANG las retenidas bisectoras deben emplearse en postes sin cadenas de amarre. Es decir, en ángulos de línea hasta 30° para los conductores: Raven, Penguin, Partridge, Azusa, Alliance y Butte. De igual manera, hasta 20º, para los cables Linnet, Canton, Hawk y Darien.

El conjunto a 90° se utilizará en áreas rurales para ángulos mayores a 30°/20° y en áreas urbanas en todos los postes de ángulo que requieran retenidas.

Figura 6 - Retenida a Poste Auxiliar

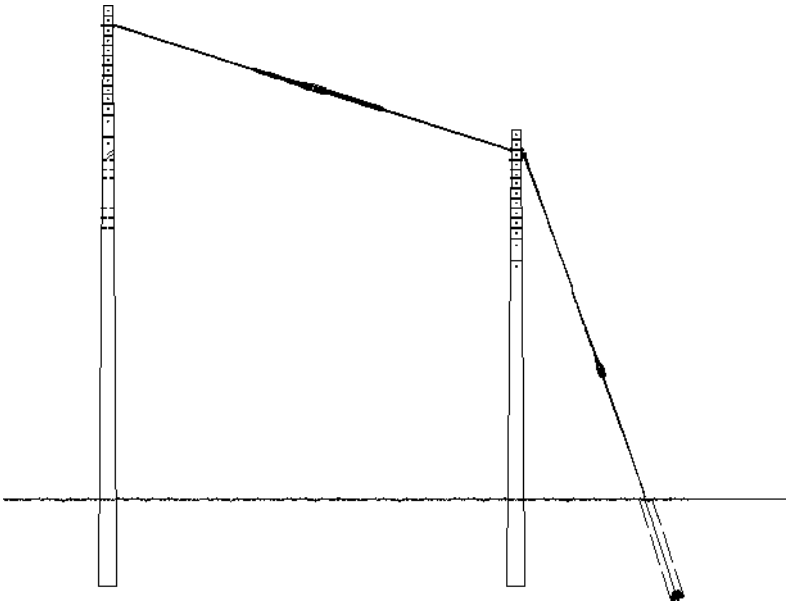
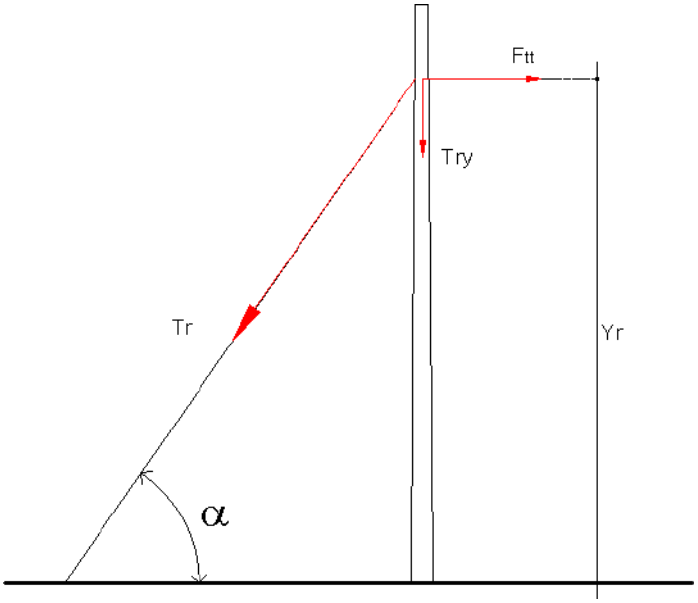


Figura 7 - Retenida Directa a Tierra



En las tablas 11, 12, 13 y 14 se indican las principales características de los cables de acero galvanizado, varillas de anclaje, aislador tensor y perno de fijación para retenida.

Tabla 11 - Características Generales de los Cables de Acero Galvanizado

Denominación		**3/8''**	**1/2''**
Sección Transversal	Total (mm²)	51,1	96,5
Composición	N^0 Alambres	7	7
	Diámetro nominal del alambre (mm)	3,05	4,19
Diámetro Nominal del Cable (mm)		9,52	12,7
Peso (daN/m)		0,399	0,755
Carga de Rotura (daN)		≥ 6 840	≥ 11 960
Módulo de Elasticidad (daN/mm^2)		18 130	
Coeficiente de dilatación lineal (ºC^{-1})		11,5*10-6	

Tabla 12 - Características Generales de las Varillas de Anclaje

Denominación	3 / 4”
Diámetro (mm)	19,05
Longitud (mm)	2 440
Carga de rotura mínima (daN)	10 000

Tabla 13 - Características Generales de los Aisladores Tensores

Denominación	Clase 54-2	Clase 54-4
Longitud (mm)	108	171
Carga de rotura mínima (daN)	≥ 5 300	≥ 8 900

Tabla 14 - Características Generales de la Pletina de Sujeción de Retenida

Denominación	Pletina
Espesor (mm)	17,5
Diámetro taladro (mm)	17,5
Carga de rotura mínima (daN)	8 900

4.6.1. Consideraciones respecto a la instalación de la retenida

Las características de las retenidas (número de anclas y cables, sección del cable, dimensiones del ancla, etc.) variarán en función del conductor, poste y tipo de terreno.

Los cables se instalarán formando un ángulo de 30° con el eje vertical del poste. Cuando un ancla soporte más de una retenida, el ángulo de 30° lo formarán el cable que se sujete a mayor altura y el eje vertical del poste.

Se instalará un aislador tensor en el recorrido del cable de la retenida, a una distancia desde el poste hacia abajo, tal que permita la colocación de las respectivas retenciones preformadas, constituyendo así un medio de protección al aislar la parte inferior de la retenida.

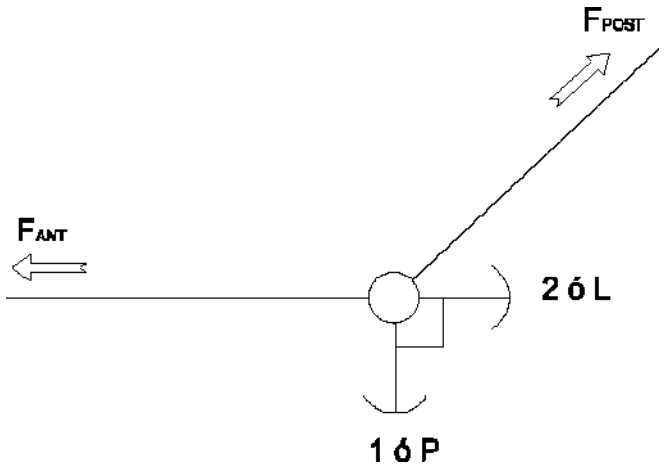
La distancia mínima horizontal de separación entre anclas es 1 metro. Cuando, debido a la configuración empleada no se pueda conseguir esta separación, el ancla que sujete al cable fijado al poste a una altura mayor, se instalará con el ángulo necesario (siempre mayor que 30°) para obtener dicha separación.
La varilla del ancla se entierra en línea con el cable de retenida. En aquellos casos en los que una misma ancla sujete más de un cable, se debe enterrar en línea con el cable colocado a mayor altura en el poste.

Cuando otras empresas instalen otros conductores para diversos usos (telefonía, baja tensión, etc.) en los postes de E AIR-E S.A.S.S E.S.P., añadirán, en el caso de ser necesario, las correspondientes retenidas para soportar los nuevos esfuerzos a los que se verán sometidos los postes. Estas retenidas se sujetarán a la altura más cercana posible del punto de aplicación de la carga.

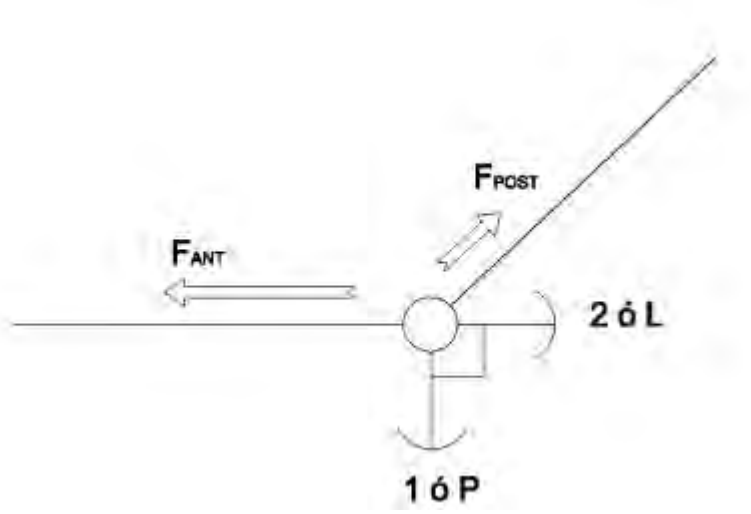
Se debe aplicar la tensión inicial (pretensionado) a los cables de retenida antes del montaje de la línea para evitar sobrepasar los esfuerzos de rotura en el poste y la capacidad de la cimentación.

La instalación de la retenida a 90° se realizará utilizando el mismo tipo de cable de acero para ambas retenidas y debe regirse atendiendo a los siguientes casos:

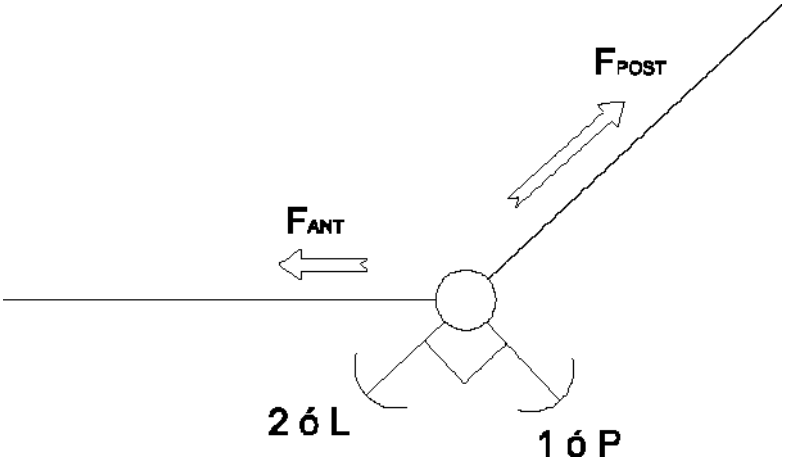
Caso 1: Siempre en área urbana y en rural cuando no existe desequilibrio entre las tensiones del cantón anterior y posterior o éste es muy pequeño ($F_{ANT} \approx F_{POST}$).



Caso 2: En área rural cuando existe gran desequilibrio entre las tensiones del cantón anterior y posterior siendo $F_{ANT} \gg F_{POST}$.



Caso 3: Área rural cuando existe gran desequilibrio entre las tensiones del cantón anterior y posterior siendo $F_{ANT} \ll F_{POST}$.



4.7. PUESTA A TIERRA

4.7.1. Generalidades

Se conectarán a tierra las instalaciones de MT donde existan transformadores de distribución, equipos de seccionamiento, maniobra y/o protección y estructuras que soporten redes de media tensión, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que se pueden originar en la propia instalación.

Los elementos que constituyen la instalación de puesta a tierra son el conductor a tierra y el electrodo de Puesta a Tierra.

La puesta a tierra debe instalarse a una distancia mínima de 1 m del borde del poste o de la cimentación si está hormigonado. La profundidad mínima será de 0,5 m del nivel del suelo.
El bajante de acero austenítico, que desciende por fuera del poste, se protegerá en la zona inferior la cual es accesible a contacto accidental, mediante un tubo de protección (PVC o similar), fijado al poste con flejes de acero, uno en cada extremo del tubo y otro en su parte central. A partir de los 3m de altura sobre el suelo, hacia arriba del poste, el bajante se sujetará al poste con flejes de acero colocados aproximadamente a 1 m entre sí. En el caso de Copper Clad el bajante se instalará por dentro del poste.

4.7.2. Conductor a tierra

Es el conductor que conecta el equipo al electrodo de puesta a tierra. Los tipos son: Acero Austenítico y Cable Copper-clad Steel 3/8". En la Tabla 15 se indican las principales características de ambos.

Tabla 15 - Características Generales de los conductores a tierra

Denominación	Copper-clad Steel	Fleje Acero Austenítico
	3/8"	**22,22 x 1.2 mm**
Sección Transversal Total (mm²)	58, 56	26,66
Dimensiones (mm)	Ø = 9,8	1,2 x 22,22
Conductividad (%) *	30	2,4
Temperatura de Fusión (ºC)*	1 084	1 400
Constante K_F *	14,64	30,05
Intensidad de Cortocircuito Max. Admisible (kA)	20,38	4,52

*Fuente RETIE. Porcentaje respecto a la conductividad del cobre recocido (58,1086 S/m a 20 °C) la cual se considera el 100% constituyendo el estándar internacional con el cual se comparan los demás materiales.

4.7.3. Electrodo de Puesta a Tierra

Dependiendo de la resistividad del terreno, se utilizará una de las siguientes configuraciones del electrodo de puesta a tierra: electrodos de difusión vertical, anillo cerrado alrededor del poste de cable Copper-clad Steel o combinación de ambas (cuadrada con varios electrodos de difusión vertical). Cuando se utilice electrodo de acero austenítico el conductor a tierra debe ser del mismo material. En la Tabla 16 se indica las principales características de la varilla utilizada como electrodo de difusión vertical.

Tabla 16 - Características Generales de los electrodos de PAT

Denominación	Varilla Tipo Copper-clad	Varilla de Acero Austenítico
Diámetro (mm)	16,0	16,0
Longitud (mm)	2 400	2 400

4.8. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y/O MANIOBRA

Los siguientes elementos se consideran para protección y/o maniobra de las redes de distribución. En el documento “Criterios de Arquitectura de Red”, se determina su funcionalidad para las redes de distribución del sistema operado por AIR-E S.A.S. E.S.P.

- Interruptor Telecontrolado
- Reconectador
- Autoseccionador (seccionalizador de corte trifásico)
- Seccionador.
- Cortacircuitos Fusibles de Expulsión (XS)
- Fusibles
- Pararrayos
- Detector Paso de Falla
- Conexión Amovible

4.8.1. Conexión de clientes a la red de media tensión de 13,2 kV

4.8.1.1. Aspectos generales

Cuando la instalación particular a conectar es una derivada o ramal de longitud Ld, la selección del elemento de protección y/o maniobra a instalar en el punto de conexión se rige, dependiendo del tipo de subestación eléctrica (SE), por las siguientes tablas:

Tabla 17 - Selección equipo conexión a 13,2 kV en SE Rural

Caso	Potencia instalada transformación MT/BT en kVA	Ld ≤ 1 km	Ld > 1 km
1-R	S ≤ 500	Cortacircuito	
2-R	500 < S ≤ 2.000	Cortacircuito	Seccionalizador de corte trifásico
3-R	2.000 < S ≤ 4.000	Seccionalizador de corte trifásico	
4-R	S > 4.000	Reconectador	

Tabla 18 - Selección equipo conexión a 13,2 kV en SE Urbana

Caso	Potencia instalada transformación MT/BT en kVA	Ld ≤ 1 km	Ld > 1 km
1-U	S ≤ 500	Cortacircuito	
2-U	500 < S ≤ 2.000	Cortacircuito	Caso a caso
3-U	2.000 < S ≤ 4.000	Caso a caso	
4-U	S > 4.000	Reconectador	

En el diseño de la instalación y durante su proceso de revisión y/o aprobación se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

Caso 1-R:

- Siempre Cortacircuito con fusibles de 20 A tipo K

Caso 2-R:

A. Cortacircuito

Se propondrá inicialmente en el diseño fusible de 20, 40 o 65 A tipo K atendiendo al siguiente criterio:

Rango (Amperios)	Fusible
In ≤ 20	20 K
20 < In ≤ 40	40 K
40 < In ≤ 90	65 K

Nota: In es la intensidad calculada en función de la potencia instalada

AIR-E, una vez efectuado el análisis de coordinación de protecciones con la SE, si el fusible propuesto, según el paso anterior, no es idóneo informará del requerido a instalar.

B. Seccionalizador de corte trifásico

AIR-E entregará la siguiente información para la correcta selección / calibración / programación del equipo: intensidad nominal, nivel de cortocircuito y número de conteos.

Caso 3-R:

AIR-E entregará la siguiente información para la correcta selección / calibración / programación del **Seccionalizador**: intensidad nominal, nivel de cortocircuito y número de conteos.

Caso 4-R:

AIR-E entregará la siguiente información para la correcta selección / calibración / programación del **reconectador**: intensidad nominal, nivel de cortocircuito y tipo de curva (IEC, ANSI, etc.).

Caso 1-U:

Siempre cortacircuito con fusibles de 20 A tipo K

Caso 2-U:

A. Cortacircuito

- El fusible propuesto será de 20, 40 o 65 A tipo K y se seleccionará atendiendo al siguiente criterio:

Rango (Amperios)	Fusible
In ≤ 20	20 K
20 < In ≤ 40	40 K
40 < In ≤ 90	65 K

Nota: In es la intensidad calculada en función de la potencia instalada

B. Caso a caso

- Se analizará conjuntamente con AIR-E y se seleccionará el equipo técnico-económico más viable, primando los criterios de calidad de suministro y seguridad.

Caso 3-U:

- Se analizará conjuntamente con AIR-E y se seleccionará el equipo técnico-económico más viable, primando los criterios de calidad de suministro y seguridad.

Caso 4-U:

- AIR-E entregará la siguiente información para la correcta selección / calibración / programación del **reconectador**: intensidad nominal, nivel de cortocircuito y tipo de curva (IEC, ANSI, etc.).

4.8.1.2. Conexión de cargas potencialmente perturbadoras

En el proceso de Factibilidad de Distribución, los tipos de industria susceptibles de ser analizadas son las siguientes:

- ✓ Siderurgia, acerías
- ✓ Tracción ferroviaria
- ✓ Industria del cemento
- ✓ Industria cerámica
- ✓ Industrial del automóvil
- ✓ Talleres mecánicos
- ✓ Construcción
- ✓ Astilleros
- ✓ Grandes industrias
- ✓ Tratamiento metalúrgico
- ✓ Procesos electrolíticos

Inicialmente se entregará a AIR-E:

A. Relación de equipos potencialmente perturbadores:

   - ✓ Horno de arco
   - ✓ Rectificador inversor
   - ✓ Cicloconvertidor
   - ✓ Horno de inducción
   - ✓ Soldadura
   - ✓ Motores de arranque frecuente
   - ✓ Carga fluctuante
   - ✓ Control por tiristores

B. Esquema unifilar detallado de la instalación indicando:

   - ✓ Ubicación de las cargas perturbadoras
   - ✓ Longitud y características técnicas de cables y conductores, incluyendo los valores de impedancia
   - ✓ Características técnicas de transformadores, incluyendo grupo de conexión
   - ✓ Características de los filtros pasivos instalados en cada nodo y en el punto de conexión (P_{CC})

Atendiendo a la documentación suministrada y a la relación entre la potencia de cortocircuito en el punto de conexión y la potencia total solicitada a ser conectada, AIR-E podrá requerir información y/o estudios complementarios con el objetivo de analizar y verificar el cumplimiento de la Norma CREG 024 2005 de Calidad de la Potencia Eléctrica.

5. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

5.1. GENERALIDADES

Las distancias mínimas de seguridad cumplen una doble función:

- Limitar la posibilidad de contacto entre personas y circuitos o equipos.
- Impedir que las instalaciones de un distribuidor entren en contacto con las instalaciones de otro o con la propiedad pública o privada.

Todas las distancias de seguridad se deben medir de superficie a superficie.

Cuando los conductores se encuentren en distinto plano vertical se mantendrá la separación indicada como distancia de seguridad vertical, para ángulos mayores o iguales de 45º. Para ángulos inferiores su separación mínima será la considerada como distancia de seguridad horizontal.

En la medición de distancias, los herrajes y accesorios que están energizados debido a su conexión eléctrica a los conductores de la línea se deben considerar como parte integral de los mismos conductores. Además, las partes metálicas de los DPS y equipos similares deben considerarse como parte de la estructura de soporte. Las distintas distancias de seguridad a tener en cuenta en el presente Proyecto Tipo, serán las siguientes:

5.2. DISTANCIA ENTRE ELEMENTOS SOPORTADOS EN LA MISMA ESTRUCTURA

5.2.1. Distancia entre conductores de línea

En este apartado se indican las separaciones, tanto horizontales como verticales, que deben mantenerse entre los diferentes conductores de línea, en función de la longitud del vano entre dos apoyos.

Las distancias mínimas que hay que respetar horizontal y verticalmente, en cualquier circunstancia:

- Para 13,2 kV: 0,50 m.

- Para 34,5 kV: 0,70 m.

A excepción de la estructura tipo bandera para configuración especial de red trenzada, donde se disminuye la separación entre conductores a 0,45 m para 13,2 kV, restringiendo los vanos máximos permitidos a 40 m.

Para el cálculo y verificación de la distancia horizontal se aplicará la siguiente fórmula que indica la separación horizontal de seguridad para conductores en soportes fijos, de acuerdo con la flecha:

$$S = 0{,}0076U + 0{,}368\sqrt{f}$$

siendo:

S: Separación de seguridad entre conductores (m).
U: Tensión existente entre los conductores para los que se calcula la distancia (kV).
f: Flecha máxima del conductor en el vano (m).

En el apartado A5.1 del anexo A se muestran los vanos máximos admisibles limitados por la separación horizontal entre conductores; para las distintas combinaciones de conductor, configuración de la estructura y zona / área.

5.2.2. Distancia de conductores o elementos energizados a soportes y demás elementos conectados normalmente a tierra.

Las distancias mínimas que se deben mantener, tanto horizontal como verticalmente, entre los conductores de línea o elementos energizados y cualquier parte de las estructuras, soportes y demás elementos que están normalmente conectados a tierra, son:

- Para 13,2 kV: 0,20 m.
- Para 34,5 kV: 0,34 m.

5.2.3. Distancia entre conductores energizados de distinta fase del mismo o diferente circuito (Derivaciones)

Cuando se realicen derivaciones o conexiones, el conductor debe mantener con otros conductores de distinta fase del mismo o de un circuito diferente, las separaciones mínimas indicadas a continuación:

- Para 13,2 kV: 0,30 m.
- Para 34,5 kV: 0,41 m.

Cuando en una conexión o derivación exista la posibilidad de desplazamiento de un conductor por causa del viento se fijará el mismo, adecuadamente, para garantizar dicha separación en cualquier circunstancia normal de funcionamiento.

5.2.4. Distancia vertical sobre suelo de equipo de servicio eléctrico instalado en estructuras

En el caso de equipos de servicio eléctrico instalados en estructuras, las distancias de seguridad vertical sobre el suelo vendrán dadas en la Tabla 19:

Tabla 19 - Distancias de seguridad vertical sobre el suelo

Naturaleza de la superficie	Distancia de seguridad mínima (m)		
	Partes del equipo puestas a tierra	Partes del equipo no puestas a tierra	
		13,2 kV	34,5 kV
Áreas accesibles solo a peatones	3,5	5,6	
Areas transitadas por vehículos	4,6		

5.3. CRUZAMIENTOS

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical, queden situados a la distancia indicada en los siguientes apartados por encima de cualquier punto del terreno o superficie.

5.3.1. Líneas eléctricas y de telecomunicación soportadas por diferentes estructuras

En los cruces de líneas eléctricas se situará a mayor altura la de tensión más elevada y en caso de líneas de igual tensión, la que se instale con posterioridad.

En los casos que por circunstancias singulares sea preciso que la línea de menor tensión cruce por encima de la tensión superior, será preciso obtener una autorización expresa, teniendo en cuenta en el cruce todas las prescripciones y criterios expuestos en este apartado.

Cuando el cruce sea en diferentes estructuras se procurará que se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada (por tener los conductores superiores a la mayor altura).

Las distancias mínimas indicadas en este apartado se medirán en el punto de mayor acercamiento entre los dos conductores, considerando las posibles posiciones de los mismos y teniendo en cuenta el desplazamiento más desfavorable de la línea.

Para el análisis del cruzamiento y determinación de distancias, ver el apartado 8.6 “Curvas de Plantillado”.

Las distancias horizontales y verticales entre conductores adyacentes, soportados en diferentes estructuras, no deberá ser menor que las distancias indicadas en los siguientes apartados.

- Distancia Horizontal
  La distancia horizontal en cruzamientos o entre conductores adyacentes será como mínimo de 1,5 m.
- Distancia Vertical
  Las mínimas distancias verticales que se deben respetar serán las que indica la Tabla 20:

Tabla 20 - Distancias mínimas verticales para cruce de líneas

Nivel superior	Nivel inferior			
	Cables de comunicaciones	Tensión Nominal hasta 1 kV	Tensión Nominal 13,2 kV	Tensión Nominal 34,5 kV
Cables de comunicaciones	0,6			
Tension Nominal hasta 1 kV	1,2	0,6		
Tensión Nominal 13,2 kV	1,8	1,2	1,2	
Tensión Nominal 34,5 kV	1,8	1,2	1,2	1,3
Tensión Nominal 69 kV	2	1,4	1,4	1,4
Tensión Nominal 110 kV	2,3	1,7	1,7	1,7
Tensión Nominal 220 kV	3	2,4	2,4	2,4
Tensión Nominal 500 kV	4,8	4,2	4,2	4,2

5.3.2. Distancias mínimas en cruzamientos con diferentes lugares y situaciones

La altura mínima de los conductores al cruzar con diferentes lugares y situaciones, será de acuerdo con la Tabla 21:

En caso de cruces con aguas navegables para embarcaciones de alturas mayores a 7 m, el diseñador deberá consultar con la autoridad competente según el Artículo 10º de la Ley 1242 del 5 de agosto de 2008. Además, no se permite cruzamientos sobre campos deportivos abiertos.

Las distancias mínimas indicadas en este apartado se medirán en el punto de mayor acercamiento entre la línea y la superficie a cruzar, teniendo en cuenta el desplazamiento más desfavorable de la línea, producido por la hipótesis de flecha final calculada a una temperatura de 75ºC sin viento.

Tabla 21 - Altura mínima de conductores sobre diferentes superficies

Naturaleza de la superficie	Distancia de seguridad mínima (m)	
	13,2 kV	34,5 kV
Carreteras, avenidas, calles, callejones, zonas peatonales y áreas sujetas a tráfico vehicular.	5,6	
Bosques de arbustos, áreas cultivadas, pastos, huertos, etc.	5,6	
Ferrocarriles sin electrificar.	8,1	
Aguas navegables adecuadas para embarcaciones con altura superior a 2 m y menor de 7 m	10,2	
Aguas navegables no adecuadas para embarcaciones con altura superior a 2 m	5,2	

5.4. PASO POR ZONAS

5.4.1. Paso por zonas con edificaciones

Figura 8 - Distancias de seguridad en zonas de construcciones

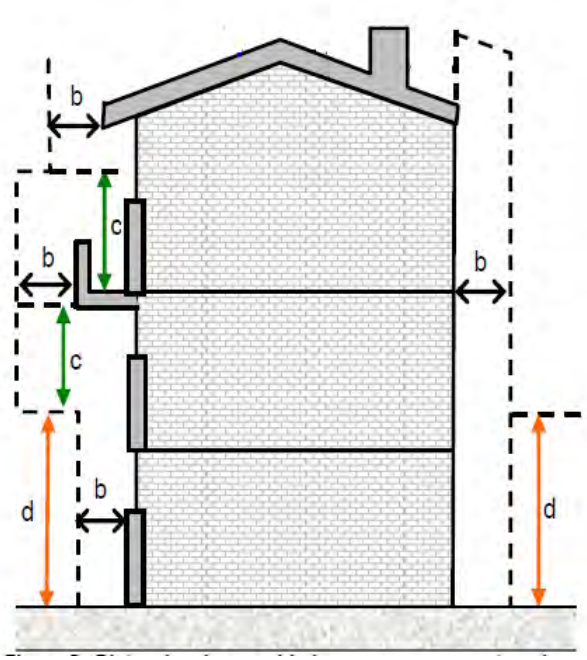


Tabla 22 - Distancia mínima de conductores al paso por diferentes zonas

Naturaleza de la superficie		Distancia de seguridad mínima (m)	
		13,2 kV	34,5 kV
Horizontal	Muros, proyecciones, ventanas, independientes de la facilidad de acceso a las personas Distancia b	2,3	
Vertical	Zonas accesibles a personas y de tránsito de vehículos de menos de 2,45 m de altura Distancia c	4,1	
	Carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular Distancia d	5,6	

(*) Las distancias verticales se respetarán tanto por encima como por debajo de la superficie de referencia en las condiciones indicadas en este apartado.

No se permite proyectar conductores sobre edificaciones, lotes baldíos destinados para edificación, monumentos, plazas públicas, etc.

Cuando los conductores pasen próximos a estructuras de alumbrado público, soportes de semáforos o soportes de una segunda línea, deben estar separados de cualquier parte de estas estructuras, una distancia no menor a la indicada en la Tabla 23.

Tabla 23 - Separación mínima a estructuras varias (m)

Distancia	13,2 kV	34,5 kV
Horizontal sin viento	1,5	
Vertical	1,5	

Cuando los conductores pasen próximos a campos deportivos abiertos deben estar separados a una distancia vertical no menor a 12 m y una distancia horizontal no menor a 7 m sobre cualquier parte de los campos deportivos.

5.4.2. Bosques, árboles y masas de arbolado

Para evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos de árboles con los conductores de la línea eléctrica, se establecerá, mediante la indemnización correspondiente, una zona de corte y/o tala de arbolado a ambos lados de la línea cuya anchura será la necesaria para que, considerando los conductores en su posición de máxima desviación bajo la acción de la hipótesis de viento, su separación de la masa de arbolado en situación normal, medida horizontalmente al conductor más extremo, no será inferior a 3 m.
Igualmente, deberán ser talados todos aquellos árboles que constituyen un peligro para la conservación de la línea, entendiéndose como tales los que, por su flexibilidad y/o altura puedan alcanzar a los conductores en su posición normal.

5.5. PARALELISMOS

5.5.1. Con líneas eléctricas

Se mantendrá una distancia mínima igual a la señalada para la separación entre conductores, considerando como valor de la tensión el de la línea de mayor voltaje.

5.5.2. Con líneas de telecomunicación

La distancia vertical mínima de seguridad entre los conductores y la línea de comunicación será como mínimo:

Tabla 24 - Separación mínima entre conductores y líneas de comunicación paralelos (m)

Mismo Soporte	Distinto Soporte
1	1,5

5.5.3. Con retenidas y mensajeros sujetos a la misma estructura

Cuando por determinadas circunstancias existan retenidas o mensajeros que discurran paralelos a la línea y estén sujetos a la misma estructura, las distancias de seguridad que se han de respetar son las siguientes:

- Para 13,2 kV: 0,35 m.
- Para 34,5 kV: 0,56 m.

5.5.4. Carreteras, caminos y calles

Las estructuras, incluyendo sus retenidas deberán estar colocadas lo más separado posible de la orilla de la carretera, camino o calle. En el caso de que existan bordillos la estructura deberá colocarse lo más separado posible de la orilla del bordillo y nunca a menos de 0,15 m. Las estructuras deben estar colocadas lo más lejos posible del inicio de la curvatura de las esquinas.

Cuando se proyecte construir líneas nuevas se deberá cumplir con los retiros establecidos en la Ley 1228 del 2008 por la cual se determinan las franjas mínimas de retiro obligatorio o áreas de exclusión para las carreteras del sistema vial nacional.

5.5.5. Vías de ferrocarril

Todos los elementos de la estructura de soporte deben estar a un mínimo de 6,7 m de altura sobre la cabeza del riel más cercano, y no estarán en ningún caso a una distancia horizontal menor de 4 m.

6. CALCULO ELÉCTRICO

El conductor a seleccionar debe cumplir simultáneamente las restricciones de los apartados 6.1 y 6.2.

6.1. CORRIENTE NOMINAL

Se debe calcular la corriente nominal de operación de la instalación mediante:

Sistema Trifásico:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

Sistema Bifásico (Monofásico Bifilar):

$$I = \frac{S}{V}$$

Siendo:

I: Intensidad de Línea o Corriente Nominal de Operación (A).

S: Es la sumatoria de las demandas máximas conectadas en MT no afectadas por factores de simultaneidad (kVA)

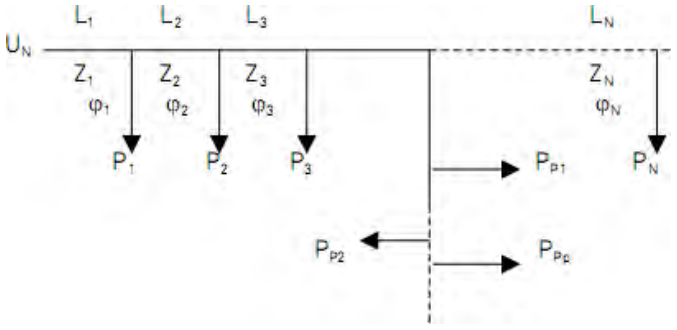
V: Tensión de Línea fase - fase (kV)

Se seleccionará aquel conductor cuya intensidad máxima admisible (ver apartado 4.2 Tablas 7 y 8), es mayor que la corriente nominal de operación de la instalación.

6.2. CAÍDA DE TENSIÓN

Los cálculos serán aplicables a un tramo de línea, siendo la caída total de tensión la suma de las caídas en cada uno de los tramos intermedios.

Figura 9 - Diagrama Caída de Tensión



Para el cálculo de la caída de tensión se utiliza el método del momento eléctrico. El porcentaje de caída de tensión está dado por:

$$\% \Delta V = K_v * P * L$$

Siendo:

K_V: Constante de Regulación
P: Potencia a transportar (kW)
L: Longitud de la línea (km)

De igual manera se seleccionará aquel conductor cuya caída de tensión total ó acumulada sea menor o igual a los siguientes límites:

- 13,2 kV: 5% de la Tensión Nominal desde la subestación de alimentación en este nivel de tensión.
- 34,5 kV: 10% de la Tensión Nominal desde la subestación de alimentación en este nivel de tensión.

En el apartado B1.3 del anexo B se justifica el cálculo de la constante de regulación. En el capítulo A2 del anexo A están las tablas para obtener la constante de regulación, dependiendo de las diferentes configuraciones de estructuras, niveles de tensión, conductores normalizados y para diferentes factores de potencia.

En el capítulo B1 del anexo B se desarrolla el cálculo eléctrico de los conductores, que incluye resistencia, reactancia inductiva, pérdidas de potencia y potencia máxima a transportar.

7. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (PAT)

7.1. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR A TIERRA

La selección del conductor a tierra depende del valor de la corriente de cortocircuito de régimen transitorio a 150 ms, en el punto de instalación de la puesta a tierra. Este valor será suministrado por AIR-E S.A.S. E.S.P.

El conductor a seleccionar debe cumplir la siguiente ecuación:

$$I_{cc} \leq I_{cc_adm}$$

Donde:

I_{cc} = corriente de cortocircuito en el punto de instalación de la puesta a tierra (kA)

I_{cc_adm} = Intensidad de cortocircuito máxima admisible del conductor (kA) (ver Tabla 15)

7.2. SELECCIÓN DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA

La resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial y controla las tensiones transferidas. El máximo valor establecido por el RETIE y que determina la selección del electrodo es 10 Ω.

Se deberá medir la resistividad aparente del terreno, siguiendo los métodos establecidos en el RETIE. En la Tabla 25 se presentan valores típicos de resistividad del terreno.

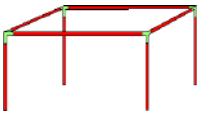
Tabla 25 - Valores típicos de resistividad del terreno

Descripción de suelo	Símbolo del Grupo	Resistividad Media (Ω x m)
Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	CH	10-55*
Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)	CL	25-60*
Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas	ML	30-80
Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arena y arcilla	SC	50-200
Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduados	SM	100-500

La terminología utilizada en esta tabla corresponde a la “United Soil Classification” y es un método estándar de describirlos suelos en un informe geotécnico y geofísico.
*Estos resultados de clasificación de resistividad son altamente influenciados por la presencia de humedad.

La selección del tipo de configuración del electrodo de puesta a tierra se hará de la siguiente manera: partiendo del valor medido de resistividad aparente del terreno, se selecciona la configuración y tipo de electrodo en la Tabla 26 cuya columna A (resistividad aparente) sea mayor o igual a la medida en campo.

Tabla 26 - Configuraciones PAT de acuerdo a Resistividad Aparente del Terreno

Tipo de electrodo	Configuración		Columna A
	Nombre	Diagrama	Valores máximos de resistividad aparente del terreno (ρ= Ωm)
CopperClad Steel	Electrodo de Difusión Vertical		28
	Anillo (r=1,0m)		58,6
	Cuadrada con 4 electrodos de difusión (lado d = 3m)		84
Acero Austenitico	Electrodo de Difusión Vertical		28

Los valores de la Tabla 26, se calcularon siguiendo la metodología establecida en el anexo B5, con las siguientes premisas:

- El valor máximo de la resistencia de puesta a tierra es menor o igual a 10 Ω.
- Los valores máximos de resistividad aparente del terreno se obtuvieron considerando un electrodo de difusión vertical de 2,4 m y un diámetro de 16 mm.
- Para calcular la configuración cuadrada se tomó n=4 y F=1,36 (según tabla B5.1del anexo B5)
- Para calcular el anillo se consideró un cable copper-clad steel de diámetro 9,52 mm (3/8”) formado una circunferencia alrededor del poste de 1 m de radio.

Si la resistividad aparente del terreno supera el valor establecido en la Tabla 26 remítase al anexo B5 donde se desarrolla el método de cálculo de la puesta a tierra y se dan recomendaciones para mejorar la resistencia de puesta a tierra mediante el tratamiento del terreno.

El sistema de puesta a tierra debe garantizar que los valores de las tensiones de paso y de contacto sean menores a los máximos admisibles indicados en el RETIE.

8. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

8.1. GENERALIDADES

El objeto del cálculo es controlar la tensión mecánica de los conductores para los distintos regímenes de carga / condiciones climáticas para: evitar fatigas y daños que pongan en riesgo la seguridad / continuidad del servicio, evitar la aparición de fenómenos vibratorios y aprovechar la capacidad mecánica de los mismos, logrando un balance adecuado entre longitud de vanos y dimensionamiento de postes.

Básicamente, este cálculo dependerá de los siguientes factores:

Las características meteorológicas y geográficas del sitio en la que se instalen las líneas.

La tensión mecánica a la que se verán sometidos los conductores al variar las condiciones ambientales en los distintos casos de carga.

La flecha que tomarán los mismos en los diferentes vanos y para los distintos casos de carga.

Su comportamiento frente a la posible aparición de fenómenos vibratorios. Para estas condiciones a la hora de establecer los límites de tensionado, el presente proyecto tipo se guiará de las recomendaciones establecidas por el CIGRÉ en el campo de las vibraciones eólicas.

a) Las características mecánicas de postes y crucetas utilizados en el presente proyecto tipo.

b) Los criterios constructivos adoptados para las áreas rural y urbana

8.2. HIPÓTESIS Y LÍMITES DE TENSIÓN MECÁNICA

La Tabla 27 resume las distintas condiciones, hipótesis y sobrecargas por viento consideradas.

En la condición de tracción máxima se determinará la máxima tensión en los cables mediante la suposición de las condiciones de mayor exigencia mecánica, comparando las tracciones resultantes de las hipótesis de viento máximo, viento reducido y temperatura mínima.

En la condición flecha máxima se verificarán las distancias de seguridad eléctrica a respetar por los conductores. Mediante la flecha resultante de la hipótesis de temperatura máxima se verificarán las separaciones horizontal y vertical entre conductores situados en una misma estructura. La flecha resultante de la hipótesis de temperatura máxima excepcional permitirá verificar el acercamiento del conductor al terreno.

Tabla 27 - Hipótesis de cálculo mecánico

Condición		Temperatura (°C)	Sobrecarga Qo (daN/m²)					
			Zona A		Zona B		Zona C	
			Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
Tracción máxima	Hipótesis de Viento máximo	20	74,54	37,11	47,32	20,87	30,28	14,49
	Hipótesis de Viento reducido	28	26,83	13,36	17,03	7,51	10,90	5,22
	Hipótesis de Temperatura mínima	15	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Flecha máxima	Hipótesis de Temperatura máxima	50	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
	Hipótesis de Temperatura máxima excepcional	75	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Flecha mínima	Hipótesis de Temperatura mínima	15	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Fenómenos vibratorios	EDS	28	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
	CHS	18	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

Nota: En el numeral B.2.2 del Anexo B se describe con detalle el cálculo de las sobrecargas por viento en el conductor.

Bajo la condición de flecha mínima, se comprobará que no existan arrancamientos en los postes por causa del tiro vertical resultante hacia arriba (efecto “Up-lift”). El valor de flecha se calculará con la hipótesis de temperatura mínima.

Las hipótesis de EDS y CHS tienen en cuenta el fenómeno de vibración eólica del cable. La primera, en condiciones de temperatura promedio, sin sobrecarga alguna. La segunda, en las condiciones de tensión más elevada que es probable que ocurra a temperatura baja frecuente, sin sobrecarga.

La hipótesis de viento reducido es necesaria para el cálculo de los esfuerzos transmitidos a los postes ANC y FL, en régimen anormal, por causa de rotura de conductores, como lo recomienda el Estándar IEC 60826/2003, numeral 6.6.3.3. (Additional security measures).

Teniendo en cuenta las recomendaciones del CIGRÉ TB273/2005 y del EPRI Orange Book/2008 se han adoptado los siguientes límites de tensión mecánica, expresados como porcentaje de la carga de rotura del conductor (CR), para cada una de las hipótesis:

Tabla 28 - Límites de tensión mecánica

Conductor	Porcentajes de la carga de rotura (% CR)							
	Viento máximo	Viento reducido	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Temperatura máxima excepcional	EDS	CHS	
							Tense normal	Tense reducido
ACSR 336,4 MCM (LINNET)	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	12,5	12,0	8,0
ACSR 266,8 MCM (PARTRIDGE)	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5	13,0	11,5	8,0
ACSR 4/0 AWG (PENGUIN)	29,5	29,5	29,5	29,5	29,5	13,5	12,5	8,0
ACSR 1/0 AWG (RAVEN)	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	15,0	12,0	8,0
AAAC 394,5 MCM (CANTON)	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	12,5	10,0	8,0
AAAC 312,8 MCM (BUTTE)	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5	13,0	10,0	8,0
AAAC 246,9 MCM (ALLIANCE)	29,0	29,0	29,0	29,0	29,0	13,5	10,0	8,0
AAAC 123,3 MCM (AZUSA)	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	15,0	9,5	8,0
AAAC 559,5 MCM (DARIEN)	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	10,0	9,0	8,0
ACSR 477 MCM (HAWK)	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,0	12,0	8,0
Aluminium Clad Steel 7#8AWG	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	11,0	10,0	8,0

Con el objetivo de reducir las tensiones máximas y por ende el dimensionamiento de los postes requeridos, sin comprometer las flechas, se ha considerado un estado de tense reducido, cuya aplicación es para áreas urbanas y cantones cuyo vano regulador es menor o igual a 50 metros. Si como consecuencia del análisis de flechas / distancias de seguridad no pudieran respetarse las mismas, deberá adoptarse el estado de tense normal.

Para líneas rurales, cuando por características de la topografía de la ruta de la línea de distribución, se requiera emplear tensiones mecánicas superiores a las señaladas en la tabla anterior para lograr vanos de gran longitud y/o guardar las distancias verticales de seguridad al terreno (por ejemplo, cruces de ríos, canales navegables y/o grandes depresiones en el terreno, etc.); se deberá aplicar la metodología del capítulo B.4 del Anexo B.

Para aquellos casos de instalación de postes de FL en área urbana, cuando por razones de espacio sea imposible recurrir a solución autosoportada o con poste retenido bajo los tenses comentados anteriormente, se podrá ejecutar un vano flojo o destensado. Estos vanos destensados serán de una longitud máxima de hasta 30 metros. La tensión máxima (a 20ºC y viento máximo) para los conductores 1/0 ACSR, 123 AAAC, 4/0 ASCR y 246 AAAC será de 56 daN. Para el caso del 266 ACSR y 312 AAAC la tensión máxima se limita a 90 daN.

8.3. PESO UNITARIO APARENTE DEL CONDUCTOR

Bajo la acción del viento, los conductores se encuentran sometidos a una fuerza horizontal transversal la cual se expresa por unidad de longitud y está relacionada con el diámetro del conductor y la sobrecarga por viento. Se determina mediante la siguiente expresión:

$$p_v = Q_0 \cdot d \cdot 10^{-3}$$

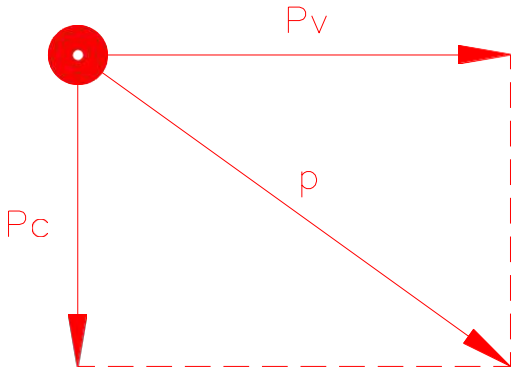
siendo el peso unitario aparente del conductor:

$$p = \sqrt{p_c^2 + p_v^2}$$

Donde:

p: Peso unitario aparente del conductor (daN/m)
p_c: Peso unitario propio del conductor (daN/m)
p_v: Fuerza unitaria de viento sobre el conductor (daN/m)
Q0: Sobrecarga por viento en el conductor (daN/m²) (ver Tabla 29)
d: Diámetro total del conductor (mm)

Figura 10 - Peso unitario aparente



Se asume que la dirección del peso unitario aparente (p) define el plano que contiene a la catenaria bajo la acción del viento.

Tabla 29 - Fuerza unitaria de viento por conductor

Conductor	p_c (daN/m)	p_v(daN/m)					
		Zona A		Zona B		Zona C	
		Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
ACSR 336,4 MCM (LINNET)	0,674	1,363	0,679	0,865	0,382	0,554	0,265
ACSR 266,8 MCM (PARTRIDGE)	0,536	1,215	0,605	0,772	0,340	0,494	0,236
ACSR 4/0 AWG (PENGUIN)	0,424	1,067	0,531	0,677	0,299	0,433	0,207
ACSR 1/0 AWG (RAVEN)	0,212	0,754	0,375	0,478	0,211	0,306	0,147
AAAC 394,5 MCM (CANTON)	0,538	1,364	0,679	0,866	0,382	0,554	0,265
AAAC 312,8 MCM (BUTTE)	0,427	1,215	0,605	0,771	0,340	0,494	0,236
AAAC 246,9 MCM (ALLIANCE)	0,337	1,067	0,531	0,677	0,299	0,433	0,207
AAAC 123,3 MCM (AZUSA)	0,168	0,754	0,375	0,478	0,211	0,306	0,147
AAAC 559,5 MCM (DARIEN)	0.763	1,625	0,809	1,031	0,455	0,660	0,316
ACSR 477 MCM (HAWK)	0.956	1,624	0,809	1,031	0,455	0,660	0,316
Aluminum Clad Steel 7#8AWG	0,382	0,729	0,363	0,463	0,204	0,296	0,142

Tabla 30 - Peso unitario aparente por conductor

Conductor	p_c (daN/m)	p(daN/m)					
		Zona A		Zona B		Zona C	
		Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
ACSR 336,4 MCM (LINNET)	0,674	1,521	0,957	1,097	0,775	0,872	0,724
ACSR 266,8 MCM (PARTRIDGE)	0,536	1,328	0,808	0,940	0,635	0,729	0,586
ACSR 4/0 AWG (PENGUIN)	0,424	1,148	0,680	0,799	0,519	0,606	0,472
ACSR 1/0 AWG (RAVEN)	0,212	0,783	0,431	0,523	0,299	0,372	0,258
AAAC 394,5 MCM (CANTON)	0,538	1,466	0,866	1,020	0,660	0,772	0,600
AAAC 312,8 MCM (BUTTE)	0,427	1,288	0,741	0,881	0,546	0,653	0,488
AAAC 246,9 MCM (ALLIANCE)	0,337	1,119	0,629	0,756	0,451	0,549	0,395
AAAC 123,3 MCM (AZUSA)	0,168	0,772	0,411	0,507	0,270	0,349	0,223
AAAC 559,5 MCM (DARIEN)	0.763	1,795	1,112	1,283	0,889	1,009	0,826
ACSR 477 MCM (HAWK)	0.956	1,885	1,252	1,406	1,059	1,162	1,007
Aluminum Clad Steel 7#8AWG	0,382	0,823	0,527	0,600	0,433	0,483	0,407

8.4. VANOS IDEALES DE REGULACIÓN

El comportamiento de la componente horizontal de la tensión del cable en un cantón, o conjunto de vanos comprendidos entre dos postes con cadenas de amarre de la línea se puede asemejar al comportamiento del mismo cable en un único vano tipo llamado vano ideal de regulación.

La longitud del vano ideal de regulación se determinará mediante la siguiente expresión:

$$a_r = k \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} a_i^3}{\sum_{i=1}^{n} \frac{á_i^2}{a_i}}}$$

Con:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{á_i^3}{a_i^2}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{á_i^2}{a_i}}$$

$$á_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}$$

Siendo:

- a_r: Longitud del vano ideal de regulación (m)
- k: Factor de Truxá (k=1 para vanos nivelados)
- $á_i$: Longitud del vano real i (m)
- a_i: Longitud del vano individual i (m)
- b_i: Desnivel del vano i (m)

8.5. TABLAS DE CÁLCULO MECÁNICO Y TABLAS DE TENDIDO

Las tensiones en el conductor, correspondientes a cada una de las hipótesis de carga, consignadas en las respectivas tablas de cálculo mecánico y tablas de tendido, se han obtenido aplicando la ecuación de cambio de condiciones para vano nivelado (apartado B.3.2 del Anexo B). En dicha ecuación, se ha tomado como situación inicial o de partida la hipótesis más desfavorable. Es decir, aquella cuya tensión coincide con el valor límite de tensión mecánica establecido en la Tabla 28. Así mismo, las flechas se han calculado para vanos nivelados según la expresión del numeral B.3.1.3 del Anexo B.

Finalmente, las tablas de cálculo mecánico reflejan los valores de los parámetros de la catenaria de flecha máxima (75°C) y mínima. Dicho parámetro se ha calculado según la expresión del numeral B.3.1.1 del Anexo B.

Las tablas de cálculo mecánico y las tablas de tendido para los distintos conductores normalizados, se han elaborado para las zonas y áreas que cubre el presente proyecto tipo. Estas tablas se encuentran en los capítulos A.3 y A.4 del Anexo A, respectivamente.

8.6. CURVAS DE PLANTILLADO

Las curvas de plantillado (parábolas máxima y mínima) se utilizan durante la etapa de distribución de postes a lo largo del perfil longitudinal de la línea, para comprobar los requerimientos de distancias eléctricas de seguridad e identificar los postes sometidos a tracción ascendente.

La parábola máxima (Figura 11) se usará para verificar que se respeten las distancias de seguridad al terreno, así como las requeridas en cruzamientos (por encima) con obstáculos u otras líneas.

La parábola mínima se empleará para determinar si existen postes bajo el Efecto “Up-lift” y para comprobar que se cumplan las distancias de seguridad en cruzamientos (por debajo) con otras líneas. Para la elaboración de las curvas de plantillado, se empleará la siguiente expresión:

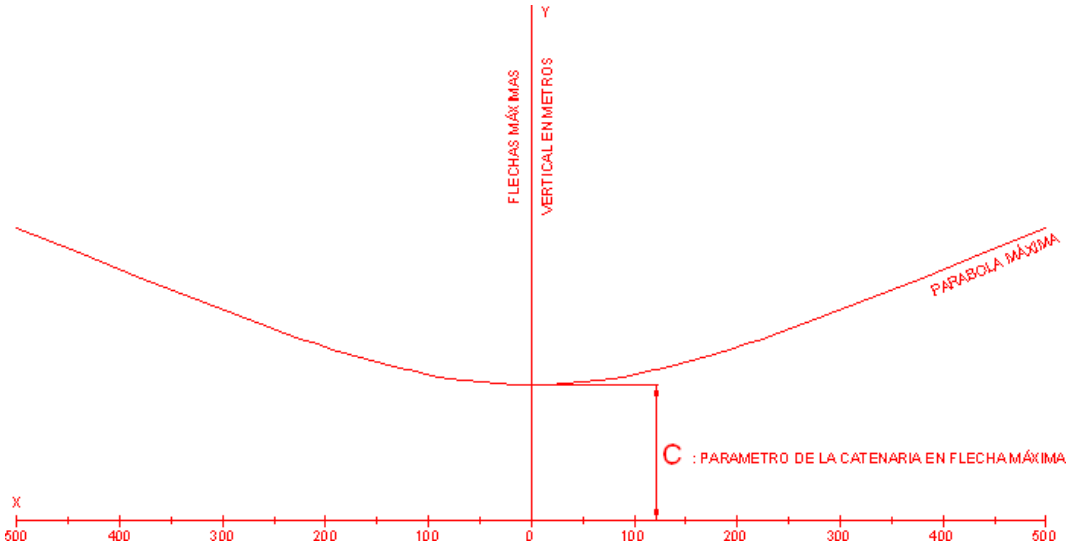
$$y = \frac{x^2}{2 \cdot C}$$

Siendo:

x: Semivanos para generar la curva (m).
C: Parámetro de la catenaria correspondiente al vano de regulación (m)

Para generar las curvas de parábola máxima y mínima, para un determinado vano regulador, se obtendrán de la tabla de cálculo mecánico correspondiente, los parámetros de la catenaria de flecha máxima (75°C) y mínima (15°C), respectivamente.

Figura 11 - Curva de plantillado (parábola máxima)



8.7. TABLAS DE REGULACIÓN

Las tablas de regulación indican las flechas y tensiones con las que debe ser instalado el cable en función de la temperatura ambiente y sin actuar sobrecarga alguna.

A diferencia de la tabla de tendido, la cual está concebida para vanos ideales de regulación, se tendrá en cuenta el desnivel existente entre los postes que constituyen cada vano.

Para cada cantón y una vez calculado su vano ideal de regulación, la flecha (fr) se obtendrá de la correspondiente tabla de tendido (capítulo A.4 del Anexo A).

$$f_{i,t} = f_{r,t} \cdot \left(\frac{a_i \cdot \acute{a}_i}{a_r^2} \right)$$

Siendo:

$f_{i,t}$: Flecha de instalación del conductor para el vano i del cantón, a la temperatura t (m)
$f_{r,t}$: Flecha del vano ideal de regulación del cantón a la temperatura t (m)
a_i: Longitud del vano individual i (m)
$\acute{a}_i$: Longitud del vano real i (m)
a_r: Longitud del vano ideal de regulación (m)

La expresión anterior aplica siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones, simultáneamente:

$$a_i < 300 \text{ m}$$

$$\frac{b_i}{a_i} < 0{,}2$$

$$\frac{f_i}{a_i} < 0{,}05$$

Donde, b_i es el desnivel del vano i

En cualquier otro caso, emplear el método exacto de cálculo, contemplado en el numeral B3.2.3 del Anexo B.

9. CÁLCULO MECÁNICO DE POSTES

9.1. GENERALIDADES

Se realizará el cálculo mecánico en condición normal y anormal de forma individual para cada uno de los postes. Dependerá de su función (AL, ANG, ANC y FL) y del cumplimiento de todas las hipótesis y condiciones de esfuerzo consideradas según la
Tabla 31.

Los esfuerzos se referirán a un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (verticales, transversales, longitudinales).

Figura 12 - Sistema cartesiano de esfuerzos

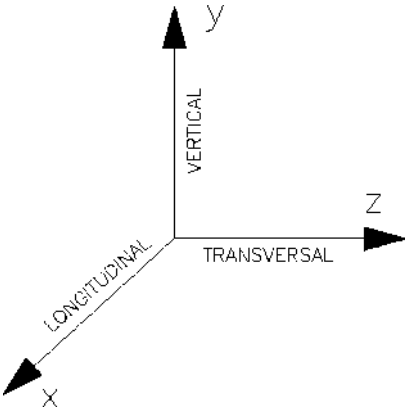


Tabla 31 - Hipótesis y tipos de esfuerzos

Función	HIPÓTESIS NORMAL	HIPÓTESIS ANORMAL	
	Condición 1	**Condición 2 (rotura de conductor)**	**Condición 3 (desequilibrio 50% de tensiones)**
AL	Esfuerzos verticales permanentes	**No aplica**	**No aplica**
	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores (1)		
	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento en postes, aisladores y equipos (1)		
	Esfuerzo horizontal transversal por excentricidad del peso propio de los conductores		
	Esfuerzo horizontal longitudinal por excentricidad del peso de		

	equipos		
Función	**HIPÓTESIS NORMAL**	**HIPÓTESIS ANORMAL**	
	Condición 1	**Condición 2 (rotura de conductor)**	**Condición 3 (desequilibrio 50% de tensiones)**
ANG	Esfuerzos verticales permanentes	**No aplica**	**No aplica**
	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores y por resultante de tensiones (1)		
	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento en postes, aisladores y equipos (1)		
	Esfuerzo horizontal transversal por excentricidad del peso propio de los conductores		
	Esfuerzo horizontal longitudinal por excentricidad del peso de equipos		
ANC (0°)	Esfuerzos verticales permanentes	Esfuerzos verticales permanentes	Esfuerzos verticales permanentes
	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores (1)	Esfuerzo horizontal longitudinal por rotura de una conductor bajo la acción del viento reducido (2)	Esfuerzo horizontal longitudinal por 50% de desequilibrio de tensiones bajo la acción del viento máximo (1)
	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento en postes, aisladores y equipos (1)		
	Esfuerzo horizontal longitudinal por desequilibrio REAL de tensiones por la acción del viento máximo (1)	No considerar ninguna otra acción transversal por viento en conductores, postes, etc.	No considerar ninguna otra acción transversal por viento en conductores, postes, etc.
FL	Esfuerzos verticales permanentes	Esfuerzos verticales permanentes	**No aplica**
	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores (1)		
	Esfuerzo horizontal transversal por la acción del viento en postes, aisladores y equipos (1)	Esfuerzo horizontal longitudinal por rotura de un conductor bajo la acción del viento reducido (2)	
	Esfuerzo horizontal transversal por excentricidad del peso propio de los conductores		
	Esfuerzo horizontal transversal por excentricidad del peso de equipos	No considerar ninguna otra acción transversal por viento en conductores, postes, etc.	
	Esfuerzo horizontal longitudinal por desequilibrio REAL de tensiones por la acción del viento máximo (1)		

Nota:(1) a 20°C y velocidad según Zona y Área y (2) a 28°C y velocidad según Zona y Área.

Preferiblemente se diseñarán las líneas con postes autosoportados, por lo tanto, el siguiente paso después del cálculo mecánico del poste es verificar el cumplimiento de las condiciones para que el poste pueda ser instalado sin requerir ayudas adicionales. De no ser esto posible, se seleccionará la retenida que sea factible instalar en campo y esté en capacidad de absorber los esfuerzos considerados para las distintas hipótesis.

9.2. HIPÓTESIS NORMALES

9.2.1. Esfuerzos verticales

Se considerarán como esfuerzos verticales los originados por el peso propio de conductores, aisladores y herrajes correspondientes a la hipótesis y condición que se esté evaluando.

Los pesos aproximados de los conductores, aisladores y herrajes figuran en las correspondientes Especificaciones Técnicas.

El cálculo de los esfuerzos verticales que los conductores transmiten a los postes se realizará mediante la teoría del gravivano (ver apartado B6.2 del Anexo B).

En los postes de ángulo fuerte (amarres que dividen 2 cantones) y anclajes se tendrá presente la diferencia de tensiones entre cantones y del parámetro de la catenaria en cada semigravivano.

9.2.2. Esfuerzos horizontales transversales

Se considerarán esfuerzos transversales horizontales aquellos debidos al viento en conductores, aisladores y postes. De igual manera y cuando apliquen, las debidas a la resultante de tensiones (postes con función de ANG) y como consecuencia de la excentricidad del peso propio de conductores (configuración en bandera y horizontal) y equipos (ejemplo transformador en postes FL).

Para el cálculo por excentricidad del peso propio de transformadores, ver el Proyecto Tipo de Centros de Transformación tipo Poste y para cualquier otro equipo aplicar la metodología desarrollada en el mencionado Proyecto Tipo. Este esfuerzo equivalente por excentricidad de peso propio de equipos se designa como F^*_{TEE}

El cálculo de los esfuerzos por viento en conductores se realizará mediante la teoría del eolovano (ver apartado B6.3 del Anexo B).

9.2.2.1. Por viento en postes, aisladores y equipos

Para postes y aisladores el esfuerzo horizontal transversal F^*_{TVP} se obtendrá del conjunto de tablas 32 y 33. Los valores están ya calculados como esfuerzo EQUIVALENTE y se encuentran

debidamente justificados en los apartados B2.3 y B2.4 del Anexo B. Para cualquier otro caso no considerado en dichas tablas, remitirse a los apartados anteriores, donde se desarrolla el método de cálculo completo de esfuerzos por viento.

En el caso de equipos, si éstos son transformadores ver el Proyecto Tipo de Centros de Transformación tipo Poste. Para cualquier otro tipo de equipo, ver apartado B2.5 del Anexo B.

Tabla 32 - Esfuerzo equivalente por viento sobre el poste

Tipo poste	Esfuerzo EQUIVALENTE por viento sobre el poste (daN)					
	Zona A		Zona B		Zona C	
	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
PH-11/500 daN	61,00	52,10	47,30	29,30	30,27	20,35
PH-11/735 daN	61,00	52,10	47,30	29,30	30,27	20,35
PH-11/1030 daN	55,20	66,14	57,13	37,20	38,44	25,84
PH-11/1324 daN	57,59	69,03	57,41	38,83	40,13	26,97
PH-12/500 daN	65,74	58,72	53,36	33,03	34,15	22,94
PH-12/735 daN	65,51	64,90	59,00	36,51	37,76	25,35
PH-12/1030 daN	61,92	74,15	61,66	41,71	43,13	28,96
PH-12/1324 daN	64,52	77,29	61,85	43,47	44,97	30,19
PH-12/1600 daN	73,52	88,07	61,52	49,54	49,94	34,40
PH-12/2500 daN	82,53	94,71	56,17	55,59	50,33	38,61
PH-12/4000 daN	100,80	94,65	68,59	67,88	43,90	47,14
PH-14/735 daN	66,92	80,07	69,52	45,04	46,64	31,28
PH-14/1030 daN	76,18	91,09	70,25	51,24	53,09	35,58
PH-14/1324 daN	79,19	94,73	70,22	53,28	55,22	37,00
PH-14/1600 daN	90,02	105,52	61,25	60,55	57,26	42,05
PH-14/2500 daN	100,69	106,36	68,55	67,73	57,35	47,03
PH-14/4000 daN	122,10	91,25	83,16	80,59	53,22	57,03

Tabla 333 - Esfuerzo equivalente por viento sobre el aislador tipo poste

Referencia	Esfuerzo EQUIVALENTE por viento sobre el aislador tipo Poste (daN)					
	Zona A		Zona B		Zona C	
	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
ANSI 57-1	2,97	2,20	2,03	1,24	1,30	0,86
ANSI 57-3	4,95	3,68	3,38	2,07	2,17	1,44
PH-13,2	3,31	2,45	2,26	1,38	1,45	0,96
ANSI 57 -5	6,60	4,90	4,51	2,76	2,89	1,92

9.2.2.2. Por excentricidad del peso propio de conductores

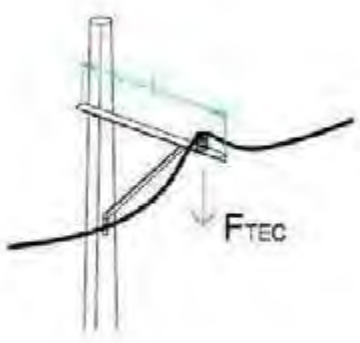
Aplica a configuraciones en bandera y horizontal. El esfuerzo EQUIVALENTE horizontal transversal que se transmite al poste debido a la excentricidad del peso propio de conductores y aisladores se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$F^{*}_{TEC} = \frac{1}{h_N} \cdot \left(\sum (P_j + P_s) \cdot L_j \right)$$

Donde:

Pj: Esfuerzo vertical debido al peso propio del conductor j (daN)
P_s: Esfuerzo vertical debido al peso del aislador (o cadena) (daN)
Lj: Distancia horizontal del punto de aplicación del conductor j al eje del poste (m). Este valor puede ser negativo dependiendo de la ubicación de los conductores.
h_N: Altura donde está referido el esfuerzo nominal del poste (Altura libre menos 0,2 m)

Figura 13 - F^{*}_{TEC}



9.2.2.3. Por conductores en postes AL

El esfuerzo EQUIVALENTE horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores es:

$$F^*_{TVC} = P_{V,C} \cdot a_V \cdot \sum \frac{H_i}{H_N}$$

Donde:

H_i: Altura del conductor de la fase i (m)

H_N: Altura libre poste – 0,2 m (ver Capítulo 2 definición de “Esfuerzo Equivalente”)

$P_{V,C}$: Fuerza unitaria del viento sobre el conductor (daN/m). Ver Tabla 29 en el apartado 8.3 del presente documento.

a_V: Longitud del eolovano (m)

9.2.2.4. Por conductores en postes ANG

El esfuerzo EQUIVALENTE horizontal transversal por la resultante de tensiones y la acción del viento sobre conductores es:

$$F^*_{TVC} = \left(P_{V,C} \cdot a_V \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + \sqrt{(T_{02} - T_{01})^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\beta}{2}\right) + (T_{02} + T_{01})^2 \cdot \sin^2\left(\frac{\beta}{2}\right)} \right) \cdot \sum \frac{H_i}{H_N}$$

Donde:

H_i: Altura del conductor de la fase i (m)

H_N: Altura libre poste – 0,2 m (ver Capítulo 2 definición de “Esfuerzo Equivalente”)

$P_{V,C}$: Fuerza unitaria del viento sobre el conductor (daN/m). Ver Tabla 29 en el apartado 8.3 del presente documento.

a_V: Longitud del Eolovano (m)

β: Ángulo de deflexión de la línea (°)

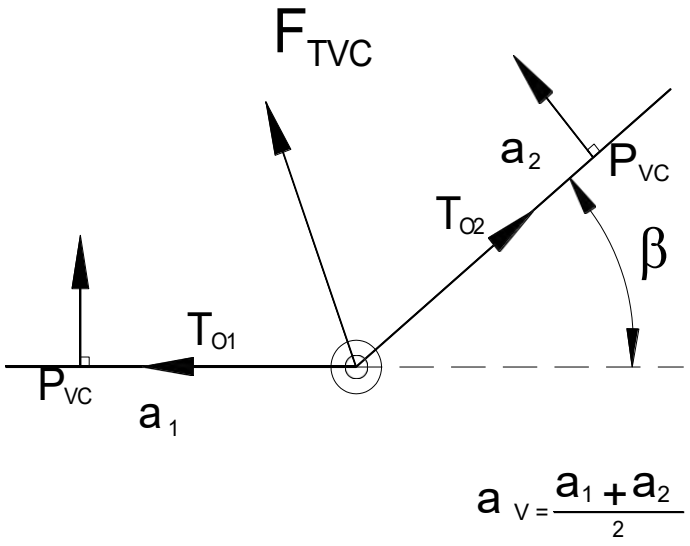
T_{01}: Componente horizontal de la tensión en el conductor (daN), correspondiente al vano anterior al poste y calculada para las condiciones de viento máximo y 20ºC

T_{02}: Componente horizontal de la tensión en el conductor (daN), correspondiente al vano posterior al poste y calculada para las condiciones de viento máximo y 20ºC

El primer término corresponde con la acción del viento sobre los conductores en la dirección de la resultante de ángulo. El segundo, con la resultante de tensiones. En el caso de pequeños ángulos (pertenecen al mismo cantón), se cumple que $T_{01} = T_{02} = T_0$; donde T_0 es la componente horizontal de la tensión del vano regulador de cantón al que pertenece el poste. En este caso:

$$F^*_{TVC} = \left(P_{V,C} \cdot a_V \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + 2 \cdot T_0 \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \right) \cdot \sum \frac{H_i}{H_N}$$

Figura 14 - F_{TVC}



9.2.2.5. Por conductores en postes ANC

Como este tipo de poste debe colocarse en la medida de lo posible en alineación, aplica todo lo establecido en el punto 9.2.2.3

9.2.2.6. Por conductores en postes FL

El esfuerzo EQUIVALENTE horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores es:

$$F^{*}_{TVC} = P_{V,C} \cdot \frac{a}{2} \cdot \sum \frac{H_i}{H_N}$$

Donde:

H_i: Altura del conductor de la fase i (m)
H_N: Altura libre poste – 0,2 m (ver Capítulo 2 definición de “Esfuerzo Equivalente”)
$P_{V,C}$: Fuerza unitaria del viento sobre el conductor (daN/m). Ver Tabla 29 en el apartado 8.3 del presente documento.
a: Longitud del vano anterior (m)

9.2.3. Esfuerzos horizontales longitudinales

9.2.3.1. Por desequilibrio real de tensiones

Aparece como consecuencia del desequilibrio real de tensiones que hay entre las componentes horizontales de la tensión del vano regulador anterior y posterior. Este esfuerzo EQUIVALENTE se calcula para postes ANC con la fórmula siguiente:

$$F^{*}_{LTC} = | T_{02} - T_{01} | \cdot \sum \frac{H_i}{H_N}$$

Donde:

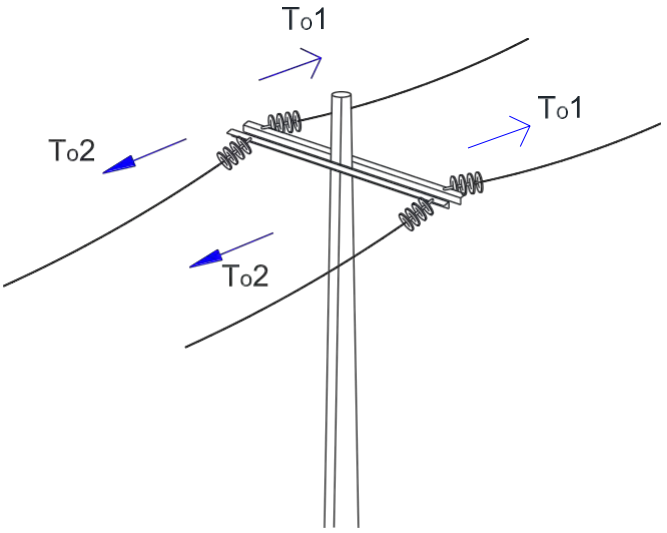
H_i: Altura del conductor de la fase i (m)
H_N: Altura libre poste – 0,2 m (ver Capítulo 2 definición de “Esfuerzo Equivalente”)
T_{01}: Componente horizontal de la tensión en el conductor, correspondiente al vano regulador del cantón anterior (daN). Evaluada con viento máximo y 20ºC
T_{02}: Componente horizontal de la tensión en el conductor, correspondiente al vano regulador del cantón posterior (daN). Evaluada con viento máximo y 20ºC

Para postes tipo FL (caso particular del anterior en el cual no existe vano posterior - desequilibrio 100%):

$$F^{*}_{LTC} = T_0 \cdot \sum \frac{H_i}{H_N}$$

Siendo T_0 la componente horizontal de la tensión en el conductor, correspondiente al vano regulador del cantón anterior (daN) evaluada con viento máximo y 20ºC.

Figura 15 - Desequilibrio real de tensiones



9.2.3.2. Por excentricidad del peso propio de equipos

Aplica, principalmente para transformadores instalados en postes de AL y ANG. El método de cálculo de este esfuerzo equivalente horizontal longitudinal (F^*_{LEE}), para el caso de transformadores y cualquier otro equipo, se encuentra en el Proyecto Tipo de Centros de Transformación tipo Poste.

9.3. HIPÓTESIS ANORMALES

9.3.1. Esfuerzos verticales

Ver numeral 9.2.1.

9.3.2. Esfuerzo horizontal longitudinal

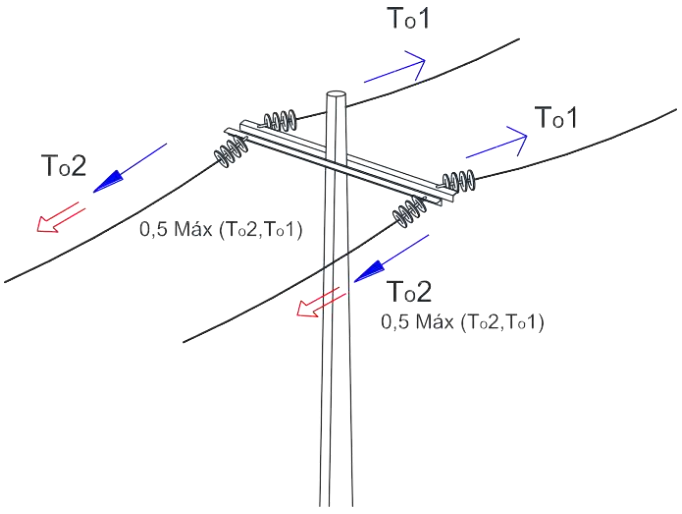
Se utiliza para evaluar ANC y para la condición de 50% desequilibrio de tensiones (hipótesis anormal – condición 3 en la
Tabla 31). Su valor EQUIVALENTE se calcula de la manera siguiente:

$$F'_{LMC} = 0{,}5 \cdot \text{máx}(T_{02}, T_{01}) \cdot \sum \frac{H_i}{H_N}$$

Donde:

H_i: Altura del conductor de la fase i (m)
H_N: Altura libre poste – 0,2 m (ver Capítulo 2 definición de “Esfuerzo Equivalente”)
T_{01}: Componente horizontal de la tensión en el conductor, correspondiente al vano regulador del cantón anterior (daN). Evaluada con viento máximo y 20ºC
T_{02}: Componente horizontal de la tensión en el conductor, correspondiente al vano regulador del cantón posterior (daN). Evaluada con viento máximo y 20ºC

Figura 16 - 50% de desequilibrio de tensiones



9.3.3. Esfuerzo longitudinal por rotura de conductores

Se utiliza para evaluar ANC y FL para la condición 2 (hipótesis anormal). Se considerará la rotura de un solo conductor de fase, y aquel que produzca la solicitación más desfavorable. Es decir, el más alejado del eje del poste, pues producirá el mayor momento torsional. Este momento se calcula de la manera siguiente:

$$M_T = t \cdot \text{máx}(T_{02}, T_{01})$$

Siendo:

M_T: Momento torsor (daN.m)

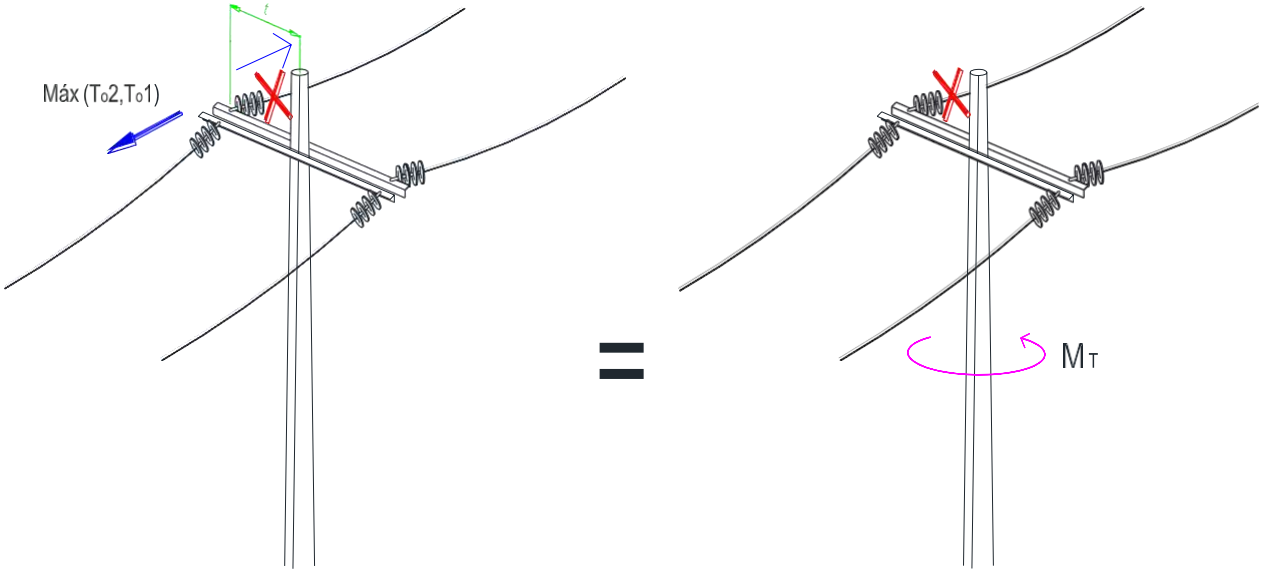
t: Distancia del punto de aplicación más desfavorable de máx (T_{02},T_{01}) al eje del poste (m)

T_{01}: Componente horizontal de la tensión en el conductor, correspondiente al vano regulador del cantón anterior (daN). Evaluada con viento reducido y 28ºC

T_{02}: Componente horizontal de la tensión en el conductor, correspondiente al vano regulador del cantón posterior (daN). Evaluada con viento reducido y 28ºC

Figura 17- Rotura de conductor

o



9.4. SELECCIÓN DEL POSTE AUTOSOPORTADO

9.4.1. Esfuerzos últimos y factores de mayoración

Las tablas 34 y 35 relacionan los esfuerzos calculados según los numerales 9.2.1, 9.2.2, 9.2.3, 9.3.1, 9.3.2 y 9.3.3 con los factores de mayoración y valores últimos a aplicar para seleccionar el poste.

Tabla 34 Hipótesis Normales para postes de hormigón

Tipo de esfuerzo calculado	Factor de mayoración	Esfuerzo último
Esfuerzo total vertical	1,2	Esfuerzo de rotura a compresión ó esfuerzo vertical último en el punto de aplicación de la carga vertical
Esfuerzo resultante por efecto combinado de esfuerzos horizontales (transversales y longitudinales)	2,5	Esfuerzo de rotura a flexión

Tabla 35 - Hipótesis Anormales para postes de hormigón

Tipo de esfuerzo calculado	Factor de mayoración	Esfuerzo último
Esfuerzo total vertical	1,2	Esfuerzo de rotura a compresión ó esfuerzo vertical último en el punto de aplicación de la carga vertical
Esfuerzo horizontal longitudinal por 50% de desequilibrio de tracciones	1,5	Esfuerzo de rotura a flexión
Momento torsor por rotura de un conductor	1,5	Momento torsor último del poste a la altura de instalación del conductor analizado

El esfuerzo EQUIVALENTE resultante de la

Tabla 34 se obtiene combinando los esfuerzos EQUIVALENTES horizontales transversales ($\sum T^*$) y los horizontales longitudinales ($\sum L^*$):

$$R^{*}=\sqrt{(\sum T^{*})^{2}+(\sum L^{*})^{2}}$$

Los valores de esfuerzos últimos para los distintos postes de hormigón normalizados son los siguientes:

Tabla 36 - Capacidad mecánica de postes

Tipo de poste	Esfuerzo de rotura a flexión (daN)	Momento último a torsión (daN x m) (1)	Esfuerzo vertical último para postes autosoportados (daN) (2)			
			h_N	h_N– 0,4m	h_N– 0,8m	h_N – 3,3m
PH-11/500 daN	500	351	709	936	1 074	6 888
PH-11/735 daN	735	380	709	936	1 074	6 888
PH-11/1030 daN	1 030	891	2 539	3 199	3 591	18 228
PH-11/1324 daN	1 324	1 079	3 240	4 067	4 558	22 720
PH-12/500 daN	500	351	568	742	847	4 919
PH-12/735 daN	735	380	568	742	847	4 919
PH-12/1030 daN	1 030	891	2 034	2 538	2 835	13 060
PH-12/1324 daN	1 324	1 079	2 608	3 243	3 616	16 365
PH-14/735 daN	735	568	652	821	920	4 139
PH-14/1030 daN	1 030	891	1 372	1 687	1 869	7 474
PH-14/1324 daN	1 324	1 079	1 779	2 180	2 412	9 478
PH-12/1600 daN	1 600		5 096	6 212	7 581	27 487
PH-12/2500 daN	2 500		8 831	10 604	12 755	43 322
PH-12/4000 daN	4 000		22 194	26 131	30 842	94 253
PH-14/1600 daN	1 600		3 466	4 164	5 003	16 112
PH-14/2500 daN	2 500		6 046	7 159	8 482	25 346
PH-14/4000 daN	4 000		15 225	17 680	20 561	55 400

(1) Momento definido a 0,4 m por debajo de la cima del poste

(2) h_N = Altura libre – 0,2 m

9.4.2. Método de selección poste de hormigón autosoportado

El poste seleccionado debe cumplir la siguiente relación:

Esfuerzo Último ≥ Esfuerzo calculado · Factor de Mayoración

Y simultáneamente para TODOS los distintos tipos de “esfuerzos calculados” considerados en las tablas 33 y 34.

Para el caso particular de las cargas verticales, el análisis debe hacerse para cada nivel ó altura del punto de aplicación de las mismas.

Adoptar el siguiente **método simplificado** para el dimensionamiento de postes autosoportados:

- ✓ No realizar el análisis del poste a esfuerzo vertical, excepto para vanos muy largos (≥ 250 m) y conductores de gran sección y peso unitario (266 ACSR, 336 ACSR y 394 AAAC).
- ✓ Para líneas trifásicas, dimensionar los ANC (0º) con la hipótesis anormal, excepto cuando divide cantones con importantes desequilibrios de tensiones reales, en este caso considerar la hipótesis normal.
- ✓ No considerar el esfuerzo horizontal transversal por excentricidad del peso propio de conductores, excepto en la configuración en bandera.
- ✓ No considerar el esfuerzo horizontal transversal por viento en aisladores.

Tabla 37 - Formulación Método Simplificado para Poste Autosoportado

	Poste	Tipo de comprobación
Normal	AL y ANG	A flexión: $2.5 \cdot \sqrt{\left(F^*_{TEC_{(3)}} + F^*_{TVC} + F^*_{TVP}\right)^2 + (F^*_{LEE})^2} \leq Esf.\ Rotura\ Flexion$
	FL (1)	A flexión: $2.5 \cdot \sqrt{\left(F^*_{TEC_{(3)}} + F^*_{TVC} + F^*_{TVP} + F^*_{TEE}\right)^2 + (F^*_{LTC})^2} \leq Esf.\ Rotura\ Flexion$
Anormal	ANC (0º)	A flexión: $1.5 \cdot F^*_{LMC} \leq Esf.\ Rotura\ Flexion$
	ANC y FL	A torsión: $1.5 \cdot M_T \leq Momento\ torsor\ último$ (2)

Nota: (1) Se utilizará para ANC (0º) si no se cumple la condición simplificada, (2) Momento torsor último a la altura del poste (sección) donde se está evaluando la rotura de conductor y (3) Solo si se trata de configuración en bandera. No considerar el viento en aisladores en F^*_{TVP}

10. CÁLCULO MECÁNICO DE RETENIDAS

10.1. RETENIDAS

Las retenidas se utilizan para contrarrestar los esfuerzos horizontales que no puede soportar el poste por sí mismo: fuerzas transversales debidas al viento y a la resultante de tensiones por el ángulo de deflexión de la línea, así como las fuerzas longitudinales debidas a tensiones desequilibradas en los vanos adyacentes.

Se debe comprobar que el cable de la retenida a utilizar puede soportar dichos esfuerzos.

Para el poste, los esfuerzos verticales transmitidos por la retenida al mismo son de una gran magnitud. Por otro lado, el poste absorbe una proporción del esfuerzo horizontal aplicado al conjunto poste / retenida, denominada fuerza residual. Ambas consideraciones deben tenerse muy en cuenta en el dimensionamiento del mismo.

En el Anexo B8 se encuentra toda la base teórica del cálculo de retenidas.

10.1.1. Retenida Bisectora. Método Simplificado

10.1.1.1. Postes tipo ANG

Aplica para ángulos pequeños (sin cadenas de amarre - no existe desequilibrio de tensiones). De acuerdo a la descripción de las cargas de la Figura 18, efectuar para cada retenida j asociada a un número de conductores NJ que retiene o contrarresta, el cálculo según
Tabla 38. Finalmente, el poste se comprobará a flexión siguiendo la Tabla 39.

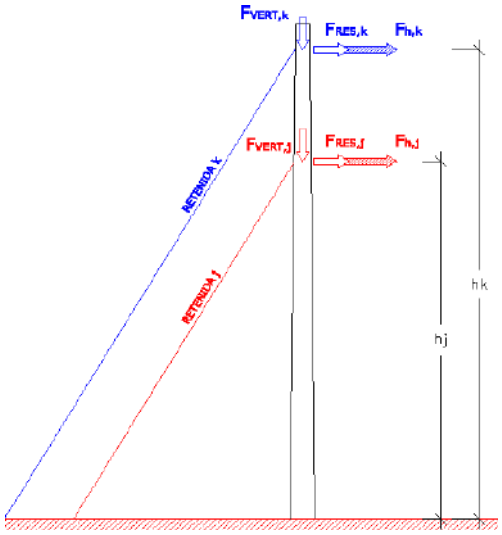


Figura 18 - Fuerzas actuantes sobre poste retenido

Tabla 38 - Retenida Bisectora Poste ANG

Paso 1: Calcular el esfuerzo horizontal (daN) $F_{h,j} = N_j \cdot \left(P_{V.C} \cdot a_V \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + 2 \cdot T_0 \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \right)$ Variables según 9.2.2.4
Paso 2: Calcular esfuerzo residual absorbido por el poste (daN) $F^{a}_{RES,\ j} = \mathbf{A} \cdot F_{h,j} \cdot \frac{H_j}{H_N}$
Paso 3: Comprobar poste a compresión $F_{VERT,\ j} = \mathbf{B} \cdot F_{h,j} + P_{C,j}$ y verificar que se cumple: $1{,}2 \cdot (F_{VERT,\ j} + \Sigma_{k<j}\ F_{VERT,\ k}) \leq P_{U,j}$
Paso 4: Comprobar retenida a tracción Verificar que se cumple: $1{,}5 \cdot \mathbf{C} \cdot F_{h,j} \leq R_{U,j}$

Paso 5: Pretensionado de la retenida (daN)
$T^{0}_{RET,\ j} = \text{Máx}\ \left[2 \cdot \left\lvert \mathbf{A} \cdot F_{h,j} - \frac{ERF}{2,5} \right\rvert\ ;\ 0,05 \cdot R_{U,j}\right]$

Tabla 39 - Retenida Bisectora Comprobación a Flexión Poste ANG

$$F^{*}_{RES,\ TVC} = \sum F^{*}_{RES,\ j}$$

$$2,5 \cdot \sqrt{\left(F^{*}_{RES,\ TVC} + F^{*}_{TEC\,(3)} + F^{*}_{TVP}\right)^{2} + \left(F^{*}_{LEE}\right)^{2}} \leq ERF$$

Resto variables según método simplificado para poste autosoportado

Donde:

A: Depende del tipo de poste que se está evaluando, sección del cable de retenida y la franja de altura donde se instala (Tabla 42)

H_J : Altura del punto de aplicación de la retenida (m)

H_N : Altura libre del poste – 0,2 (m)

B: Depende del tipo de poste que se está evaluando, sección del cable de retenida y la franja de altura donde se instala (Tabla 42)

$P_{C,J}$: Peso del conductor y otros elementos (ver capítulo 9) aplicados en el punto j (daN)

$P_{U,J}$: Capacidad vertical última del poste obtenida de la Tabla 46 en el propio punto j o lo más cercana (por encima) a dicho punto (daN)

$F_{VERT,\ K}$: Carga vertical que transmite cada retenida instalada por encima de j (daN)

C: Depende del tipo de poste que se está evaluando, sección del cable de retenida y la franja de altura donde se instala (Tabla 42)

$R_{U,J}$: Carga de rotura de la retenida (daN)

T^{0}_{RET} : Tensión inicial a aplicar en la retenida en el momento de la instalación (daN)

ERF: Esfuerzo de rotura a flexión del poste (daN)

10.1.1.2. Postes tipo FL y ANC (0º)

Según la Figura 18, efectuar para cada retenida j el cálculo según Tabla 40. Finalmente, el poste se comprobará a flexión y torsión siguiendo la Tabla 41.

Tabla 40 - Retenida Bisectora Poste FL y ANC

FIN DE LÍNEA	ANCLAJE 0º
Paso 1: Calcular el esfuerzo horizontal (daN)	**Paso 1: Calcular el esfuerzo horizontal (daN)**

$F_{h,j} = N_j \cdot T_0$ T_0 según 9.2.3.1	$F_{h,j} = N_j \cdot 0{,}5 \cdot \text{Máx}\,(T_{01}\,;\,T_{02})$ T_{01} y T_{02} según 9.3.2
Paso 2: Calcular esfuerzo residual absorbido por el poste (daN) $F^*_{RES,\ j} = \mathbf{A} \cdot F_{h,j} \cdot \frac{H_j}{H_N}$	
Paso 3: Comprobar poste a compresión $F_{VERT,\ j} = \mathbf{B} \cdot F_{h,j} + P_{C,j}$ y verificar que se cumple: $1{,}2 \cdot (F_{VERT,\ j} + \sum_{k<j} F_{VERT,\ K}) \leq P_{U,j}$	
Paso 4: Comprobar retenida a tracción Verificar que se cumple: $1{,}5 \cdot \mathbf{C} \cdot F_{h,j} \leq R_{U,j}$	
Paso 5: Pretensionado de la retenida (daN) $T^0_{RET,\ j} = \text{Máx}\left[2 \cdot \left\lvert \mathbf{A} \cdot F_{h,j} - \frac{ERF}{2{,}5} \right\rvert \;;\; 0{,}05 \cdot R_{U,j}\right]$	**Paso 5: Pretensionado de la retenida (daN)** $T^0_{RET,\ j} = \text{Máx}\left[2 \cdot \left\lvert \mathbf{A} \cdot F_{h,j} - \frac{ERF}{1{,}5} \right\rvert \;;\; 0{,}05 \cdot R_{U,j}\right]$

Tabla 41 - Retenida Bisectora Comprobación a Flexión y Torsión Poste FL y ANC

FIN DE LÍNEA	ANCLAJE 0º
POSTE a flexión $F^*_{RES,\ LTC} = \sum F^*_{RES,\ j}$ $2{,}5 \cdot \sqrt{\left(F^*_{TEC\,(3)} + F^*_{TVC} + F^*_{TVP} + F^*_{TEE}\right)^2 + \left(F^*_{RES,\ LTC}\right)^2} \leq ERF$ Resto variables según método simplificado para poste autosoportado	**POSTE a flexión** $F^*_{RES,\ LMC} = \sum F^*_{RES,\ j}$ $1{,}5 \cdot F^*_{RES,\ LMC} \leq ERF$
POSTE a torsión Ver condición de autosoportado	

Donde:

A: Depende del tipo de poste que se está evaluando, sección del cable de retenida y la franja de altura donde se instala (Tabla 42)

H_J : Altura del punto de aplicación de la retenida (m)

H_N : Altura libre del poste – 0,2 (m)

B: Depende del tipo de poste que se está evaluando, sección del cable de retenida y la franja de altura donde se instala (Tabla 42)

$P_{C,J}$: Peso del conductor y otros elementos (ver capítulo 9) aplicados en el punto j (daN)

$P_{U,J}$: Capacidad vertical última del poste obtenida de la Tabla 46 en el propio punto j o lo más cercana (por encima) a dicho punto (daN)

$F_{VERT,\ K}$: Carga vertical que transmite cada retenida instalada por encima de j (daN)

C: Depende del tipo de poste que se está evaluando, sección del cable de retenida y la franja de altura donde se instala (Tabla 42)

$R_{U,J}$: Carga de rotura de la retenida (daN)

T^0_{RET} : Tensión inicial a aplicar en la retenida en el momento de la instalación (daN)

ERF: Esfuerzo de rotura a flexión del poste (daN)

Tabla 42- Coeficientes A, B y C Retenida Bisectora

Retenida 3/8" Alpha 60º									
Poste	**≤ 1,2 m**			**1,2 < y ≤ 2,2 m**			**> 3,0 m**		
(daN)	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**
500 -735	0,11	1,54	1,82	0,16	1,46	1,69	0,19	1,40	1,62
1030 - 1324	0,21	1,37	1,65	0,24	1,32	1,44	0,33	1,16	1,56

Retenida 1/2" Alpha 60º									
Poste	**≤ 1,2 m**			**1,2 < y ≤ 2,2 m**			**> 3,0 m**		
(daN)	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**
500 -735	0,06	1,63	1,88	0,09	1,58	1,82	0,11	1,54	1,78
1030 - 1324	0,12	1,51	1,75	0,14	1,48	1,71	0,21	1,38	1,59

Nota: Las franjas de altura de instalación de la retenida se consideran medidas desde la cima del poste hacia abajo.

10.1.2. Conjunto a 90°. - Método Simplificado

Se emplea para ángulos con cadenas de amarre. Según Figura 18, efectuar para cada par de retenidas a 90° j asociadas a un número de conductores N_J, el cálculo según Tabla 43. Finalmente, el poste se comprobará a flexión siguiendo la Tabla 44.

Tabla 43 - Conjunto a 90° Poste ANG

Paso 1: Calcular el esfuerzo horizontal (daN)

$$F_{h,j} = N_j \cdot \left(P_{V,C} \cdot a_V \cdot \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + \sqrt{(T_{02} - T_{01})^2 \cdot \cos^2\left(\frac{\beta}{2}\right) + (T_{02} + T_{01})^2 \cdot \sin^2\left(\frac{\beta}{2}\right)} \right)$$

Variables según 9.2.2.4

Paso 2: Calcular esfuerzo residual absorbido por el poste (daN)

$$F^{'}_{RES,\ j} = \mathbf{A} \cdot F_{h,j} \cdot \frac{H_j}{H_N}$$

Paso 3: Comprobar poste a compresión

$F_{VERT,\ j} = \mathbf{B} \cdot F_{h,j} + P_{C,j}$ y verificar que se cumple: $1{,}2 \cdot (F_{VERT,\ j} + \sum_{k<j} F_{VERT,\ K}) \leq P_{U,j}$

Paso 4: Comprobar retenida a tracción

Verificar que se cumple para la retenida perpendicular (caso más desfavorable, exceptuando cuando el ángulo de deflexión es 90° en que ambas retenidas tienen la misma tensión):

$$1{,}5 \cdot C_P \cdot F_{h,j} \leq R_{U,j}$$

Paso 5: Pretensionado de la retenida (daN)

$$T^0_{RET,\ j} = \text{Máx}\ \left[2 \cdot \left|A \cdot F_{h,j} - \frac{ERF}{2{,}5}\right| ;\ 0{,}05 \cdot R_{U,j}\right]$$

Tabla 44 - Conjunto a 90° Comprobación a Flexión Poste ANG

$$F^{*}_{RES,\ TVC} = \sum F^{*}_{RES,\ j}$$

$$2{,}5 \cdot \sqrt{\left(F^{*}_{RES,\ TVC} + F^{*}_{TEC\,(3)} + F^{*}_{TVP}\right)^2 + \left(F^{*}_{LEE}\right)^2} \leq ERF$$

Resto variables según método simplificado para poste autosoportado

Donde:

A: Depende del tipo de poste que se está evaluando, sección del cable de retenida y la franja de altura donde se instala (Tabla 45)

H_J : Altura del punto de aplicación de la retenida (m)

H_N : Altura libre del poste – 0,2 (m)

B: Depende del tipo de poste que se está evaluando, sección del cable de retenida y la franja de altura donde se instala (Tabla 45)

$P_{C,J}$: Peso del conductor y otros elementos (ver capítulo 9) aplicados en el punto j (daN)

$P_{U,J}$: Capacidad vertical última del poste obtenida de la Tabla 46 en el propio punto j o lo más cercana (por encima) a dicho punto (daN)

$F_{VERT,\ K}$: Carga vertical que transmite cada retenida instalada por encima de j (daN)

C_P: Depende del tipo de poste que se está evaluando, sección del cable de retenida, la franja de altura donde se instala y del ángulo de deflexión de la línea β (Tabla 45)

$R_{U,J}$: Carga de rotura de ambas retenidas (daN) (son del mismo tipo)

$T^0_{RET,J}$: Tensión inicial a aplicar en la retenida en el momento de la instalación (daN)

ERF: Esfuerzo de rotura a flexión del poste (daN)

Tabla 45 - Coeficientes A, B y C Conjunto a 90°

β	Retenida 3/8" Alpha 60°									
	Poste	≤ 1,2 m			1,2 < y ≤ 2,2 m			> 3,0 m		
	(daN)	A	B	CP	A	B	CP	A	B	CP
20°	500 -735	0,11	1,54	1,73	0,16	1,46	1,64	0,19	1,40	1,57
	1030 - 1324	0,21	1,37	1,53	0,24	1,32	1,47	0,33	1,16	1,30
30°	500 -735	0,11	1,54	1,66	0,16	1,46	1,58	0,19	1,40	1,51
	1030 - 1324	0,21	1,37	1,47	0,24	1,32	1,42	0,33	1,16	1,25
40°	500 -735	0,11	1,54	1,57	0,16	1,46	1,49	0,19	1,40	1,43
	1030 - 1324	0,21	1,37	1,39	0,24	1,32	1,34	0,33	1,16	1,19
50°	500 -735	0,11	1,54	1,46	0,16	1,46	1,39	0,19	1,40	1,33
	1030 - 1324	0,21	1,37	1,30	0,24	1,32	1,25	0,33	1,16	1,10
60°	500 -735	0,11	1,54	1,34	0,16	1,46	1,27	0,19	1,40	1,21
	1030 - 1324	0,21	1,37	1,18	0,24	1,32	1,14	0,33	1,16	1,01
70°	500 -735	0,11	1,54	1,19	0,16	1,46	1,13	0,19	1,40	1,08
	1030 - 1324	0,21	1,37	1,06	0,24	1,32	1,02	0,33	1,16	0,90
80°	500 -735	0,11	1,54	1,04	0,16	1,46	0,99	0,19	1,40	0,95
	1030 - 1324	0,21	1,37	0,93	0,24	1,32	0,89	0,33	1,16	0,79
90°	500 -735	0,11	1,54	0,89	0,16	1,46	0,84	0,19	1,40	0,81
	1030 - 1324	0,21	1,37	0,79	0,24	1,32	0,76	0,33	1,16	0,67

β	Retenida 1/2" Alpha 60°									
	Poste	≤ 1,2 m			1,2 < y ≤ 2,2 m			> 3,0 m		
	(daN)	A	B	CP	A	B	CP	A	B	CP
20°	500 -735	0,06	1,63	1,82	0,09	1,58	1,77	0,11	1,54	1,72
	1030 - 1324	0,12	1,52	1,70	0,14	1,48	1,66	0,21	1,38	1,54
30°	500 -735	0,06	1,63	1,75	0,09	1,58	1,70	0,11	1,54	1,66
	1030 - 1324	0,12	1,52	1,64	0,14	1,48	1,60	0,21	1,38	1,48
40°	500 -735	0,06	1,63	1,66	0,09	1,58	1,61	0,11	1,54	1,57
	1030 - 1324	0,12	1,52	1,55	0,14	1,48	1,51	0,21	1,38	1,40
50°	500 -735	0,06	1,63	1,54	0,09	1,58	1,50	0,11	1,54	1,46
	1030 - 1324	0,12	1,52	1,44	0,14	1,48	1,41	0,21	1,38	1,30
60°	500 -735	0,06	1,63	1,41	0,09	1,58	1,37	0,11	1,54	1,33
	1030 - 1324	0,12	1,52	1,31	0,14	1,48	1,29	0,21	1,38	1,19
70°	500 -735	0,06	1,63	1,26	0,09	1,58	1,22	0,11	1,54	1,19
	1030 - 1324	0,12	1,52	1,18	0,14	1,48	1,15	0,21	1,38	1,07
80°	500 -735	0,06	1,63	1,10	0,09	1,58	1,07	0,11	1,54	1,04
	1030 - 1324	0,12	1,52	1,03	0,14	1,48	1,01	0,21	1,38	0,93
90°	500 -735	0,06	1,63	0,94	0,09	1,58	0,91	0,11	1,54	0,89
	1030 - 1324	0,12	1,52	0,88	0,14	1,48	0,86	0,21	1,38	0,79

Nota: Las franjas de altura de instalación de la retenida se consideran medidas desde la cima del poste hacia abajo.

Tabla 46 - Capacidad vertical de postes de concreto con retenidas

Tipo de poste	Esfuerzo vertical último para postes con retenidas (daN)			
	h_N	h_N– 0,4m	h_N– 0,8m	h_N – 3,3m
PH-11/500 daN	2 127	2 808	3 222	20 664
PH-11/735 daN	2 127	2 808	3 222	20 664
PH-11/1030 daN	7 617	9 597	10 773	54 684
PH-11/1324 daN	9 720	12 201	13 674	68 160
PH-12/500 daN	1 704	2 226	2 541	14 757
PH-12/735 daN	1 704	2 226	2 541	14 757
PH-12/1030 daN	6 102	7 614	8 505	39 180
PH-12/1324 daN	7 824	9 729	10 848	49 095
PH-14/735 daN	1 956	2 463	2 760	12 417
PH-14/1030 daN	4 116	5 061	5 607	22 422
PH-14/1324 daN	5 337	6 540	7 236	28 434
PH-12/1600 daN	15 288	18 637	22 743	83 540
PH-12/2500 daN	26 493	31 812	38 265	129 968
PH-12/4000 daN	66 582	78 394	92 528	282 761
PH-14/1600 daN	10 398	12 493	15 009	48 338
PH-14/2500 daN	18 140	21 478	25 448	76 038
PH-14/4000 daN	45 675	53 041	61 683	166 202

Nota: h_N= Altura libre – 0,2 m.

10.2. Ancla de la retenida

Las dimensiones del ancla de concreto para la fijación del cable de retenida, se seleccionarán de acuerdo con la Tabla 47 dependiendo del tipo de cable y del tipo terreno. La tensión del cable de retenida no sobrepasará la carga máxima que el ancla puede transmitir al terreno.

Figura 19 - Dimensiones del Ancla de Concreto

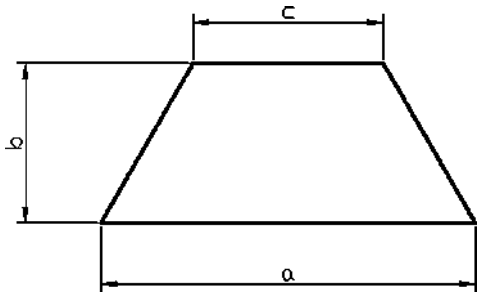


Tabla 47 - Dimensiones anclas de concreto reforzado

DIMENSIONES ANCLA				
Diametro cable	**3/8"**		**1/2"**	
Tipo de suelo	**Suelo Normal**	**Suelo Flojo**	**Suelo Normal**	**Suelo Flojo**
H (m)	1,88	1,94	1,88	1,78
a (m)	0,40	0,65	0,40	1,45
b (m)	0,25	0,25	0,25	0,25
c (m)	0,30	0,30	0,30	1,50
Carga máxima (dan)	8975	4770	8975	8160
Refuerzo (parrilla)	3/8"@10cm	3/8"@10cm	3/8"@10cm	1/2"@20cm

El ancla para el cable de 3/8” en terreno normal y flojo y para el cable de 1/2” en terreno normal serán en concreto prefabricado. Para el cable de 1/2” en terreno flojo el ancla de concreto será fabricada In situ.

11. CÁLCULO DE CIMENTACIONES

11.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE TERRENO

Los cálculos de cimentaciones del presente Proyecto Tipo se realizan teniendo en cuenta los siguientes tipos de terreno y características:

Tabla 48 - Tipificación de terrenos y sus características

Terreno	σ_{adm} (daN/cm^2)	$K = C_h = C_k$ (daN/cm^3) (*)	β (°)	μ	γ (daN/cm^3)
Flojo	0.5	8	3	0,2	1400
Normal	1.0	12	6	0,3	1700
Duro	1.5	16	10	0,4	1900
Muy duro	2.0	20	15	0,5	2000

(*) Nota: Coeficiente de compresibilidad único para paredes y el fondo

- **Terreno flojo**: Arena fina húmeda y arcilla blanda
- **Terreno normal**: Arcilla medio dura y arcilla fina seca
- **Terreno duro**: Arcilla rígida, Arena gruesa y pedregullo
- **Terreno muy duro**: Arcilla gruesa dura, gravera rodada y pedregullo rígido

Donde:

σ_{adm}: Capacidad portante del terreno (daN/cm^2)
C_h: Coeficiente de compresibilidad del terreno en las paredes laterales (daN/cm^3)
C_k: Coeficiente de compresibilidad del terreno en el fondo del macizo (daN/cm^3)
K: Coeficiente de compresibilidad del terreno (daN/ cm^3)
β: Ángulo de tierra gravante (°)
μ: Coeficiente de fricción entre el terreno y el hormigón
γ: Peso específico del terreno (daN/cm^3)

En el capítulo A7 del Anexo A se encuentran tabuladas las dimensiones de las cimentaciones normalizadas, así como, los valores de compresión máxima admisible de las mismas ($P_{MÁX}$ expresada en daN). Tanto para las cimentaciones normales como especiales.

La selección de la cimentación depende de las características del terreno, del tipo de poste y su función y del esfuerzo máximo vertical que puede soportar la cimentación. Los criterios de selección son los siguientes:

- **Postes de 500 y 735 daN en terreno flojo exceptuando función ANC**.- Se seleccionará la tipo monobloque cilíndrica. Si el poste está retenido, se debe calcular el esfuerzo vertical total transmitido a la cimentación por el conjunto poste / retenida, gravivano y peso propio de equipos y verificar que sea menor o igual al $P_{MÁX}$ de la cimentación. Si se sobrepasa este valor, se evaluará la solución monobloque prismática y la especial, por este orden.

- **En terreno flojo postes de 1030 daN, 1324 daN y todos los tipos de poste con función ANC**. - Se seleccionará tipo monobloque prismática. Si el poste está retenido, se debe calcular el esfuerzo vertical total transmitido a la cimentación por el conjunto poste / retenida, gravivano y peso propio de equipos y verificar que sea menor o igual al $P_{MÁX}$ de la cimentación. Si se sobrepasa este valor, se evaluará la solución monobloque cilíndrica y la especial, por este orden.

- **En terreno normal, duro y muy duro**. - Independientemente del tipo y función del poste, se seleccionará la tipo directa. Si el poste está retenido, se debe calcular el esfuerzo vertical total transmitido a la cimentación por el conjunto poste / retenida, gravivano y peso propio de equipos y verificar que sea menor o igual al $P_{MÁX}$ de la cimentación. Si se sobrepasa este valor, se evaluará la solución monobloque cilíndrica y prismática, por este orden.

En caso que el terreno tenga propiedades distintas a las indicadas en la Tabla 48, la cimentación debe calcularse conforme a lo establecido en el apartado 11.2 y en el capítulo B7 del Anexo B.

11.2. MÉTODO DE CÁLCULO

11.2.1. Consideraciones generales

El coeficiente de seguridad al vuelco se ha calculado mediante la expresión:

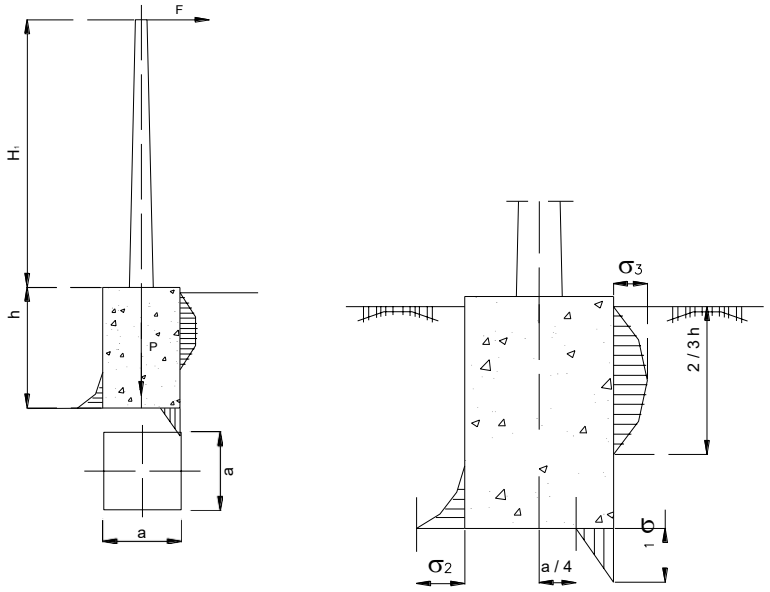
$$C_s = \frac{M_e}{M_v}$$

Donde:

M_e: Momento estabilizador total (daN.m)
M_v: Momento de vuelco (daN.m)

El coeficiente de seguridad al vuelco no será inferior a 1,5 para los postes de AL, ANG y FL y de 1,9 para los postes en ANC.

Figura 20 - Cimentación



El momento de vuelco de la cimentación se ha determinado mediante la siguiente expresión:

$$M_v = F \cdot \left(H_l + \frac{2}{3} \cdot h \right)$$

con:

$$F = \frac{CR}{Fs}$$

Siendo:

Mv: Momento de vuelco (daN.m)
F: Fuerza horizontal resultante de la solicitación combinada (m)
H_l: Altura sobre el terreno del punto de aplicación de F (m).
h: Profundidad de la cimentación (m).
CR: Esfuerzo de rotura a flexión del poste(daN)
Fs: Factor de seguridad, igual a 2,5.

El momento estabilizador total se obtiene por el método de Sulzberger (ver apartado B7.1 del Anexo B). De igual manera, se debe comprobar que las presiones máximas que la cimentación transmite al terreno no exceden los valores máximos fijados para el mismo (tabla 40).

Se supone que la tangente del ángulo de giro máximo permitido al alcanzar el equilibrio (inclinación del poste) no será superior a 0,01 (tan (α) = 0,01).

Se considerará, para los postes directamente empotrados, una profundidad mínima de la cimentación del 10% de la longitud total del poste más 0,6 m. Para los postes hormigonados, esta magnitud se incrementa en 0,10 m. En terrenos inclinados esta longitud se medirá desde el lado del poste que quede menos enterrado.

Se debe tomar como espesor de la pared de la cimentación un mínimo 0,10 m, no considerándose como espesor útil el sello de hormigón que se introduce entre el poste y la cimentación.

El solado base se calcula según el método descrito en el apartado B.7.2 del Anexo B.

12. ANÁLISIS DE RIESGO POR RAYOS.

Para la evaluación del nivel de riesgo por rayos se debe seguir la metodología establecida en el RETIE en el numeral 9.2 Evaluación del nivel de riesgo, utilizando como referencia la siguiente matriz de riesgo:

Figura 21 – Matriz de riesgo de descargas atmosféricas

ÍNDICES DE GRAVEDAD	Resistividad [Ω.m]		FRECUENCIA				
			E	D	C	B	A
			DRT <1	DRT 1 - <5	DRT 5 - <15	DRT 15 - <30	DRT >30
	>500	1	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	200 - 500	2	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	100 - 200	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	25 - 100	4	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	<25	5	MUY BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO

Evaluador: ____ MP: _____ Fecha: _____

En el anexo A.1.3 se muestran los mapas que relacionan la densidad de rayos a tierra (DRT) a una región determinada. Si un proyecto involucra varios DRT, se toma el DRT más alto, para ser aplicado en la matriz de riesgo.

En el anexo B.9 numeral B.9.1 se describe el método de cálculo para determinar el DRT.

La resistividad del terreno debe ser medida utilizando los procedimientos establecidos en la IEEE St 80. 2010. En los proyectos que involucren transformadores se debe hacer la medición en el lugar en el que se proyecte la instalación de cada transformador. En aquellos proyectos que no involucren la instalación de transformadores, se debe hacer una medición al menos cada 500 a 1000 metros.

Luego de identificar el nivel de riesgo, se deben tomar las medidas correctivas, tomando como referencia las siguientes acciones de control de riesgo:

Nivel de riesgo Muy Bajo:

- Diseño y configuración de SPT según el capítulo 7 de “Cálculo del sistema de puesta a tierra (PAT)”

Nivel de riesgo Bajo:

- Diseño y configuración de SPT según el capítulo 7 de “Cálculo del sistema de puesta a tierra (PAT)”

Nivel de riesgo Medio:

- Diseño y configuración de SPT según el capítulo 7 de “Cálculo del sistema de puesta a tierra (PAT)” pero con las siguientes considewracio9nes adicionales:
- Instalación de DPS de línea en media tensión con gap en derivaciones o cada 500 metros, que complementen los DPS de los equipos.
- Puesta a tierra en anillo, electrodo. (figura 22 a)

Nivel de riesgo Alto:

- Diseño y configuración de SPT según el capítulo 7 de “Cálculo del sistema de puesta a tierra (PAT)” pero con las siguientes consideraciones adicionales:
- Instalación de DPS de línea en media tensión con gap en derivaciones o cada 500 metros, que complementen los DPS de los equipos.
- Cable de guarda en líneas de 13.2 kV y 34,5 kV.
- Instalación de DPS en la baja tensión de los transformadores.
- Puesta a tierra en anillo, electrodo y un contrapeso (figura 22 b)

Nivel de riesgo Muy Alto:

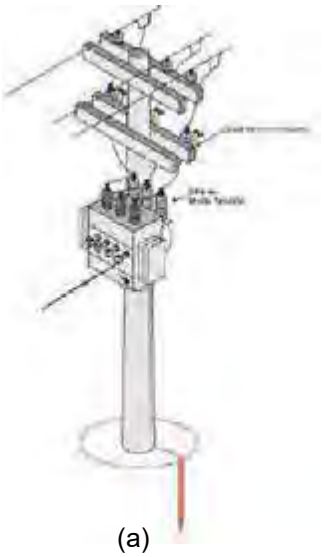
- Diseño y configuración de SPT según el capítulo 7 de “Cálculo del sistema de puesta a tierra (PAT)” pero con las siguientes considewracio9nes adicionales:
- Instalación de DPS de línea en media tensión con gap en derivaciones o cada 500 metros, que complementen los DPS de los equipos.
- Cable de guarda en líneas de 13.2 kV y 34,5 kV.
- Instalación de DPS en la baja tensión de los transformadores.
- Puesta a tierra en anillo, electrodo y dos contrapesos (figura 22 c)

Estas acciones de control de riesgo asumen que el diseño cumple con todos los preceptos de este proyecto tipo y toda la normatividad aplicable. En todos los casos se deben seguir las recomendaciones de la guía Std IEEE 1410-1997 - Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines.

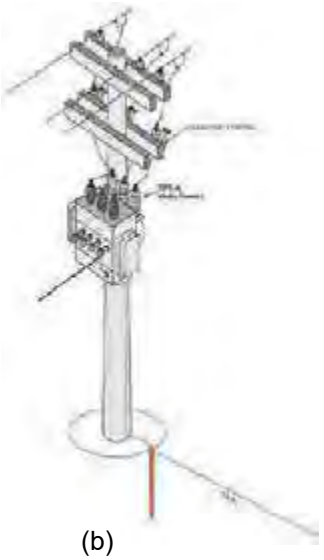
Para verificar el desempeño de las líneas con cable de guarda debido a descargas atmosféricas se empleará el método simplificado de los dos puntos de IEEE-EPRI, el cual determina el número de salidas de la línea por fallas de apantallamiento y flameos inversos. El procedimiento de cálculo, que determina las salidas de la línea debido a cada una de estas causas, es el que se describe en el Anexo B9 del presente documento.

El diseñador e instalador inician el proceso de configuración del sistema de puesta a tierra siguiendo los preceptos y recomendaciones de este proyecto tipo y luego ajustando el diseño de acuerdo a los valores de resistividad propios del terreno, garantizando siempre el control de las tensiones de paso y contacto.

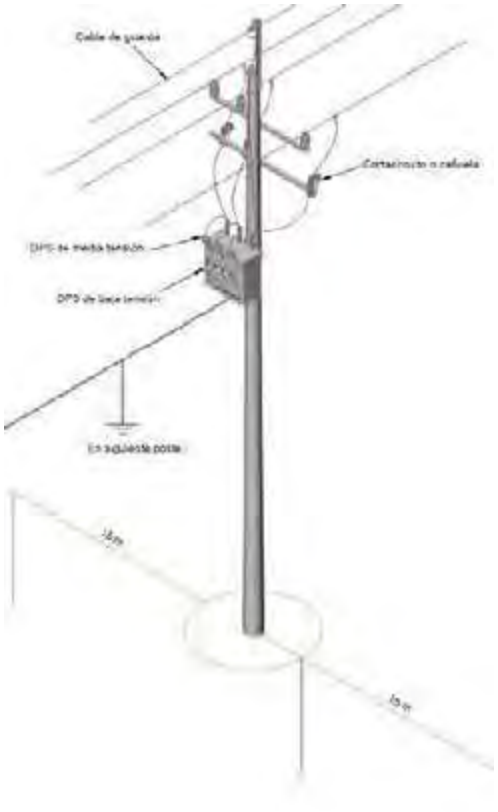
Figura 22 – Configuraciones para niveles de riesgo medio a muy alto.



(a)



(b)



(c)

13. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

13.1. CRITERIOS RELACIONADOS CON LA ESCOGENCIA DE LA ZONA DE CONTAMINACIÓN Y DE VIENTO.

En aquellos casos en los cuales el trazado de la línea involucre más de una zona se establece el siguiente criterio para seleccionar la zona de diseño:

Si el tramo más corto que involucra una zona específica representa menos del 10% de la longitud total de la línea, se seleccionara como zona de diseño la que involucra el tramo más largo. En los otros casos se deberá diseñar cada tramo con la zona específica en la que este cobijada. Para los casos de diferentes zonas de viento, se instalará un anclaje lo más cercano posible al límite entre las dos zonas.

Ante dudas e incertidumbres respecto a la selección de zona de contaminación y viento se seleccionará la zona de mayor exigencia.

Cuando la línea pase por zonas específicas que no estén representadas en los planos de viento y de contaminación, como es el caso de zonas alejadas de la costa y cercanas al desarrollo de actividades generadoras de algún tipo de polución que afecte la calidad del aislamiento de la línea (áreas de determinada actividad industrial y/o minera: fabricación de cemento, minas de carbón, etc.), o zonas que por sus características topográficas específicas presenten velocidades de viento diferentes a las establecidas en los planos, se deberá diseñar el tramo de la línea comprendido en dicha zona específica con las consideraciones que apliquen de acuerdo a las características locales imperantes.

13.2. CRITERIOS RELACIONADOS CON EL TRAZADO DE LA LÍNEA.

El trazado de línea se hará lo más recto posible.

La línea debe ser fácilmente accesible para efectos de mantenimiento, evitando zonas protegidas, de cultivos altos, de alto riesgo y rondas de ríos y ciénagas y mar.

En el trazado de la línea se debe evaluar la facilidad de la construcción de la línea, la facilidad en la negociación y obtención de los trámites y permisos.

Se debe contemplar al menos dos alternativas para la selección óptima de la ruta.

Se debe cumplir con la reglamentación vigente en el Ministerio de Obras Públicas y Transporte en la ubicación de la línea respecto a los tipos de vías, tanto en su ubicación en paralelo como en los cruces obligados.

El trazado de las líneas de media tensión deberá ser hecho con topografía o con tecnología que garantice la calidad y precisión requerida. (Tipo LIDAR Technology-Laser Detection and Ranging)

13.3. CRITERIOS RELACIONADOS CON LA SELECCIÓN DEL CONDUCTOR.

El conductor ACSR se utilizará solamente en zona con nivel de contaminación normal.

La selección del conductor debe realizarse siguiendo un criterio técnico-económico, que minimice la inversión y el coste de las pérdidas. Para el nivel de 13,2 kV la pérdida de potencia máxima será del 2,8 %.

El conductor será único para troncales y será de un solo calibre en derivadas o ramales de uso general seleccionado de los conductores normalizados. Si se trata de alimentación de clientes por fuera de troncales y ramales, el calibre será de acuerdo con la demanda. Los conductores de troncales serán seleccionados por el área de Planificación de AIR-E del material y los calibres normalizados.

13.4. CRITERIOS RELACIONADOS CON LA SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN.

La configuración prioritaria es la compacta para la zona urbana y el compacto vano largo para la zona rural.

La configuración bandera solo se utilizará para proyectos especiales y en situaciones de riesgo de incumplimiento de distancias de seguridad.

13.5. CRITERIOS RELACIONADOS CON LA SELECCIÓN DE POSTES.

Será prioritario el uso de postes de hormigón, permitiéndose la utilización de postes metálicos o de fibra de vidrio cuando las características de la línea y acceso así lo requieran. De igual manera, se adoptará la solución autosoportado; minimizando la utilización de retenidas, siempre y cuando la solución mecánica sea obtenida con los postes normalizados.

La altura del poste se debe seleccionar para cumplir las distancias de seguridad y la aparición de posibles nuevos circuitos (primeros tramos de troncales), evitando sobredimensionar esta característica por otras circunstancias. En zonas rurales se seleccionará la combinación óptima de altura de postes y configuración de estructuras para minimizar los costes.

El poste metálico será una solución directa ante condiciones que no permitan la ubicación de las retenidas y su diámetro estará limitado al mayor diámetro del poste de concreto normalizado.

13.6. CRITERIOS PARA EL MUESTREO DE SUELOS.

El diseñador debe realizar estudios de suelo en los puntos críticos (Ángulos fuertes mayores de 30°, postes con función fin de línea y anclaje) para establecer el tipo de terreno. En los alineamientos se deberá registrar el tipo de terreno según la experiencia del ingeniero diseñador y con base en los resultados del estudio de suelos.

14. NORMAS

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE (SEI) – MERP No. 91: Design of Guyed Electrical Transmission Structures – 1997.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / PRECAST-PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE (PCI) – W1814-JR412: Guide for the Design of Prestressed Concrete Poles – 1997.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE (SEI) – MOP No. 111: Reliability-Based Design of Utility Pole Structures – 2006.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE (SEI) – MOP No. 74 3rd Ed.: Guidelines for Electrical Transmission Structural Loading – 2010.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SISMICA (AIS) – Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) – 2010.

CONSEIL INTERNATIONAL DES GRANDES RÉSEAUX ELECTRIQUES (CIGRÉ) – WG 22.06 Technical Brochure 178: Probabilistic Design of Overhead Transmission Lines – 2001.

CONSEIL INTERNATIONAL DES GRANDES RÉSEAUX ELECTRIQUES (CIGRÉ) – TF B2.11.04 Technical Brochure 273: Overhead Conductor Safe Design Tension with respect to Aeolian Vibrations – 2005.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI) – Transmission Line Reference Book: Wind-Induced Conductor Motion (The Orange Book) 2ndEd. - 2008.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS (ICONTEC) - NTC 3524: Electrotecnia. Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica - Guía para la selección y localización de amortiguadores tipo Stockbridge – 1993.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) – Technical Report IEC TR 61774 1st Ed.: Overhead Lines - Meteorological data for assessing climatic loads – 1997.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) – International Standard IEC 60826 3rd Ed.: Design Criteria of Overhead Transmission Lines – 2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) – International Standard IEC 60815-1: Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions– 1986.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA – REPUBLICA DE COLOMBIA (MINMINAS) Resolución No. 90708: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) – 2013

THE CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (CSA) – CSA International A14-00: Concrete poles – 2000.

THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. (IEEE) Standard 142: Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems – 1991

THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. (IEEE) Standard 738: Standard for Calculating the Current-Temperature of Bare Overhead Conductors – 2006

THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. (IEEE) Standard 1410: Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines-1997

ANEXO A1
DELIMITACIÓN DE ZONAS POR DEPARTAMENTO

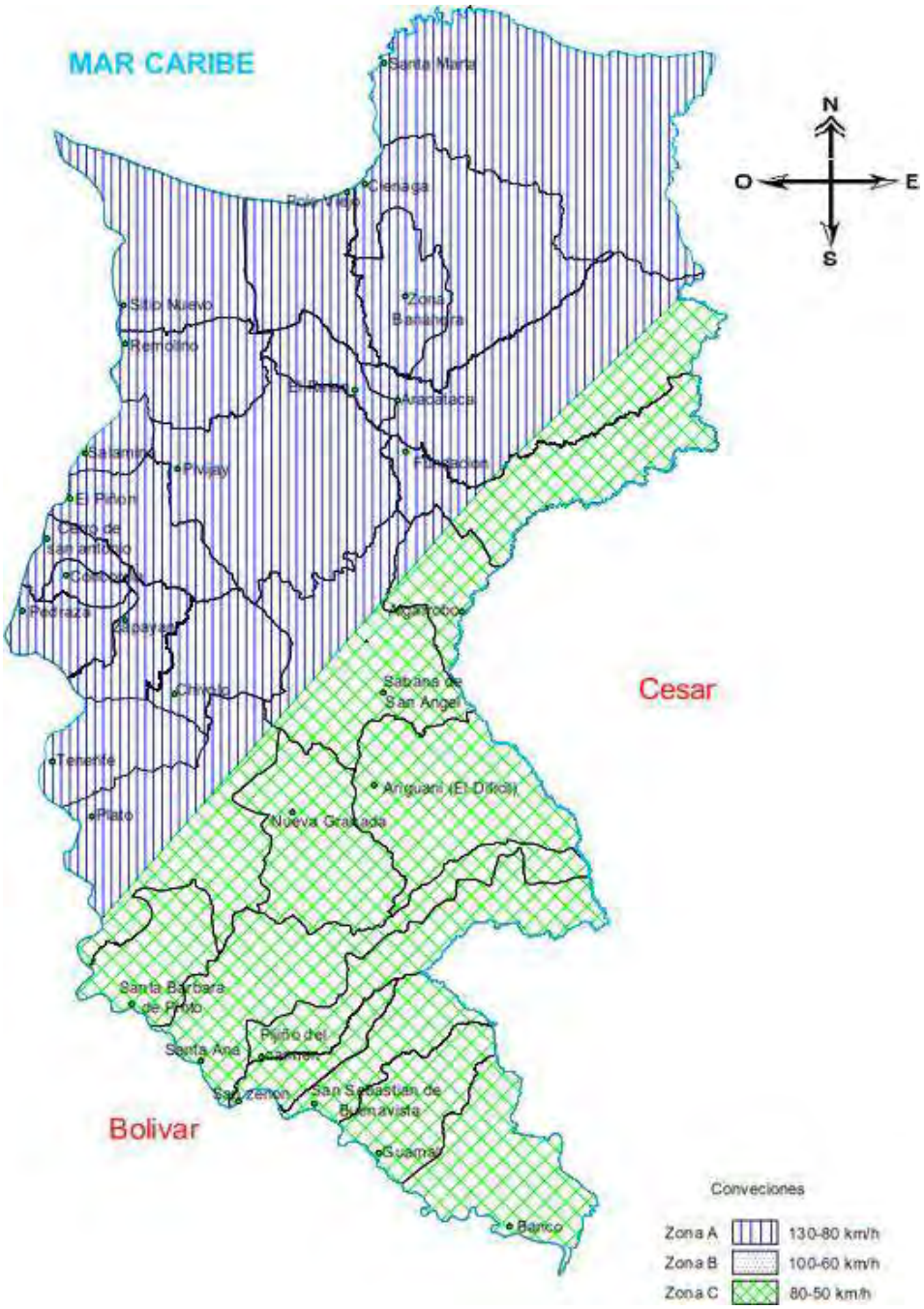
A1.1 PLANOS DE VIENTO

DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO

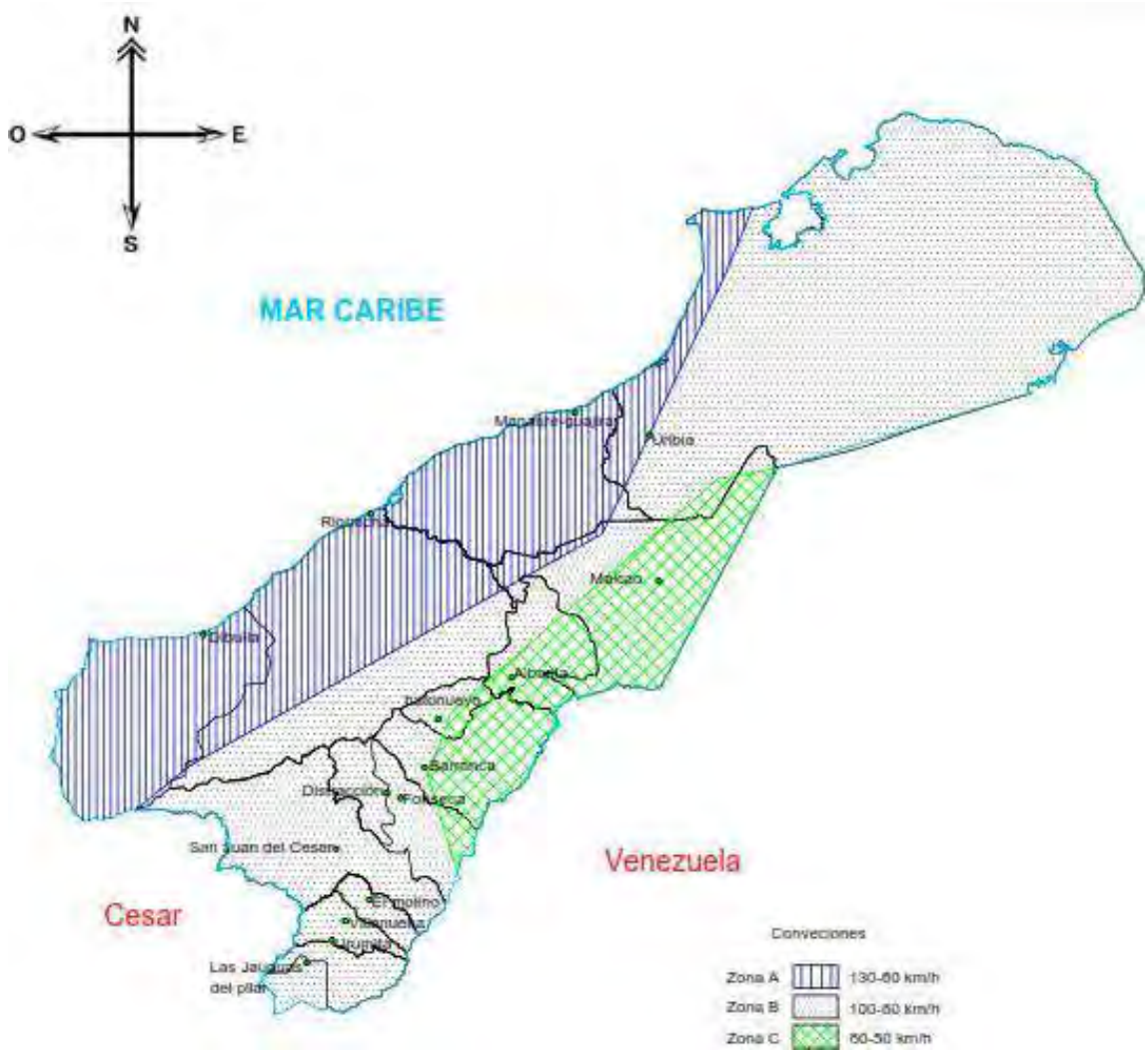




DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

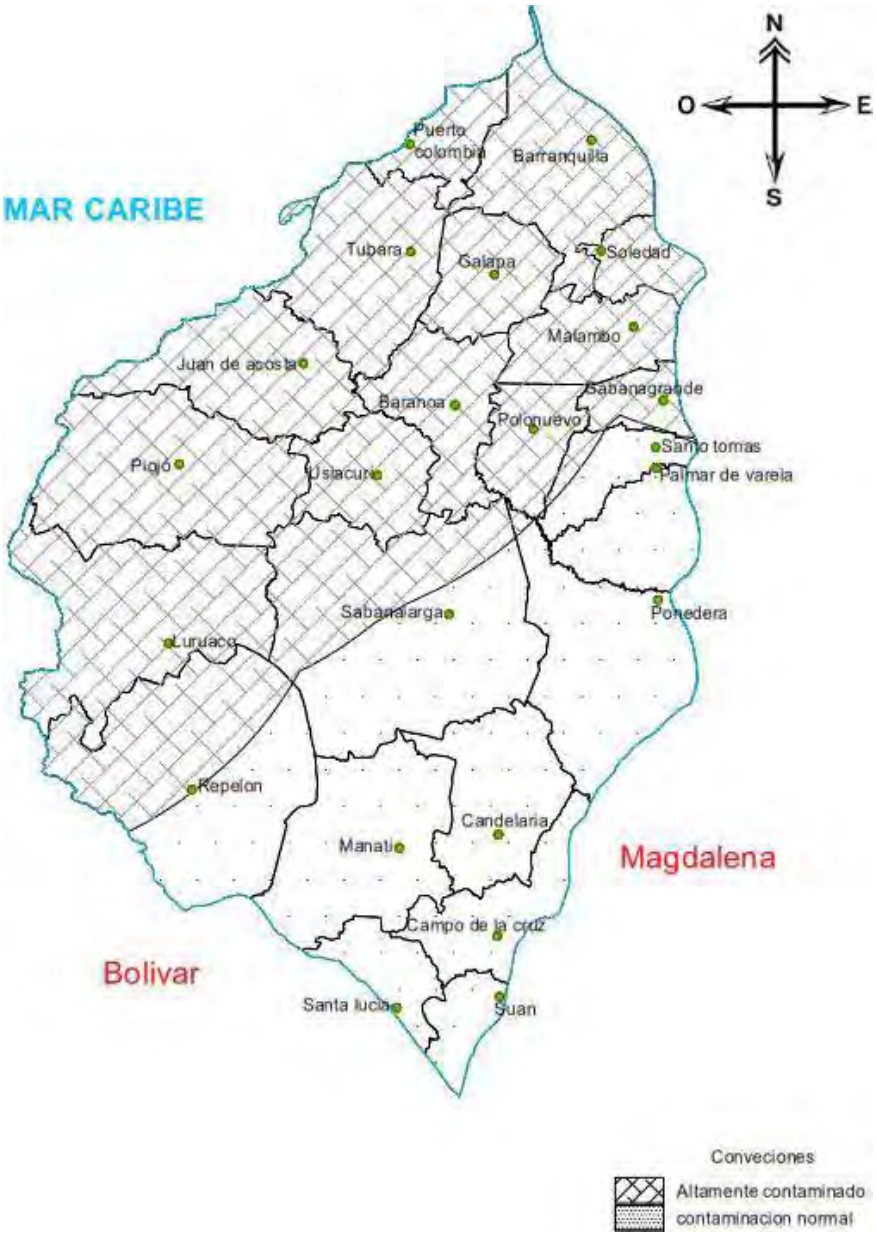


DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA



A1.2 PLANOS DE NIVELES DE CONTAMINACION

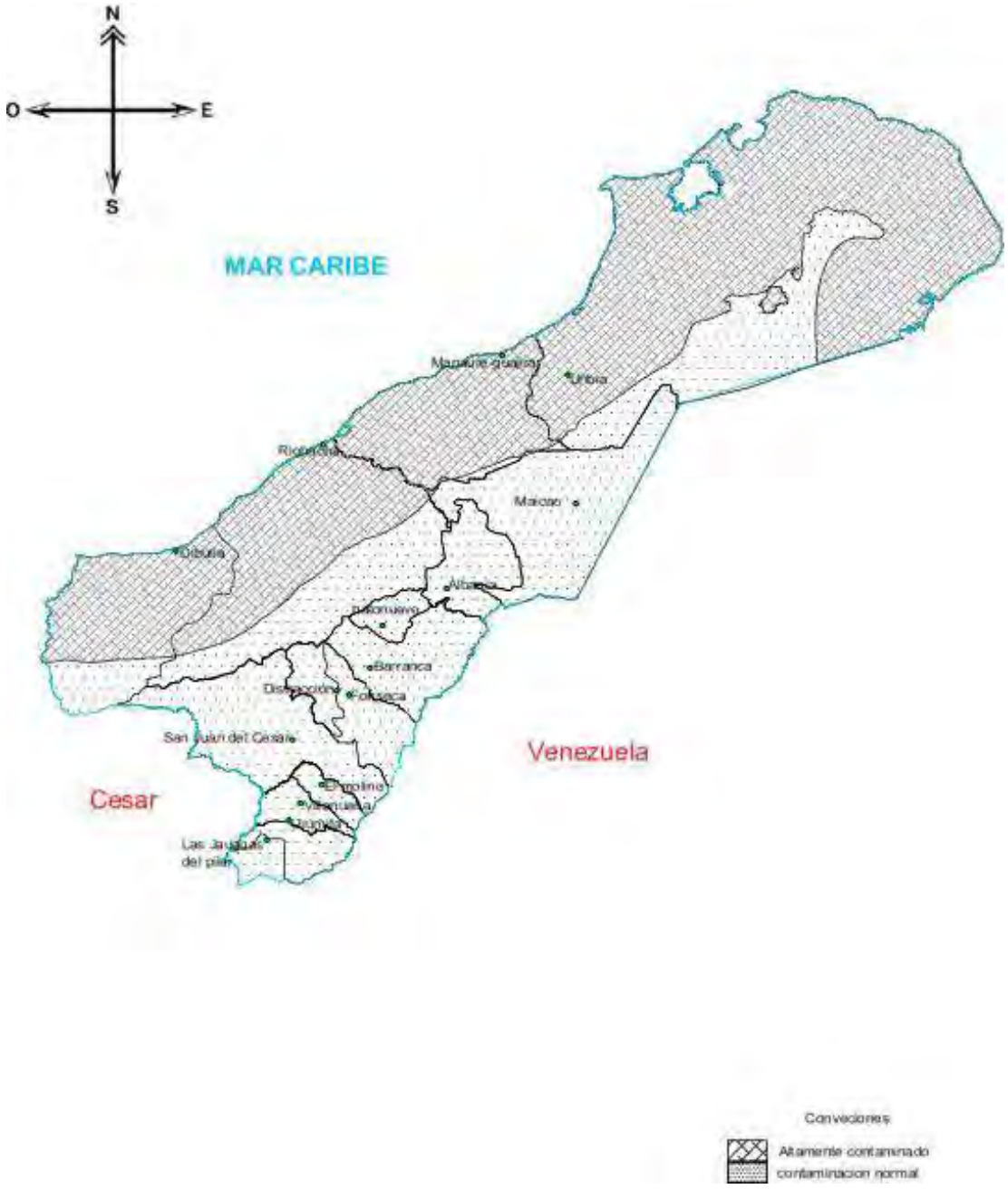
DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO



DEPARTAMENTO DE MAGDALENA

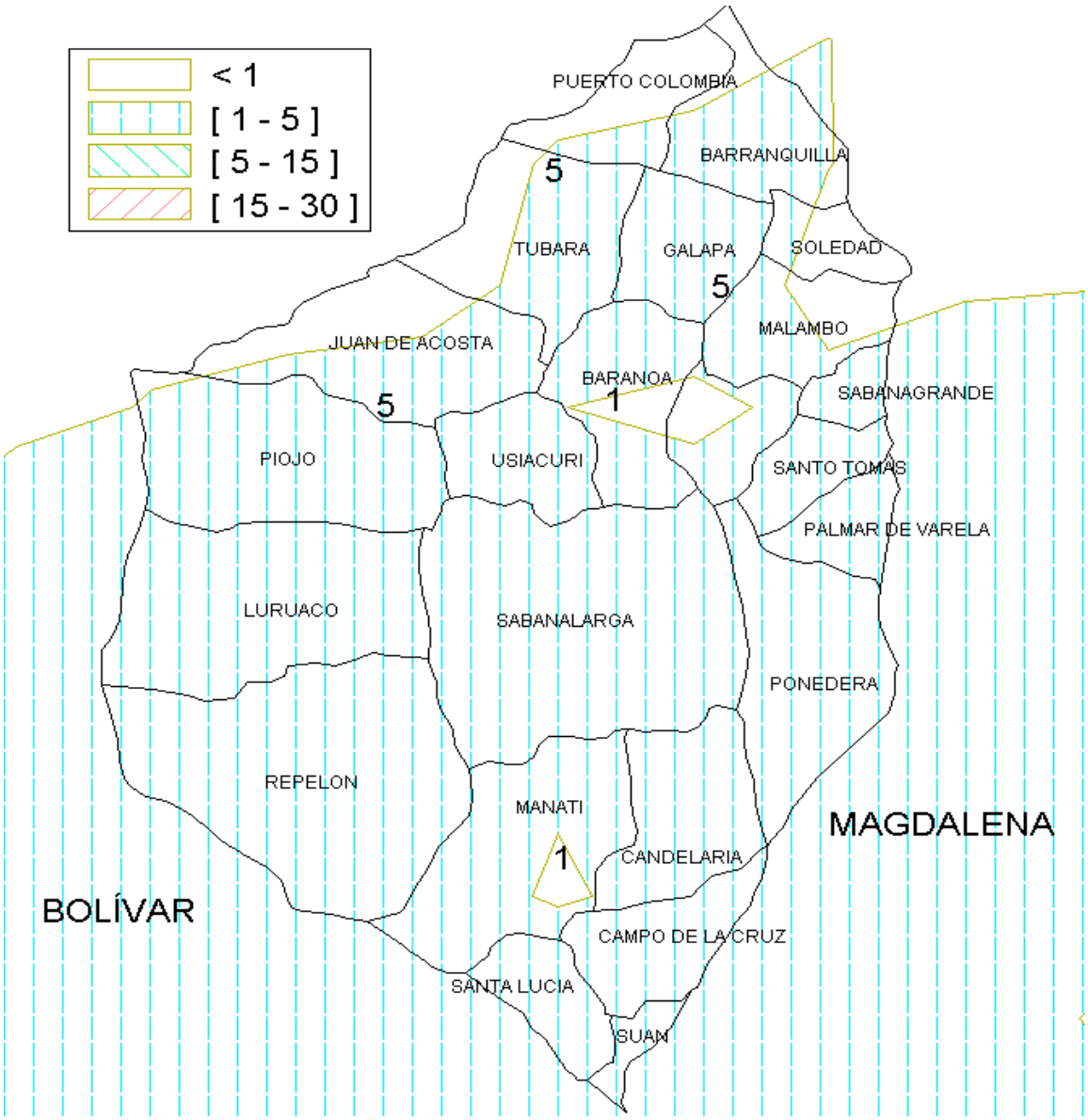


DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

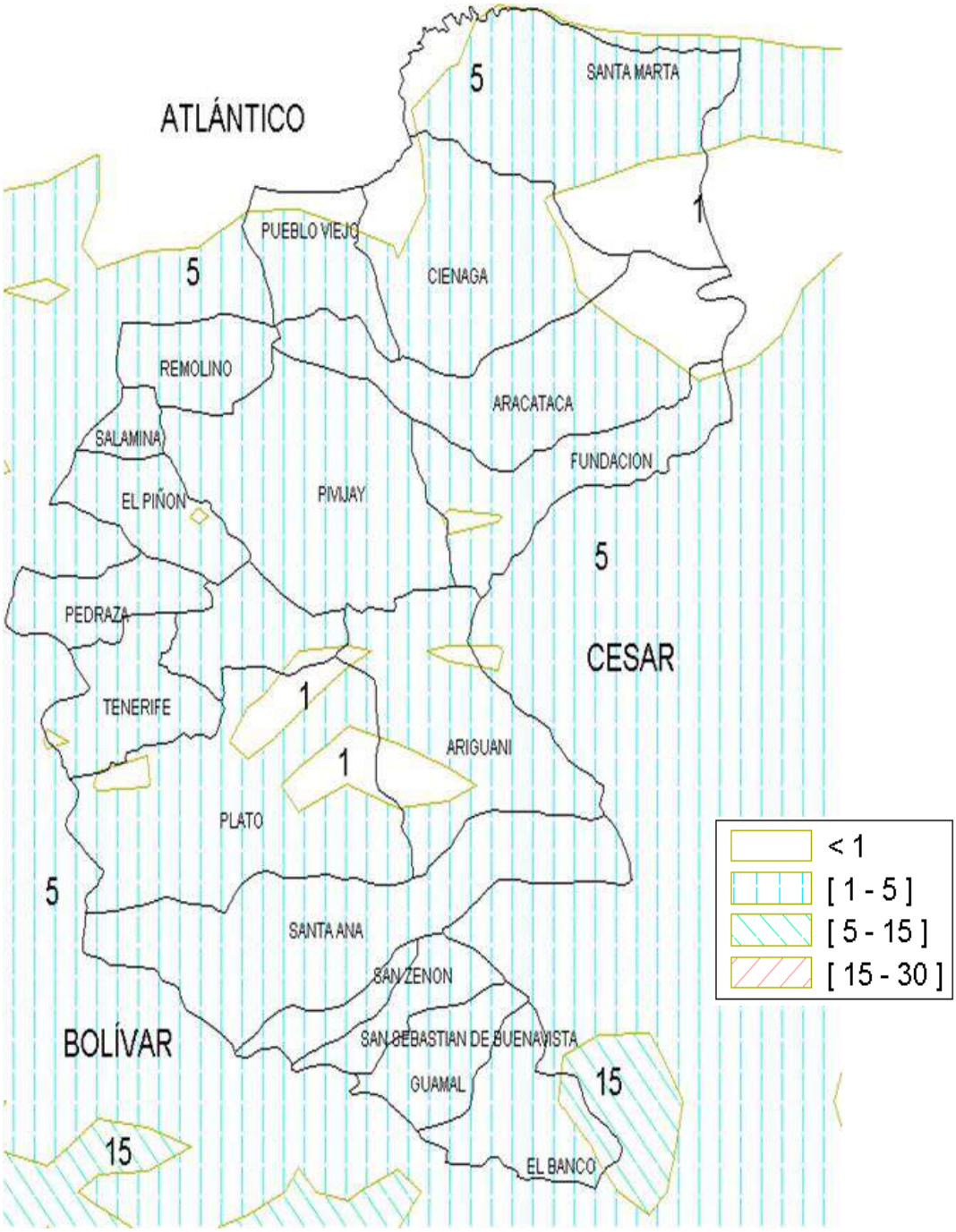


A1.3 PLANOS DE DENSIDAD DE RAYOS A TIERRA

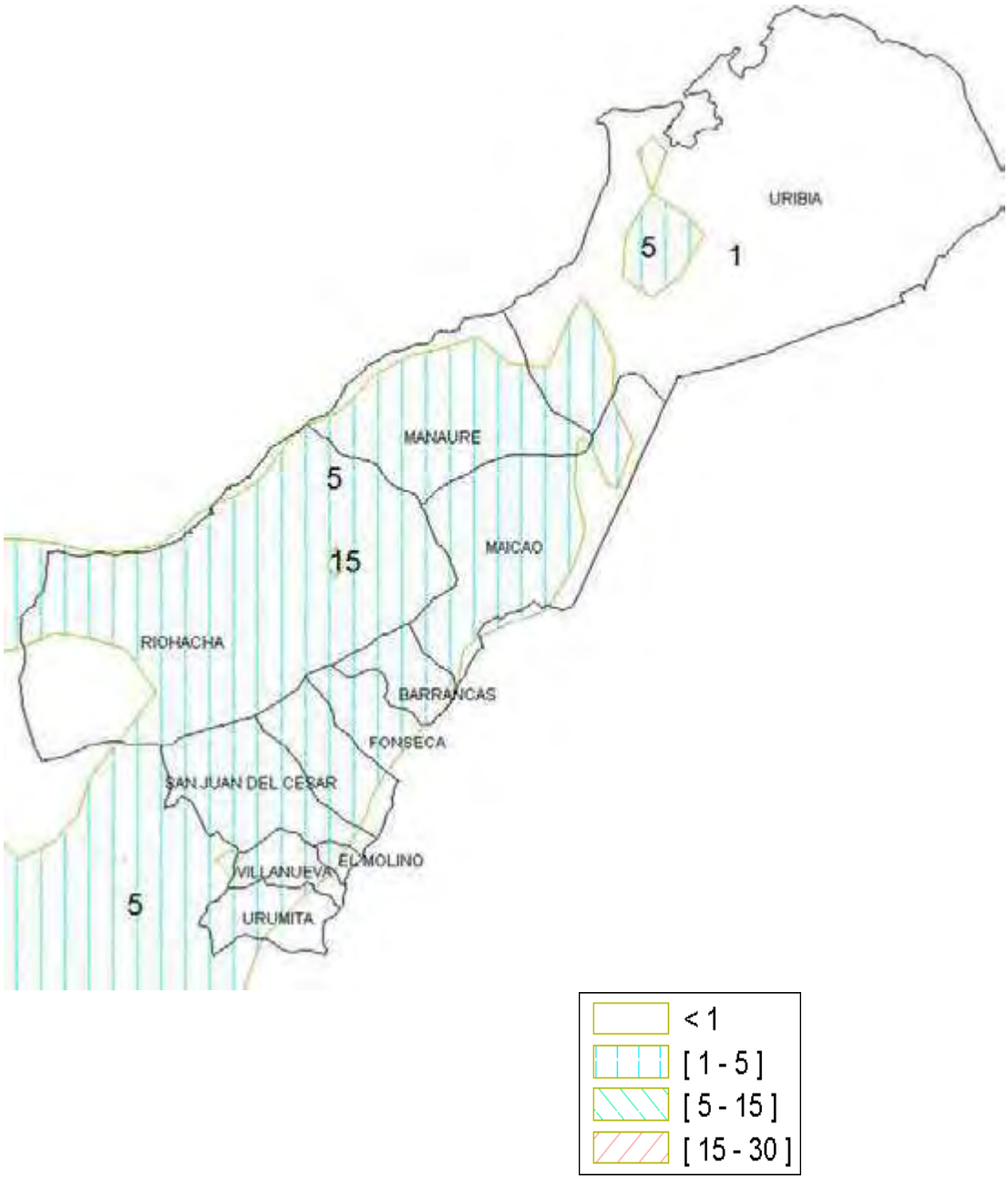
DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO



DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA



DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA



ANEXO TÉCNICAS DE MONTAJE
REDES MT
AIR-E

PLIEGO DE CONDICIONES

Índice

1. Objeto

2. Ejecución del trabajo

2.1 Generalidades
2.2 Documentación y medios para el desarrollo del trabajo
2.3 Trazo y Replanteo
2.4 Transporte y acopio de materiales
2.5 Apertura de hoyos
2.6 Cimentaciones
2.6.1 Cemento
2.6.2 Agua
2.6.3 Áridos
2.6.4 Fabricación
2.7 Retenidas
2.8 Izado de postes
2.9 Montaje de herrajes
2.10 Tendido, empalme, tensado y retensionado
2.10.1 Plan de tendido
2.10.2 Herramientas
2.10.2.1 Máquina de frenado del conductor
2.10.2.2 Poleas de tendido del conductor
2.10.2.3 Máquinas de empalmar
2.10.2.4 Mordazas
2.10.2.5 Máquina de tracción
2.10.2.6 Dinamómetros
2.10.2.7 Giratorios
2.10.3 Método de montaje
2.10.3.1 Tendido
2.10.3.2 Empalmes
2.10.3.3 Tensado
2.10.3.4 Regulación de conductores
2.10.3.5 Retencionado
2.10.3.6 Protección y cruzamientos
2.11 Reposición del terreno
2.12 Puesta a tierra
2.13 Desmontaje de redes

3. Materiales

4. Recepción de obra
4.1 Calidad de cimentaciones
4.2 Tolerancia de ejecución
4.2.1 Desplazamiento de postes sobre su alineación
4.2.2 Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea, en relación a su situación prevista
4.2.3 Verticalidad de los postes
4.2.4 Dimensión de flechas
4.3 Estado y colocación de los aisladores y herrajes
4.4 Grapas y retenciones preformados
4.5 Distancias a masa y longitudes de puente
4.6 Tolerancias de utilización
4.7 Documentación de la instalación

TÉCNICAS DE MONTAJE

Anexo 1: Manipulación, Hincado y Cimentación de Postes
1. Transporte de postes
2. Excavación de hoyos
3. Hincado de postes
4. Cimentaciones

Anexo 2: Instalación de Retenidas
1. Excavación de hoyos
2. Instalación de retenidas

Anexo 3: Tendido y Tensionado de Conductores Desnudos
1. Tendido de conductores Aéreos de MT
2. Tensionado de conductores
3. Medición de la Flecha

Anexo 4: Instalación de Retenciones Preformadas

Anexo 5: Instalación de Conector Cuña

1. OBJETO

El presente Pliego de Condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de líneas eléctricas aéreas realizadas según el PROYECTO TIPO DE LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS MT SIN NEUTRO.

Estas obras contemplan la obra civil, el suministro y montaje de los materiales necesarios en la construcción de dichas líneas, así como la puesta en servicio de las mismas.

Los pliegos de condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones

2. EJECUCIÓN DEL TRABAJO

2.1. GENERALIDADES

Corresponde al contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse de la forma descrita en los documentos contractuales y, donde no sea prescrita, según las directivas del Director de Obra.

Deberá revisar todas las condiciones existentes que puedan afectar al trabajo, y deberá hacer un reconocimiento cuidadoso de la ruta de las líneas, de forma que se familiarice con los detalles de construcción de las instalaciones.

El contratista pondrá a disposición de los municipios todos y cada uno de los servicios que estos demanden (vigilancia, control de tráfico, etc.)

El contratista será responsable de todos los desperfectos debidos a sus operaciones, así como de cualquier tipo de proceso judicial asociado a éstas, debiendo en cada caso reparar todos los desperfectos ocasionados a calles, cercas, inmuebles, etc.

El contratista deberá reparar a su propio cargo cualquier daño ocasionado a tuberías de agua, gas, y cualquier otro servicio, alcantarillas y aceras de la ciudad, debido a sus operaciones. De ser necesario desviará aquellas tuberías y canales que interfieran con la construcción de las cimentaciones de los postes, sin costo adicional.

De ser necesario y a juicio de la supervisión proveerá vigilancia y señales luminosas en sitio, cuando la obra en curso está ubicada en lugares de gran circulación peatonal y/o de vehículos o cuando por otras causas la supervisión lo considere oportuno.

También es responsabilidad del contratista el parcheo y reparación de las calles, a fin de que queden con el mismo tipo de terminación o mejor que la que tenía la calle antes de la apertura de las zanjas.

El contratista deberá prepararse a fin de terminar tramos completos diariamente y restablecer el servicio a los usuarios después de cada interrupción.

En las instalaciones a remodelar el contratista deberá tener en cuenta los demás servicios existentes en las mismas, y es su responsabilidad coordinar con cada una de las entidades interesadas el desmontaje de estos servicios y así como la nueva colocación de los mismos por parte de la entidad interesada después de que el contratista haya realizado sus instalaciones en la zona.

En todo caso el contratista será el responsable de la apariencia final de las líneas después de que estos servicios hayan sido recolocados en los postes.

2.2. DOCUMENTACIÓN Y MEDIOS PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO

El contratista deberá poseer como mínimo la siguiente documentación para el montaje de la línea:

- Plano de situación y emplazamiento a escala 1:50 000, 1:25 000 ó 1:10 000.
- Plano de planta de la línea a escala 1:1 000,1: 2 000 o 1: 5 000 según las necesidades en el que figure la distribución de postes, límites de parcelas, límites de provincias y términos municipales, servicios que existan en una franja de 10 m de anchura a cada lado del eje de la línea, tales como calles, avenidas, edificios, lindes, carreteras, ferrocarriles, cursos de agua, líneas eléctricas o de telecomunicación, etc.
- Plano de perfil a escala vertical 1:500 y horizontal 1:2 000.
- Plano de detalle de vanos en cruzamientos, a escala 1:250.

Se indicarán las longitudes de los vanos, tipo, numeración y cotas de emplazamiento de los postes, ángulos del trazado y numeración de las parcelas afectadas.

- Planos de los postes y esfuerzos admisibles en montaje.
- Planos de formación de armados de amarre y alineación.
- Planos de cimentaciones.
- Tablas de tendido para el tensado de los conductores, de 5 en 5 grados centígrados, para los vanos reguladores y de comprobación que se fijen.
- Relación de bobinas de conductor con indicación de la longitud contenida en cada una de ellas.

Por otra parte, el contratista está obligado a exponer en su oferta, las herramientas que piensa utilizar en la construcción y el método de tendido a seguir, y hará mención de la que crea deba ser facilitada por **AIR-E.**

2.3. TRAZO Y REPLANTEO

Una vez adquirida la documentación necesaria el contratista procederá a realizar el trazo y replanteo de la línea a construir. Para ello contará con personal altamente calificado y utilizará instrumentos de alta precisión para obtener cantidades exactas.

El contratista replanteará la ubicación de los postes, ejes y vértices de la línea, ejes de retenidas y faja de servidumbre. Los puntos de ubicación definitiva de los postes serán debidamente marcados en el terreno con estacas o hitos fácilmente identificables.

En el Anexo A1 se describe con detalle el procedimiento de trazado y replanteo de líneas de MT.

2.4. TRANSPORTE Y ACOPIO DE MATERIALES

Los materiales que suministre **AIR-E** podrán entregarse al contratista en los almacenes de **AIR-E** y/o directamente del proveedor a las bodegas del contratista.

Los materiales serán entregados al contratista en perfecto estado de conservación. Las entregas podrán ser totales o parciales, según convenga.

En el caso que se disponga entregar los materiales en los almacenes de **AIR-E**, el contratista deberá proveerse del correspondiente de entrega de materiales. El representante del contratista que se haga cargo del material, acreditará ser persona autorizada por él, entregándosele un resguardo en el que se indicará la clase de material entregado, fecha, etc., quedando una copia firmada por dicho representante en el almacén.

El contratista, a partir de la entrega de los materiales y medios auxiliares en el almacén de la empresa suministradora del material, tendrá a su cuenta y riesgo los gastos de carga, transporte, vigilancia y almacenamiento posterior.

La propiedad de los materiales entregados al contratista seguirá siendo de **AIR-E**, y aquél lo recibirá con carácter de depósito.

Al hacerse cargo del material, el contratista comprobará el estado del mismo, siendo a partir de este momento responsable de todos los defectos que sufra. Si descubriese el contratista algún defecto en el material retirado, deberá presentar inmediatamente la reclamación por escrito para que sea comprobado por **AIR-E.**

AIR-E exigirá del contratista una póliza de seguros contra robo, avería en transporte y montaje del material contratado con una compañía aseguradora de reconocida solvencia. La existencia de materiales en bodega del contratista nunca podrá exceder el valor de la póliza.

El contratista queda obligado a colocar en los almacenes de **AIR-E** las bobinas vacías para su devolución a fábrica.

Del mismo modo, estará obligado a colocar por su cuenta en los citados almacenes todo el material sobrante.

Cuando el contratista sea el que suministre los materiales, cuidará de su carga y transporte desde su adquisición hasta la descarga en obra. Estos transportes serán por cuenta del contratista, siendo responsable de cuantas incidencias ocurran a los mismos hasta la recepción definitiva de la obra.

El contratista cuidará de que la carga, transporte y descarga de los materiales se efectúe sin que sufran golpes, roces o daños que puedan deteriorarlos.

El contratista tomará nota de los materiales recibidos, dando cuenta al director de obra de las anomalías que se produzcan.

- **Postes**

El transporte se hará de modo tal que los postes queden apropiadamente colocados sobre la caja del vehículo cuidando de que, debido a su longitud, puedan producirse desequilibrios por puntos de apoyo mal ubicados lo cual ocasionaría rajaduras o fisuras en los postes.

Se evitarán las sacudidas bruscas durante el transporte.

En la carga y descarga de los vehículos se evitarán toda clase de golpes o cualquier otra fuerza actuante que pueda producir el agrietamiento de los postes.

En el depósito de la obra se colocarán los postes manteniendo cierta separación de éstos con el suelo y entre ellos mismos (en el caso de unos encima de otros) con objeto de tener acceso para deslizar los estrobos, por lo que se pondrán, como mínimo, tres puntos de apoyo, los cuales serán tacos de madera y todos ellos de igual tamaño; por ninguna razón se utilizarán piedras para tal fin.

Los postes no serán arrastrados ni golpeados.

Desde el almacén de obra se transportarán con carros especiales o elementos apropiados al pie de apoyo.

Los estrobos a utilizar serán los adecuados para no producir daños en los apoyos. El Contratista tomará nota de los materiales recibidos dando cuenta al Director de Obra de las anomalías que se produzcan.

- **Conductores y herrajes**

Las bobinas, en sus diversos movimientos, serán tratadas con sumo cuidado, para evitar deterioros en los conductores y mantener el carrete de madera en buen estado de conservación.

Para ello, en la carga y descarga se utilizarán mecanismos de elevación que eviten choques bruscos.

Nunca se rodarán las bobinas en terrenos pedregosos que puedan ocasionar daños sobre los conductores.

Las bobinas, en general, estarán almacenadas protegidas de sustancias que, por su acción, pudieran deteriorarlas o inutilizar los conductores.

2.5. APERTURA DE HOYOS

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán lo más posible a las indicadas en el expediente técnico del proyecto.

Aquellas que excedan de las iníciales del Proyecto serán por cuenta del contratista, facturándose de acuerdo con las medidas dadas en el mismo.

El Contratista tomará las disposiciones convenientes para dejar las excavaciones abiertas el menor tiempo posible, con el objeto de evitar accidentes.

Las tierras sobrantes deberán ser extendidas, si el propietario del terreno la autoriza, o retirarlas a vertedero en caso contrario.

El fondo de la excavación deberá ser plano y suficientemente compactado a fin de distribuir adecuadamente las cargas verticales actuantes.

El contratista tomará las precauciones que sean necesarias a fin de evitar la inundación del hoyo una vez abierto.

- En tierra

Estas excavaciones se harán con pico y pala cuando las dimensiones de la cimentación así lo permitan. Se usarán cazo y barro en caso contrario.

Se evitará remover mucho el terreno para que éste no pierda consistencia en la zona inmediata alrededor del hoyo.

Una vez que el terreno esté nivelado, las paredes de los hoyos serán perpendiculares al terreno.

- En terreno con agua

  En condiciones normales se utilizará la bomba adecuada para achicar el agua filtrada y permitir el trabajo de excavación.

  Se realizará todo el proceso de colocación del apoyo lo más rápidamente posible, con el fin de evitar desprendimientos en las paredes del hoyo, aumentando las dimensiones del mismo.

- En terreno con roca

  El contratista utilizará el explosivo adecuado de tal forma que la excavación real se ajuste lo más posible a la teórica. Toda excavación adicional innecesaria causada por el uso indebido de los explosivos será por cuenta del contratista.

  Cuando se hace la excavación a base de explosivos se recomienda colocar cargas de pequeña potencia, aunque sea necesario hacerlas en varias cargas para no remover mucho el terreno.

  Asimismo, el Contratista deberá tomar las precauciones adecuadas para que en el momento de la explosión no se proyecten al exterior piedras que puedan provocar accidentes o desperfectos, cuya responsabilidad correría a cargo del Contratista.

2.6. CIMENTACIONES

Si en el momento de realizar las excavaciones se apreciase que las características del terreno difieren a las indicadas en el proyecto, el contratista lo comunicará al director de obra siendo éste el que autorice un redimensionamiento nuevo de la cimentación.

Las cimentaciones se realizarán de acuerdo a lo indicado en el PROYECTO TIPO AIR-E DE LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS DE M.T. SIN NEUTRO.

Salvo casos excepcionales, las cimentaciones se realizarán mediante el compactado del propio terreno.

Se empleará un hormigón cuya resistencia mecánica sea mínima de 21Mpa (3000 psi).

Para los materiales utilizados en el concreto, para su dosificación mezcla, transporte, colocación y curación para los ensayos de resistencia y durabilidad, para las formaletas, juntas, refuerzo e incrustaciones de concreto simple, ciclópeo o reforzado, se debe cumplir con los requisitos y las especificaciones, normas e indicaciones contenidas en las mismas y las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (Ley 400 de 1997 y Decreto 33 de 1988 y posteriores).

El amasado del hormigón se realizará siempre sobre chapas metálicas o superficies impermeables cuando se efectúa a mano, o en hormigoneras cuando así sea posible, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.
Al hacer el vertido se realizará el vibrado manual de la mezcla con el fin de hacer desaparecer las coqueras que pudieran formarse. No se dejarán las cimentaciones a medio terminar, ejecutándolas con hormigonado continuo hasta su culminación. Si por fuerza mayor hubiera de suspenderse y quedara sin terminar, antes de proceder de nuevo al hormigonado se levantará la concha de lechada que tenga, con todo cuidado para no mover la piedra, siendo aconsejable el empleo suave del pico y luego cepillo de alambre con agua, o solamente este último si con él basta. Más tarde se procederá a mojarlo con una lechada de cemento e inmediatamente se procederá de nuevo al hormigonado.
Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.
En los siguientes apartados se describen los materiales empleados en la elaboración del hormigón en masa.

2.6.1 Cemento

El cemento usado para concreto será el tipo Portland P-350 o equivalente fabricado en Colombia y deberá cumplir con los requisitos para el cemento Portland Tipo I, según la última revisión de la norma ASTM C-1 50. En el caso de terreno yesoso se empleará cemento puzolánico. El cemento deberá estar inalterado y libre de terrones en el momento de usarse. El cemento usado para las obras deberá ser del mismo tipo y marca utilizado para el diseño de las mezclas.

2.6.2 Agua

Se podrá utilizar, tanto para el amasado como para el curado del hormigón en obra, todas las aguas calificadas como aceptables por la práctica (agua potable, aguas depuradas con cloro, etc.).
Cuando no se posean antecedentes de su utilización, o en caso de duda, deberán analizarse las aguas y, salvo justificación especial de que no alteren perjudicialmente las propiedades exigibles al hormigón, deberán rechazarse las que no cumplan algunas de las condiciones siguientes:

Tabla 1

CARACTERISTICAS	VALORES ADMISIBLES
PH	**≥ 5**
Sustancias Disueltas	**≥ 15 g/l**
Sulfatos, expresados en SO_{-4}	**≤ 1 g/l**
Ion cloruro, Cl^-	**≤ 3 g/l**
Hidratos de carbono	**0**
Sustancias orgánicas en éter	**≤ 15 g/l**

Se descartará la utilización de agua de mar.

2.6.3 Áridos

La naturaleza de los áridos y su preparación serán tales que permitan garantizar la adecuada resistencia y durabilidad del hormigón.

Como áridos para la fabricación de hormigones pueden emplearse arena y gravas existentes en yacimientos naturales, rocas machacadas o escorias siderúrgicas apropiadas, así como otros productos cuyo empleo no se encuentre sancionado por la práctica o resulte aconsejable como consecuencia de estudios realizados en laboratorio.

En todo caso cumplirán las condiciones adecuadas relativas al tamaño del árido, las condiciones físico-químicas, las condiciones físico-mecánicas, la granulometría y el coeficiente de forma.

Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

En caso de empleo de escorias siderúrgicas como árido, se comprobará previamente que son estables, es decir, que no contienen silicatos inestables ni compuestos ferrosos.

Los áridos deberán llegar a obra manteniendo las características granulométricas de cada una de sus fracciones. (Arena y grava).

2.6.4 Fabricación

La dosificación de los materiales que constituyen el hormigón se realizará en peso y de tal modo que la resistencia del hormigón sea la adecuada para el uso al que se va a someter.

Cuando el hormigón no sea fabricado en central, el amasado se realizará con un periodo de batido, a la velocidad de régimen, no inferior a 90 s.

El fabricante de hormigón deberá documentar debidamente la dosificación empleada, que deberá ser aceptada expresamente por el director de obra.

En la obra existirá, a disposición del director de obra, un libro custodiado por el fabricante de hormigón que contendrá la dosificación nominal a emplear en la obra así como cualquier corrección realizada durante el proceso mediante la correspondiente justificación.

En este libro figurará la relación de proveedores de materias primas para la elaboración del hormigón, la descripción de los equipos empleados, y la referencia al documento de calibrado de la balanza para la dosificación del cemento. Así mismo figurará el registro del número de amasadas empleadas en cada lote y las fechas del hormigonado, con los resultados de los ensayos de resistencia del hormigón realizados.
El control de la resistencia característica del hormigón se realizará según lo establecido en la siguiente tabla:

Tabla 2

CARACTERISTICAS	TIPO DE ENSAYO		
	PREVIO	DE CARACTERISTICAS	DE CONTROL
Ejecución de probetas	En laboratorio	En laboratorio	En laboratorio
Conservación en probetas	En cámara humedad	En agua o cámara humedad	En agua o cámara humedad
Tipo de probetas	Cilíndricas en 15x30	Cilíndricas en 15x30	Cilíndricas en 15x30
Edad de probetas	28 días	28 días	28 días
Nº mínimo de probetas	8	12	A determinar por la dirección de la obra
Obligatoriedad	Salvo experiencia previa	Salvo experiencia previa	Siempre

En los casos en que el contratista pueda justificar, por experiencias anteriores, que con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones exigibles, podrá prescindir de los citados ensayos previos.
La temperatura de la masa del hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5 ºC.
Se prohibirá verter el hormigón sobre elementos (armaduras, encofrados, etc.) cuya temperatura sea inferior a 0 ºC.
En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes puede descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados centígrados.
No se hormigonará a temperaturas superiores a 40 ºC o con vientos excesivos.
Durante el fraguado y primer período de endurecimiento del hormigón, deberá asegurarse el mantenimiento de la humedad del mismo mediante un adecuado curado.
Para los postes de hormigón, los macizos de cimentación quedarán 10 cm sobre el nivel del suelo con una pendiente de un 10% como mínimo como vierteaguas.

Se tendrá la precaución de dejar los tubos de protección de la PAT de los postes. Estos tubos deberán salir en la parte superior de la cimentación.

2.7. RETENIDAS

Se deberá en todo momento mantener las distancias mínimas de seguridad previstas entre el cable de retenida y el conductor de línea.
La retenida se fijará al poste en el sitio indicado en los planos, tan cerca como sea posible del centro de carga de las fuerzas debidas a tracción del conductor.
En el caso de las retenidas directas a tierra inclinadas, la varilla de anclaje debe quedar formando un ángulo con el nivel del terreno de 60°.
Deberá ser instalada antes de tender los conductores de línea y a la tensión de "pretensionado", dato que debe ser suministrado en el diseño.

2.8. IZADO DE POSTES

La localización de los postes, al estar a escala en los planos, podría variar en el terreno, teniendo el contratista la responsabilidad antes de proceder a la realización de los trabajos, de verificar la adecuada localización de los mismos y de sus retenidas, de tal forma que no interfieran con entradas o que originen otro tipo de obstrucciones.

La operación de izado de los postes debe realizarse de tal forma que ningún elemento sea solicitado excesivamente. En cualquier caso, los esfuerzos deben ser inferiores al límite fisuración/elástico del material.

Por tratarse de postes pesados, se recomienda sean izados con pluma o grúa, evitando que el aparejo dañe las aristas o montantes del poste.

Se compactará el fondo de la excavación antes del izado de los postes, a fin de que no se hunda en el terreno.

Cuando estén instalados completamente los postes que no lleven retenidas deberán estar perpendiculares al suelo y perfectamente alineados.

2.9. MONTAJE DE HERRAJES

La instalación de herrajes tales como crucetas metálicas, pernos de ojo, tuerca ojo, grapas de suspensión, espigas de hierro galvanizado, grapas de anclaje, tuercas y arandelas etc., se realizarán con el mayor cuidado a fin de evitar que el galvanizado sea afectado durante su manipulación.

El ajuste final de todos los pernos se efectuará, cuidadosa y sistemáticamente, por una cuadrilla especial. A fin de no dañar la superficie galvanizada de pernos y tuercas, los ajustes deberán ser hechos con las llaves de torque adecuadas. El ajuste deberá ser verificado mediante torquímetros de calidad comprobada.

2.10. TENDIDO, EMPALME, TENSADO Y RETENCIONADO

2.10.1 Plan de Tendido

Antes de realizar las operaciones de tendido de conductores, el contratista planificará adecuadamente los tramos de tendido a fin de reducir al mínimo los empalmes a tracción. Teniendo en cuenta los cantones y amarres o anclajes y las distancias entre apoyos se tratará de ubicar el conductor de cada bobina suministrada considerando las pérdidas debidas al proceso de flechado.

El director de la Obra aprobará el plan de tendido antes de proceder al proceso de montaje en sí.

2.10.2 Herramientas

El contratista deberá aportar todas las herramientas necesarias, que estarán suficientemente dimensionadas en previsión de roturas y accidentes, como son poleas, cables pilotos, máquinas de empalmar, escaleras, etc., y demás herramientas utilizadas en este tipo de trabajo, salvo que sean suministradas por **AIR-E** por mutuo acuerdo.

AIR-E se reserva el derecho de rechazar en cualquier momento aquellas herramientas que, por no estar en condiciones, no sean adecuadas para efectuar el trabajo a que están destinadas.

2.10.2.1 Máquina de frenado del conductor

Dispondrá esta máquina de dos tambores en serie con acanaladuras para permitir el enrollamiento en espiral del conductor.

Dichos tambores serán de aluminio, plástico, neopreno o cualquier otro material que será previamente aprobado por el director de obra.

La relación de diámetros entre tambores y conductor será fijada por el director de obra.

La máquina de frenado mantendrá constante la tensión durante el tendido limitando la tensión máxima y la velocidad de salida del cable.

La bobina se frenará con el exclusivo fin de que no siga girando por su propia inercia, por variaciones de velocidad en la máquina de frenado.

2.10.2.2 Poleas de tendido del conductor

Para tender los conductores AAAC o ACSR se utilizarán poleas cuya garganta será de aluminio, plástico o neopreno.

El diámetro de la polea estará comprendido entre 25 y 30 veces el diámetro del conductor. Las poleas para el cable de acero podrán ser de acero, madera, plástico o neopreno, y siempre de un material de igual o menor dureza que el conductor.

La superficie de la garganta de las poleas será lisa y exenta de porosidades y rugosidades. No se permitirá el empleo de poleas que por el uso presenten erosiones o acanaladuras provocadas por el paso de las cuerdas o cables piloto.

La forma de la garganta tendrá una curvatura en su fondo comprendida entre el diámetro del conductor como mínimo y el diámetro de los empalmes provisionales y giratorios utilizados en el tendido. Las paredes laterales estarán inclinadas formando un ángulo entre sí comprendido entre 20º y 60º para evitar enganches.

Los bordes deberán de ser biselados con el mismo fin. No se emplearán jamás poleas que se hayan utilizado para tendidos de conductores de cobre. Las poleas estarán montadas sobre cojinetes de bolas o rodillos, pero nunca con cojinete de fricción, de tal forma que permitan una fácil rodadura. Se colgarán directamente de los aisladores.

2.10.2.3 Máquinas de empalmar

El contratista aportará las máquinas de empalmar requeridas, efectuándose revisiones periódicas de las dimensiones finales del manguito y efectuando ensayos dimensionales de los empalmes realizados para comprobar que las hileras y matrices están dentro de las tolerancias exigidas. Las matrices y las mordazas serán suministradas por el contratista.

2.10.2.4 Mordazas

Utilizará el contratista mordazas adecuadas para efectuar la tracción del conductor, que no dañen el aluminio del conductor.

Se utilizará preferentemente mordazas del tipo preformado. En el caso de utilizarse mordazas con par de apriete, éste deberá de ser uniforme, y si es de estribos, el par de apriete de los tornillos debe efectuarse de forma que no se produzca un desequilibrio.

2.10.2.5 Máquina de tracción

Podrá utilizarse como tal el cabrestante o cualquier otro tipo de máquina de tracción que el director de obra estime oportuno, en función del conductor y de la longitud del tramo a tender.

2.10.2.6 Dinamómetros

Será preciso utilizar dispositivos para medir la tracción del cable durante el tensado en el extremo donde se realiza el tiro.

Serán suministrados por el contratista. Las curvas de calibración de los mismos deberán ser entregadas a la supervisión para su aprobación antes del tendido.

2.10.2.7 Giratorios

Se colocarán dispositivos de libre giro con cojinetes axiales de bolas o rodillos entre conductor y cable piloto para evitar que pase el giro de un cable a otro.

2.10.3 Método de montaje

2.10.3.1 Tendido

Las operaciones de tendido no serán emprendidas hasta que hayan transcurrido 14 días desde la finalización de la cimentación de los postes, salvo autorización expresa del director de obra.

Antes de comenzar el tendido, los postes estarán totalmente terminados, y las peanas terminadas.

El contratista será responsable del estudio del tendido y elección de los emplazamientos del equipo y del orden de entrega de bobinas para conseguir que los empalmes queden bien situados, una vez tensado el conductor.

Las bobinas han de ser tendidas sin cortar el cable y sin que se produzcan sobrantes. Si en algún caso una o varias bobinas deben ser cortadas, por exigirlo así las condiciones del tramo tendido, el contratista lo someterá a la consideración del director de obra sin cuya aprobación no podrá hacerlo.

El conductor será revisado cuidadosamente en toda su longitud, con objeto de comprobar que no existe ningún hilo roto en la superficie ni abultamientos anormales que hicieran presumir alguna rotura interna. En el caso de existir algún defecto, el contratista deberá comunicarlo al director de obra quien decidirá lo que procede hacer.

La tracción de tendido de los conductores será como mínimo aquella que permita hacer circular los conductores sin rozar con los obstáculos naturales; y como máximo la indicada en las tablas de tendido que corresponda a la temperatura ambiente.

El anclaje de las máquinas de tracción y freno deberá realizarse mediante el suficiente número de puntos que aseguren su inmovilidad, aún en el caso de lluvia imprevista, no debiéndose nunca anclar estas máquinas a árboles u otros obstáculos naturales.

La longitud del tramo a tender vendrá limitada por la resistencia de las poleas al avance del conductor sobre ellas. En principio puede considerarse un máximo de veinte poleas por conductor y por tramo; pero en el caso de existir poleas muy cargadas, ha de disminuir dicho número con el fin de no dañar el conductor.

Durante el tendido se tomarán todas las precauciones posibles, tales como arriostramiento, para evitar las deformaciones o fatigas anormales de crucetas, postes y cimentaciones. En particular en los postes con cadenas de amarre.

En áreas arboladas el contratista realizará una poda en toda la extensión de la servidumbre antes del tendido a fin de proporcionar vía libre para los conductores.

El contratista será responsable de las averías que se produzcan por la no observación de estas prescripciones.

2.10.3.2 Empalmes

El tendido del conductor se efectuará uniendo los extremos de bobinas con empalmes flexibles, que se sustituirán por definitivos, una vez que el conductor ocupe su posición final en la línea. En ningún caso se autoriza el paso por una sola polea de los empalmes definitivos.

El corte del cable se hará utilizando sierra y nunca con tijera o cizalla. La preparación del extremo se efectuará cortando el aluminio con sierra o máquinas de corte circular, pero cuidando de no dañar jamás el galvanizado del alma de acero y evitando que se aflojen los hilos mediante ligaduras de alambre adecuadas.

El método de efectuar el empalme se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dichos empalmes.

Durante la sustitución de empalmes provisionales por definitivos, la maniobra se realizará de forma que el resto de conductores tenga la tracción necesaria para que no lleguen a tocar tierra.

2.10.3.3 Tensado

Será necesario arriostrar provisionalmente los brazos o crucetas a fin de que resistan los esfuerzos del tensado. El anclaje a tierra se hará desde un punto lo más alejado posible y como mínimo a una distancia horizontal del apoyo doble de su altura, equivalente a un ángulo de 150 º entre las tangentes de entrada y salida del cable en las poleas.

Se colocarán tensores de cable de acero provisionales, entre la punta de los brazos y el cuerpo del apoyo como refuerzo, en los postes desde los que se efectúe el tensado.

Las poleas serán en dicho apoyo de diámetro adecuado, para que el alma del conductor no dañe el aluminio.

Aunque los postes de anclaje están calculados para resistir la solicitación de una fase en el extremo de una cruceta, si las demás solicitaciones de las restantes fases están

compensadas, se colocarán los tirantes previstos para compensar la solicitación de la fase del lado opuesto de la cruceta en que se efectúa la maniobra de engrapado.

Todas las maniobras se harán con movimientos suaves y nunca se someterán a los cables a sacudidas.

2.10.3.4 Regulación de conductores

La longitud total de la línea se dividirá en cantones. En cada cantón la tensión mecánica del conductor en todos los vanos que lo componen, es la misma.

En cada cantón el director de obra fijará los vanos en que ha de ser medida la flecha. Estos vanos pueden ser de regulación, o sea, aquellos en los que se mide la flecha ajustándola a lo establecido en la tabla de tendido, o de comprobación que señalarán los errores motivados por la imperfección del sistema empleado en el reglaje, especialmente por lo que se refiere a los rozamientos habidos en las poleas.

Según sea la longitud del cantón, el perfil del terreno y la mayor o menor uniformidad de los vanos, podrán establecerse los siguientes casos:

- Un vano de regulación.
- Un vano de regulación y un vano de comprobación.

Se entregará al contratista una tabla de montaje con las flechas para los vanos de regulación y comprobación de cada serie en la situación de engrapado, deducidas de las características del perfil en función de la temperatura del conductor, que deberá ser medida con un termómetro cuya sensibilidad será de 1 ºC como mínimo, introducido en una muestra de cable del conductor utilizado durante un periodo mínimo de tres horas.

Las tolerancias máximas para medición de las flechas serán las establecidas en la correspondiente norma y vienen indicados en el apdo. 4.2.4 del presente Pliego de Condiciones.

Después del tensado y regulación de los conductores, se mantendrán éstos sobre poleas durante 24 horas como mínimo, para que puedan adquirir una posición estable.

2.10.3.5 Retencionado

En postes de amarre, se cuidará que en la maniobra de engrapados no se produzcan esfuerzos superiores a los admitidos por dichos postes, y en caso necesario el contratista colocará tensores y vientos para contrarrestar los esfuerzos anormales.

El método de efectuar la colocación de grapas se ajustará a las normas correspondientes facilitadas por el fabricante de dichas grapas.

En postes de alineación, la colocación de los conductores sobre el aislador tipo poste se hará por medio de estrobos de cuerda o de nylon para evitar daños al conductor.

En el caso de que sea preciso correr la grapa sobre el conductor para conseguir el aplomado de las cadenas de aisladores, este desplazamiento nunca se hará a golpes: se suspenderá el conductor, se aflojará la grapa y se correrá a mano donde sea necesario.

2.10.3.6 Protección y cruzamientos

Las protecciones en caminos, calles, carreteras, veredas, líneas eléctricas, telefónicas, telegráficas, etc., serán por cuenta del contratista.

En los cruzamientos con vías públicas o en lugares transitados, se colocarán protecciones adecuadas, y se situará a cada lado del cruzamiento una señal indicadora de peligro.

En los cruzamientos de líneas eléctricas de cualquier tensión, o en los trabajos a efectuar en las proximidades de dispositivos con tensión, se tomarán todas las precauciones conocidas (corte de tensión, puesta a tierra, etc.) para evitar accidentes, siendo únicamente responsable el contratista de lo que pueda suceder, aunque se halle presente en la obra alguno de los técnicos o vigilantes de **AIR-E**.

Los cruzamientos se efectuarán preferentemente sin tensión en la línea cruzada, para lo que deberá solicitar el contratista los descargos correspondientes con veinte días de antelación a **AIR-E**, que se hará cargo de esta gestión. Si el cruzamiento se hiciese con la línea en tensión este no se realizará hasta la aprobación por parte del director de obra del método a emplear.

2.11. REPOSICIÓN DEL TERRENO

Todos los daños y reposición de aceras, viales, inmuebles, etc., serán por cuenta del contratista, salvo aquellos aceptados por el director de obra.

Las tierras sobrantes, así como los restos del hormigonado, deberán ser extendidas si el propietario del terreno lo autoriza o retiradas a vertedero, en caso contrario, todo lo cual será a cargo del contratista.

2.12. PUESTA A TIERRA

Los postes de la línea deberán conectarse a tierra de un modo eficaz, de acuerdo con lo establecido en el Documento Nº 2 Memoria y los planos de normas de construcción.

Los electrodos de puesta a tierra serán introducidos mediante medios mecánicos al suelo de tal manera que su parte superior quede bajo la superficie.

Las configuraciones de puesta a tierra normalizadas se indican en el documento Nº 2 Memoria del Proyecto Tipo de Líneas Aéreas MT Sin Neutro.

Luego de instalada la puesta a tierra el contratista realizará las mediciones pertinentes para verificar que el valor de la resistencia del electrodo cumpla con los requerimientos estipulados en la normativa vigente.

2.13. DESMONTAJE DE REDES

El contratista ejecutará el desmontaje de las redes existentes una vez energizada y puesta en servicio la red nueva.

Antes de realizar en trabajo en sí, se realizará un inventario de todos los materiales y estructuras existentes a desmontar, el cual será aprobado por el Director de Obra.

Los materiales desmontados serán entregados a AIR-E en los almacenes que la empresa disponga, firmándose un Acta de Entrega como constancia.

En caso de que los materiales pertenezcan a la comunidad o terceros se hará la entrega a los propietarios igualmente con la firma del Acta de Entrega.

3. MATERIALES APORTADOS POR EL CONTRATISTA

Todos los materiales empleados en la obra serán de primera calidad y cumplirán los requisitos que exigen las especificaciones técnicas respectivas. El director de obra se reserva el derecho de rechazar aquellos materiales que no ofrezcan suficientes garantías.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el director de obra.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el director de obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones.

4. RECEPCIÓN DE OBRA

Durante la obra y una vez finalizada la misma, el director de obra verificará que los trabajos realizados estén de acuerdo con las especificaciones de este pliego de condiciones general y demás documentos contractuales.

Una vez finalizadas las instalaciones, el contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

El director de obra contestará por escrito al contratista, comunicando su conformidad a la instalación o condicionando su recepción a la modificación de los detalles que estime susceptibles de mejora.

4.1. CALIDAD DE CIMENTACIONES

El director de obra verificará que las dimensiones de las cimentaciones y las características mecánicas del terreno se ajustan a las establecidas en el Proyecto Tipo.

Así mismo podrá encargar la ejecución de los ensayos de resistencia característica del hormigón utilizado en la cimentación. Si como consecuencia de estos ensayos, se determinase que es de mala calidad, el contratista estará obligado a subsanar todos los defectos que de él se deriven.

4.2. TOLERANCIA DE EJECUCIÓN.

4.2.1. Desplazamiento de postes sobre su alineación

Si D representa la distancia, expresada en metros, entre ejes de un apoyo y el de ángulo más próximo, la desviación en alineación de dicho apoyo y la alineación real, debe ser inferior a (D/100) + 10, expresada en centímetros

4.2.2. Desplazamiento de un apoyo sobre el perfil longitudinal de la línea, respecto a su situación prevista

No debe suponer aumento en la altura del apoyo. Las distancias de los conductores respecto al terreno deben permanecer como mínimo iguales a las previstas en el Proyecto Específico.

4.2.3. Verticalidad de los postes

En los postes de alineación se admitirá una tolerancia en la verticalidad del 0,2 % sobre la altura del mismo.

4.2.4. Dimensión de flechas

Los errores máximos admitidos en las flechas, cualquiera que sea la disposición de los conductores y el número de circuitos sobre el apoyo, en la regulación de conductores, serán:

+/-3% en el conductor que se regula.

+/-3% entre dos conductores situados en un plano vertical.

+/-6% entre dos conductores situados en un plano horizontal.

4.3. ESTADO Y COLOCACION DE LOS AISLADORES Y HERRAJES

Se comprobará que el montaje de los aisladores y herrajes, sean correctos y conforme a los planos de montaje.

4.4. GRAPAS Y RETENCIONES PREFORMADAS

Se comprobará que las grapas y demás accesorios han sido instalados de forma correcta.

4.5. DISTANCIAS A MASA Y LONGITUDES DE PUENTE

Se comprobará que las distancias fase-tierra sean iguales o mayores a las mínimas establecidas.

4.6. TOLERANCIAS DE UTILIZACIÓN

El contratista será responsable de todos los materiales entregados, debiendo sustituirlos por su cuenta si las pérdidas o inutilizaciones superan las tolerancias que se fijan a continuación:

La cantidad de conductor utilizado en el tendido se obtiene incrementando la suma de las distancias horizontales reales medidas entre postes en un 3%. Este incremento ya está considerado en la correspondiente UUCC. Para el caso de puentes, la longitud del conductor a utilizar será la considerada en la UUCC.

4.7. DOCUMENTACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Una vez finalizada y puesta en servicio la línea eléctrica el director de obra entregará a **AIR-E** la siguiente documentación:

- Proyecto actualizado con todas las modificaciones realizadas.
- Permisos y autorizaciones administrativas.
- Certificado de final de obra.
- Certificado de puesta en servicio.
- Ensayos de medición de tierras.
- Ensayos de resistencia característica del hormigón de las cimentaciones.
- Ensayos de recepción de los materiales utilizados.
- Accesos realizados para el montaje y mantenimiento de la línea.

TECNICAS DE MONTAJE

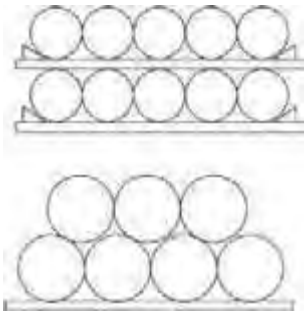
ANEXO 1. MANIPULACIÓN, HINCADO Y CIMENTACION DE POSTES

1. TRANSPORTE DE POSTES

Los tipos de vehículos utilizados para el transporte son grúas, camiones y tracto-camiones con planchón teniendo en cuenta las siguientes indicaciones:

- La cantidad de postes a transportar dependerá del peso de éste, la capacidad de carga del vehículo y de la capacidad de carga en las vías.
- Se debe evitar el contacto directo entre los postes y el planchón del vehículo de transporte y entre los postes y las cadenas por lo cual se utilizaran bandas de caucho.
- Los postes se amarraran con cadenas templadas adecuadamente las cuales deben abrazar el poste pasando por debajo de la carrocería y su número no debe ser inferior a tres.
- No transportar los postes a grandes velocidades ya que puede causar grietas longitudinales producidas por el impacto de los postes de las hileras superiores de la pila sobre los postes que los soportan.

Figura 1. Forma de Colocación de postes en el vehículo de transporte



En todo caso se debe seguir la reglamentación vigente en Colombia para transporte de cargas, en especial la resolución 004859 de 2006 de Ministerio de Transporte, que determina los requisitos y procedimientos para la concesión de permisos de circulación para el transporte de cargas indivisibles extrapesadas y extradimensionadas, y las especificaciones de los vehículos destinados a esta clase de transporte.

1.1. Descargue

- Nunca descargue los postes arrojándolos desde el planchón o desde la grúa al piso, los postes no están diseñados para impactos de esa magnitud.
- Al descargar los postes hágalo lentamente y colóquelos suavemente sobre polines de madera o sobre la superficie plana del vehículo.

- Si se descarga el poste con grúa o monta carga, este se debe tomar en cuenta el centro de gravedad, que es el punto de equilibrio del poste y el único lugar del cual se recomienda sujetar el elemento. El poste deberá ser suspendido mediante faja de capacidad adecuada al peso del poste y en dos puntos a ambos lados del centro de gravedad del mismo.

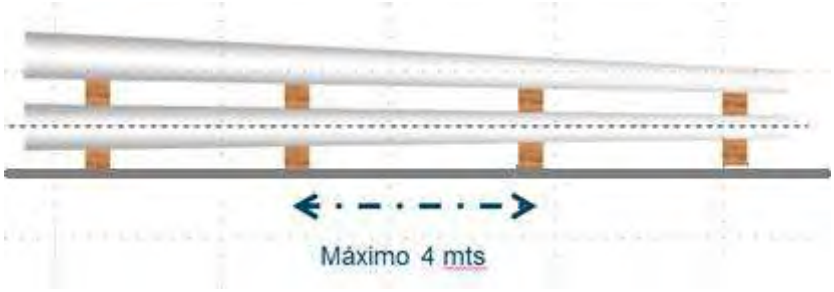
1.2. Almacenamiento

Los postes deben almacenarse forma segura y eficiente.

Segura para evitar accidentes por el desplome de una pila de postes y Eficiente de modo que los postes puedan ser retirados fácilmente del lugar de almacenamiento.

Armar pilas de postes. En cada pila no mezclar referencias.

Colocar en una superficie plana sobre listones de madera.

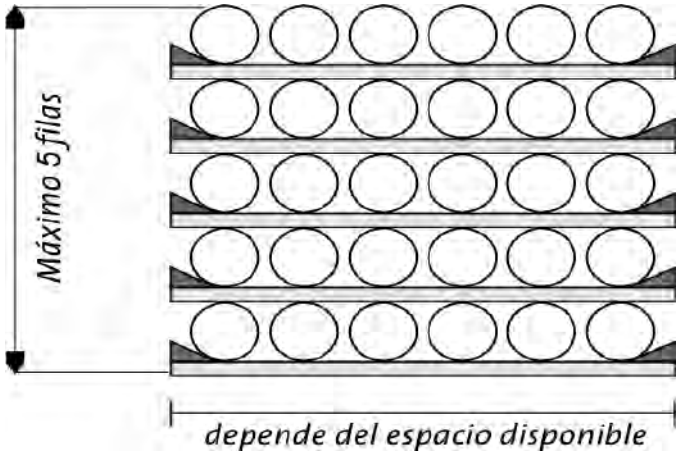


Los postes se almacenaran de la siguiente manera:

- Horizontalmente

  Se tendrá en cuenta que el máximo número de filas apiladas es de cinco. (Ver fig. 2).

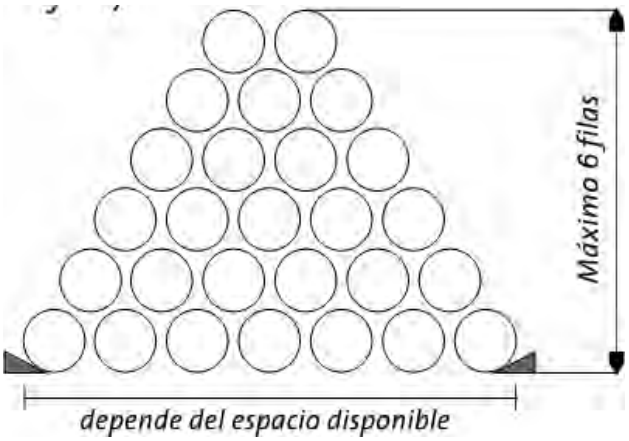
Figura 2. Máximo número de filas



- Postes ordenados en forma de pirámide

  Se tendrá en cuenta que el máximo número de filas es de seis (Ver fig. 3).

Figura 3. Postes en piramide



2. EXCAVACIÓN DE HOYOS

Se realizará utilizando las herramientas y métodos adecuados de acuerdo al tipo de terreno y de forma tal que no se afecte su cohesión natural alrededor de la cimentación.

Los hoyos para postes se realizarán en los puntos indicados por las estacas colocadas durante el proceso de replanteo.

Deberá asegurarse la estabilidad de las paredes de la excavación con los medios mecánicos adecuados.

El fondo de la excavación deberá ser plano y firmemente compactado para resistir las presiones originadas por las cargas verticales actuantes.

Las dimensiones de la excavación serán las determinadas por las tablas de cimentaciones correspondientes de acuerdo al tipo de poste y de terreno.

El contratista proveerá los medios de drenaje que sean necesarios para evitar inundaciones de los hoyos una vez ejecutados.

Si el hincado de los postes no se realiza inmediatamente después de realizadas las excavaciones se deberá señalizar adecuadamente los hoyos a fin de evitar accidentes personales.

3. HINCADO DE POSTES

La operación de transporte y colocación del poste deberá ser efectuada tomando las precauciones adecuadas para evitar que sufra golpes o sea sometido a esfuerzos que afecten su resistencia original.

Previo al izado, es necesario realizar la excavación para recibir el poste.
Las dimensiones de la excavación dependerán de la clase, altura y función del apoyo, y del tipo de terreno. Se aplicarán siempre las profundidades de empotramiento de las tablas de los Proyectos Tipo.

Durante su manipulación en fábrica o al transportarlo el poste deberá suspenderse por dos puntos, de tal manera que su deflexión sea mínima.

Durante el proceso de carga, transporte, descarga y colocación de los postes, no deberán someterse éstos a tensiones superiores a las que resulten de la aplicación del 50% de la carga de trabajo.

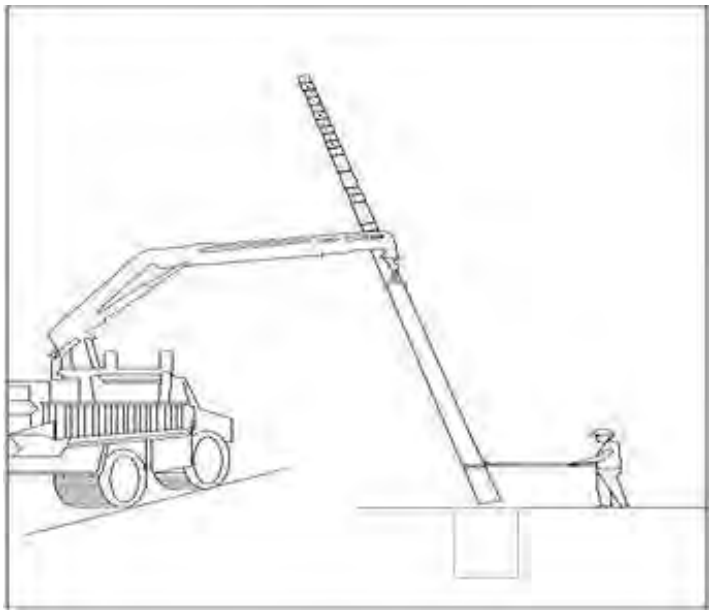
Dichas tensiones no deberán actuar en forma continua por un lapso superior a 24 horas. Durante el izado de los postes, las tensiones podrán ser del 100% de la carga de trabajo. Esta maniobra deberá ser realizada sin interrupciones y en el menor tiempo posible.

Para el hincado de postes se deberá contar con personal experimentado en esta clase de trabajo, el cual se podrá hacer por medio de grúa hidráulica y de forma manual con ayuda de una pluma.

Procedimiento de Hincado de postes con grúa hidráulica:

- Delimitar el área de trabajo
- Seleccionar el equipo y las herramientas adecuadas
- Amarrar el cable de la grúa a 10 cm de la marca correspondiente en el poste.
- Amarrar una manila a la base del poste para dirigirlo hacia el hoyo.
- Aplomar y alinear el poste.
- Rellenar y apisonar muy bien; preferiblemente con gravilla, concreto o material solido grueso.
- Alinear los agujeros del poste de acuerdo a lo requerido por el armado correspondiente.
- Verificar la verticalidad y aplomar nuevamente el poste de ser necesario.
- Retirar los desechos.

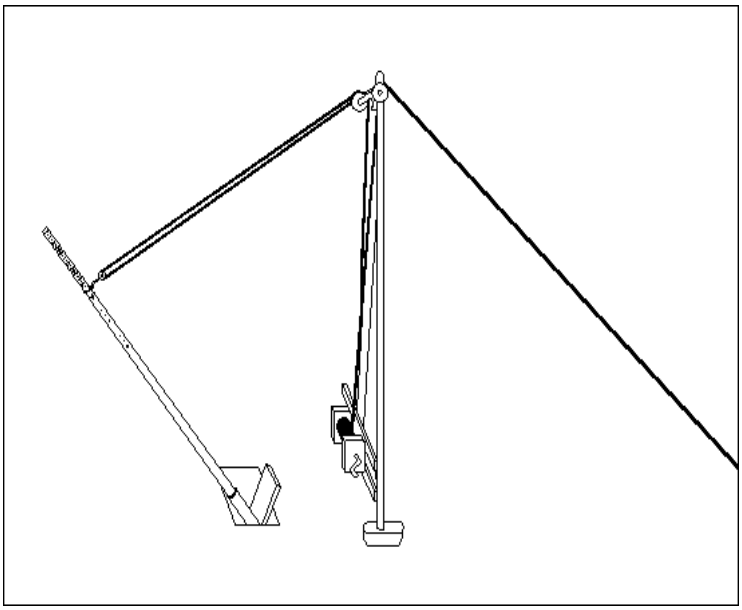
Figura 1. Hincado de Poste con Grúa



Procedimiento de Hincado de postes manual (con pluma):

- Delimitar el área de trabajo
- Seleccionar el equipo y las herramientas adecuadas
- Fijar la pluma al terreno.
- Ubicar el poste en el lugar adecuado para comenzar su izado.
- Pasar el cable por la polea de la pluma y amarrar el cable al poste.
- Accionar la polea manualmente o con un motor.
- Aplomar y alinear el poste
- Rellenar y apisonar muy bien; preferiblemente con gravilla, concreto o material solido grueso.
- Alinear los agujeros del poste de acuerdo a lo requerido por el armado correspondiente.
- Verificar la verticalidad y aplomar nuevamente el poste de ser necesario.
- Retirar los desechos.

AIR-E. Hincado de Poste con Pluma



Las perforaciones de los postes deberán quedar alineadas o perpendiculares a la calle según la estructura a utilizar, por tanto, no se permitirán estructuras ladeadas, que hagan que el poste sufra deformaciones por esfuerzos de torsión, sobre todo en el momento de retensionado de las redes.

4. CIMENTACIONES

Las cimentaciones para los apoyos, deberá ser calculada teniendo en cuenta las dimensiones de los postes y las condiciones en la que vaya a ser instalado. La profundidad de excavación será como mínimo:

$$0.1H + 0.60 \text{ m.}$$

Donde H= altura del poste

Para todo caso se empleará hormigón de 21Mpa (3000 psi). El amasado de este se realizará siempre sobre chapas metálicas o superficies impermeables cuando se realice a mano, o en hormigoneras cuando así sea posible, procurando que la mezcla sea lo más homogénea posible.

Al hacer el vertido de realizará el vibrado manual con el objeto de hacer desaparecer las coqueras que pudieran formarse. No se dejarán las cimentaciones cortadas, ejecutándolas

con hormigonado continuo hasta su terminación. Se construirá un solado base de 10 cm de espesor que servirá como soporte de la base del poste.

Tanto el cemento como los áridos serán medidos con elementos apropiados.

Para las cimentaciones con aporte de hormigón, los macizos de cimentación quedarán como mínimo a 10 cm sobre el suelo, y se les dará una ligera pendiente como vierte-aguas.

Cuando la cimentación sea con material de la excavación se cuidará que tenga una granulometría razonable, que esté libre de escombros, basura o sustancias orgánicas.

Si el material proveniente de la excavación tuviera un alto porcentaje de piedras, se utilizará material de préstamo menudo para aumentar la cohesión durante la compactación. Si, por el contrario, estuviese formado por tierra blanda de escasa cohesión, se agregará material de préstamo con grava y piedras.

La compactación deberá hacerse agregando cierta cantidad de agua y apisonando en capas de 0.30 cm.

ANEXO 2. INSTALACION DE RETENIDAS

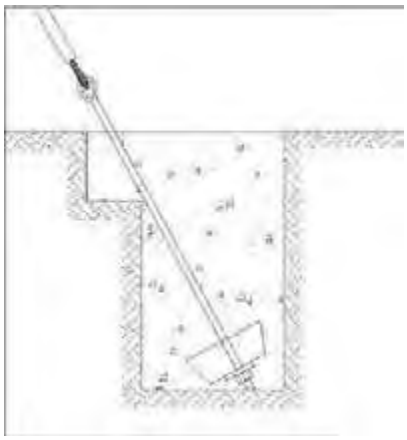
1. EXCAVACIÓN DE HOYOS

La excavación para la instalación del ancla de hormigón se hará procurando que el terreno natural no se altere más de lo estrictamente necesario. Las dimensiones de la excavación serán las que se determinen mediante el cálculo mecánico de retenidas dependiendo del tipo de suelo y tensiones actuantes.

Se recorrerá el área y se verificará la ubicación de la retenida con el plano. Asimismo se verificará que la retenida esté alineada con la fuerza a contrarrestar. Se delimitará el área de trabajo convenientemente.

Para retenidas a tierra inclinadas el hoyo se hará en forma escalonada a fin de que la varilla de retenida quede alineada hacia el punto de fijación en el poste. (Figura 1)

Figura 1. Excavación para retenida inclinada



Deberá asegurarse la estabilidad de las paredes de la excavación con los medios mecánicos adecuados.

El contratista proveerá los medios de drenaje que sean necesarios para evitar inundaciones de los hoyos una vez ejecutados. En caso de no instalarse inmediatamente la varilla de anclaje, se señalizará la excavación realizada a fin de evitar accidentes personales.

2. INSTALACION DE RETENIDAS.

A continuación se mencionan los pasos básicos para la instalación de las retenidas:

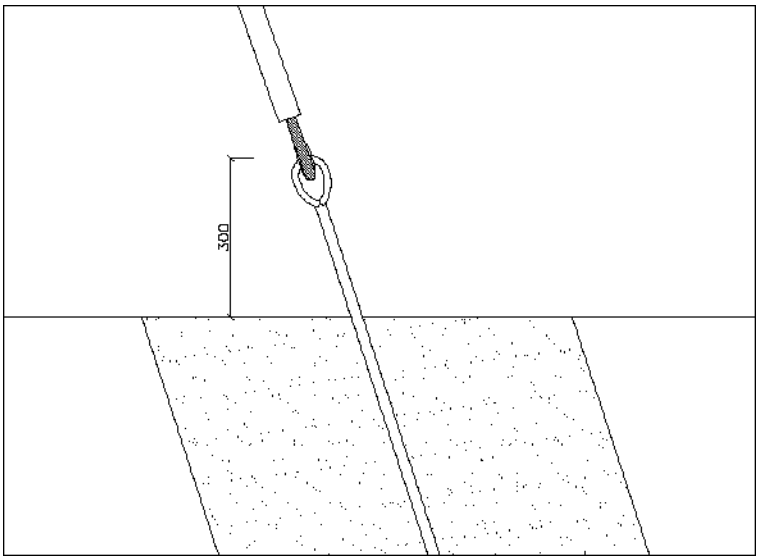
- Selección de las herramientas y equipos adecuados.

- Para la retenida inclinada se colocará la varilla del ancla hundiéndola en el terreno en posición diagonal sobresaliendo 300 mm. La varilla debe estar dirigida hacia el punto de sujeción en el poste.

- Para la retenida vertical la varilla se colocará en posición paralela al eje longitudinal del poste y dirigida al extremo del soporte metálico ya instalado sobre el poste desde donde el cable de acero será finalmente anclado al apoyo.

- El relleno se ejecutará después de haber alineado y orientado adecuadamente la varilla de anclaje de acuerdo al tipo de retenida a utilizar, la cual siempre deberá quedar alineada con el cable de acero. (Ver AIR-E).

AIR-E. Posición de Ancla en Terreno



- Los cables de retenidas deberán ser tensados de tal manera que los postes se mantengan en posición vertical luego del flechado de los conductores.

- Los montajes se harán de acuerdo con los detalles mostrados en las normas de construcción. Para sujetar el poste a la varilla se utilizará cable de acero de dimensiones normalizadas según la tensión requerida.

- A fin de evitar contactos eléctricos accidentales en el recorrido del cable de acero, en la parte superior cercana al poste, se colocará un aislador de tracción del tipo que señale la norma, según el nivel de tensión que se está protegiendo y la carga de rotura del cable de acero utilizado.

- Se utilizarán retenciones preformadas terminales para sujeción del cable de acero al aislador de tracción, varilla de anclaje y al poste.

- En la parte superior, es decir en el punto donde el cable de acero se ancla en la pletina de sujeción al poste, y en la inferior, o sea en el ojo de la varilla de anclaje, se colocarán sendos guardacabos sobre los cuales será instalada la retención preformada terminal. Se dará la tensión apropiada con el equipo mecánico correspondiente (aparejo).

- El constructor deberá asegurarse de que las retenidas desarrollen efectivamente la tensión necesaria. En los casos de anclaje con varias retenidas, todas deberán quedar trabajando en forma efectiva.

- Las retenidas serán instaladas antes del tendido de conductores para que adquieran mayor resistencia al asentarse adecuadamente el relleno sobre el ancla.

ANEXO 3. TENDIDO Y TENSIONADO DE CONDUCTORES DESNUDOS

1. TENDIDO DE CONDUCTORES AÉREOS MT

Antes de iniciar todo trabajo de tendido de conductores, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ Las operaciones de tendido no se iniciarán hasta después de transcurridos 14 días desde la finalización de la cimentación.
- ✓ No se realizará el tendido si las condiciones climáticas son adversas, es decir cuando haya lluvias, tormentas eléctricas o vientos fuertes.
- ✓ Colocar las señales de aviso y protección de la zona de trabajo, e identificar al ejecutor de los trabajos.
- ✓ No iniciar las tareas sin antes delimitar y proteger completamente la zona de trabajo.
- ✓ Identificar los riesgos potenciales.
- ✓ En caso de pasar el conductor por encima de cables, se debe verificar que estos estén desenergizados. De no ser posible, se debe instalar una protección o barrera para evitar el contacto entre ellos.
- ✓ En los sitios de conexión de la línea nueva a red existente se debe verificar la ausencia de tensión. En caso contrario, en los postes terminales se debe trabajar con cuadrilla de trabajo en caliente.
- ✓ Para el tendido de conductores de aluminio-acero se utilizarán poleas cuya garganta deberán ser de material de igual o menor dureza a la del conductor, (aluminio), siendo sus superficies lisas y extensas.
- ✓ La superficie de la garganta de las poleas tendrá un recubrimiento de neopreno o uretano, será lisa y exenta de porosidades y rugosidades. No se permitirá el empleo de poleas que por el uso presenten erosiones o acanaladuras provocadas por el paso de las cuerdas o cables.
- ✓ Las paredes laterales de las poleas estarán inclinadas formando un ángulo entre sí comprendido entre 20º y 60º para evitar enganches.
- ✓ El diámetro de la polea estará comprendido entre 25 y 30 veces el diámetro del conductor.

El tendido de los conductores comprende dos operaciones principales: el tendido y el tensado de los mismos.

La bobina estará siempre elevada y sujeta por un eje y gatos de potencia apropiados al peso de ésta, anclándose mediante el número suficiente de puntos que aseguren su inmovilidad y tirando del conductor, de tal manera que se eviten retorcimientos y torsiones, y no serán levantados por medio de herramientas de material, tamaño o curvatura que pudieran causar daño. (Ver figura 1).
El conductor siempre se mantendrá separado del suelo, árboles, estructuras, construcciones y cualquier obstáculo durante toda la operación de tendido.

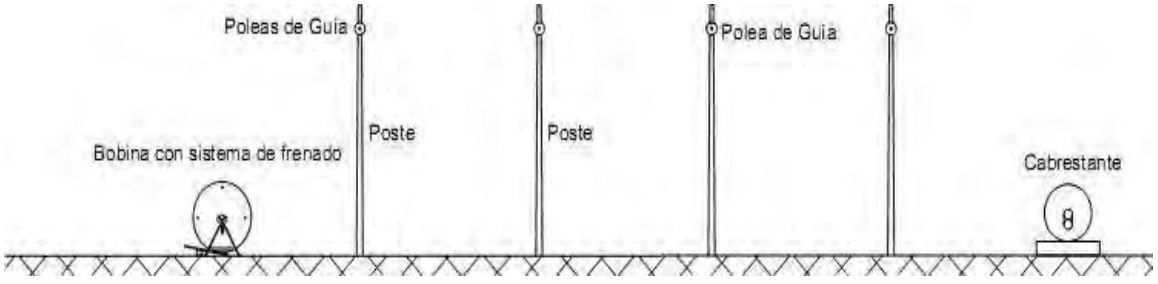
Figura 1. Fijación de gatos soporta bobinas



A continuación se describen los procedimientos a seguir:

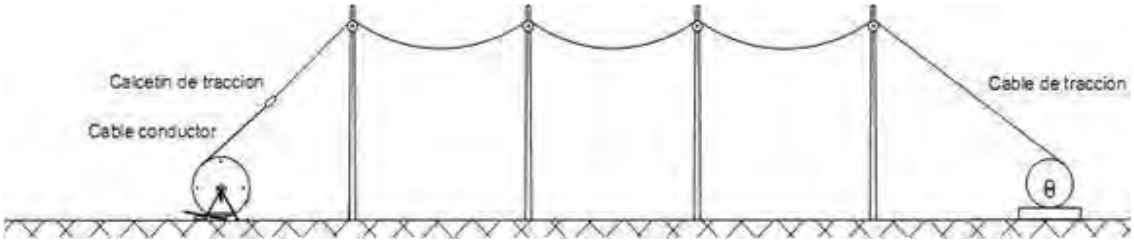
1) En la figura 2 están dispuestos los elementos de tendido en su posición inicial, indicándose la bobina del cable con su dispositivo de frenado, los postes, las poleas de guía y el cabrestante.
2) Los trabajadores deberán subir a los postes para colocar el conductor en las respectivas poleas, dichas poleas estarán provistas de cojinetes y tendrán una superficie lisa de modo tal que la fricción sea reducida al mínimo.
3) Se inicia el tendido del pescante (manila) pasando por las poleas, hasta llegar al sitio donde está ubicada la bobina.

AIR-E. Situación inicial del proceso de tendido de conductores



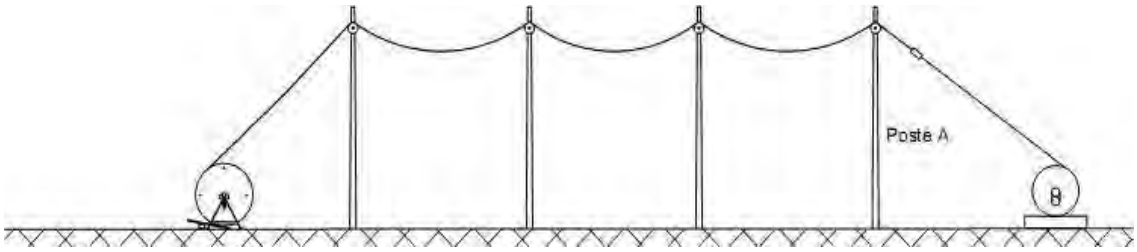
4) Una vez terminado el tendido del pescante, éste se une al cable conductor, por medio de una malla de tracción o manguito de tracción. (Ver figura 3).

Figura 3. Unión del pescante y conductor



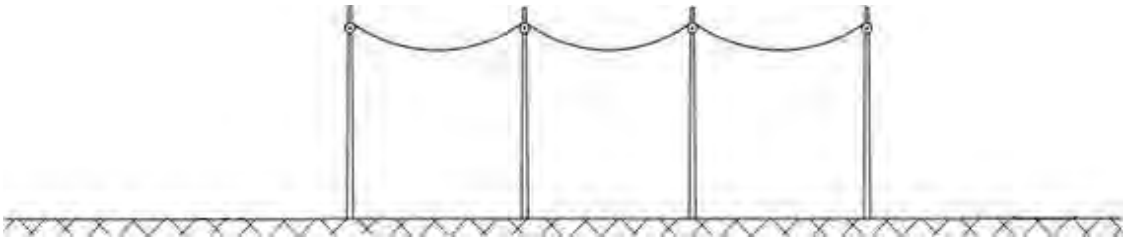
5) Una vez empalmados los dos elementos, el pescante de tracción y el conductor, se pone en marcha el cabrestante y se procede al tendido del cable conductor, tal como se muestra en la figura 4, accionando el dispositivo de frenado cuando sea preciso, con objeto de que el cable conductor no quede demasiado tenso o no toque al suelo. La tensión mínima será aquella que permita hacer circular los conductores sin rozar con los obstáculos naturales, tales como tierra. El personal a cargo del tendido contará con los medios de comunicación adecuados (radio portátil) a fin de mantener el funcionamiento coordinado del cabrestante y el freno.

Figura 4. Tendido del conductor



En la figura 5, se ha terminado el tendido del cable conductor. Se fija el conductor al poste de final de línea, amarrándolo al aislador correspondiente y finalmente se suelta el cable de tracción, para iniciar el proceso de tensado.

Figura 5. Situación final



2. TENSIONADO DE CONDUCTORES

Una vez se ha realizado el tendido de los conductores, puede procederse a su tensado. Esta operación requiere una cuidadosa ejecución, ya que un exceso de tensado disminuye la seguridad de la línea por el peligro de rotura de los conductores y, por el contrario, un tensado insuficiente genera flechas demasiado grandes con el consiguiente acercamiento de la línea al suelo.

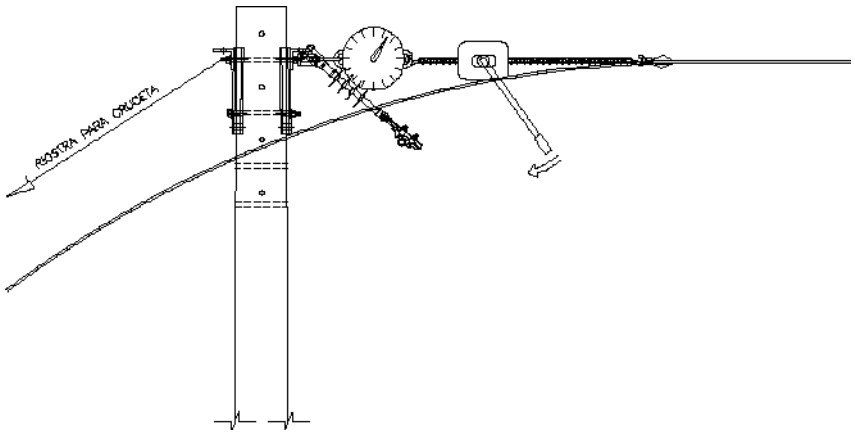
El valor de la tensión mecánica en los conductores será, como máximo, la indicada en las tablas de tensado definitivo de conductores que corresponda a la temperatura y a la zona en la que se instalará el conductor.

Para iniciar el tensado, se debe hacer previamente el amarre del conductor en el aislador de principio de línea. El poste tomado como principio de línea deberá estar retenido o en todo caso deberá arriostrarse provisionalmente ya que al tirar del conductor con la trócola o aparejo, soportará toda la tracción de la línea.

A continuación se describe el procedimiento para el tensado del conductor:

- Arriostrar la cruceta o brazo soporte para evitar esfuerzos de torsión sobre el poste.
- Se fijará adecuadamente el dinamómetro a la cruceta por uno de sus extremos. En el otro extremo se sujetará el aparejo o trócola para tirar del conductor.
- La cadena del aparejo se extenderá lo más que se pueda a fin de conseguir suficiente distancia para el recupero del conductor. En su extremo se colocará el elemento de sujeción del conductor (come along).
- El operario liniero accionará el aparejo a fin de recuperar el conductor hasta obtener la flecha determinada en las tablas de tendido con la tensión igualmente prevista.
- La puesta en flecha de los conductores se llevará a cabo de manera que las tensiones y flechas indicadas en la tabla de tensado, no sean sobrepasadas para las correspondientes condiciones de carga.
- Luego que los conductores hayan sido puestos en flecha, serán trasladados a los aisladores de alineación y suspensión para su amarre definitivo. En los extremos de la sección de puesta en flecha el conductor se fijará a las grapas de anclaje de la cadena de aisladores.

Figura 6. Fijación aparejo-conductor



3. MEDICIÓN DE LA FLECHA

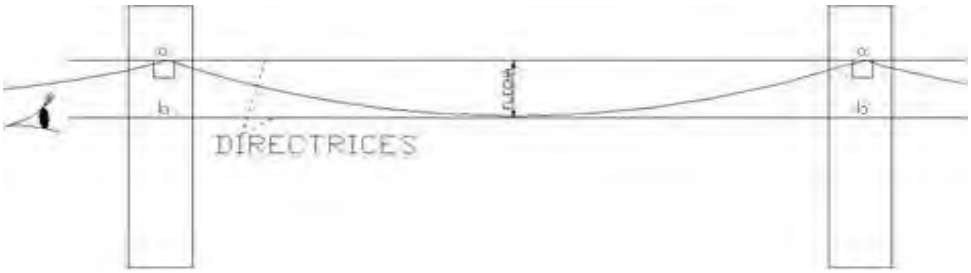
Se hará empleando uno de los siguientes métodos:

- ✓ Por visualización
- ✓ Por impulsos
- ✓ Por aparatos especiales

3.1 Por visualización

Este método se utilizará para el control de la flecha en vanos nivelados. El procedimiento está representado en la figura 7. En cada uno de los dos postes del vano donde se va a controlar la flecha, se mide desde el punto de suspensión del conductor (*a)*, hacia abajo, la distancia que corresponde a la flecha de dicho vano. Se marca esta distancia en cada poste con una señal (*b)*. Durante el tensado del cable, se dirige una visual desde uno de los postes, a ojo, o por medio de un anteojo o catalejo, tensando el conductor hasta que el punto más bajo del mismo quede en línea de mira *b … b.*

Figura 7. Determinación de la flecha, por visualización



3.2 Por impulso

El procedimiento de medición de la flecha por impulsos solamente necesita un cronometro; consiste en medir la velocidad de propagación de una onda producida por la aplicación de una fuerza (golpe) sobre el extremo de la línea, y contar el tiempo que esta onda tarda en ir y volver. La flecha, expresada en centímetros, se calcula en función del tiempo medido en segundos, según la siguiente formula

$$f= 30,8\ t^2$$

Donde:

f = Flecha del conductor (cm)
t = Tiempo que tarda la onda en ir y volver al punto de aplicación del golpe (s)

Para medir la flecha por el método de impulso deben situarse dos operadores, uno de ellos subido en el poste y el otro observando un cronómetro en la base del poste. El primero da un fuerte golpe al cable, a unos 25 cm del aislador y, en este momento, se pone en marcha el cronometro; mientras tanto, el operador que esta subido en el poste mantiene la mano sobre el conductor, sin apoyarla, y va contando los impulsos o rebotes que recibe de la línea, en voz alta, y al llegar a 10, se para el cronometro y se lee el tiempo transcurrido. Este tiempo, dividido por 10, nos indicará lo que ha tardado un impulso en ir y volver al soporte de la línea y entonces se podrá calcular la flecha utilizando la formula anterior.
La tabla siguiente muestra algunos valores de flechas obtenidas a partir de tiempos de rebote de la onda en el conductor.

Tabla No. 1
Flechas (cm) en función de los tiempos de retorno de onda

Tiempo (seg)	Flecha (cm)	Tiempo (seg)	Flecha (cm)	Tiempo (seg)	Flecha (cm)
5	8	11	37	19	110
5,5	10	11,5	41	20	123
6	11	12	44	21	135
6,5	13	12,5	48	22	148
7	15	13	52	23	162
7,5	17	13,5	56	24	176
8	20	14	60	25	192
8,5	22	14,5	65	26	208
9	25	15	68	27	225
9,5	28	16	78	28	241
10	31	17	89	29	258
10,5	34	18	100	30	275

Para cualquier tiempo no incluido en la tabla, se puede interpolar, o recurrir a la formula expresada anteriormente.

3.3 Por aparatos especiales

También se han ideado aparatos especiales, los cuales mediante la emisión y recepción de un rayo láser, determinan de forma rápida la distancia requerida, facilitando así el cálculo para determinar la flecha.

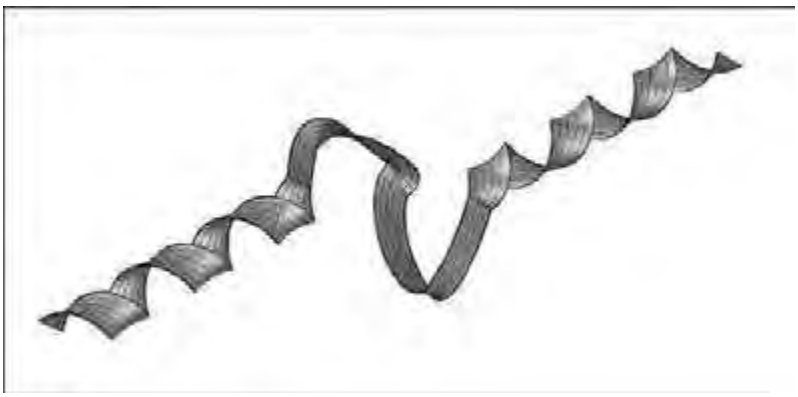
Otro aparato de medida es el Teodolito, el cual es un instrumento mecánico-óptico universal que sirve para medir ángulos verticales y, sobre todo, horizontales. Con otras herramientas auxiliares se puede medir distancias y desniveles.

ANEXO 4. INSTALACION RETENCIONES PREFORMADAS

1. INSTALACIÓN RETENCIÓN PREFORMADA “Z”

Se usará para fijar el conductor al cuello de los aisladores, en las estructuras tipo alineación, (Ver Figura 1). Su instalación se muestra en los pasos mostrados a continuación

Figura 1. Retención Z





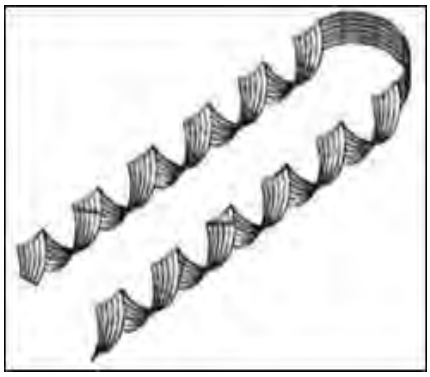




2. INSTALACIÓN RETENCIÓN PREFORMADA “OMEGA”

Se usará para fijar el conductor al cuello de los aisladores, en las estructuras tipo ángulo, (Ver AIR-E). Su instalación se muestra en los pasos mostrados a continuación

AIR-E. Retención Omega









ANEXO 5. INSTALACION DE CONECTOR CUÑA

1. INSTALACIÓN DE CONECTORES CUÑA

Paso 1:

Se enganchará el conector “C”, a los conductores, tal como se muestra en la figura 1, sosteniendo el conjunto firmemente con una mano.

Paso 2:

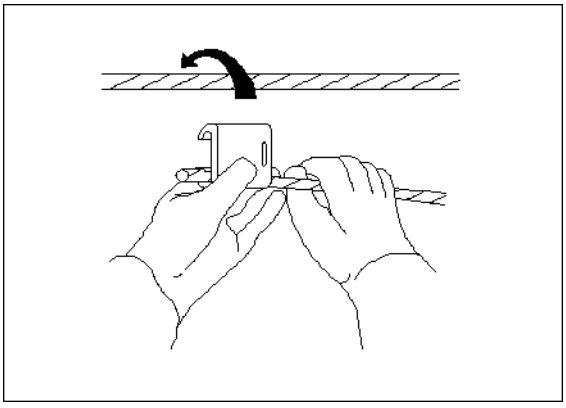
Seguidamente se ajustará y empujará la cuña, deslizándola en su posición entre los conductores, así como se muestra en la figura 2, luego se golpeará con un martillo para asegurarse de que el conductor permanece en posición hasta que la herramienta sea colocada para la conducción de la cuña. (Ver figura 3).

Paso 3

Se completará la conexión del conector utilizando la herramienta adecuada la cual proporcionará la fuerza necesaria para la perfecta instalación por medio de cartuchos de pólvora, los cuales deberán tener un nivel bajo de ruido.

Cada conector deberá contar con su respectivo cartucho para la perfecta instalación del mismo. No se permitirá la utilización de cartuchos en conectores para los cuales no han sido diseñados. Esto con el fin de garantizar la perfecta conexión entre las partes en contacto, el perfecto ajuste de la cuña y evitar la generación de puntos calientes por la mala conexión del conjunto. (Ver figura 4).

Figura 1.
Puesta de Conector sobre Conductor



AIR-E.
Deslizamiento de cuña sobre Conector

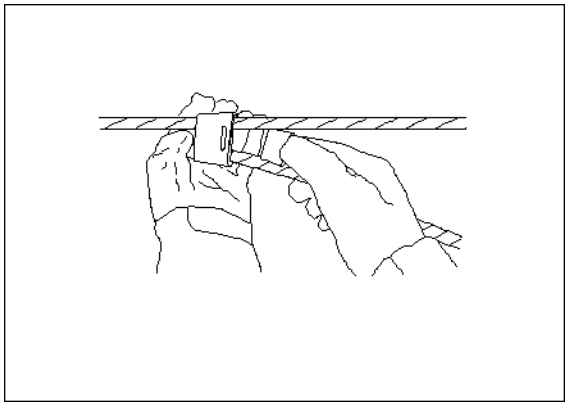


Figura 3.
Ajuste de Posición inicial de la Cuña

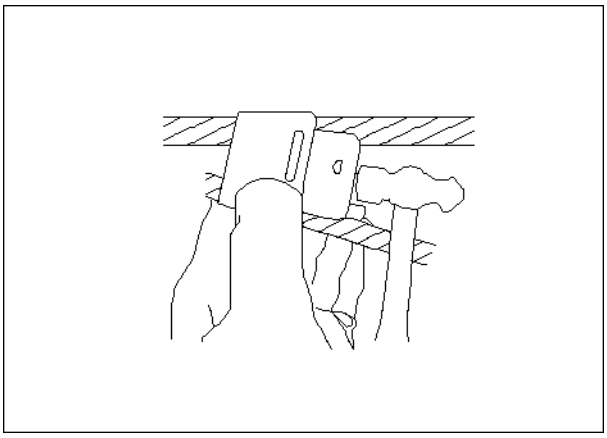
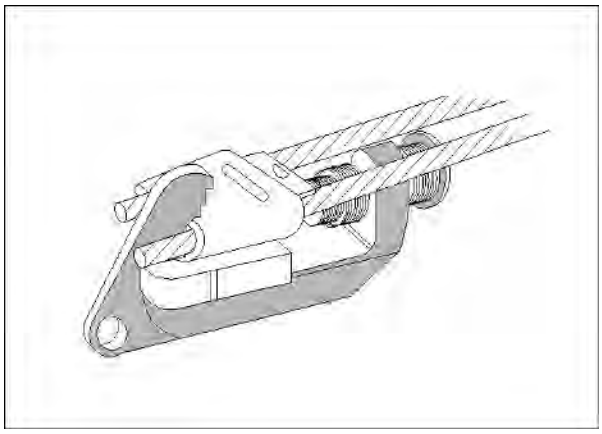


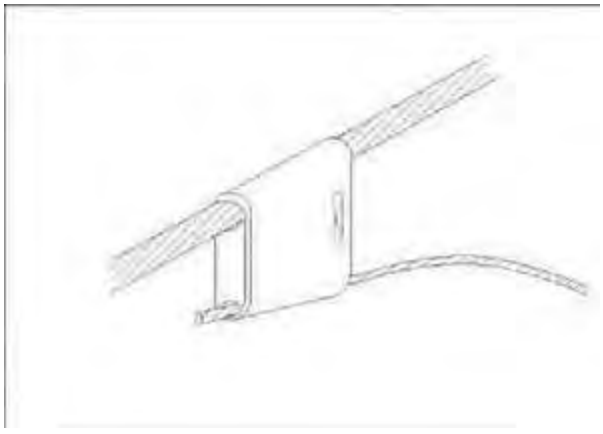
Figura 4.
Ajuste Final de la Cuña con Sistema Especial.



Paso 4

Finalmente se verificará que el click de la cuña, encaje en la ventana del conector principal, (Ver Figura 5).

Figura 5.
Click Encajado en Ventana de Conector Principal



ANEXO A1

TRAZADO DE LINEAS NUEVAS

1. CONDICIONES GENERALES PARA EL TRAZADO DE LINEAS

a) Accesibilidad

La ruta de una línea de distribución eléctrica en lo posible debe ser en línea recta, cerca de carreteras y carreteables de fácil acceso para su construcción, inspección y reparación.

b) Naturaleza del Terreno

Se debe tener conocimiento de la naturaleza de los terrenos, con el fin de evitar que las posibles rutas pasen por terrenos con las siguientes características:

- Zonas muy rocosas o excesivamente accidentadas
- Terrenos de muy fuerte pendiente
- Depresiones profundas
- Zonas de pantanos, derrumbes, socavones y lagos
- Zonas hidrográficas donde se presenten inundaciones, existan malos drenajes y de suelos con bajas capacidades portantes
- Terrenos con alto grado de erosión o inundación.
- Fallas geológicas
- Zonas de cultivos o de reforestación
- Reservas forestales, bosques muy densos, parques ecológicos y zonas arqueológicas
- Zonas restringidas: aeropuertos, yacimientos minerales, depósitos de combustible, refinerías
- Estaciones de radio y redes microondas

c) Reconocimiento de la zona

Es de gran importancia realizar un reconocimiento de la zona del proyecto para estudio de las posibles rutas del trazado, también presentar una localización planimétrica de las rutas propuestas con una descripción de cada alternativa con sus respectivas ventajas y desventajas.

Para el reconocimiento de la zona, el proyectista debe recurrir a los planos topográficos del Sistema de Información Geográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (SIGAC), Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de cada municipio, base de datos de instalaciones (BDI) de AIR-E.

El propósito del reconocimiento de la zona es tener cualquier consideración especial conveniente al diseño y la ruta de la línea que deberían aprobarse y discutirse.

d) Alineamientos y deflexiones

La ruta ideal de una línea de distribución es una línea recta. Esto en la práctica no es posible, pero debe tratarse que los alineamientos entre puntos obligados, sea de la mayor longitud posible. Una buena ruta tendrá entonces un mínimo de deflexiones, reduciéndose a los mínimos necesarios. Cualquier cambio de dirección debe ser justificado desde el punto de vista práctico y técnico.

e) Cruces y Paralelismos

Se deben cumplir las distancias mínimas de seguridad establecidas por RETIE, en cuanto hace relación a las distancias a construcciones o viviendas, cruce de vías férreas, autopistas, carreteras principales ó redes eléctricas.

Se deben especificar las distancias de seguridad y zonas de servidumbre establecidas por RETIE, cuando el trazado de la línea de distribución se proyecta paralela a vías o carreteras, a otras redes eléctricas o de comunicación u otras obras de servicio público, con el fin de que no presente peligros o daños a estas.

2. ESTABLECIMIENTO DE LA RUTA PRELIMINAR

Se debe acopiar toda la información cartográfica existente:

- Planos impresos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi
- Planos Viales
- Aerofotografías de la región
- Imágenes de satélite y fotografías aéreas digitalizadas
- Planos de localización de la Base de datos de instalaciones (BDI) de AIR-E.

Se debe conocer perfectamente la zona por la cual se hará el posible trazado de la línea, antes de tomar cualquier determinación sobre la posible ruta de la línea.

Se fijarán una o varias rutas preliminares tomando en cuenta los puntos y tramos obligados que han sido previamente fijados, con base en la información obtenida de los planos topográficos, aerofotografías, mapas viales y todos los datos tomados sobre el terreno.

Las rutas preliminares deben ser estudiadas en el terreno, con el fin de seleccionar la más económica (construcción, mantenimiento y zonas de servidumbre), para hacer los ajustes y correcciones necesarias, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

a. Fácil accesibilidad para la construcción, mantenimiento y operación. Siempre que sea posible, debe tratarse que la ruta de la línea este localizada próxima a carreteras o caminos.

b. Se deben respetar las distancias mínimas de seguridad establecidas por RETIE, en cuanto hace relación con las cercanías a las diferentes estructuras, obstáculos, viviendas, cruces, que se pueden encontrar en el recorrido de la línea.

c. Los alineamientos en el trazado de la línea, deben ser lo más rectos posible evitándose los ángulos, particularmente los ángulos acentuados que necesitan de estructuras especiales. En lo posible evitar ángulos horizontales en los puntos bajos del terreno y en las laderas. Los ángulos horizontales deben proyectarse en las partes planas de la línea

d. Los paralelismos con líneas de transmisión, oleoductos y de comunicaciones existentes deben evitarse; las cruces con líneas de transmisión y del ferrocarril deben limitarse al menor número posible, observando los ángulos permitidos de cruzamiento y altura mínima.

e. Se deben definir exactamente los linderos de las distintas propiedades por donde cruza la línea, anotar el nombre de cada uno de los propietarios y longitud de la faja cruzada, para poder determinar correctamente las servidumbres.

f. La distancia de la línea a las vías de carreteables cercanas, debe dejarse indicado en los planos. Se deben guardar las distancias establecidas por el ministerio de transporte en el artículo segundo de la ley 1228 del 16 de julio de 2008.

g. Se debe conseguir el permiso de transito por las propiedades que cruza la ruta de la línea, además se debe informar a los propietarios el objeto del trabajo que va a realizarse y debe hacerse el menor daño posible a la propiedad privada (cultivos, cercas e instalaciones.

h. Cuando el trazado cruce por zonas urbanas se deben cumplir las normas de construcción de redes urbanas.

i. Cuando el trazado cruce líneas de alta tensión, se debe tomar la altura de las estructuras y la distancia de los conductores a tierra en los puntos de cruce.

3. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

El proyectista con ayuda del topógrafo define los alineamientos del trazado, se procede a localizar en la zona los puntos principales y obligatorios del trazado como:

• Puntos de las estructuras terminales o arranque en las subestaciones.
• Los vértices de deflexiones importantes y apreciables del trazado
• Ríos, boquerones, cordilleras, colinas

Terminadas las actividades anteriores, se realiza un plano de localización donde se muestre la ruta seleccionada con detalle de sus accesos localizados, puntos principales, carreteras, ferrocarriles, ríos.

Una vez definidos los alineamientos del trazado en el terreno, y reconocidos los principales vértices y puntos del trazado según el plano de localización general, el topógrafo debe elaborar el levantamiento de la planta, el perfil y la franja de seguridad de la ruta seleccionada para el proyecto, mínimo 10 metros a lado y lado del eje de la línea. Antes de iniciar el levantamiento topográfico se deben gestionar los permisos de transito por las propiedades que cruza la línea. Se debe explicar a los propietarios el objeto de los trabajos a realizar, para obtener los permisos de transito por el corredor de la línea que pasa por sus propiedades y la localización de los linderos. La comisión de topografía debe evitar el menor daño posible a los cultivos, cercas e instalaciones de la propiedad privada, se debe abstener de confirmar localización definitiva de estructuras antes de esta ser definida en los planos.

3.1 Planta de trazado

El plano de planta del trazado de la línea incluye el levantamiento de una franja de servidumbre. La planta del trazado debe contener la indicación de los elementos que se cruzan o estén comprendidos dentro de la franja de influencia de la línea tales como:

a. Accidentes geográficos, ríos, quebradas, vías férreas, carreteras y carreteables.
b. Información sobre predios y propietarios con identificación de linderos.
c. Todas las líneas de transmisión, y distribución de energía
d. Información sobre cultivos, tipos de vegetación y tipos de terreno.

e. Núcleos poblacionales y edificaciones
f. En todo el trazado se indicará el norte geográfico y el rumbo
g. Localización de los aeropuertos
h. Detalles de los puntos de salida y llegadas de la línea (ángulos, altura, tipo de estructura y número del poste en la derivación de las líneas).

Cualquier otro accidente de importancia que interfiera en el trazado debe ser levantado y se debe indicar la posición, altura e indicar su naturaleza de acuerdo con la importancia que puedan tener para el desarrollo del diseño.

3.2 Perfil del trazado

El levantamiento del perfil del eje central de la línea debe tener tanto detalle como sea necesario, para determinar cada cambio de pendiente, especialmente en la conformación de las cimas, picos de colinas y caballetes.

El perfil longitudinal del eje central de la línea es la información más importante de los levantamientos, porque sirve de base para la determinación y localización de todas las estructuras de la línea. A razón de esto la importancia del cuidado y precisión del levantamiento y del acopio de detalles, así como la consideración de las distancias mínimas de seguridad.

Antes de iniciarse los levantamientos todos los instrumentos de medida deben ser chequeados y calibrados.

3.3 Materialización del trazado

A lo largo del eje del trazado de la línea, se deben colocar mojones de concreto, metálicos o de madera, numerados en orden creciente a partir del origen de cada frente de levantamiento y siempre con el mismo sentido. Los mojones deben ser obligatoriamente colocados en lugares de fácil identificación y no se deben colocar en terrenos agrícolas que sean arados mecánicamente o en zonas donde queden resguardos de personas o animales o que pueden ser inundadas por crecientes de ríos o quebradas, donde puedan ser fácilmente removidos.

Los mojones deben colocarse por lo menos en los siguientes sitios:

- Puntos de inicio y terminales de la línea
- Todos los vértices de deflexiones importantes y apreciables del trazado
- Los puntos de paso sobre accidentes importantes y aplicables del trazado
- Los puntos intermedios necesarios para poder definir el trazado en alineamientos largos.

Estos puntos intermedios deben fijarse a intervalos de un kilometro.

Los mojones deben ser amarados a detalles bastante visibles, irremovibles y de gran duración tales como arboles aislados, grandes piedras, postes existentes y esquinas de casas, con el fin de facilitar su localización para efectos de construcción; también se deben enumerar en orden creciente del punto de partida al punto de llegada en sentido del recorrido.

os mojones se deben pintar con un color que resalte (amarillo o naranja).

Además de los puntos señalados con mojón, Los demás puntos de las estaciones de transito deben tener una estaca de madera y estar localizados en lugares apropiados de acuerdo con la configuración de la zona para permitir la toma de detalles del perfil. Estos puntos también deben estar numerados en orden creciente y en un mismo sentido.

La serie de mojones y estacas de madera de todas las estaciones de tránsito debe ser abundante, para permitir levantar detalles de la zona en suficiente cantidad, buscando que el perfil levantado refleje lo más posible los accidentes topográficos de la zona.

Las estacas deben ser de madera resistente a la intemperie y tener como dimensiones mínimas 4 x 4 x 40cm. Serán hincadas en el suelo hasta quedar sobresaliendo 5cm y deben llevar en la parte superior una puntilla para definir con precisión el alineamiento.

A lo largo del trazado de la línea también serán colocadas estacas testigo, distanciadas 50cm de los mojones y estaciones de transito para fácil identificación. Estas estacas de madera serán de 5cm de diámetro y 60cm de longitud, llevarán un número con tinta indeleble con el código y numeración correspondiente a la estación de transito.

3.4 Cartera de campo

Para el levantamiento topográfico de líneas de distribución de energía se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

1. Tener en cuenta los retiros de la línea de vías principales y secundarias.
2. En todos los cruces con líneas, especificar el tipo de cruce. Si se trata de un cruce con cables (eléctricos ó de telecomunicaciones), medir la altura de los conductores en el punto de cruce con la línea proyectada y ubicar las estructuras que sostienen a las líneas existentes. En el caso de cruce con líneas eléctricas se debe indicar el nivel de tensión de la línea.
3. Si se presentan cruces con oleoductos, gasoductos y/o poliductos, indicar en los planos el tipo de cruce y la servidumbre de estos.
4. Si se realiza un cruce con una carretera, realizar el cruce con un ángulo entre 45º y 60º respecto del eje de la vía.
5. Identificar en los planos las delimitaciones de los predios, el acceso a éstos (Portones) y el nombre del propietario.
6. Especificar en los planos las zonas pantanosas y los aguazales, así como puentes, arroyos, ríos, vías férreas y árboles grandes. Se debe delimitar con dos puntos GPS en los extremos por donde cruce el eje de la línea proyectada.
7. Los detalles del levantamiento deben aparecer tanto en el plano de planta como en el de perfil.
8. Si debido a condiciones especiales del terreno, se tienen longitudes de vanos atípicas, se debe realizar un levantamiento detallado del perfil del terreno.
9. Se deberá llevar un registro fotográfico sobre el eje central de la línea de los detalles específicos del punto 6., accidentes geográficos, y otros de talles que apliquen. La cantidad y distanciamiento entre los registros fotográficos quedaran a criterio del proyectista.
10. En la cartera, deberá aparecer lo siguiente:

    a. Puntos en coordenadas planas (X,Y).
    b. Cotas de los puntos.
    c. Clasificación de cada punto según simbología propia de topografía y en una columna adyacente la notación equivalente según el código de topografía en el archivo adjunto a este mensaje.
    d. Ángulos del eje de la línea proyectada.

4. REPLANTEO DE LA LINEA

El replanteo tiene por objeto verificar los trabajos del trazado y debe proporcionar toda la información posible para corroborar acercamientos, ángulos de deflexión, vanos reales, desniveles, pendientes transversales, servidumbres, accesos y una inspección de los sitios en donde se localizarán las estructuras. También si se han omitido datos en el trazado, éstos pueden agregarse en el replanteo y hacer los comentarios del caso. Cada centro de apoyo se materializará con un mojón de concreto, metal o madera y que lleve el numero de la estructura. El mojón debe referenciarse por lo menos a tres puntos, por distancia y ángulo.

En caso de que haya necesidad de desplazar el sitio de localización de un apoyo, se hará sobre el mismo eje y en una distancia del orden de metros que no supere los 15 metros. Si la distancia es mayor a 15 metros, se debe consultar al proyectista.

Cuando la pendiente longitudinal o transversal del terreno en el sitio de la estructura, sea inferior al 10% no hace falta hacer medidas topográficas alrededor del punto. Si la pendiente está entre el 10% y el 20%, se deben hacer medidas de topografía en una zona de 15 x 15 metros, si la pendiente es superior al 20%, se debe tomar topografía en una zona de 20 x 20 metros.

Además, se debe presentar un plano reducido de planta y perfil de la línea, indicando en la planta las coordenadas geográficas, los sitios, poblaciones y vías más cercanas al paso de la línea.

4.1 LEVANTAMIENTO CON GPS

Para trabajos de levantamientos de líneas de distribución se requiere referenciación en coordenadas geográficas, se establecerá como sistema de referencia el elipsoide internacional WGS-84 para los parámetros de Latitud, Longitud y altura, con el formato de posición (hdddº mm'ss.s").

Para la toma de puntos se recomienda que el captor (persona encargada de la toma de puntos) encienda el GPS en el momento que salga de las instalaciones dado que la recepción en la señal de los satélites aumenta a medida que transcurra el tiempo y verificar que por lo menos existan 4 satélites con señal, también se debe configurar el GPS con el sistema de referencia y el formato de posición establecido.

Recomendaciones para la correcta toma de del punto:

- La toma del punto debe hacerse frente al apoyo, el cual se va a georreferenciar
- De encontrar obstáculos tales como árboles y techos, el captor debe alejarse del obstáculo a un lugar en frente del sitio y en zona despejada, hasta que tenga las condiciones mínimas adecuadas para la toma del punto. De no hacerse se aumentará el margen de error en el punto capturado.
- Si el GPS muestra el mensaje **"Adquiriendo satélites"** el captor debe caminar dos metros a la redonda para que el GPS reciba la señal de los satélites y así mejore su recepción en la toma del punto.
- En los casos donde el apoyo a georreferenciar se encuentra alejado de la vía y no se tenga acceso, el captor deberá acercarse lo más posible y tomar el punto, se recomienda hacer la observación de punto estimado.

Una vez tomado los puntos del trazado de la línea, se procede a descargar los puntos capturados por el GPS mediante un software previamente configurado con el mismo sistema de referencia con el cual fue configurado el GPS con anterioridad, los puntos descargados quedaran guardados en un archivo con formato gdb (global data base).

Los puntos tomados son sometidos a un proceso de verificación con la base de datos de instalaciones (BDI), en el cual es necesario su conversión de WGS-84 a coordenadas planas (x,y), por medio de un software de conversión en el cual los datos de entrada es el archivo en formato gdb y el punto de referencia del datum del observatorio de Bogotá (Latitud 4º35'56.57" y longitud 74º4'51.30").

Todo proyectista deberá entregar georeferenciado el punto de conexion del proyecto.

Base de Datos de Instalaciones BDI

La BDI es una unidad encargada de gestionar, analizar y mantener el vínculo cliente - transformador y la información técnica y geográfica existente en el sistema BDI, con el apoyo de un grupo de herramientas SIG (Sistema de Información Geográfica) necesarias para el análisis y el procesamiento de la información tales como el Open asocian, AutoCad, ArcGis y Google Earth, entre otros.

5. PLANIMETRIA

Una vez terminada la localización definitiva de la línea, se deben dibujar los planos de planta y perfiles de esta. En los planos de planta de la línea se dibujarán los alineamientos, localización de estacas, rumbos calculados, deflexiones, mojones.

MEMORIA DE CONSTRUCCIÓN CENTROS DE TRANSFORMACIÓN ÁEREOS AIR-E

ÍNDICE

1. OBJETO 3
2. GLOSARIO DE TÉRMINOS 3
3. ELEMENTOS DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN AÉREOS 4
3.1. TRANSFORMADOR 5
3.2. ESTRUCTURA DE CT 5
3.2.1. **No se encuentran entradas de índice.**Herrajes 5
3.2.2. Dispositivos de Protección y/o Maniobra 6
3.2.3. Codificación de estructuras de CT 7
3.3. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA 9
3.3.1. Generalidades 9
3.3.2. Conductor a tierra 9
3.3.3. Electrodo de Puesta a Tierra 10
3.4. CONEXIONADO 10
3.4.1. Conexionado de media tensión 10
3.4.2. Conexionado de baja tensión 11
4. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD 12
4.1. DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE PARTES ENERGIZADAS Y CONSTRUCCIONES 12
4.2. BOSQUES, ÁRBOLES Y MASAS DE ARBOLADO 14
5. CONDICIONES DE INSTALACIÓN 14
5.1. UBICACIÓN Y ACCESOS 14
5.2. SEÑALIZACIÓN 14
6. CÁLCULOS ELÉCTRICOS 15
6.1. INTENSIDADES NOMINALES 15
6.1.1. Intensidad nominal en MT 15
6.1.2. Intensidad nominal en BT 15
6.2. SELECCIÓN DEL FUSIBLE DE MT 16
6.3. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL BAJANTE DE BAJA TENSIÓN 17
6.4. CALCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR 18
7. CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA (PAT) 19
7.1. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR A TIERRA 19
7.2. SELECCIÓN DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA 19
7.3. EJECUCIÓN DE LA PUESTA A TIERRA 21
8. CÁLCULOS MECÁNICOS 21
9. CRITERIOS DE DISEÑO 23
10. CRITERIOS CONSTRUCTIVOS 24
11. NORMAS 24

12. ANEXOS

A1 VANOS MÁXIMOS ADMISIBLES
A1.1 CT CON TRANSFORMADOR TRIFÁSICO
A1.2 CT CON TRANSFORMADOR MONOFÁSICO
A2 CÁLCULO MECÁNICO DE POSTES PARA CT
A2.1 CT CON TRANSFORMADOR TRIFÁSICO
A2.2 CT CON TRANSFORMADOR MONOFÁSICO
A2.3 CT CON TRANSFORMADOR MONOFÁSICO EN CONFIGURACIÓN ESPECIAL
A3 CALCULO MECANICO DE POSTES PARA CT CON SOPORTE BRAZO.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Utilización de Abrazaderas para CT. 6
Tabla 2 - Características Generales de los conductores a tierra 9
Tabla 3 - Características Generales de los electrodos de PAT 10
Tabla 4 - Características Generales de Conductores para Bajantes de BT 11
Tabla 5 - Distancia mínima de conductores o puntos energizados al paso por diferentes zonas 13
Tabla 6 - Intensidad nominal según transformador 16
Tabla 7 - Fusibles para transformadores convencionales. 17
Tabla 8 - Selección de conductor bajante según potencia de transformador 18
Tabla 9 - Valores típicos de resistividad del terreno 19
Tabla 10 - Configuraciones PAT de acuerdo a Resistividad Aparente del Terreno 20
Tabla 11 - Peso propio CT y esfuerzo horizontal EQUIVALENTE por excentricidad del peso propio 22
Tabla 12 - Esfuerzo equivalente por viento sobre CT 23

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Salida sencilla de red BT 8
Figura 2 – Salida doble de red BT 8
Figura 3 - Distancias de seguridad en zonas de construcciones 13
Figura 4 - F^*_{TEE} 22

1. OBJETO

El objeto del presente documento memoria, es establecer las características técnicas que deben cumplir la instalación y montaje de los centros de transformación aéreos en el sistema eléctrico operado por Air-e S.A.S. E.S.P. en Colombia.

2. GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACEITE MINERAL: Compuesto de hidrocarburos isoparafínicos, obtenidos mediante procesos de destilación y refinación, adquiriendo propiedades como medio aislante, refrigerante y estable ante procesos de oxidación.

ACEITE VEGETAL: Compuesto de aceites vegetales, es biodegradable y tiene alta resistencia de flameo y punto de ignición, por encima de los 320°C mejorando la capacidad de remoción de agua aumentando la vida útil del papel aislante.

ARMADO: Conjunto de materiales cuya función es sostener los conductores en el poste, definiendo la ubicación espacial de los mismos.

ASCE: American Society of Civil Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Civiles).

CANTON: Conjunto de vanos comprendidos entre dos postes con cadenas de amarre, donde se tiende y se regula el conductor.

CIGRE: International Council On Large Electric Systems (Consejo Internacional de Grandes Sistemas Eléctricos).

CIMENTACIÓN: Obra civil cuya función es transmitir las cargas de los postes al suelo, distribuyéndolas de manera que no superen su presión admisible.

CARGABILIDAD: Limite térmico dado en capacidad de corriente, para líneas de transporte de energía, transformadores, etc.

CONDUCTOR NEUTRO: Conductor activo conectado intencionalmente al punto neutro de un transformador o instalación y que contribuye a cerrar un circuito de corriente

DPS (DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES): Dispositivo diseñado para limitar las sobretensiones transitorias y conducir las corrientes de impulso. Contiene al menos un elemento no lineal

EOLOVANO: Distancia para determinar la carga transversal debido a la acción del viento sobre los conductores. Se calcula como la semisuma de las longitudes de los vanos anterior y posterior.

GRAVIVANO: Distancia utilizada para determinar la carga vertical debido al peso propio del conductor. Se define como la distancia entre los vértices de las catenarias de dos vanos adyacentes.

HIPOTESIS DE CÁLCULO MECANICO: Conjunto de los casos climáticos más representativos a los que estaría expuesto el conductor de la línea. Corresponden a combinaciones de temperaturas y sobrecargas durante las cuales se espera que el conductor trabaje dentro de unos límites de tensión mecánica específicos.

ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

IEC/CEI: International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).

PROYECTO ESPECIFICO: Es un documento que hace parte del proyecto tipo. Establece un modelo para el diseño de una línea que regula: presentación de los cálculos eléctricos y mecánicos, presentación de planos, informe de cruzamientos y paso por zonas, presupuesto de obra, etc.

PUESTA A TIERRA: Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

RACIMO: Conjunto de transformadores y sus redes alimentadoras controlados y protegidos desde un solo punto mediante un juego de cortacircuitos fusibles.

RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – Colombia. Fija los parámetros mínimos de seguridad para las instalaciones eléctricas.

SISTEMA ELECTRICO: Conjunto de medios y elementos útiles para la generación, transporte, distribución y uso final de la energía eléctrica.

VANO: Distancia horizontal entre postes contiguos en una línea de distribución.

VIENTO DE RAFAGA: Velocidad de viento que corresponde al promedio de las velocidades observadas durante un período de 3 segundos. Se expresa en km/h.

VIENTO MÁXIMO: Viento máximo de ráfaga, con período de retorno de 36 años, a considerar para calcular la sobrecarga transversal máxima esperada en los elementos de la línea (conductores, postes, etc.).

3. ELEMENTOS DE LOS CENTROS DE TRANSFORMACIÓN AÉREOS

Los elementos constitutivos del Centro de Transformación (CT) serán:

- Transformador
- Estructura de CT
- Sistema de Puesta a Tierra
- Conexionado

Se deberá tener en cuenta la necesidad o no de instalación del equipo de medida según la normativa vigente de Air-e S.A.S. E.S.P.

3.1. TRANSFORMADOR

Los transformadores a utilizar para el CT tipo poste serán autoprotegidos y convencionales, del tipo monofásico de dos bornas y trifásico. Los primeros constituyen la solución prioritaria.

Los autoprotegidos incorporan las protecciones contra cortocircuitos internos y sobretensiones en MT y protección contra sobrecargas y cortocircuitos en BT. Los convencionales solo poseen elemento de protección contra sobretensiones en MT.

Las capacidades nominales normalizadas en kVA son:

- Transformadores Monofásicos de 5, 10, 15, 25, 37,5, 50 y 75 kVA para 13,2 kV. Los transformadores de 5 kVA serán para uso exclusivo en redes rurales alejadas.
- Transformadores Trifásicos de 30, 45, 75, 112,5 kVA para 13,2 y 34,5 kV.

3.2. ESTRUCTURA DE CT

La estructura es el conjunto de herrajes (crucetas, soportes, flejes y abrazaderas de sujeción del transformador al poste, etc.), el aislamiento y sus accesorios (aisladores, grapas, etc.) y dispositivos de protección y maniobra.

Atendiendo a las configuraciones de MT se han definido las siguientes configuraciones de CT:

- Transformador monofásico en red MT Horizontal
- Transformador trifásico en red MT Horizontal
- Transformador monofásico en red MT Bandera
- Transformador trifásico en red MT Bandera
- Transformador monofásico en red MT Compacta
- Transformador trifásico en red MT Compacta

3.2.1. Herrajes

Los herrajes son los elementos encargados de fijar al poste: el transformador, los equipos de protección y/o maniobra y el aislamiento. Incluyen: cruceta, abrazaderas, pernos, arandelas, flejes, hebilla, amarres. Sus características están consignadas en las EETT correspondientes. En todo caso, los elementos de soporte del transformador deben tener un factor de seguridad de 5, según lo requerido por el RETIE.

Para el amarre y soporte del transformador al poste se utilizarán abrazaderas galvanizadas de 50.8 mm (2") x 6.4 mm (1/4”) y de 200, 220 o 250 mm de diámetro, dependiendo del tipo de poste y según la correspondiente Especificación Técnica.

En la Tabla 1 se muestran las abrazaderas a utilizar de acuerdo a la altura de instalación sobre cada tipo de poste.

Tabla 1 - Utilización de Abrazaderas para CT.

Altura de instalación de la abrazadera (distancia desde la cima en metros)	TIPO DE POSTE					
	11/12-500 / 11/12-735	11/12-1030	11/12-1324	14-735	14-1030	14-1324
2,5	C 200 mm	C 220 mm	C 220 mm	C 200 mm	C 220 mm	C 220 mm
3	C 200 mm	C 220 mm	C 220 mm	C 220 mm	C 220 mm	C 220 mm
3,5	C 200 mm	C 220 mm	C 250 mm	C 220 mm	C 220 mm	C 250 mm
4	C 200 mm	C 220 mm	C 250 mm	C 220 mm	C 220 mm	C 250 mm

3.2.2. Dispositivos de Protección y/o Maniobra

Son los dispositivos diseñados para la protección del CT contra sobretensiones y/o sobrecorrientes permitiendo, asimismo, su operación y control.

a) Para Transformadores Convencionales

Los dispositivos de protección de los transformadores convencionales serán instalados en el mismo poste y en el lado de M.T. Estos dispositivos son los seccionadores fusibles de expulsión o cortacircuitos, fusibles y descargadores de sobretensiones (DPS) en la parte superior de la cuba. El cortacircuito debe actuar ante sobrecargas, fallas en los bobinados o cortocircuitos en la red de BT.

b) Para Transformadores Autoprotegidos

Incorporan la protección en MT mediante fusibles internos de expulsión y en BT con un interruptor termo magnético. Al igual que los convencionales, tienen descargadores de sobretensión instalados en la parte superior de la cuba. El fusible interno debe actuar ante fallas en los bobinados. El interruptor termo magnético actuará en caso de sobrecargas o cortocircuitos en la red de BT.

El interruptor termo magnético también puede actuar en casos de grandes desbalances de carga, si la temperatura del aceite alcanza el valor límite de actuación de la protección térmica.

Vienen provistos con una bombilla la cual se activa de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Actuación del interruptor termo magnético.
- Por condiciones anormales de sobrecarga que han provocado que el interruptor termo magnético haya estado muy cerca de actuar.

Finalmente, estos transformadores tienen un modo de operación llamado “de emergencia” el cual posibilita, si el interruptor ha actuado por sobrecarga, ponerlo otra vez en servicio. En este modo el transformador está operando con una consigna de protección térmica más alta. Esto conlleva a la necesidad de tomar acciones correctivas urgentes porque en esta situación el transformador está degradándose a una tasa mayor a la especificada.

Estos transformadores se deberán conectar en la red de media tensión por medio de seccionadores o cortacircuitos con tubo removible. Si esto no se cumple en un caso particular, las operaciones que involucren la media tensión de estos transformadores, se deberán desarrollar con las técnicas de trabajo en tensión, siempre considerando que el desconectar una fase, ésta aún está energizada mientras no se desconecte la otra fase.

3.2.3. Codificación de estructuras de CT

Los centros de transformación tipo poste se codificarán según la siguiente regla nemotécnica:

CT ABC – D

A = Código de la configuración
1. Tipo Bandera
3. Tipo Horizontal
5. Tipo Compacta
6. Configuración especial.
7. Red auto soportada forrada.

B = Numero fases.
2. Dos Fases – Bifásico
3. Tres Fases - Trifásico

C = Tipo de transformador
1. Convencional
2. Autoprotegido

D = Tipo de Bajante BT

S. Salida Sencilla BT: La red de BT consta de un sólo ramal conectado mediante puente a los bujes del transformador (ver Figura 1).

D. Salida Doble BT: La red de BT se divide en dos ramales y cada uno de ellos se conecta directamente al buje del transformador (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Ejemplo:

CT 522 - d: Centro de Transformación en red compacta, bifásico, con transformador autoprotegido con salida doble BT.

Figura 1 – Salida sencilla de red BT



Figura 2 – Salida doble de red BT



La salida doble de red de BT se utilizará a partir de transformadores de 50 kVA.

3.3. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

3.3.1. Generalidades

Se conectarán a tierra todos los transformadores de distribución y sus equipos de protección y/o maniobra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que se pueden originar en la propia instalación. El conexionado debe realizarse según el plano constructivo correspondiente.

Los elementos que constituyen la instalación de puesta a tierra son el conductor a tierra y el electrodo de Puesta a Tierra.

La puesta a tierra debe instalarse a una distancia mínima de 1 m del borde del poste o de la cimentación si está hormigonado. La profundidad mínima será de 0,5 m del nivel del suelo.

El bajante de acero austenítico, que desciende por fuera del poste, se protegerá en la zona inferior la cual es accesible a contacto accidental, mediante un tubo de protección (PE o similar), fijado al poste con flejes de acero, uno en cada extremo del tubo y otro en su parte central. A partir de los 3m de altura sobre el suelo, hacia arriba del poste, el bajante se sujetará al poste con flejes de acero colocados aproximadamente a 1 m entre sí. En el caso de los conductores Copper Clad o cobre el bajante se instalará por dentro del poste.

3.3.2. Conductor a tierra

Es el conductor que conecta el equipo al electrodo de puesta a tierra. Los tipos son: Acero Austenítico y Cable de acero recubierto de cobre (Copper Clad Steel) 3/8” o cable de cobre No. 2 AWG.

En la Tabla 2 se indican las principales características de ambos.

Tabla 2 - Características Generales de los conductores a tierra

Denominación	Cable de acero recubierto de cobre	Cable de cobre	Fleje Acero Austenítico
	7 x No.8 AWG	**2 AWG**	**22,22x1.2mm**
Sección Transversal Total (mm²)	58, 56	33,6	26,66
Dimensiones (mm)	Ø = 9,8	Ø = 6,5	1,2 x 22,22
Conductividad (%) *	30	97	2,4
Temperatura de Fusión (ºC)*	1084	250	1400
Constante K_F *	14,64	11,78	30,05
Intensidad de Cortocircuito Max. Admisible (kA)	20,38	14,53**	4,52

* *Fuente RETIE*

** *25 kA con soldadura exotérmica.*

3.3.3. Electrodo de Puesta a Tierra

Dependiendo de la resistividad del terreno, se utilizará una de las siguientes configuraciones del electrodo de puesta a tierra: electrodos de difusión vertical, anillo cerrado alrededor del poste de cable Copper Clad Steel o cobre o combinación de ambas (cuadrada con varios electrodos de difusión vertical). Cuando se utilice electrodo de acero austenítico el conductor a tierra debe ser del mismo material.

En la Tabla 3 se indican las principales características de la varilla utilizada como electrodo de difusión vertical.

Tabla 3 - Características Generales de los electrodos de PAT.

Denominación	Varilla Tipo Copper Clad Steel	Varilla de Acero Austenítico
Diámetro (mm)	16,0	16,0
Longitud (mm)	2400	2400

3.4. CONEXIONADO

3.4.1. Conexionado de media tensión

La conexión entre la línea de alimentación en MT y el CT se realizará mediante un cable desnudo de cobre de sección No. 2 AWG. Dicho conductor se conectará a la línea de alimentación mediante un estribo y un conector amovible.

El orden de conexión de los elementos será:

- Para transformadores convencionales:
  1.- Línea de MT
  2.- Borna del cortacircuito fusible
  3.- Borna del descargador de sobretensión o dispositivo de protección de sobretensión (DPS).
  4.- Borna buje de MT del transformador.
- Para transformadores autoprotegidos
  1.- Línea de MT
  2.- Borna de seccionador o del cortacircuito con tubo intercambiable
  3.- Borna del descargador de sobretensión o dispositivo de protección de sobretensión (DPS).
  4.- Borna buje de MT del transformador.

Se intentará reducir la longitud de la conexión de MT al mínimo posible.

3.4.2. Conexionado de baja tensión

Se considerarán conexiones de baja tensión o bajantes a los conductores conectados desde las bornas de BT del transformador hasta la red de BT. La selección de estos conductores dependerá de las características nominales del transformador y se adecuarán a las intensidades máximas admisibles permanentes y de cortocircuito.

En caso de transformadores particulares esta conexión irá hasta el punto de instalación de la medida.

El bajante de conexión será en cables de aluminio instalados desde las bornas de BT del transformador hasta la red de distribución de baja tensión en red trenzada o caja de derivación monofásica o trifásica para la red tipo acometidas.

La conexión del cable bajante a la red de BT será con conectores de perforación. En los bujes de BT y para el transformador tipo convencional, la conexión del bajante será cubierta con cinta autofundente, cuando así sea especificado por Air-e.

En la Tabla 4 se indican las características de los conductores normalizados para bajantes de baja tensión.

Tabla 4 - Características Generales de Conductores para Bajantes de BT

Conductores		**2 AWG**	**1/0 AWG**	**4/0 AWG**
Conductores Fase	Calibre	2 AWG	1/0 AWG	4/0 AWG
	Tipo	Aluminio AAC	Aluminio AAC	Aluminio AAC
	Nº alambres	7	7	13+6
	Aislamiento	XLPE	XLPE	XLPE
Neutro	Calibre	2 AWG	1/0 AWG	4/0 AWG
	Tipo	Aluminio AAAC	Aluminio AAAC	Aluminio AAAC
	Nº alambres	7	7	7
	Aislamiento	XLPE	XLPE	XLPE
Intensidad máxima admisible*		A = 150 D = 100	A = 205 D = 135	A = 300 D = 205

(*) Valores calculados en las siguientes condiciones y con aislamiento de polietileno reticulado, T. Ambiente: 25 °C, T. Conductor: 75 °C, velocidad del viento: 0,6 m/s y sin radiación solar.
A = Al aire. *D = 3 conductores en ducto.*

Para los transformadores de uso particular los conductores serán continuos desde los bornes de baja tensión del transformador hasta el equipo de medida. La conexión se hará utilizando el mismo calibre de conductor hasta los bornes del equipo de protección general de la instalación del usuario. Esta acometida se realizará teniendo en cuenta lo estipulado en la Norma de Medidas correspondiente.

El bajante para alimentación de las cajas de derivación en el caso de red tipo acometidas será concéntrico de cobre (2 AWG) o aluminio (1/0 AWG).

4. DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD

Las distancias horizontales y verticales se tomarán siempre desde el punto energizado más cercano al lugar de posible contacto tal como lo establece el artículo 13 del RETIE.

Las distancias de seguridad establecidas en este documento, aplican solo para conductores desnudos y están diseñadas para cumplir lo siguiente:

- Limitar la posibilidad de contacto de personas y animales con las redes y equipos eléctricos.
- Impedir que las líneas eléctricas entren en contacto entre si y generen cortocircuito.
- Impedir que las redes eléctricas entren en contacto con una propiedad pública o privada.

En la medición de distancias los herrajes y accesorios que están utilizados en la estructura se deben considerar como parte integral de los conductores. Además, las partes metálicas de los descargadores y equipos similares deben considerarse como parte de la estructura de soporte.

Las distancias de seguridad a tener en cuenta son las siguientes.

4.1. DISTANCIAS MÍNIMAS ENTRE PARTES ENERGIZADAS Y CONSTRUCCIONES

En la Figura 3 y Tabla 5 se detalla gráficamente las distancias a considerar cuando la red de MT pasa por zonas de construcciones.

Figura 3 - Distancias de seguridad en zonas de construcciones

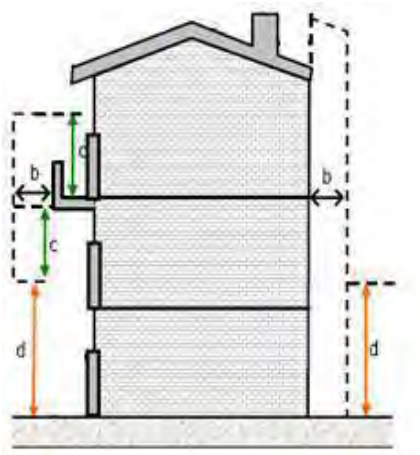


Tabla 5 - Distancia mínima de conductores o puntos energizados al paso por diferentes zonas

Naturaleza de la superficie		Distancia de seguridad mínima (m)	
		13,2 kV	34,5 kV
Horizontal	Muros, proyecciones, ventanas, independientes de la facilidad de acceso a las personas Distancia b	2,3	
Vertical	Zonas accesibles a personas y de tránsito de vehículos de menos de 2,45 m de altura Distancia c	4,1	
	Carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular Distancia d	5,6	

(*) Las distancias verticales se respetarán tanto por encima como por debajo de la superficie de referencia en las condiciones indicadas en este apartado.

En campos deportivos abiertos los conductores deben estar separados a una distancia horizontal no menor a 7 m sobre cualquier parte de los mismos. Esta distancia mínima también aplica para la instalación de transformadores, sin embargo, se evitará en lo posible su instalación frente a campos deportivos abiertos.

4.2. BOSQUES, ÁRBOLES Y MASAS DE ARBOLADO

Aunque debe evitarse la instalación de CT en sitios arbolados, si se requiriese se mantendrá una distancia mínima de 2,3 m respecto a la proyección de las ramas de los árboles aledaños.

5. CONDICIONES DE INSTALACIÓN

5.1. UBICACIÓN Y ACCESOS

La ubicación del CT se determinará considerando los siguientes aspectos:

- Situación de los puntos de suministro.
- Ubicación de los postes ya existentes y sus correspondientes vanos.
- Características del terreno, referidas a cimentaciones y red de tierras.
- Accesibilidad del poste.
- Normas locales de los Municipios sobre el uso de espacio público

Como norma general se podrá acceder al CT desde la vía pública, o desde una vía privada siendo ésta accesible con su correspondiente servidumbre de paso.

La ubicación y los accesos deberán permitir:

- El movimiento y colocación de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación con los medios disponibles.
- Ejecutar las maniobras en condiciones óptimas de seguridad para las personas que lo realicen.
- Cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad previstas en el RETIE para redes aéreas desnudas.
- El mantenimiento y sustitución del material que compone el CT.

5.2. SEÑALIZACIÓN

En el poste del CT se dispondrá de forma muy visible carteles indicadores de riesgo eléctrico.

Así mismo, el CT llevará su correspondiente placa identificadora. Cada transformador de distribución propio de la empresa estará identificado con el logotipo de la empresa en un lugar visible y el correspondiente código de identificación (CT) y número de matrícula.

6. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

6.1. INTENSIDADES NOMINALES

Las configuraciones empleadas para el cálculo de las intensidades nominales son las indicadas en el documento “Criterios de Arquitectura de Red Área Caribe”.

El cálculo de las intensidades en el primario es simple ya que cada devanado primario se conecta entre fase y fase, tanto en los transformadores monofásicos de dos bornas como los trifásicos. Las intensidades nominales en MT se calculan mediante las siguientes expresiones:

6.1.1. Intensidad nominal en MT

- Para transformadores monofásicos de dos bornas:

$$I_{MT} = \frac{P_N}{U_{MT}}$$

- Para transformadores trifásicos de dos bornas:

$$I_{MT} = \frac{P_N}{\sqrt{3}\ U_{MT}}$$

Donde:

I_{MT}: Intensidad nominal que circula por el devanado primario (A)
P_N: Potencia nominal aparente del transformador (kVA)
U_{MT}: Tensión nominal entre fases del transformador (kV)

6.1.2. Intensidad nominal en BT

- Para transformadores monofásicos de dos bornas

$$I_{BT} = \frac{P_N * 1\,000}{U_{BT}}$$

- Para transformadores trifásicos de dos bornas

$$I_{BT} = \frac{P_N * 1\,000}{\sqrt{3}\,U_{BT}}$$

Siendo:

I_{BT}: Intensidad nominal del transformador en BT. (A).
P_N: Potencia aparente nominal del transformador (kVA).
U_{BT}: Tensión nominal secundaria entre fases del transformador (V).

De acuerdo a lo anterior se tiene el resumen de las intensidades nominales de media y baja tensión para los diferentes tipos de transformadores en la Tabla 6.

Tabla 6 - Intensidad nominal según transformador

Tipo Transformador	Potencia (KVA)	Tensión MT (kV)	Intensidad Nominal en MT (A)	Tensión BT (V)	Intensidad Nominal en BT (A)
Monofásico	5	13,2	0,4	240/120	20,8
	10		0,8		41,7
	15		1,1		62,5
	25		1,9		104,2
	37,5		2,8		156,3
	50		3,8		208,3
	75		5,7		312,5
Trifásico	30	13,2	1,3	208/120	83,4
	45		2,0		125,1
	75		3,3		208,4
	112,5		4,9		312,6
	30	34,5	0,5	208/120	83,4
	45		0,8		125,1
	75		1,3		208,4
	112,5		1,9		312,6

6.2. SELECCIÓN DEL FUSIBLE DE MT

Las características de los fusibles internos de expulsión de los transformadores autoprotegidos deben ser ofrecidos por los propios fabricantes, ya que se requiere la adecuada coordinación con el interruptor termo magnético.

La Tabla 7 indica los fusibles que se instalarán en los transformadores convencionales.

Tabla 7 – Fusibles para transformadores convencionales.

TIPO DE TRAFO	Potencia (KVA)	13,2 Kv			34,5 kV		
		Corriente Nominal MT	Fusible tipo D (VS)	Fusible tipo D (SR)	Corriente Nominal MT	Fusible tipo D (VS)	Fusible tipo D (SR)
Monofásico	5	0,4	-	0,4	-	-	-
	10	0,8	-	0,4	-	-	-
	15	1,1	-	0,4	-	-	-
	25	1,9	2		-	-	-
	37,5	2,8	2		-	-	-
	50	3,8	3		-	-	-
	75	5,7	5		-	-	-
Trifásico	30	1,3	2		0,5	-	0,4
	45	2,0	2		0,8	-	0,4
	75	3,3	3		1,3	2,0	
	112,5	4,9	5		1,9	2,0	

**Fusibles D (VS): Rango de disparo de 200%*
**Fusibles D (SR): Rango de disparo de 300%*

6.3. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL BAJANTE DE BAJA TENSIÓN

El criterio de selección (considerando una sobrecarga máxima en el CT del 25%) es el siguiente:

$$I_{cable} = I_{BT} * 1{,}25 \ (A)$$

Donde:

$I_{BT:}$ Intensidad nominal del transformador en baja tensión (A)

La selección de los conductores y de los bajantes empleados en baja tensión, según la potencia de los transformadores y el tipo de conexión se muestra en la Tabla 8:

Tabla 8 - Selección de conductor bajante según potencia de transformador

Transformadores	Capacidad (kVA)	Puente	Tipo de Conductor Aluminio	
			Aéreo	Ducto
Monofásicos	5, 10, 15 y 25	Simple	1 x (3 x 1/0 AWG)	1 x (3 x 1/0 AWG)
	37,5 y 50	Simple	1 x (3 x 4/0 AWG)	-
		Doble (50 kVA)	2 x (3 x 1/0 AWG)	2 x (3 x 1/0 AWG)
	75	Doble	2 x (3 x 4/0 AWG)	2 x (3 x 4/0 AWG)
Trifásicos	30 y 45	Simple	1 x (4 x 1/0 AWG)	1 x (4 x 4/0 AWG)
	75	Simple	1 x (4 x 4/0 AWG)	-
		Doble	-	2 x (4 x 1/0 AWG)
	112,5	Doble	2 x (4 x 1/0 AWG)	2 x (4 x 4/0 AWG)

Para la configuración “Salida doble BT” se deben colocar los bajantes de baja tensión de la misma sección que las salidas, asegurando que se cumplan los límites de regulación e intensidad máxima admisible.

6.4. CALCULO DE LA POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

La potencia del transformador a seleccionar depende del número y tipo de clientes alimentados por el mismo. Para su dimensionamiento, se utilizarán los valores de las potencias de diseño por tipo de cliente (calculadas a 15 años, en función de una demanda máxima inicial y una tasa anual de crecimiento de dicha demanda) y los coeficientes de simultaneidad que se encuentran en el capítulo 6 del Proyecto Tipo de Redes Aéreas Trenzadas de BT.

De igual manera, se tendrán en cuenta otras cargas tales como las debidas al alumbrado público, cargas no residenciales, cargas por servicios comunes en edificios, etc.

Admitiendo una sobrecarga máxima en el año 15 del 15% y con factor de potencia medio de 0,9; el transformador seleccionado debe ser el menor, cuya capacidad nominal cumpla:

$$\mathrm{KVA_{CT}} \geq \frac{\alpha \cdot \mathrm{N} \cdot \mathrm{P_D} + \mathrm{P_{AP}}}{0{,}9 \cdot \mathrm{A}}$$

Donde:

α : Coeficiente de simultaneidad según el número de clientes alimentados por el CT.

N : Número de clientes considerando los criterios de previsión de cargas y/o futura expansión de la red de BT que alimenta (ver apartado 6.1 del Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas de BT).

P_D : Potencia de diseño por cliente (según apartado 6.1 del Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas de BT). (kW)

P_{AP} : Potencia total por alumbrado público y otras cargas considerando los criterios de previsión de cargas y/o futura expansión de la red de BT que alimenta (según apartado del Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas de BT).

A : 1,30 si el transformador es autoprotegido
1,15 si es convencional
(Estos valores se han obtenido aplicando la GTC148 y GTC50, corresponden con las sobrecargas máximas permitidas antes de la actuación de la protección térmica, con el objetivo de no sobrepasar una pérdida de vida útil del 0,0137% diario)

7. CÁLCULOS DE PUESTA A TIERRA (PAT)

7.1. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR A TIERRA

La selección del conductor a tierra depende del valor de la corriente de cortocircuito de régimen transitorio a 150 ms, en el punto de instalación de la puesta a tierra. Este valor será suministrado por Air-e S.A.S. E.S.P.

El conductor a seleccionar debe cumplir la siguiente ecuación:

$$I_{cc} \leq I_{cc_adm}$$

Donde:

I_{cc} = corriente de cortocircuito en el punto de instalación de la puesta a tierra (kA)
I_{cc_adm} = Intensidad de cortocircuito máxima admisible del conductor (kA)

7.2. SELECCIÓN DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA

La resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial y controla las tensiones transferidas. El máximo valor establecido para protección contra rayos y que determina la selección del electrodo es de 10 Ω.

Se deberá medir la resistividad aparente del terreno, siguiendo los métodos establecidos en el RETIE. En la

Tabla 9 se presentan valores típicos de resistividad del terreno.

Tabla 9 - Valores típicos de resistividad del terreno

Descripción de suelo	Símbolo del Grupo	Resistividad Media (Ω x m)
Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	CH	10-55*
Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)	CL	25-60*
Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas	ML	30-80
Arenas arcillosas, mezclas mal graduadas de arena y arcilla	SC	50-200
Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal graduados	SM	100-500

**La terminología utilizada en esta tabla corresponde a la "United Soil Classification" y es un método estándar de describir los suelos en un informe geotécnico y geofísico.*
**Estos resultados de clasificación de resistividad son altamente influenciados por la presencia de humedad.*

La selección del tipo de configuración del electrodo de puesta a tierra se hará de la siguiente manera: partiendo del valor medido de resistividad aparente del terreno, se selecciona la configuración y tipo de electrodo en la Tabla 10 cuya columna A (resistividad aparente) sea mayor o igual a la medida en campo.

Tabla 10 - Configuraciones PAT de acuerdo a Resistividad Aparente del Terreno

Tipo de electrodo	Configuración		Columna A
	Nombre	Diagrama	Valores máximos de resistividad aparente del terreno (ρ= Ωm)
CopperClad Steel	Electrodo de Difusión Vertical		28
	Anillo (r=1,0m)		58,6
	Cuadrada con 4 electrodos de difusión (lado d = 3m)		84
Acero Austenitico	Electrodo de Difusión Vertical		28

Los valores de la Tabla 10, se calcularon siguiendo la metodología establecida en el anexo B5 del Proyecto tipo de líneas aéreas de MT sin neutro, con las siguientes premisas:

- El valor máximo de la resistencia de puesta a tierra es menor o igual a 10Ω.
- Los valores máximos de resistividad aparente del terreno se obtuvieron considerando un electrodo de difusión vertical de 2,4 m y un diámetro de 16mm.
- Para calcular la configuración cuadrada se tomó n=4 y F=1,36 (según tabla B5.1del anexo B5 mencionado)
- Para calcular el anillo se consideró un cable de acero recubierto de cobre (copper-clad steel) de diámetro 9,52 mm (3/8”) formando una circunferencia alrededor del poste de 1 m de radio.

Si la resistividad aparente del terreno supera el valor establecido en la Tabla 10 remítase al anexo B5 del Proyecto Tipo de Línea aérea MT sin neutro, donde se desarrolla el método de cálculo de la puesta a tierra y se dan recomendaciones para mejorar la resistencia de puesta a tierra mediante el tratamiento del terreno.

El sistema de puesta a tierra debe garantizar que los valores de las tensiones de paso y de contacto sean menores a los máximos admisibles indicados en el RETIE.

7.3. EJECUCIÓN DE LA PUESTA A TIERRA

En la instalación de puesta a tierra de masas y elementos a ella conectados se cumplirán las siguientes condiciones:

- Será accesible en un punto para la medida de la resistencia de tierra.
- Todos los elementos que constituyen la instalación de puesta a tierra, estarán protegidos, adecuadamente, contra deterioros por acciones mecánicas o de cualquier otra índole.
- Los elementos conectados a tierra, no estarán intercalados en el circuito como elementos eléctricos en serie, sino que su conexión al mismo se efectuará mediante derivaciones individuales.
- Para asegurar el correcto contacto eléctrico de todas las masas y la línea de tierra, se verificará que la resistencia eléctrica entre cualquier punto de la masa o cualquier elemento metálico unido a ella y el conductor de la línea de tierra, en el punto de penetración en el terreno, será tal que el producto de la misma por la intensidad de defecto máxima sea igual o inferior a 50 V.

8. CÁLCULOS MECÁNICOS

Los esfuerzos a considerar son los debidos al peso propio y al viento sobre el propio CT. El primero origina una carga vertical y simultáneamente un esfuerzo por excentricidad. En la Tabla 11 se muestran los pesos propios de los transformadores más comunes. Esta carga vertical se requiere para el dimensionamiento del poste según el apartado 9.2.1 del Proyecto Tipo de Líneas Aéreas de MT sin neutro.

El esfuerzo horizontal por excentricidad del peso propio puede ser transversal ($F_{TEE}{}^{*}$) o longitudinal ($F_{LEE}{}^{*}$), dependiendo de la ubicación del CT en el poste (ver Figura 11 - apartado 9.1 del Proyecto Tipo de Líneas Aéreas de MT – eje de coordenadas de esfuerzos). Normalmente longitudinal en postes AL y ANG y transversal en FL. En la Tabla 11 se encuentran los valores de este esfuerzo, calculado (para el caso más desfavorable – poste 11 m) mediante la siguiente expresión (ver Figura 4):

$$F_{TEE}{}^{*} = F_{LEE}{}^{*} = L_E * P_E * \frac{1}{h_N}$$

Donde:

F^{*}_{TEE}: Esfuerzo transversal equivalente por excentricidad del peso propio del CT (daN)
F^{*}_{LEE}: Esfuerzo longitudinal equivalente por excentricidad del peso propio del CT (daN)
P_E: Peso propio del CT (daN)
L_E: Distancia horizontal del centro de gravedad del equipo al eje del poste (m).
h_N: Altura donde está referido el esfuerzo nominal del poste (Altura libre menos 0,2 m)

Figura 4 - F^{*}_{TEE}

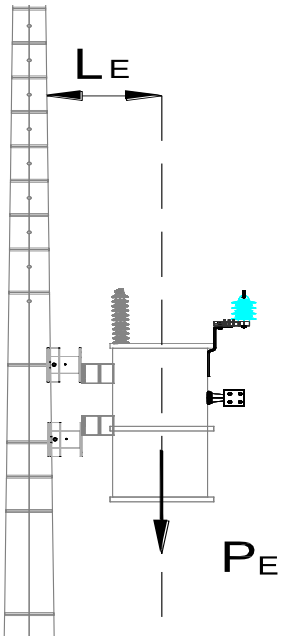


Tabla 11 - Peso propio CT y esfuerzo

horizontal EQUIVALENTE por excentricidad del peso propio

Tipo de CT	Peso propio (daN)	F^*_{TEE} ó F^*_{LEE} (daN)
Monofásico 10 kVA y 13,2 kV	88,29	3,53
Monofásico 25 kVA y 13,2 kV	147,15	5,89
Monofásico 50 kVA y 13,2 kV	255,06	12,12
Monofásico 75 kVA y 13,2 kV	367,88	20,78
Trifásico 75 kVA y 13,2 kV	426,74	26,24
Trifásico 112,5 kVA y 13,2 kV	564,08	34,69

**Los pesos de los transformadores se estimaron para efectos de cálculo.*

Los valores del **esfuerzo horizontal transversal por viento en CT** se encuentran en la Tabla 12. Para 34,5 kV remitirse al apartado B2.5 del Anexo B2 del Proyecto Tipo de Líneas Aéreas de MT sin neutro:

Tabla 12 - Esfuerzo equivalente por viento sobre CT

Tipo CT	Esfuerzo EQUIVALENTE por viento sobre CT (daN)					
	Zona A		Zona B		Zona C	
	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
Monofásico hasta 75 kVA y 13,2 kV	48,96	31,53	28,97	17,72	18,55	12,32
Trifásico 112,5 kVA y 13,2 kV	100,45	64,69	59,44	36,36	38,06	25,28

Nota: Se ha considerado el caso más desfavorable (poste de 14 m) y un valor de h_E de 10,30 m (según B2.5 del Proyecto Tipo de Líneas aéreas de MT)

En los Anexos A1 y A2 se muestran las tablas de vanos máximos admisibles y cálculo mecánico de postes con CT para los casos monofásico y trifásico. Se han realizado teniendo en cuenta un transformador de 75 kVA y 112,5 kVA respectivamente, ambos para el nivel de 13,2 kV.

9. CRITERIOS DE DISEÑO

- El CT será ubicado lo más cerca posible al centro de carga del área a la cual alimenta.

- Así mismo, la ubicación del CT será tal que se asegure que todas las partes en tensión cumplan las distancias mínimas de seguridad especificadas en el RETIE para redes con conductores desnudos.

- Los CT particulares deben estar ubicados preferentemente en el límite de propiedad.

- En el cálculo del CT para la estimación de la potencia total por alumbrado público, se considerará cuando, no exista, una luminaria de 70 W en cada poste.

10. CRITERIOS CONSTRUCTIVOS

- Se debe evitar conectar el transformador de distribución sobre redes aéreas en estructuras con elementos de corte eléctrico para seccionamiento de la red, sin importar la naturaleza de este corte (por ejemplo, cortacircuitos, reconectadores, interruptores-seccionadores, puentes removibles, etc.). En todo caso, está prohibido conectar el transformador en el lado de la fuente o con fases intercaladas entre el lado de la fuente y el lado de la carga de la media tensión.

- En aquellos casos en los que ya exista un transformador de distribución sobre redes aéreas conectado a una estructura con elementos de corte eléctrico para seccionamiento de la red, se debe verificar que todas las fases que alimentan el transformador estén conectadas en el lado de la carga de la red de media tensión. Si el transformador no está conectado en estas condiciones, se debe proceder a cambiar el conexionado de forma urgente o en lo posible, reubicar el transformador.

11. NORMAS

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE (SEI) – MERP No. 91: Design of Guyed Electrical Transmission Structures – 1997.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / PRECAST-PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE (PCI) – W1814-JR412: Guide for the Design of Prestressed Concrete Poles – 1997.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE (SEI) – MOP No. 111: Reliability-Based Design of Utility Pole Structures – 2006.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE) / STRUCTURAL ENGINEERING INSTITUTE (SEI) – MOP No. 74 3rd Ed.: Guidelines for Electrical Transmission Structural Loading – 2010.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SISMICA (AIS) – Reglamento Colombinao de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) – 2010.

CONSEIL INTERNATIONAL DES GRANDES RÉSEAUX ELECTRIQUES (CIGRÉ) – WG

22.06 Technical Brochure 178: Probabilistic Design of Overhead Transmission Lines – 2001.

CONSEIL INTERNATIONAL DES GRANDES RÉSEAUX ELECTRIQUES (CIGRÉ) – TF B2.11.04 Technical Brochure 273: Overhead Conductor Safe Design Tension with respect to Aeolian Vibrations – 2005.

ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI) – Transmission Line Reference Book: Wind-Induced Conductor Motion (The Orange Book) 2nd Ed. - 2008.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS (ICONTEC) - NTC 3524: Electrotecnia. Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica - Guía para la selección y localización de amortiguadores tipo Stockbridge – 1993.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) – Technical Report IEC TR 61774 1st Ed.: Overhead Lines - Meteorological data for assessing climatic loads – 1997.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) – International Standard IEC 60826 3rd Ed.: Design Criteria of Overhead Transmission Lines – 2003.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC) – International Standard IEC 60815-1: Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions– 1986.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA – REPUBLICA DE COLOMBIA (MINMINAS) Resolución No. 90708: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) – 2013

THE CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (CSA) – CSA International A14-00: Concrete poles – 2000.

THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. (IEEE) Standard 142: Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems – 1991

THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. (IEEE) Standard 738: Standard for Calculating the Current-Temperature of Bare Overhead Conductors – 2006

ANEXO TÉCNICAS DE MONTAJE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN AIR-E

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. OBJETO

2. EJECUCIÓN DEL TRABAJO
   - 2.1. POSTES Y CIMENTACIONES
   - 2.2. CONEXIÓN DE LÍNEA AÉREA DE M.T.
   - 2.3. CONECTORES Y HERRAJES
   - 2.4. DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES
   - 2.5. TRANSFORMADOR
   - 2.6. PUENTES DE BT DEL TRANSFORMADOR
   - 2.7. PUESTA A TIERRA
   - 2.8. NIVELES DE AISLAMIENTO DE LOS CIRCUITOS DE B.T
   - 2.9. EQUIPO DE MEDIDA
   - 2.10. ACCESORIOS DIVERSOS

3. RECEPCIÓN DE OBRA

3.1. PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO

3.2. PROTOCOLOS DE ENSAYO DE MATERIALES

TÉCNICAS DE MONTAJE

ANEXO 1: Técnicas de Instalación
- 1 Postes de Hormigón
- 2 Transformador
- 3 Conexión a la línea aérea de M.T.
- 4 Herrajes
- 5 Cortacircuitos
- 6 Fusibles de expulsión
- 7 Descargadores de sobretensión

ANEXO 2: Sistema de Puesta a tierra
- 1 Medición de Resistividad Aparente del suelo
- 2 Instalación
- 3 Medición de la resistencia de Puesta a Tierra

1. OBJETO

Este pliego de condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje de un Centro de Transformación según el PROYECTO TIPO AIR-E CENTRO DE TRANSFORMACION TIPO POSTE para transformadores de distribución propios de la empresa y para transformadores particulares.

Estas obras contemplan el suministro y montaje de los materiales necesarios en la construcción de los CT, así como la puesta en servicio de las mismas.

Los pliegos de condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

2. EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a lo reglamentado por el Proyecto Tipo, RETIE y la NTC 2050.

2.1. POSTES Y CIMENTACIONES

El contratista realizará los trabajos de excavación de hoyos, hincado y cimentación de postes teniendo en cuenta las técnicas de montaje indicadas en el Pliego de Condiciones del Proyecto Tipo de Líneas Aéreas de MT Sin Neutro.

2.2. CONEXION DE LA LINEA AEREA DE MT

La línea de alimentación se conectará una vez esté instalado y sujetado el transformador en el poste con la indicación del Director de Obra.

2.3. CONECTORES Y HERRAJES

Los conectores y herrajes se instalarán como se indica en el Apartado 3 del Anexo 1.

2.4. DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES

Los transformadores convencionales y autoprotegidos vienen provistos de los equipos de protección contra sobreintensidades. Adicionalmente, los autoprotegidos tienen incorporado internamente en el lado de MT, fusibles, como protección contra sobreintensidades.

Los transformadores se equiparán de los correspondientes dispositivos de protección contra sobreintensidades (cortacircuitos) los cuales irán instalados en el mismo poste del CT en una cruceta adecuada para ello.

2.5. TRANSFORMADOR

Los transformadores serán de tipo poste convencional o autoprotegidos respondiendo a la norma ANSI C57.12.00 y la norma ANSI C57.12.20. El montaje de los transformadores se muestra en el Anexo 4.

En líneas en configuración compacta y horizontal el transformador se instalará transversalmente al eje de la línea de forma tal que la fuerza vertical por excentricidad de peso de equipos se sume a los componentes longitudinales actuantes.

En las líneas en configuración bandera el transformador se instalará hacia la calzada para facilitar la ejecución de los bajantes a los bujes del transformador.

2.6. PUENTES DE BT DEL TRANSFORMADOR

Estos puentes se realizarán con cables aislados de aluminio o aleación de la sección indicada en el Proyecto. Las conexiones se realizarán empleando los terminales o piezas de conexión adecuadas (Ver Norma de construcción).

2.7. PUESTA A TIERRA

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el Proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a forma de construcción y valores deseados para las puestas a tierra, expuestos en el Documento de Memoria. Se instalará de acuerdo a lo establecido en el RETIE. La puesta a tierra será única y a ella se unirán: (Ver Anexo 5)

- Todas las partes metálicas del CT (herrajes, amarres, protecciones, cuba del transformador, etc.).
- Los descargadores de sobretensión.
- Neutro del secundario del transformador.

2.8. NIVELES DE AISLAMIENTO DE LOS CIRCUITOS DE BT

El nivel de aislamiento será de 10 kV eficaces en ensayo de corta duración (1 min) a frecuencia industrial y de 20 kV a impulso con onda tipo rayo 1,2/50µs.

2.9. EQUIPO DE MEDIDA

El equipo de medida se instalará de acuerdo a la Norma de medidas de Air-e S.A.S. ESP.

2.10. ACCESORIOS DIVERSOS

El soporte del CT deberá llevar:

a) La señal triangular de riesgo eléctrico.

b) Una placa destinada a identificar el CT.

c) El Logo Corporativo de **AIR-E**.

3. RECEPCIÓN DE OBRA

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Todos los materiales deben cumplir con la certificación de conformidad de producto como lo establece el RETIE.

Igualmente, antes de la energización y puesta en servicio el contratista deberá presentar ante Air-e la respectiva certificación de RETIE emitida por un ente acreditado
Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:

3.1. PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO

- Aislamiento. Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes antes de ser conectados a la red de media tensión.

- Resistencia de puesta a tierra. Se comprobará la medida de las resistencias de tierra como máximo valor admitido de 10Ω, en caso que esta sea mayor será necesario realizar tratamientos al terreno para alcanzar dicho valor.

- Prueba de Tensión. Se comprobará que la tensión de salida en los bornes secundarios del transformador sea la correcta teniendo en cuenta la caída de tensión prevista para la red de B.T. Al conectarse la carga se realizarán mediciones en horas punta y en las colas de los circuitos a fin de determinar que la tensión de servicio a los clientes sea la adecuada. En caso contrario se desconectará la carga para cambiar el selector de voltaje del transformador hasta conseguir la tensión deseada.

- Los instrumentos de medición deberán contar con los respectivos protocolos de calibración.

3.2. PROTOCOLOS DE ENSAYOS DE MATERIALES

Están destinados a verificar las características de los equipos asociados al CT que dependen de la calidad de fabricación y de los materiales empleados. Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del CT deberá haber soportado por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.

Todos los equipos deberán contar con sus respectivos protocolos de pruebas eléctricas y se realizara una inspección visual para verificar el buen estado de los equipos.
Se debe presentar el respectivo protocolo original de pruebas de los transformadores con fecha de expedición no mayor a seis meses.

ANEXO 1. TECNICAS DE INSTALACION

1. POSTES DE HORMIGON

El contratista seguirá las pautas que indica el Pliego de Condiciones del Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas MT Sin Neutro en todo lo que aplica a transporte, almacenamiento, excavaciones, hincado y cimentación de postes.

2. TRANSFORMADOR

2.1 Manejo

El transformador nunca se debe levantar o mover sujetándolo por los terminales de media y baja tensión o cualquier otro accesorio que no sea las orejas para izar el transformador, debido a que son piezas altamente frágiles.

La base de madera sobre la cual se despacha el transformador puede utilizarse para moverlo con montacargas. Es recomendable conservar el transformador en ella hasta el sitio donde será instalado, ya que le brinda mayor protección.

Por ningún motivo permita que el transformador sea directamente arrastrado sobre el piso ya que la caja podría sufrir deformaciones o la pintura podría deteriorarse dando lugar a la corrosión de la lámina.

Se debe tener mucho cuidado en no golpear el transformador ya que puede ocasionar daños internos en la parte activa de este.

De no ser posible la utilización de una grúa o montacargas puede deslizar el transformador sobre rodillos. Para esto, utilice la misma base del transformador ya que está diseñada para deslizar su transformador en ambas direcciones.

Por ninguna razón haga palanca apoyándose de la caja para intentar deslizarlo o levantarlo ya que esta estructura no está diseñada para ser sometidas a este tipo de esfuerzos y pueden presentarse fugas de aceite o deformaciones.

2.2 Almacenamiento

Los transformadores no deben ser colocados uno encima del otro a no ser que se encuentren totalmente protegidos por jaulas de madera y deben almacenarse en un terreno sólido, seco y nivelado.

2.3 Montaje

- El montaje de los transformadores monofásicos y trifásicos en poste se realizará con una grúa siempre que sea posible con el fin de levantar el transformador hasta el punto donde se

sujetará al poste. En los demás casos se utilizará un diferencial que se colgara de una ménsula movible auxiliar desmontable instalada sobre el poste para este fin. Durante la maniobra los operarios deben estar en el suelo guiando el transformador mediante cuerdas.

- La sujeción del transformador al poste se realizará por medio de dos abrazaderas galvanizadas para transformador de 2" x 1/4" por 1 salida o tornillos de acero galvanizado de 5/8" de diámetro (Ver fig. 1).

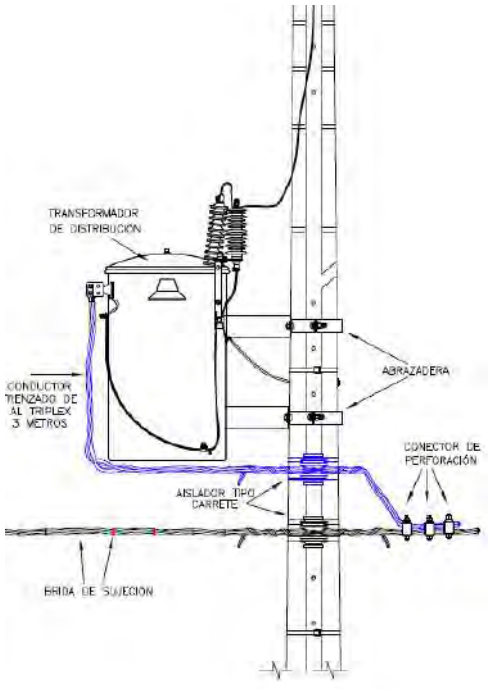
- Una vez posicionado y colgado el transformador de la abrazadera, este deberá quedar en posición perfectamente vertical y centrado en el poste.

- En el caso de los transformadores convencionales, los bujes de MT se conectan mediante cable de Cu No 2 a la parte superior de los descargadores y de allí a la parte inferior del cortacircuito. Se instalará una cruceta metálica para soporte de los cortacircuitos.

- Los transformadores autoprotegidos tendrán el mismo esquema de conexión que los no autoprotegidos. El cortacircuito en media tensión con fusible se puede reemplazar por un seccionador o un cortacircuito con barra seccionadora en lugar de portafusible y fusible.

- Los bujes de BT del transformador serán cubiertos con cinta autofundente y cinta vinílica de alta performance.

Figura 1. Montaje de transformador en poste



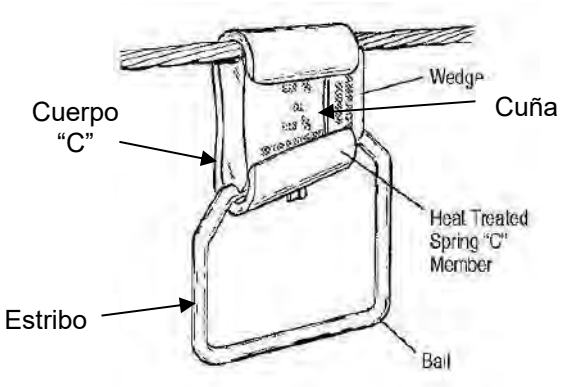
2.4 Puentes desde el transformador a la red de B.T.

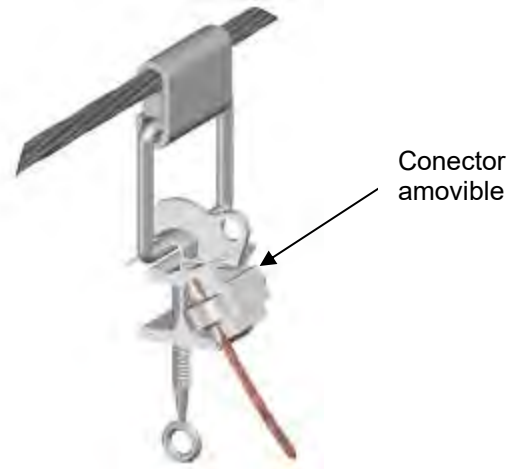
- Los puentes se realizarán con cables aislados de cobre o aluminio o aleación de la sección indicada en el Proyecto.
- El cable de BT se conectará directamente a los bujes de baja tensión del transformador o mediante conectores tipo pletina.
- En las acometidas de Baja Tensión, los conductores serán continuos, desde el punto de conexión del transformador al equipo de medida y desde éste continuarán en el mismo calibre hasta los bornes del equipo de protección general de la instalación del usuario.
- No se aceptan empalmes, ni derivaciones en ningún tramo de la acometida.
- Se considera acometida aérea a los conductores que van en forma aérea desde los bornes de BT del transformador hasta el equipo de medida y desde éste al inmueble.
- Los puentes de baja tensión del transformador a la red de distribución serán hasta de calibre No 4/0 AWG con conductores de aluminio trenzados.
- Para los transformadores particulares los puentes desde el transformador hasta el medidor instalado en poste serán de igual forma aérea con conductores de cobre o aluminio, y la acometida que sale del medidor será aérea hasta calibre # 4 AWG, para calibres mayores la acometida deberá ser subterránea.
- Para los transformadores de distribución la conexión de los conductores del puente desde los bujes de B.T. a la red de distribución deberá hacerse con conectores de perforación.

3. CONEXION A LA LÍNEA AÉREA DE M.T.

La conexión a la línea de media tensión se realizará con conector tipo cuña con estribo y conector amovible para estribo (Ver fig. 3).

Figura 3. Conectores





- Se debe seleccionar el conector de cuña con estribo de acuerdo al calibre del conductor de media tensión a conectar, para garantizar una conexión adecuada.

- El conector tipo cuña se instalará con la ayuda de una herramienta denominada pistola. Esta debe ajustarse según el conector a instalar.

- Una vez instalado el conector con estribo se procede a instalar el conector amovible en el estribo.

Figura 4. Pistola para conector tipo cuña

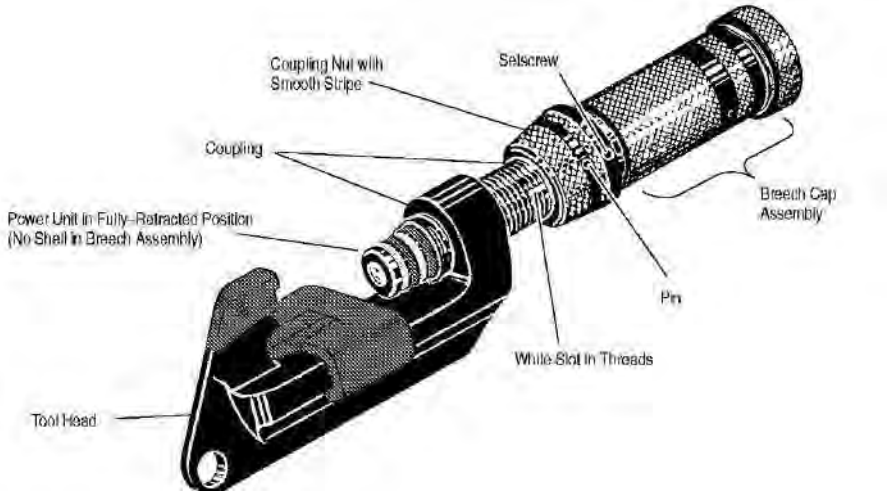
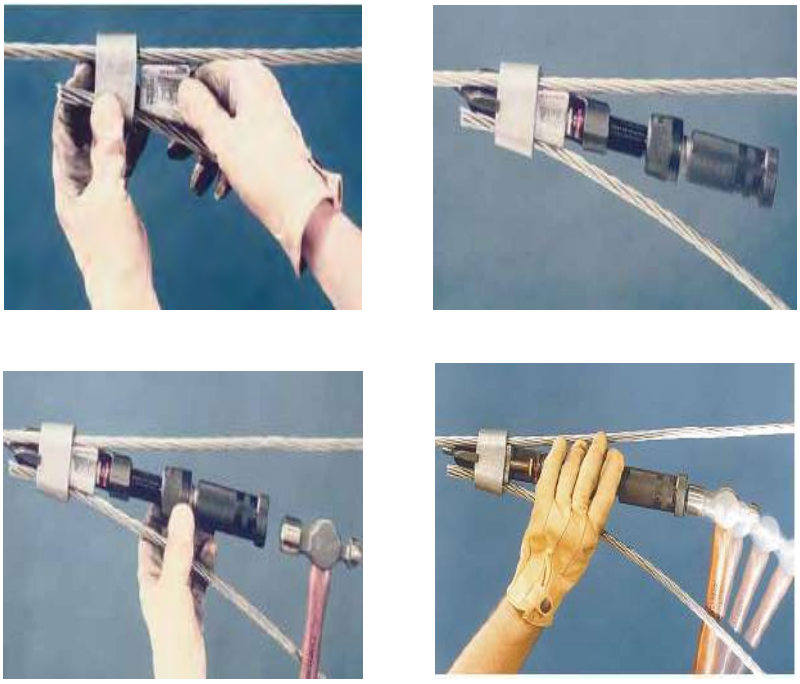


Figura 5. Instalación del conector tipo cuña



4. HERRAJES

Dependiendo de la configuración de la línea los transformadores convencionales requieren de la instalación de una cruceta auxiliar metálica galvanizada de 2400 mm para soporte de los cortacircuitos. El montaje lo realizara personal calificado el cual contará con los elementos de protección adecuados para este tipo de trabajo.

- La conexión al cable de tierra se realizará por medio de un conector tipo cuña. Este cable es continuo hasta la varilla de puesta a tierra.

- En caso que el poste no tenga los orificios requeridos para asegurar la cruceta con tornillos ésta se asegurará al poste mediante abrazaderas galvanizadas tal como se muestra en la Norma de Construcción de Air-e Centro de Transformación Tipo Poste.

- Una vez instalada y asegurada la cruceta auxiliar, se procederá a instalar los cortacircuitos los cuales se fijarán con un soporte en "L" para seccionador fusible en cruceta angular.

- En la configuración compacta para transformadores monofásicos convencionales los cortacircuitos se instalarán sobre el poste, montados sobre soportes tipo “L” para poste. (Fig. 7) (Ver norma de construcción de Air-e).

Figura 6. Cruceta Auxiliar

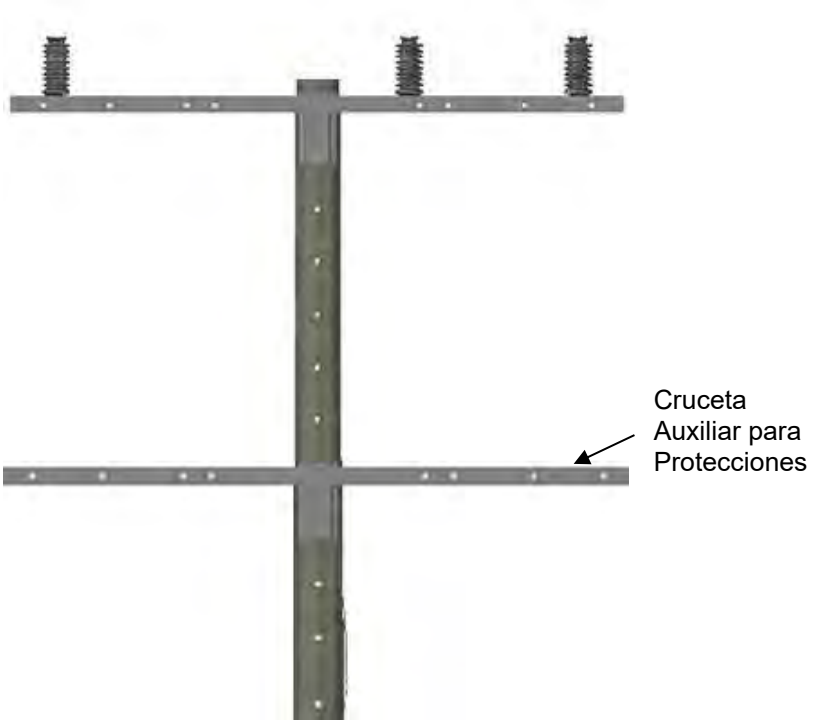
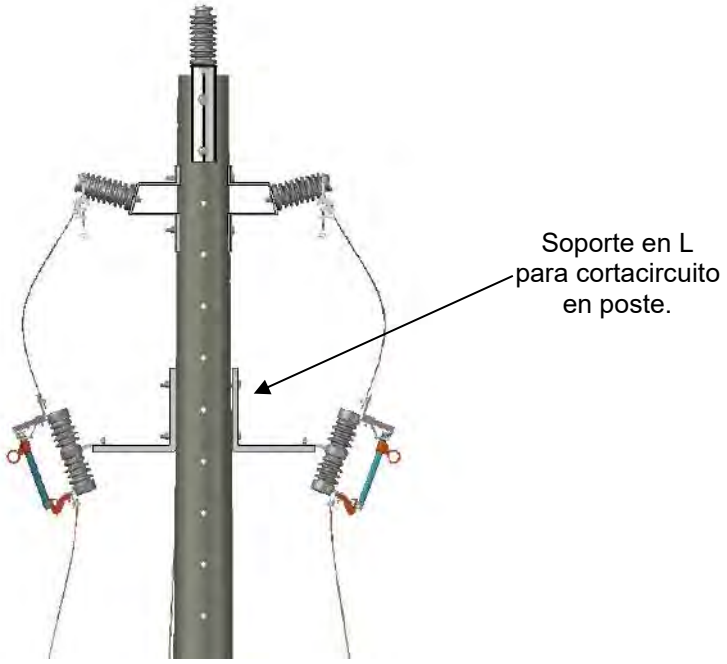


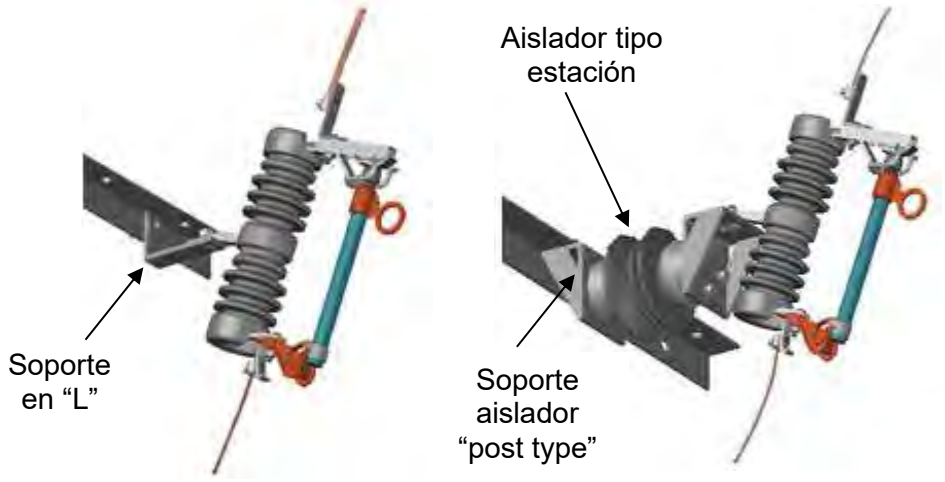
Figura 7. Soporte L para cortacircuito en poste



5. CORTACIRCUITO

- El montaje del cortacircuito se realiza con un soporte en "L" para seccionador fusible en cruceta angular o en poste. (Ver fig. 7 y 8).
- El cortacircuito se fijará al soporte para seccionador por medio de un tornillo de carruaje de 3/8" mínimo con una arandela de presión y una tuerca.
- En el caso de instalación de cortacircuito en poste el soporte en "L" se fijará al apoyo mediante tornillos de 5/8" Ø x 12" de longitud. De no existir los agujeros necesarios en el poste se podrá fijar por medio de dos abrazaderas de dos salidas de 6"- 8" u 8"- 10".
- Para aquellas zonas con características de alta contaminación o con redes que requieran frecuencia de lavado, el cortacircuitos se fijara a la cruceta por medio del soporte para aislador post type, aumentando la distancia a tierra por medio de un aislador tipo estación (Ver figura 8, CT005).
- El cortacircuito se instalará manteniendo una posición que ofrezca la máxima facilidad de operación. Se cuidará de dar el torque adecuado al apriete de la tuerca del tornillo carruaje.
- Al hacer las conexiones eléctricas se debe usar un cepillo de alambre para limpiar los conductores de cobre.
- Se aplicará una capa de antioxidante antes de insertar dichos conductores en los bornes del cortacircuito.
- Los terminales superior e inferior del tramo de cable bajante de la línea de M.T. al cortacircuito deben ser del tipo ojo de presión adecuados para recibir conductores calibres desde No. 2 AWG.

Figura 8. Montaje de cortacircuito en cruceta metálica



- Se comprobará que la operación del seccionador no afecte mecánicamente a los postes, a los bornes de los transformadores, ni a los conductores de conexionado.

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

- Se debe atender lo especificado en el capítulo 10 del documento Memoria del presente proyecto tipo.

- **FUSIBLES DE EXPULSIÓN**

- El elemento fusible será fijado a la base del tubo por medio de tuerca y arandela o por medio de tuerca de cara plana que cumpla la función de una arandela (Ver fig. 9).

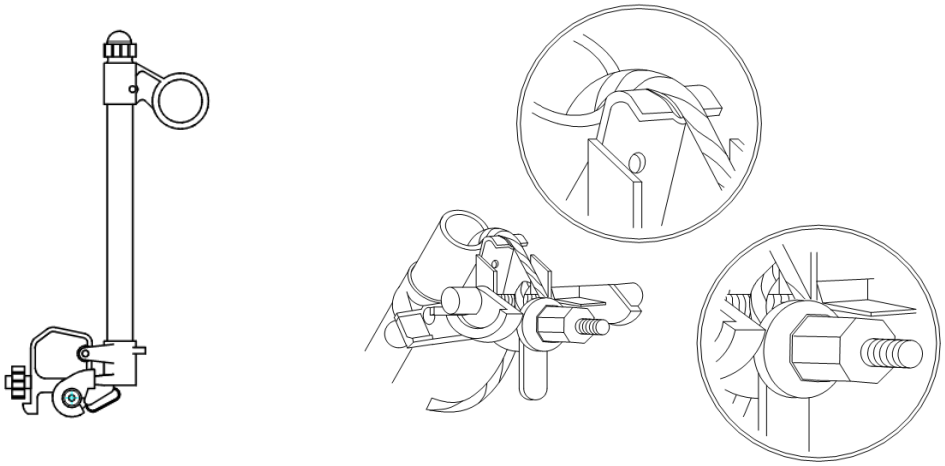
- La lengüeta de tensión del elemento fusible contendrá una hendidura y diseño curvo que evite el corte de las hebras.

- El recorrido de la tuerca de fijación del elemento fusible sobre el perno estará restringido, a objeto de evitar el jalado de hebras del hilo tensor durante el montaje del elemento.

- Los terminales de la base serán diseñados con una rigidez tal que evite la vibración del conductor ante solicitaciones normales de viento.

- Los tipos de fusibles a utilizar son los tipos D (VS) con un rango de disparo del 200% y el tipo D (SR) que tienen un rango de disparo del 300% (Ver Especificaciones Técnicas de Materiales).

Figura 9. Montaje de hilo fusible



6. DESCARGADORES DE SOBRETENSIÓN

- Los descargadores deben ir ubicados en la parte superior de la cuba del transformador y deben fijarse verticalmente alineados mediante pernos sobre un bastidor.

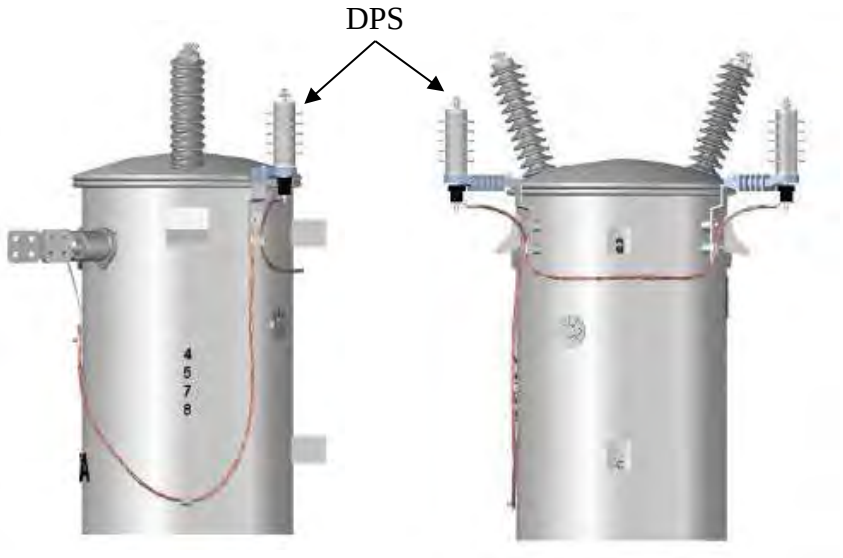
- El terminal superior del descargador para el conductor de línea será del tipo “conductor pasante”, apto para conexión directa de conductor de cobre Nº 2AWG y será parte integral del descargador. Se conectará hacia la parte inferior del cortacircuito mediante un cable de cobre desnudo No 2 AWG.

- El buje del neutro del transformador se conecta hacia el tornillo del neutro, de éste al tornillo de la puesta a tierra de la cuba del transformador y de aquí se conecta mediante grapa al cable que conecta los descargadores de sobretensión. Alternativamente se pueden conectar directamente al bajante de puesta a tierra del C.T.

- Los bornes de tierra de los descargadores de sobretensión se interconectarán mediante conductor de cobre desnudo Nº 2 AWG y luego al bajante de tierra de forma que el recorrido de este cable se hará continúo sin ningún corte. El empalme al bajante se hará con conector tipo cuña si el bajante es en Copper Clad Steel o cobre. En la tierra de acero austenítico se utilizara una pieza de transición cable a fleje.

- El cable bajante será de cobre No 2 AWG el cual va conectado a una varilla de tierra de cobre o también podrá ser un fleje de acero inoxidable austenítico conectado a una varilla de acero inoxidable austenítico, para dejar protegido el transformador.

Figura 10. Montaje de descargador en cuba de transformador



7. BAJANTES SECUNDARIOS.

El bajante secundario tendrá una longitud de tres metros para permitir la instalación inmediata o futura de puntos de control interno (PCI).

El tipo de conductor y su cantidad por fases de acuerdo al tipo de transformador está determinada en el documento de memorias del presente proyecto tipo.

La fijación del cable a los bujes de baja tensión del transformador se realizará mediante conectores tipo pletina de dos huecos cuando el buje tiene paletas de dos o cuatros huecos (transformadores trifásicos o monofásicos de 50 kVA o más) o conectores tipo pletina de un hueco cuando la paleta del transformador es de dos huecos (transformadores monofásicos de 37,5 kVA o menos). Si se utilizan cables de aluminio, los conectores deberán ser aluminio estañado.

El ponchado de los conectores tipo pletina se realizarán con ponchadoras y con los dados que corresponden al tipo de conector a instalar. Por ejemplo, para el caso de los conectores de aluminio estañado, se deberá seleccionar el dado de acuerdo al calibre del conector y que sea apto para conectores de aluminio. No se permite el uso de dados aptos para conectores de cobre en conectores de aluminio estañado ni de dados aptos para conectores de aluminio en conectores de cobre estañado. El uso de herramientas y/o dados inadecuados redunda en una mala conexión lo que a su vez ocasiona calentamientos, lo que reduce la vida útil del transformador.

Se utilizarán tornillos de acero inoxidable para la fijación del conector tipo pletina con el buje tipo pala del transformador.

Opcionalmente se podrán usar kits de tornillos de acero recubiertos con una capa de aluminio-zinc (>10 µm) y una capa exterior de polímeros o silicatos de titanio (>6 µm), con una desempeño probado contra la corrosión certificado en cámara salina de al menos 1200 horas y que permita realizar conexiones bimetálicas, complementados con un sistema de arandelas que permita contrarrestar los efectos de los cambios de temperaturas cíclicas que se presentan en esta interface cable-pletina del buje del transformador y que producen deformaciones permanentes en los conectores y a su vez ocasionan perdida del desempeño de la conexión. El kit debe incluir un manual de instalación y crema inhibidora de la corrosión.

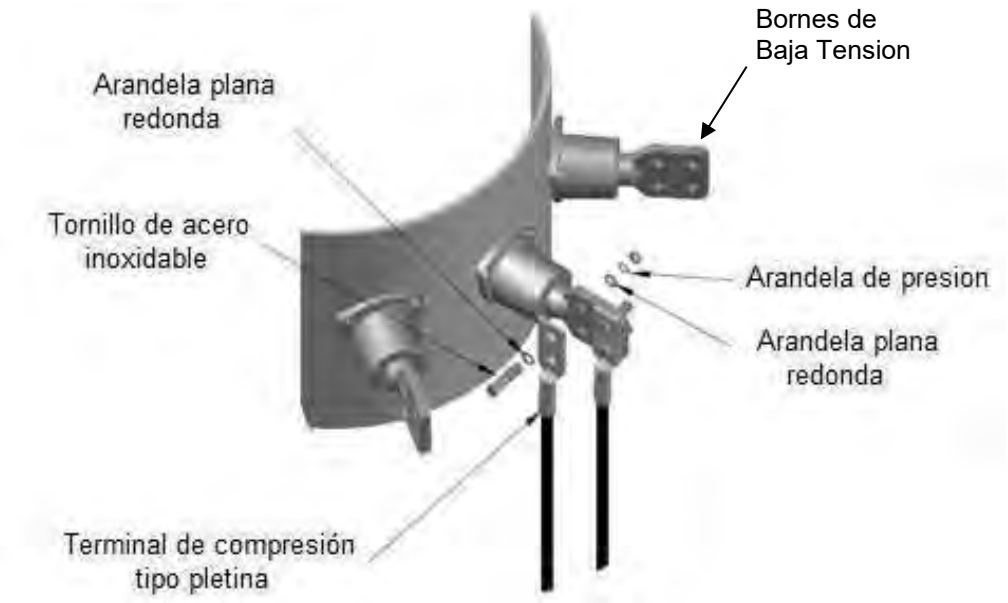
El orden de instalación de las arandelas es la siguiente:

Lado de la cabeza del tornillo: cabeza del tornillo, arandela plana.

Lado de la tuerca: tuerca, arandela de presión, arandela plana.

Para realizar el correcto apriete de los tornillos se deberá usar un torquimetro apto para tornillo de ½" y torques de apriete de entre 30 y 50 lbf.

Figura 11. Montaje de bajantes BT en bujes secundarios de transformador



8. DPS EN BAJA TENSION (Opcional).

De acuerdo al estudio de riesgos y según lo establece el RETIE, se usaran DPS en la baja tensión del transformador.

Se instalará un DPS por cada fase en baja tensión y en el neutro. El hilo de tierra en cable de cobre No 2 AWG se conectara al bajante de tierra del transformador.

ANEXO 2. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

1 MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD APARENTE DEL SUELO

El perfil de la resistividad del suelo determinará el valor de la resistencia a tierra y la profundidad de la malla de tierra. La medición de la resistividad del suelo se realiza con un telurómetro o Megger de tierras de cuatro terminales.

Se debe tener cuidado cuando se hace la medición de resistividad con los telurómetros para evitar que se midan voltajes y corrientes que no se deban al aparato, es decir si la medición se realiza cerca de subestaciones o de líneas en servicio o sistemas van a inducir corrientes por el suelo debido a los campos electromagnéticos de 60 Hz y causarán una lectura errónea.

Como la medición obtenida es puntual, se deben hacer mediciones en un sentido y en otro a 90 grados del primero. En la medición de resistividad de un terreno, es común encontrar valores muy dispares, causados por la geología del terreno, por lo que es una práctica común de una tabla con lecturas, el eliminar los valores que estén 50% arriba o abajo del promedio aritmético de todos los valores medidos.

Figura 12. Telurómetro

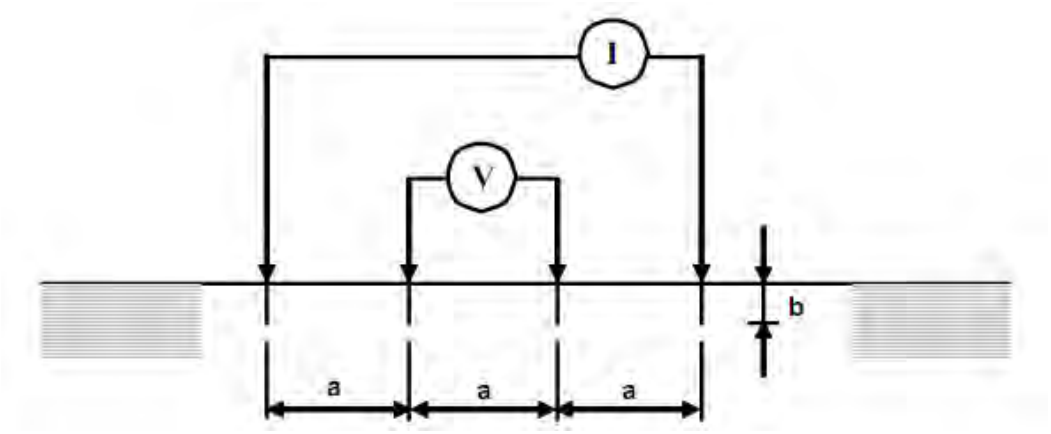


Existen diversas técnicas para medir la resistividad aparente del terreno, pero el método más adecuado y preciso es el de tetraelectródico de Wenner. Dicho método obtiene la resistividad del suelo para capas profundas sin enterrar los electrodos a dichas profundidades.

Con objeto de medir la resistividad del suelo se hace necesario insertar 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno, y por el contrario no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La relación V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo. En la siguiente figura se expone la disposición del montaje para su medición. Igualmente, se podrán utilizar otros métodos debidamente reconocidos y documentados en las normas y prácticas de la ingeniería.

Figura 13. Método de medición de resistividad aparente



La expresión para el cálculo de la resistividad está dada por:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{\left(1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right)}$$

Donde:

ρ: Resistividad aparente del suelo (Ω-m)
a: Distancia entre electrodos adyacentes (m)
b: Profundidad de enterramiento de los electrodos (m)
R: Resistencia eléctrica medida calculada como V/I (Ω)

Cuando b es muy pequeño comparado con a, se tiene la siguiente expresión:

$$\rho = 2\pi a R$$

2 INSTALACIÓN

- El cable de puesta a tierra en el transformador será un bajante que puede ser de Copper clad steel No 2 AWG o de acero austenítico, el cual estará conectado desde la cruceta.

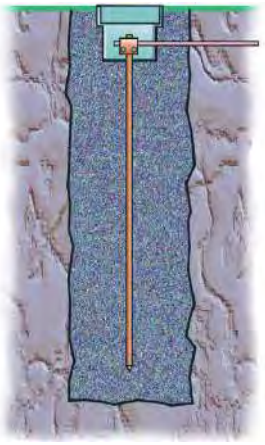
- Con un conector tipo cuña se hace la derivación para conectar sin interrupción de cable los descargadores de sobretensión entre sí.

- El neutro del secundario del transformador se conectará mediante conductor de cobre desnudo Nº 2 AWG a la cuba del transformador y de ésta al bajante a tierra.

- El cable bajante de Copper Clad Steel se llevará por el interior del poste y se conectará al electrodo de tierra.

- Otra opción de bajante es con un fleje de acero austenítico desde el cual se derivarán las conexiones del transformador y herrajes con conectores tipo pletina. El fleje se llevará por fuera del poste sujetado con fleje de acero o con abrazaderas adecuadas y se conectara a una varilla de acero inoxidable austenítico. Todas las derivaciones hacia el bajante serán en cobre No 2 AWG.

Figura 14. Varilla de Cu de Puesta a tierra



- La unión entre el electrodo y el conductor cuando la puesta a tierra es de Copper Clad Steel debe hacerse con un conector de compresión de Cu certificado para enterramiento directo, cada electrodo debe quedar enterrado en su totalidad. En el caso de acero austenítico se utilizará el conector mecánico en U, suministrado con el kit.

Figura 15. Conector de compresión electrodo y conductor

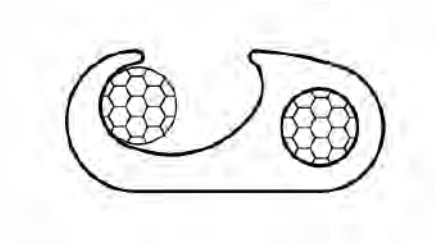
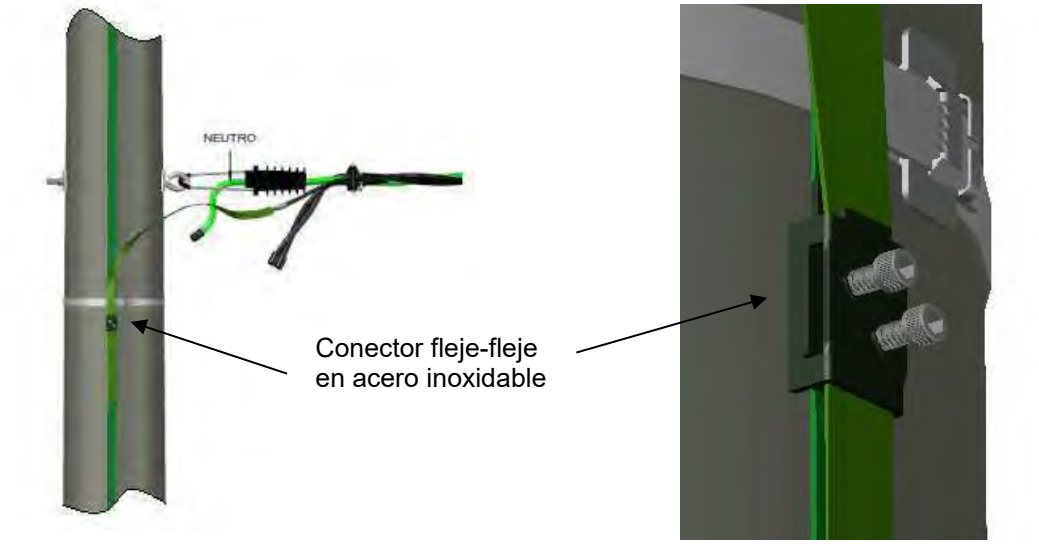


Figura 16. Conector fleje-fleje para acero austenítico



- El punto de unión entre el conductor y el electrodo de puesta a tierra debe ser accesible y la parte superior del electrodo enterrado debe quedar a mínimo 50 cm de la superficie y a una distancia de 1 metro desde el centro del poste si éste no está cimentado con hormigón. En caso de ser hormigonado esta distancia será medida desde el borde del bloque de concreto de la cimentación.

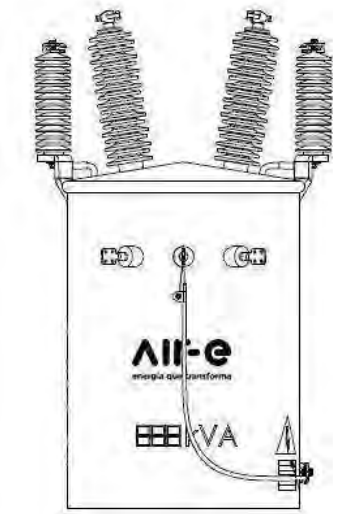
- El electrodo debe ser enterrado en forma vertical. No se permite el uso de aluminio en los electrodos de las puestas a tierra.

- Los conductores del sistema de puesta a tierra deben ser continuos, sin interrupciones o medios de desconexión y cuando se empalmen, deben quedar mecánica y eléctricamente seguros mediante soldadura o conectores certificados para tal uso.

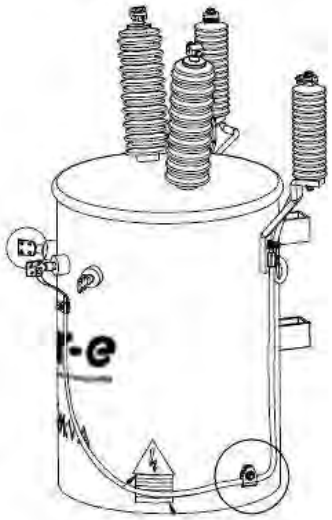
- El valor máximo de la resistencia de puesta debe ser de 10Ω y se deben garantizar las tensiones máximas de contacto establecidas en RETIE.

Figura 17. Conexionado de puesta a tierra

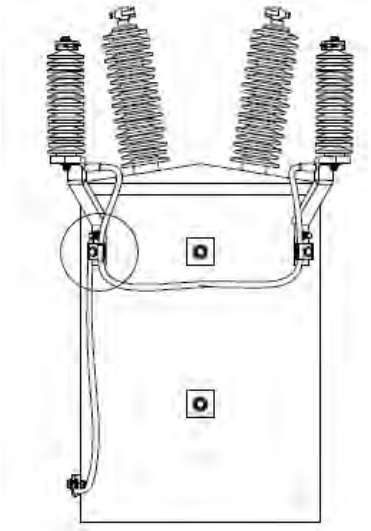
(a) Vista Frontal



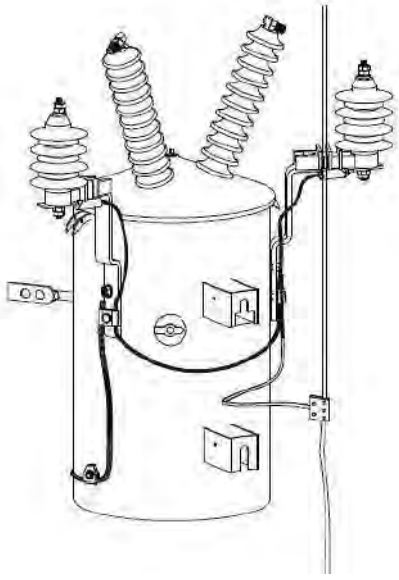
(b) Vista lateral



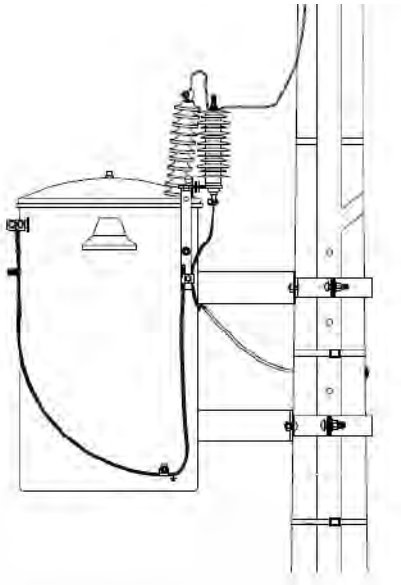
(c) Conexionado DPS



(d) Conexionado con Acero Austenitico



(e) Conexionado general

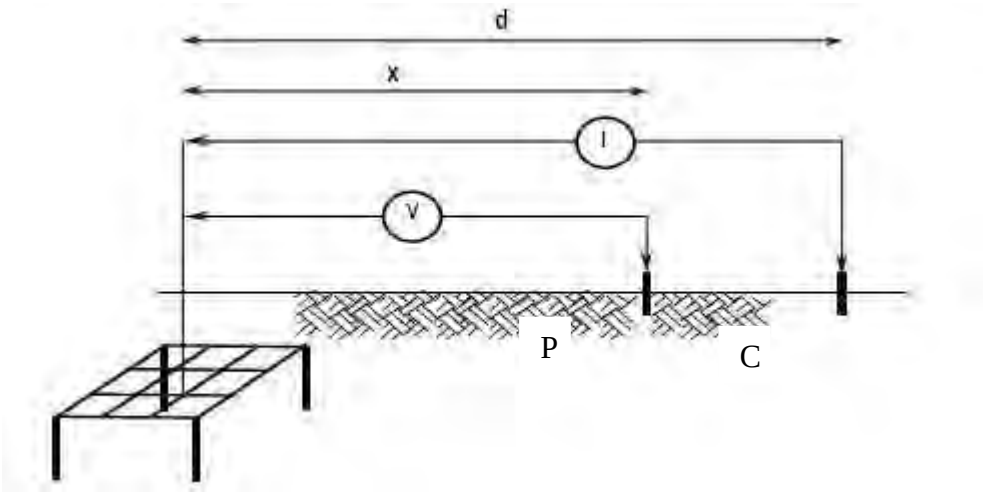


3 Medición de la resistencia de puesta a tierra

La resistencia de puesta a tierra según RETIE para los sistemas de distribución debe ser de máximo 10Ω, en algunos casos donde la resistividad del suelo es muy alta y no se pueda lograr la resistencia máxima permitida por el RETIE se procederá a mejorar las condiciones del terreno mediante productos químicos.

La resistencia de puesta a tierra debe ser medida antes de la puesta en marcha de un sistema eléctrico, como parte de la rutina de mantenimiento o excepcionalmente como parte de la verificación de un sistema de puesta a tierra. Para su medición se puede aplicar la técnica de Caída de Potencial, cuya disposición de montaje se muestra en la siguiente Figura:

Figura 18. Método de medición de resistencia de puesta a tierra



d: Distancia de ubicación del electrodo auxiliar de corriente, la cual debe ser 6.5 veces la mayor dimensión de la puesta a tierra a medir, para lograr una precisión del 95% (según IEEE 81).

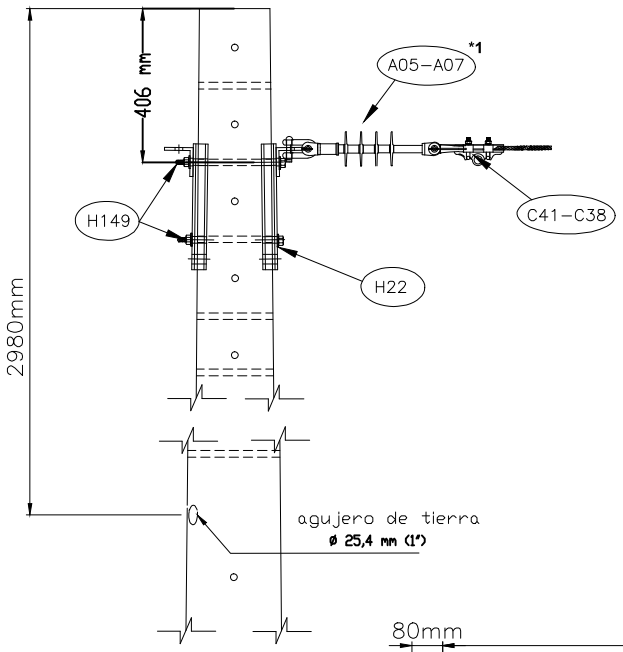
X: Distancia del electrodo auxiliar de tensión.

R_{PT}: Resistencia de puesta a tierra en ohmios (Ω) calculada como V/I

Este método consiste en pasar una corriente entre el electrodo o sistema de puesta a tierra a medir y un electrodo de corriente auxiliar punto (C) y medir la tensión entre la puesta a tierra bajo prueba y un electrodo de potencial auxiliar (P). Para minimizar la influencia entre electrodos, el electrodo de corriente se coloca generalmente a una distancia como mínimo de 6.5 veces superior a la dimensión más grande de la puesta a tierra bajo estudio.

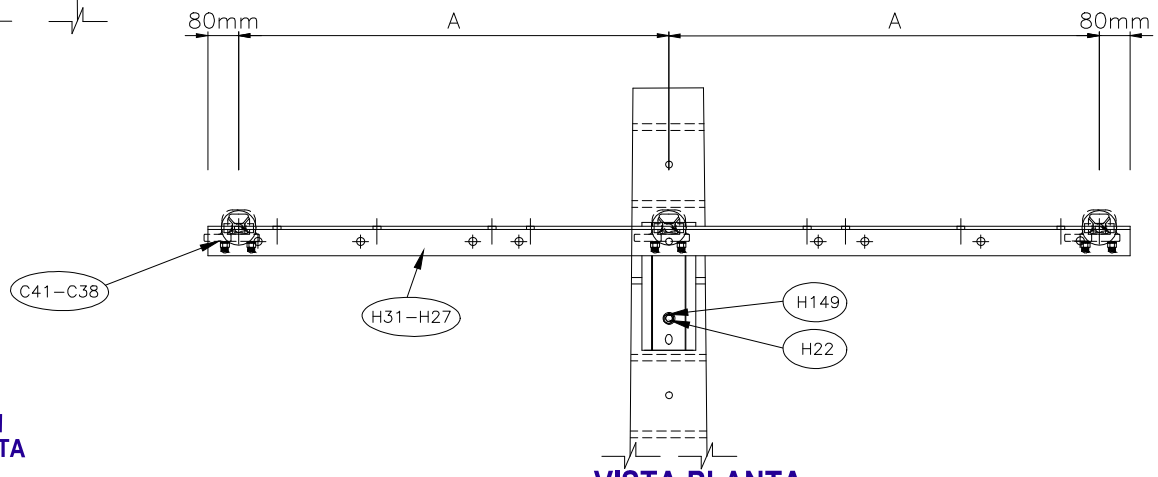
El electrodo de potencial debe ser colocado en la misma dirección del electrodo de corriente, pero también puede ser colocado en la dirección opuesta. Para medir una resistencia exacta la distancia "d" para el electrodo auxiliar de potencial debe estar al 61.8% de la distancia del electrodo auxiliar de corriente para un suelo de resistividad homogénea.

VISTA LATERAL

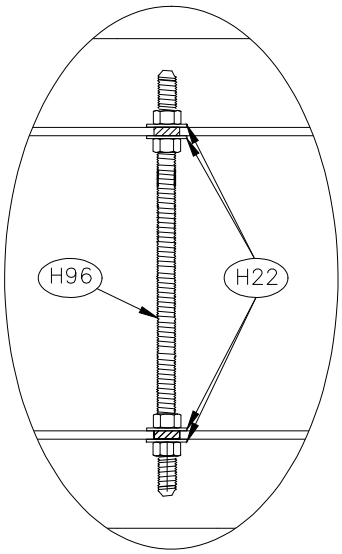


Norma	Nivel de tensión (kV)	A (mm)	Cruceta
MT 331-1	13.2	1120	2400
MT 331-2	34.5	1420	3000

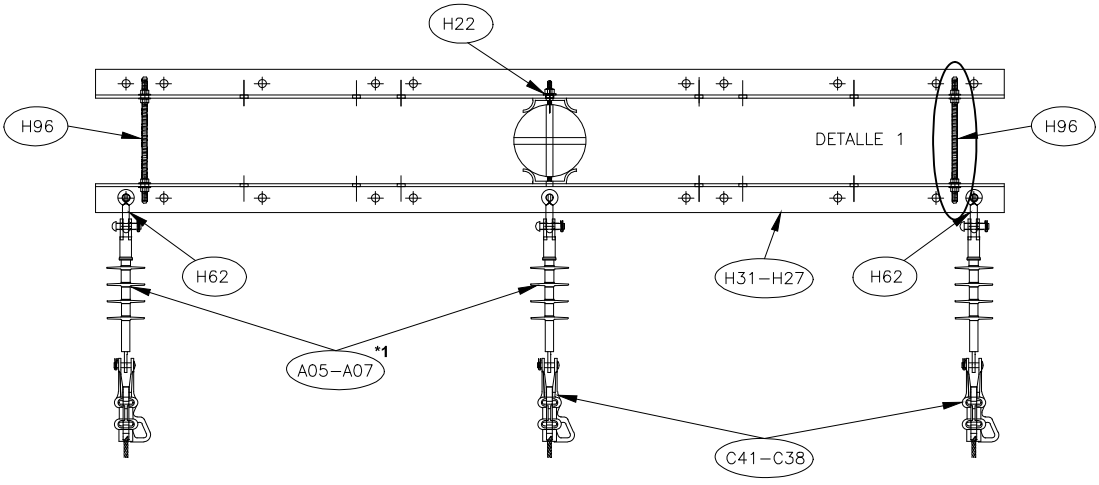
VISTA FRONTAL



DETALLE 1
VISTA PLANTA



VISTA PLANTA



Notas:

***1 Aislamiento segun tensión y condiciones ambientales**

Air-e energía que transforma	ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL TRIFASICO FIN DE LINEA 13.2 - 34.5 kV		FECHA / NOMBRE
		Aprobado	Mar-20 / W.Sanchez
		Última Revisión	Mar-20 / A.Giraldo
	ESTRUCTURAS LINEAS AEREAS DE MEDIA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20 / S. Mesa
		CÓDIGO	MT 331
		REV.	HOJA 1/2

LISTADO DE MATERIALES — MT 331-13,2 kV.

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H31	551267	CRUCETA ANGULAR METALICA 2400 mm	u	2
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x 12"	u	2
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	12
H62	551418	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11300 Kg	u	3
A05	OPCION *1	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION	u	3
C41	OPCION *2	GRAPA DE RETENCION RECTA	u	3
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	441249	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION ANSI DS 15 70 kN	u	3
	458540	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION ANSI DS 28 70 kN	u	3
2	450949	GRAPA DE RETENCION RECTA 1/0 AWG	u	3
	450950	GRAPA DE RETENCION RECTA 4/0 AWG - 266,8 MCM	u	3
	458462	GRAPA DE RETENCION PISTOLA 336,4 - 477 MCM	u	3

Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

LISTADO DE MATERIALES — MT 331-34,5 kV.

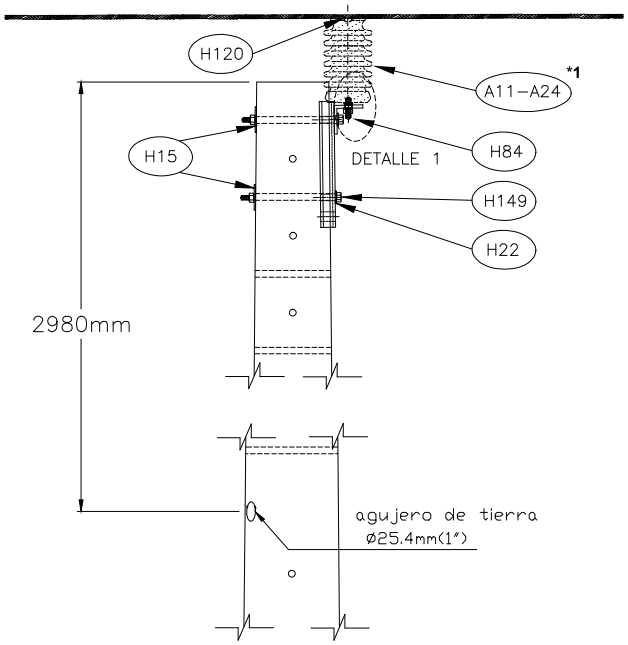
SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H27	690290	CRUCETA ANGULAR METALICA 3000 mm	u	2
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x 12"	u	2
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	12
H62	551418	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11300 Kg	u	3
A07	OPCION *1	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION	u	3
C38	OPCION *2	GRAPA DE RETENCION RECTA	u	3
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

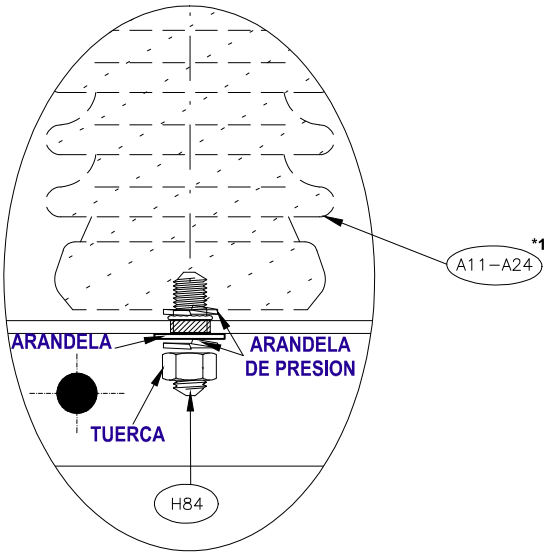
OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	441250	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION ANSI DS 35 70 kN	u	3
	711849	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION ANSI DS 69 70 kN	u	3
2	450950	GRAPA DE RETENCION RECTA 4/0 AWG - 266,8 MCM	u	3
	458462	GRAPA DE RETENCION PISTOLA 336,4 - 477 MCM	u	3

Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

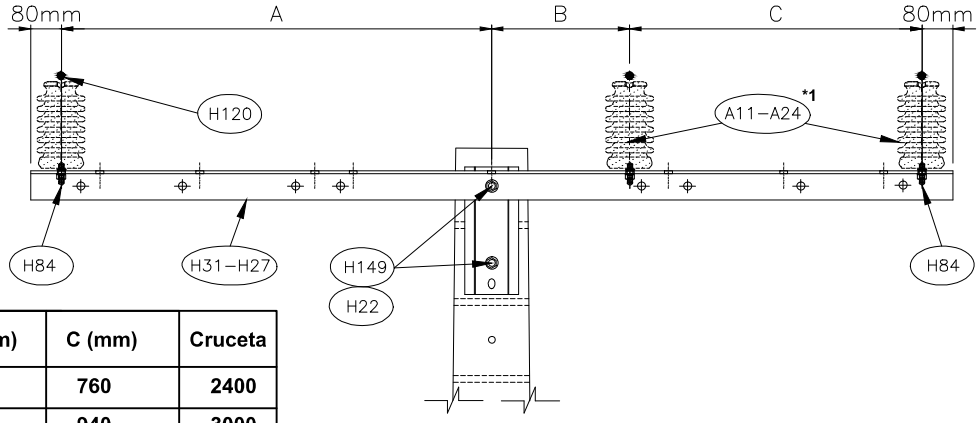
VISTA LATERAL



DETALLE 1
FIJACION AISLADOR

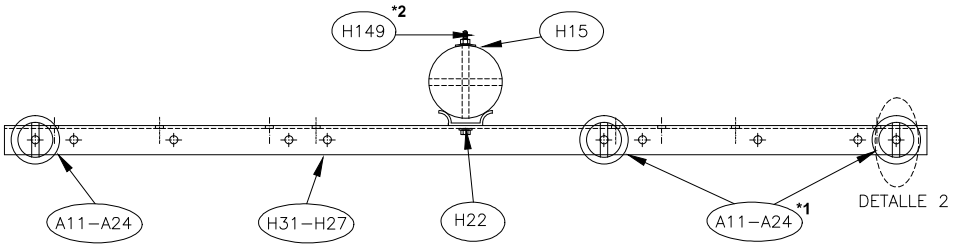


VISTA FRONTAL

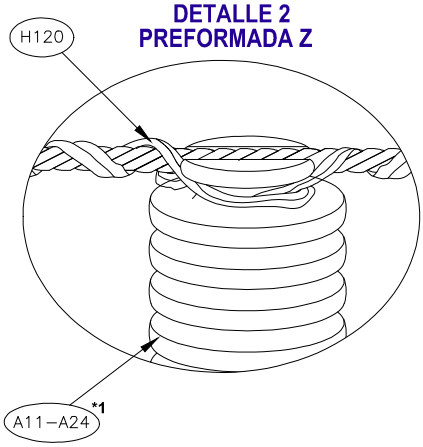


Norma	Nivel de tensión (kV)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Cruceta
MT 332 (1)	13.2	1120	360	760	2400
MT 332 (2)	34.5	1420	480	940	3000

VISTA PLANTA



DETALLE 2
PREFORMADA Z



Notas:

***1 Aislamiento segun tensión y condiciones ambientales**

energia que transforma

		FECHA	NOMBRE
ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL TRIFASICO ALINEACION y ANGULO MENOR A 5º 13.2 - 34.5 kV	Aprobado	Mar-20	W.Sanchez
	Última Revisión	Mar-20	A.Giraldo
ESTRUCTURAS LINEAS AEREAS DE MEDIA TENSION	Dibujó	Mar-20	S. Mesa
	CÓDIGO	MT 332	
	REV.	HOJA	1/2

LISTADO DE MATERIALES

MT 332-13,2 kV.

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H31	551267	CRUCETA ANGULAR METALICA 2400 mm	u	1
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	2
H15	441264	ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"	u	2
H84	437655	PERNO CORTO AC GALVANIZ 3/4"-3/4"X3"	u	3
A11	OPCION *1	AISLADOR TIPO POSTE	u	3
H120	OPCION *2	RETENCION PREF "Z"	u	3
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	438991	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 13,2KV(ANSI-57-1)	u	3
	930954	AISLADOR COMPUESTO HIBRIDO 13,2 kV.	u	3
2	437707	RETENCION PREF "Z"AIS 57/1-3 ACSR 1/0 AWG (AAAC 123.3 MCM)	u	3
	525794	RETENCION PREF "Z"AIS 57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246.9 MCM)	u	3
	437708	RETENCION PREF "Z"AIS 57/1-3 ACSR 266 (AAAC 312.8) MCM	u	3
	733270	RETENCION PREF "Z"AIS 57/1-3 ACSR 336.4 (AAAC 394.5) MCM	u	3
	808064	RETENCION PREF "Z" ACSR 1/0 AWG (AAAC 123.3 MCM) AISL. HIBRIDO	u	3
	808063	RETENCION PREF "Z" ACSR 4/0 AWG (AAAC 246.9 MCM) AISL. HIBRIDO	u	3
	808062	RETENCION PREF "Z" ACSR 266 (AAAC 312.8) MCM AISL. HIBRIDO	u	3
	808061	RETENCION PREF "Z" ACSR 336.4 (AAAC 394.5) MCM AISL. HIBRIDO	u	3

Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

LISTADO DE MATERIALES

MT 332-34,5 kV.

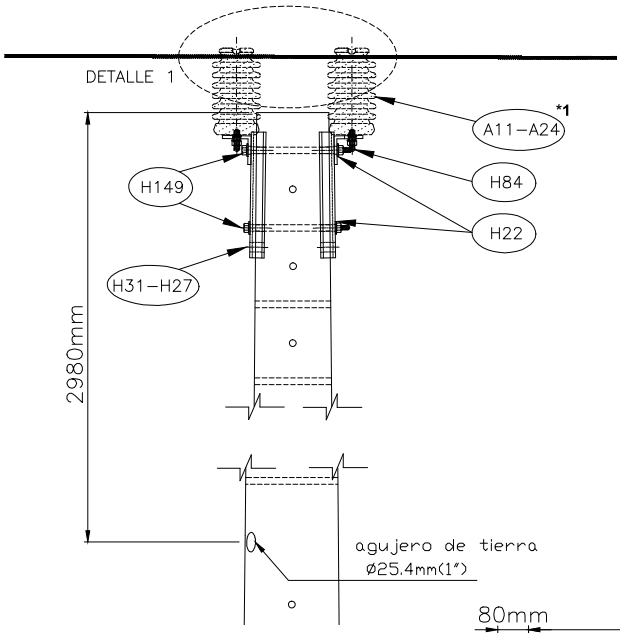
SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H27	690290	CRUCETA ANGULAR METALICA 3000 mm	u	1
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	2
H15	441264	ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"	u	2
H84	437655	PERNO CORTO AC GALVANIZ 3/4"-3/4"X3"	u	3
A24	OPCION *1	AISLADOR TIPO POSTE	u	3
H120	OPCION *2	RETENCION PREF "Z"	u	3
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

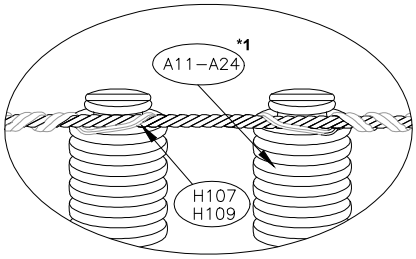
OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	438992	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 34,5KV(ANSI 57-3)	u	3
	459599	AISLADOR LINEPOST 66 kV 1143mm ANSI 57-5	u	3
2	525794	RETENCION PREF "Z"AIS 57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246.9 MCM)	u	3
	437708	RETENCION PREF "Z"AIS 57/1-3 ACSR 266 (AAAC 312.8) MCM	u	3
	733270	RETENCION PREF "Z"AIS 57/1-3 ACSR 336.4 (AAAC 394.5) MCM	u	3

Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

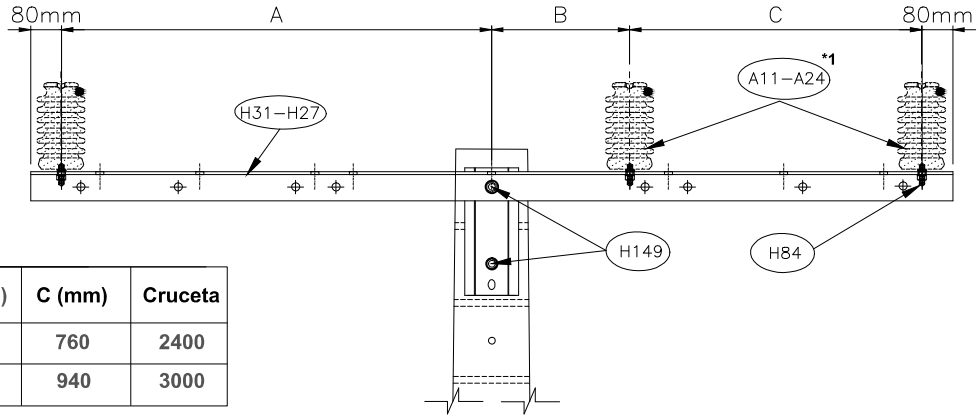
VISTA LATERAL



DETALLE 1
PREFORMADA OMEGA DOBLE

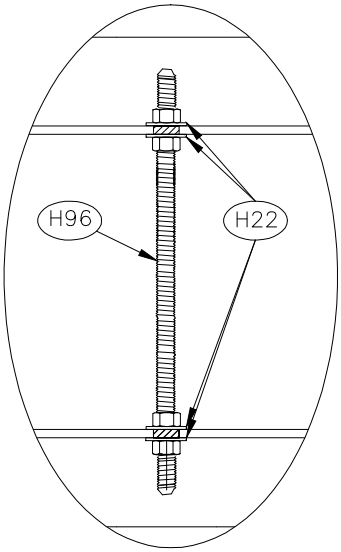


VISTA FRONTAL

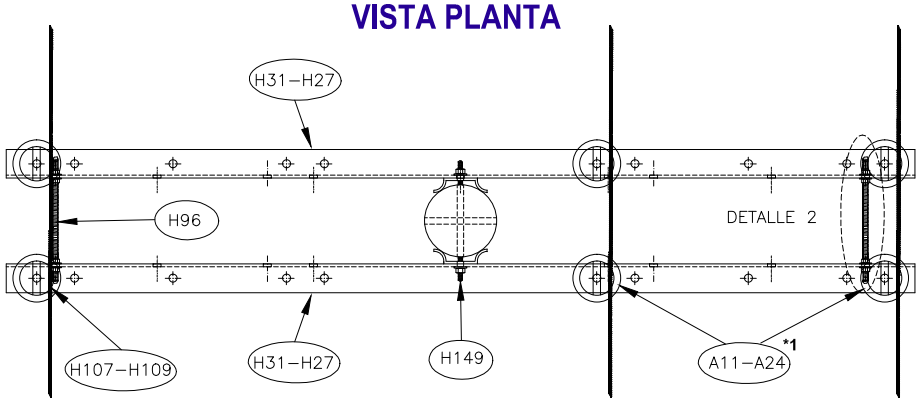


Norma	Nivel de tensión (kV)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Cruceta
MT 333-1	13.2	1120	360	760	2400
MT 333-2	34.5	1420	480	940	3000

DETALLE 2
VISTA PLANTA



VISTA PLANTA



Notas:
***1 Aislamiento segun tensión y condiciones ambientales**

ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL TRIFASICO ANGULO 5º A 20-30º 13.2 - 34.5 kV		FECHA	NOMBRE
	Aprobado	Mar-20	W.Sanchez
	Última Revisión	Mar-20	A.Giraldo
ESTRUCTURAS LINEAS AEREAS DE MEDIA TENSION	Dibujó	Mar-20	S. Mesa
	CÓDIGO	MT 333	
	REV.	HOJA	1/1

LISTADO DE MATERIALES

MT 333-13,2 kV.

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H31	551267	CRUCETA ANGULAR METALICA 2400 mm	u	2
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	12
H84	437655	PERNO CORTO AC.GALVANIZ 3/4"-3/4"X3"	u	6
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x 12"	u	2
A11	OPCION *1	AISLADOR TIPO POSTE	u	6
H107	OPCION *2	RETENCION PREF."OMEGA DOBLE"	u	3
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	436991	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 13,2KV(ANSI-57-1)	u	6
	930954	AISLADOR COMPUESTO HIBRIDO 13,2 kV	u	6
2	437713	RETENCION PREF."OMEGA DOB"AIS.57/1-3 ACSR 1/0 AWG (AAAC 123.3MCM)	u	3
	525796	RETENCION PREF."OMEGA DOB"AIS 57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246.9 MCM)	u	3
	437715	RETENCION PREF."OMEGA DOB"AIS.57/1-3 ACSR 266 (AAAC 312.8)MCM	u	3
	733272	RETENCION PREF."OMEGA DOB"AIS.57/1-3ACSR 336.4 (AAAC 394.5) MCM	u	3
	808072	RETENCION PREF."OMEGA DOB" ACSR 1/0 AWG (AAAC 123.3MCM) AISL. HIBRIDO	u	3
	808071	RETENCION PREF."OMEGA DOB" ACSR 4/0 AWG (AAAC 246.9 MCM) AISL. HIBRIDO	u	3
	808070	RETENCION PREF."OMEGA DOB" ACSR 266 (AAAC 312.8)MCM AISL. HIBRIDO	u	3
	808069	RETENCION PREF."OMEGA DOB" ACSR 336.4 (AAAC 394.5) MCM AISL. HIBRIDO	u	3

Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

LISTADO DE MATERIALES

MT 333-34,5 kV.

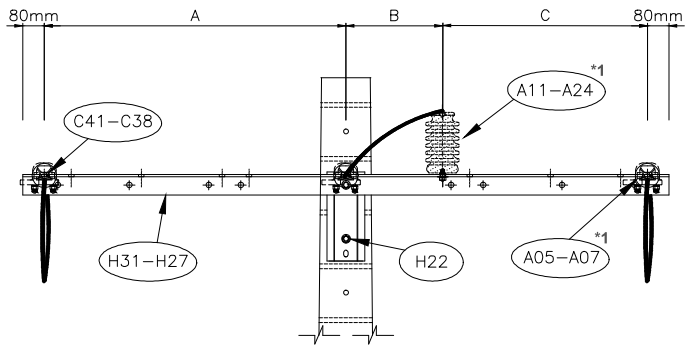
SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H27	690290	CRUCETA ANGULAR METALICA 3000 mm	u	2
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	12
H84	437655	PERNO CORTO AC.GALVANIZ 3/4"-3/4"X3"	u	6
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x 12"	u	2
A24	OPCION *1	AISLADOR TIPO POSTE	u	6
H109	OPCION *2	RETENCION PREF."OMEGA DOBLE"	u	3
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	436992	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 34,5KV(ANSI 57-3)	u	6
	459599	AISLADOR LINEPOST 66 kV 1143mm ANSI 57-5	u	6
2	525796	RETENCION PREF."OMEGA DOB"AIS.57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246.9 MCM)	u	3
	437715	RETENCION PREF."OMEGA DOB"AIS.57/1-3 ACSR 266 (AAAC 312.8)MCM	u	3
	733272	RETENCION PREF."OMEGA DOB"AIS.57/1-3ACSR 336.4 (AAAC 394.5) MCM	u	3

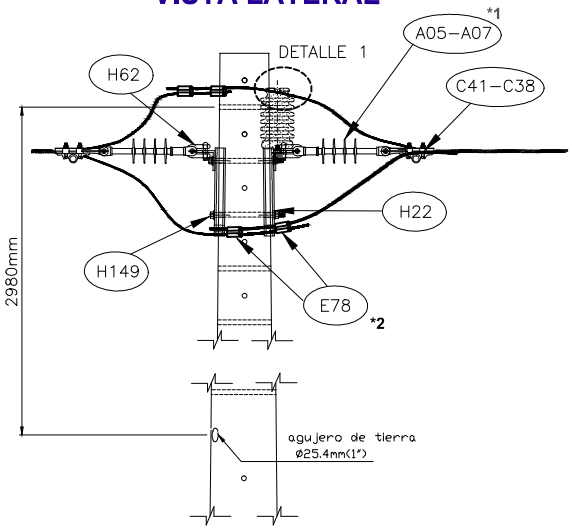
Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

VISTA FRONTAL

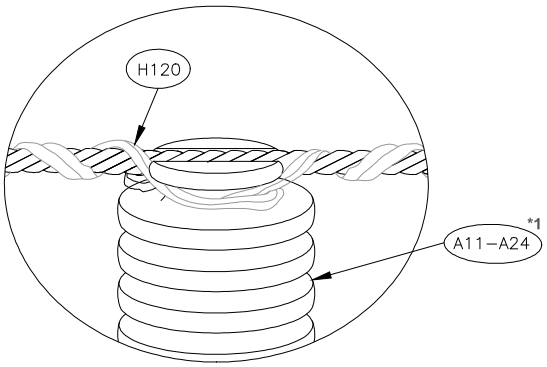


Norma	Nivel de tensión (kV)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
MT 334 1	13.2	1120	360	760
MT 334 2	34.5	1420	480	940

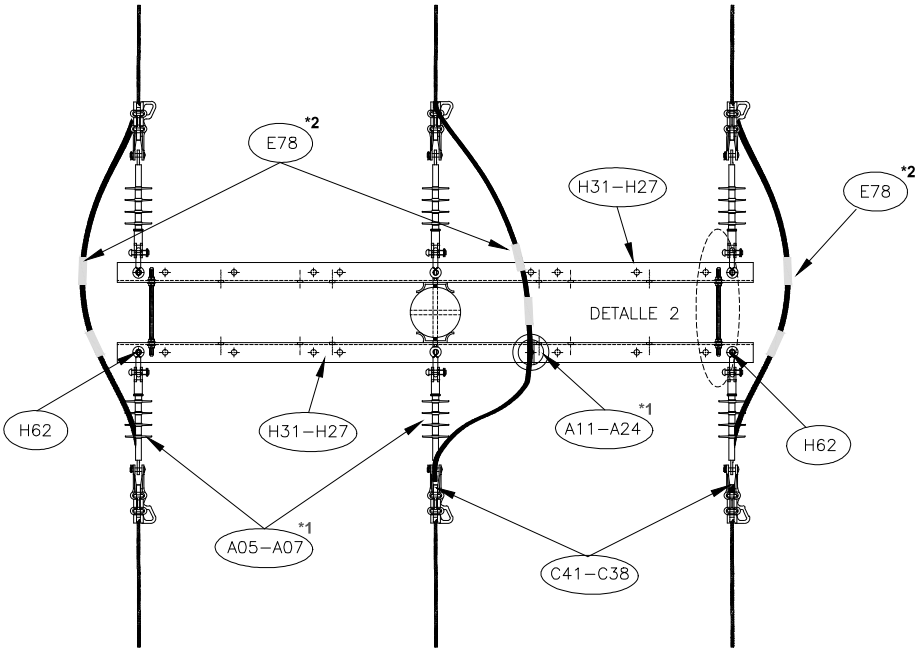
VISTA LATERAL



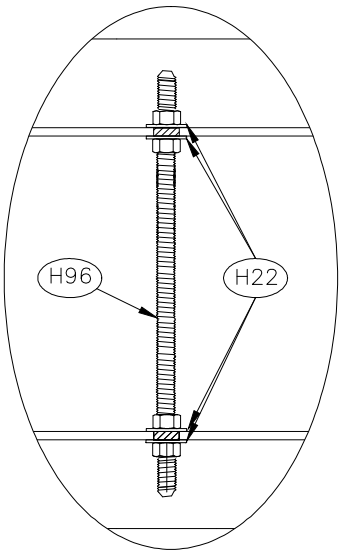
DETALLE 1
PREFORMADA Z



VISTA PLANTA



DETALLE 2
VISTA PLANTA



Notas:

*1 Aislamiento segun tensión y condiciones ambientales

*2 Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña

		FECHA	NOMBRE
ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL TRIFASICO ANGULO 20°-30° A 60° 13,2 - 34.5 kV	Aprobado	Mar-20	W.Sanchez
	Última Revisión	Mar-20	A.Giraldo
ESTRUCTURAS LINEAS AEREAS DE MEDIA TENSION	Dibujó	Mar-20	S. Mesa
	CÓDIGO	MT 334	
	REV.	HOJA	1/3

energía que transforma

LISTADO DE MATERIALES

MT 334- 13,2 KV.

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H31	551267	CRUCETA ANGULAR METALICA 2400 mm	u	2
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x 12"	u	2
H84	437655	PERNO CORTO AC. GALVANIZ. 3/4"- 3/4" x 3"	u	1
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	12
H62	551418	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11300 Kg	u	6
A05	OPCION*1	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN	u	6
C41	OPCION*2	GRAPA DE RETENCIÓN RECTA	u	6
A11	OPCION*3	AISLADOR TIPO POSTE	u	1
H120	OPCION*4	RETENCIÓN PREFORMADA "Z"	u	1
E78	OPCION*5	CONEXTOR CUÑA ASCR O AAAC	u	6(3)*
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

*** Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña**

A continuacion se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	441249	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN ANSI DS 15 70 KN	u	6
	458540	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN ANSI DS 28 70 KN	u	6
2	450950	GRAPA DE RETENCIÓN RECTA 4/0 AWG - 266,8 MCM	u	6
	458462	GRAPA DE RETENCIÓN PISTOLA 336,4 - 477 MCM	u	6
	450949	GRAPA DE RETENCIÓN RECTA 1/0 AWG	u	6
3	436991	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 13,2 KV (ANSI 57-1)	u	1
	930954	AISLADOR COMPUESTO HIBRIDO 13,2 KV	u	1
4	437707	RETENCIÓN PREF. "Z" AIS.57/1-3 ACSR 1/0 AWG (AAAC 123,3) MCM	u	1
	525794	RETENCIÓN PREF. "Z" AIS.57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246,8) MCM	u	1
	437708	RETENCIÓN PREF. "Z" AIS.57/1-3 ACSR 266,8 (AAAC 312,8) MCM	u	1
	733270	RETENCIÓN PREF. "Z" AIS.57/1-3 ACSR 336,4 (AAAC 394,5) MCM	u	1
	808064	RETENCIÓN PREF. "Z" ACSR 1/0 AWG (AAAC 123,3) MCM AISLADOR HIBRIDO	u	1
	808063	RETENCIÓN PREF. "Z" ACSR 4/0 AWG (AAAC 246,8) MCM AISLADOR HIBRIDO	u	1
	808062	RETENCIÓN PREF. "Z" ACSR 266,8 (AAAC 312,8) MCM AISLADOR HIBRIDO	u	1
	808061	RETENCIÓN PREF. "Z" ACSR 336,4 (AAAC 394,5) MCM AISLADOR HIBRIDO	u	1
5	437596	CONECTOR CUÑA ACSR (P-1/0/D-1/0) O AAAC (P-123,3/D-123,3)	u	6(3)*
	525791	CONECTOR CUÑA ACSR (P-4/0/D-4/0) O AAAC (P-246,9/D-246,9)	u	6(3)*
	437595	CONECTOR CUÑA ACSR (P-266,8/D-266,8) O AAAC (P-312,8/D-312,8)	u	6(3)*
	526671	CONECTOR CUÑA ACSR (P-336,4/D-336,4) O AAAC (P-394,5/D-394,5)	u	6(3)*

Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

*** Para zona de baja contaminiación se acepta un solo conector cuña**

LISTADO DE MATERIALES

MT 334- 34,5 KV.

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H27	690290	CRUCETA ANGULAR METALICA 3000 mm	u	2
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x 12"	u	2
H84	437655	PERNO CORTO AC. GALVANIZ. 3/4"- 3/4" x 3"	u	1
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	12
H62	551418	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11300 Kg	u	6
A07	OPCION*1	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN	u	6
C38	OPCION*2	GRAPA DE RETENCIÓN RECTA	u	6
A24	OPCION*3	AISLADOR TIPO POSTE	u	1
H120	OPCION*4	RETENCIÓN PREFORMADA "Z"	u	1
E78	OPCION*5	CONEXTOR CUÑA ASCR O AAAC	u	6(3)*
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

* Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña

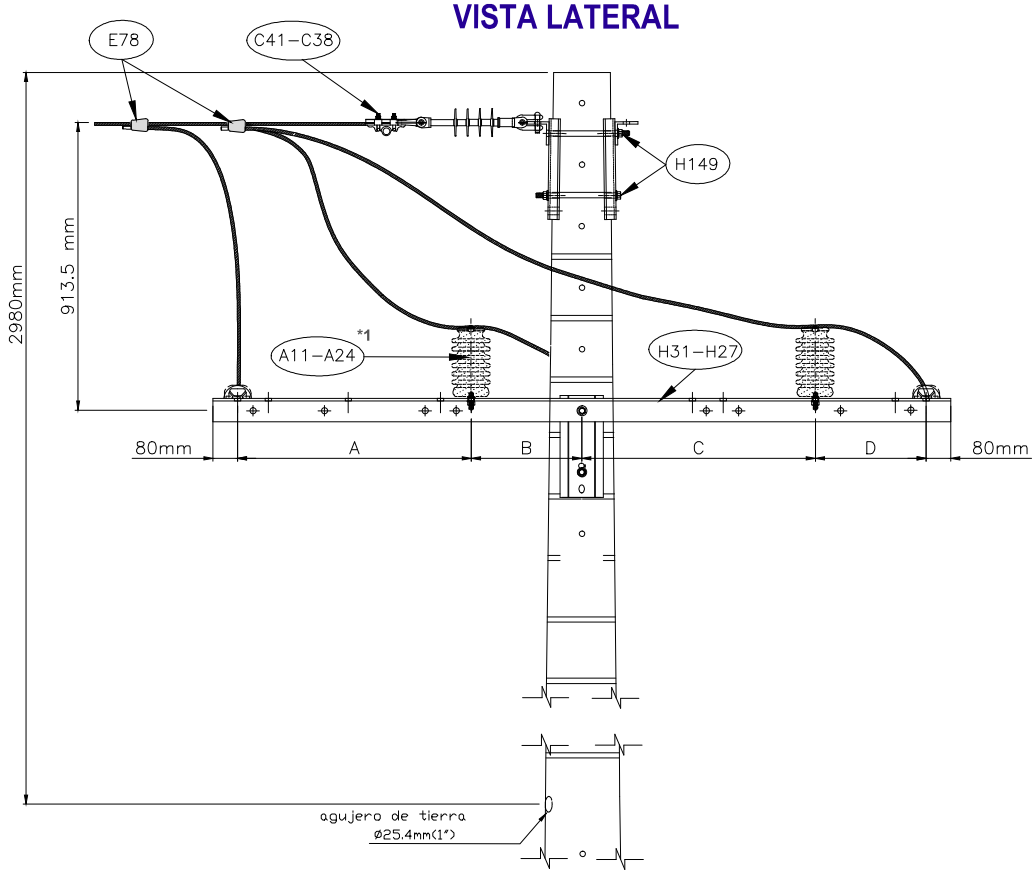
A continuacion se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	441250	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN ANSI DS 35 70 KN	u	6
	711849	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN ANSI DS 69 70 KN	u	6
2	450950	GRAPA DE RETENCIÓN RECTA 4/0 AWG - 266,8 MCM	u	6
	458462	GRAPA DE RETENCIÓN PISTOLA 336,4 - 477 MCM	u	6
3	436992	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 34,5 KV (ANSI 57-3)	u	1
	459599	AISLADOR LINEPOST 66 KV 1143 mm ANSI 57-5	u	1
4	525794	RETENCIÓN PREF. "Z" AIS.57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246,8) MCM	u	1
	437708	RETENCIÓN PREF. "Z" AIS.57/1-3 ACSR 266,8 (AAAC 312,8) MCM	u	1
	733270	RETENCIÓN PREF. "Z" AIS.57/1-3 ACSR 336,4 (AAAC 394,5) MCM	u	1
5	525791	CONECTOR CUÑA ACSR (P-4/0/D-4/0) O AAAC (P-246,9/D-246,9)	u	6(3)*
	437595	CONECTOR CUÑA ACSR (P-266,8/D-266,8) O AAAC (P-312,8/D-312,8)	u	6(3)*
	526671	CONECTOR CUÑA ACSR (P-336,4/D-336,4) O AAAC (P-394,5/D-394,5)	u	6(3)*

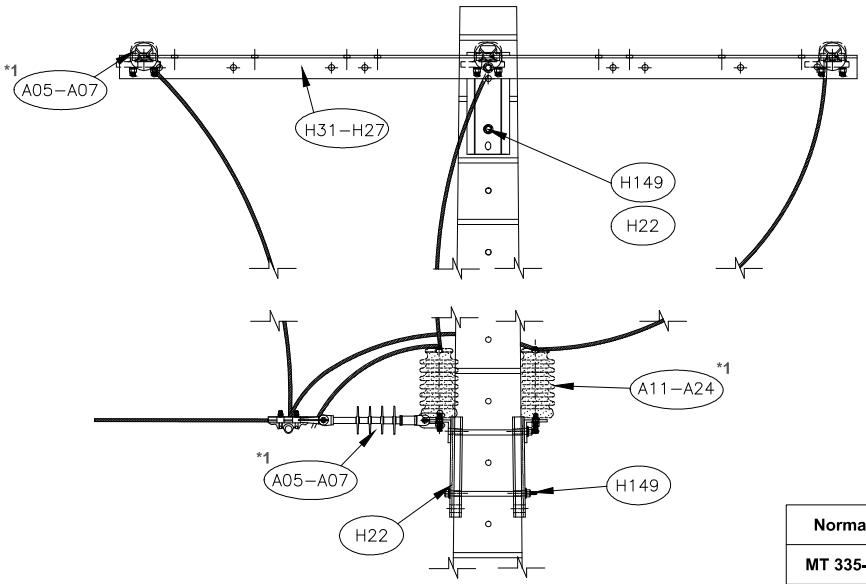
Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

* Para zona de baja contaminiación se acepta un solo conector cuña

VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL



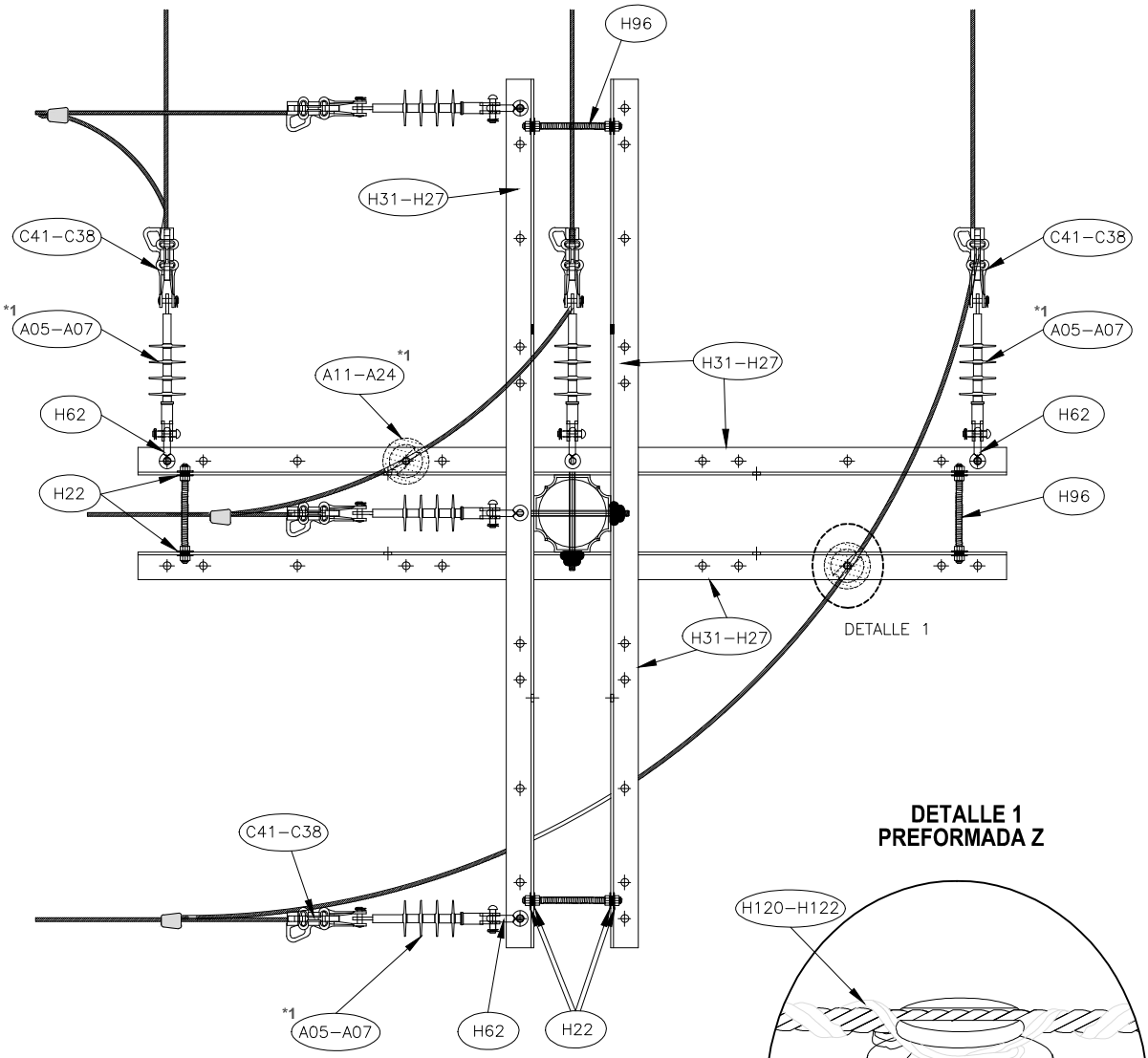
Norma	Tensión (kV)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
MT 335-1	13.2	760	360	760	360
MT 335-2	34.5	960	460	960	460

Notas:

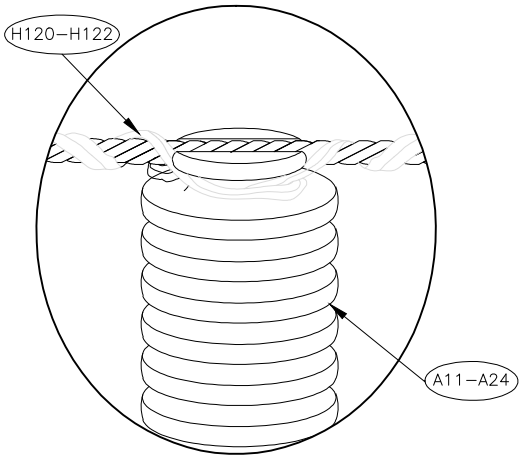
***1 Aislamiento segun tensión y condiciones ambientales**

ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL TRIFASICO ANGULO 60º A 90º 13.2 - 34.5 kV		FECHA	NOMBRE
	Aprobado	Mar-20	W.Sanchez
	Última Revisión	Mar-20	A.Giraldo
ESTRUCTURAS LINEAS AEREAS DE MEDIA TENSION	Dibujó	Mar-20	S. Mesa
	CÓDIGO	MT 335	
	REV.	HOJA	1/4

VISTA PLANTA



DETALLE 1
PREFORMADA Z



Notas:
***1 Aislamiento segun tensión y condiciones ambientales**

Air-e energía que transforma	ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL TRIFASICO ANGULO 60º A 90º 13.2 - 34.5 kV		FECHA	NOMBRE
		Aprobado	Mar-20	W.Sanchez
		Última Revisión	Mar-20	A.Giraldo
	ESTRUCTURAS LINEAS AEREAS DE MEDIA TENSION	Dibujó	Mar-20	S. Mesa
		CÓDIGO	MT 335	
		REV.	HOJA	2/4

LISTADO DE MATERIALES

MT 335-13,2 kV.

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H31	551267	CRUCETA ANGULAR METALICA 2400 mm	u	4
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x 12"	u	4
H84	437655	PERNO CORTO AC.GALVANIZ 3/4"-3/4"X3"	u	2
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	24
H62	551418	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11300 Kg	u	6
A05	OPCION *1	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION	u	6
C41	OPCION *2	GRAPA DE RETENCION RECTA	u	6
A11	OPCION *3	AISLADOR TIPO POSTE	u	2
H120	OPCION *4	RETENCION PREFORMADA "Z"	u	2
C32	OPCION *5	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR	m	6
C06	OPCION *6	CONDUCTOR AAAC	m	6
E78	OPCION *7	CONECTOR CUÑA ACSR O AAAC	u	3
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	4

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	441249	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION ANSI DS 15 70 kN	u	6
	458540	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION ANSI DS 28 70 kN	u	6
2	450949	GRAPA DE RETENCION RECTA 1/0 AWG	u	6
	450950	GRAPA DE RETENCION RECTA 4/0 AWG - 266,8 MCM	u	6
	458462	GRAPA DE RETENCION PISTOLA 336,4 - 477 MCM	u	6
3	436991	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 13,2KV(ANSI-57-1)	u	2
	930954	AISLADOR COMPUESTO HIBRIDO 13,2 kV	u	2
4	437707	RETENCION PREF "Z"AIS.57/1-3 ACSR 1/0 AWG (AAAC 123,3 MCM)	u	2
	525794	RETENCION PREF "Z"AIS.57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246,9 MCM)	u	2
	437708	RETENCION PREF "Z"AIS.57/1-3 ACSR 266 (AAAC 312,8) MCM	u	2
	733270	RETENCION PREF "Z"AIS.57/1-3 ACSR 336,4 (AAAC 394,5) MCM	u	2
	808064	RETENCION PREF "Z" ACSR 1/0 AWG (AAAC 123,3 MCM) AISL. HIBRIDO	u	2
	808063	RETENCION PREF "Z" ACSR 4/0 AWG (AAAC 246,9 MCM) AISL. HIBRIDO	u	2
	808062	RETENCION PREF "Z" ACSR 266 (AAAC 312,8) MCM AISL. HIBRIDO	u	2
	808061	RETENCION PREF "Z" ACSR 336,4 (AAAC 394,5) MCM AISL. HIBRIDO	u	2
5	436976	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR 1/0 AWG(RAVEN)	m	6
	525748	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR 4/0 AWG(PENGUIN)	m	6
	436990	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR 266 MCM(PARTRIDGE)	m	6
	721985	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR 336,4 MCM(LINNET)	m	6
6	930054	CONDUCTOR AAAC 123,3 MCM (AZUSA)	m	6
	930123	CONDUCTOR AAAC 246,9 MCM (ALLIANCE)	m	6
	474572	CONDUCTOR AAAC 312,8 MCM (BUTTE)	m	6
	930124	CONDUCTOR AAAC 394,5 MCM (CANTON)	m	6
7	437596	CONECTOR CUÑA ACSR (P-1/0/D-1/0) O AAAC (P-123,3/D-123,3)	u	3
	525791	CONECTOR CUÑA ACSR (P-4/0/D-4/0) O AAAC (P-246,9/D-246,9)	u	3
	437595	CONECTOR CUÑA ACSR (P-266,8/D-266,8) O AAAC (P-312,8/D-312,8)	u	3
	526671	CONECTOR CUÑA ACSR (P-336,4/D-336,4) O AAAC (P-394,5/D-394,5)	u	3

Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remítase a las normas de SPT

LISTADO DE MATERIALES

MT 335-34,5 kV.

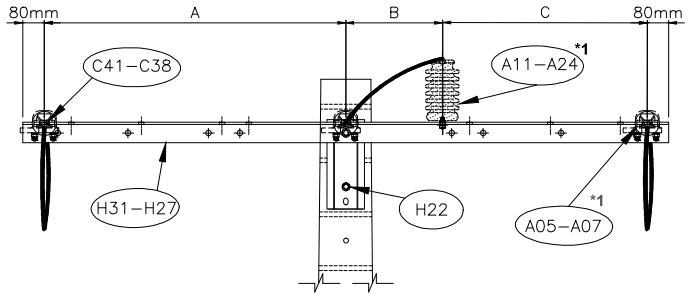
SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H27	690290	CRUCETA ANGULAR METALICA 3000 mm	u	4
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x 12"	u	4
H84	437655	PERNO CORTO AC.GALVANIZ 3/4" .3/4"X3"	u	2
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	24
H62	551418	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11300 Kg	u	6
A07	OPCION *1	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION	u	6
C38	OPCION *2	GRAPA DE RETENCION RECTA	u	6
A24	OPCION *3	AISLADOR TIPO POSTE	u	2
H122	OPCION *4	RETENCION PREFORMADA "Z"	u	2
C35	OPCION *5	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR	m	6
C07	OPCION *6	CONDUCTOR AAAC	m	6
E79	OPCION *7	CONECTOR CUÑA ACSR O AAAC	u	3
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	4

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	441250	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION ANSI DS 35 70 kN	u	6
	711849	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION ANSI DS 69 70 kN	u	6
2	450950	GRAPA DE RETENCION RECTA 4/0 AWG - 266,8 MCM	u	6
	458462	GRAPA DE RETENCION PISTOLA 336,4 - 477 MCM	u	6
3	436992	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 34,5KV(ANSI 57-3)	u	2
	458599	AISLADOR LINEPOST 66 kV 1143mm ANSI 57-5	u	2
4	525794	RETENCION PREF. "Z"AIS.57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246,9 MCM)	u	2
	437708	RETENCION PREF. "Z"AIS.57/1-3 ACSR 266 (AAAC 312,8) MCM	u	2
	733270	RETENCION PREF. "Z"AIS.57/1-3 ACSR 336,4 (AAAC 394,5) MCM	u	2
5	525748	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR 4/0 AWG(PENGUIN)	m	6
	436990	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR 266 MCM(PARTRIDGE)	m	6
	721985	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR 336,4 MCM(LINNET)	m	6
6	930123	CONDUCTOR AAAC 246,9 MCM (ALLIANCE)	m	6
	474572	CONDUCTOR AAAC 312,8 MCM (BUTTE)	m	6
	930124	CONDUCTOR AAAC 394,5 MCM (CANTON)	m	6
7	525791	CONECTOR CUÑA ACSR (P-4/0/D-4/0) O AAAC (P-246,9/D-246,9)	u	3
	437595	CONECTOR CUÑA ACSR (P-266,8/D-266,8) O AAAC (P-312,8/D-312,8)	u	3
	526671	CONECTOR CUÑA ACSR (P-336,4/D-336,4) O AAAC (P-394,5/D-394,5)	u	3

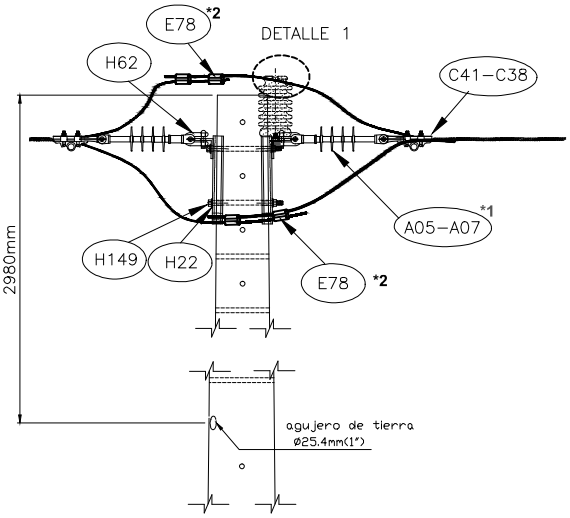
Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

VISTA FRONTAL

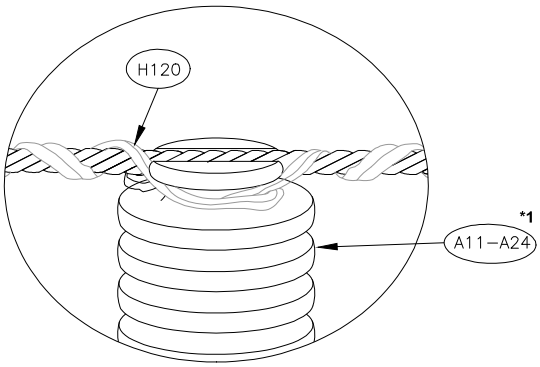


Norma	Nivel de tensión (kV)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
MT 336-1	13.2	1120	360	760
MT 336-2	34.5	1420	480	940

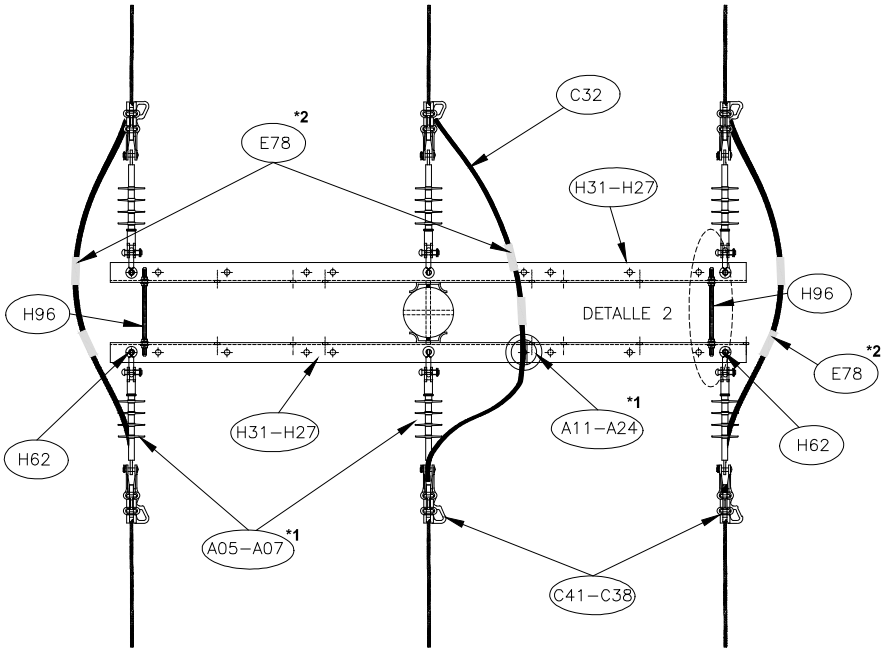
VISTA LATERAL



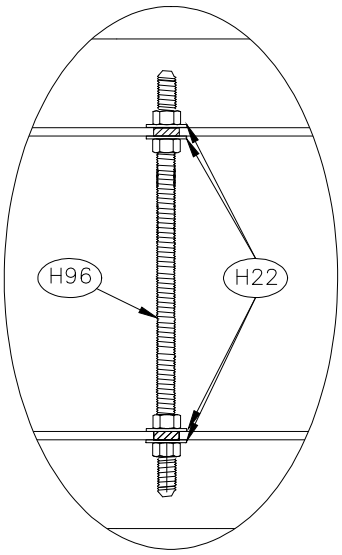
DETALLE 1
PREFORMADA Z



VISTA PLANTA



DETALLE 2
VISTA PLANTA



Notas:

*1 Aislamiento según tensión y condiciones ambientales

*2 Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña

Air-e energía que transforma	ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL TRIFASICO ANCLAJE HASTA 60º 13.2 - 34.5 kV		FECHA / NOMBRE
		Aprobado	Mar-20 / W.Sanchez
		Última Revisión	Mar-20 / A.Giraldo
	ESTRUCTURAS LINEAS AEREAS DE MEDIA TENSION	Dibujó	Mar-20 / S. Mesa
		CÓDIGO	MT 336
		REV.	HOJA 1/3

LISTADO DE MATERIALES

MT 336-13,2 KV.

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H31	551267	CRUCETA ANGULAR METÁLICA 2400 mm	u	2
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x12"	u	2
H84	437655	PERNO CORTO AC. GALVANIZ. 3/4"-3/4" x 3"	u	1
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	12
H62	551418	GRILLATE LARGO RECTO 5/8" 11300 Kg	u	6
A05	OPCION *1	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN	u	6
C41	OPCION *2	GRAPA DE RETENCION RECTRA	u	6
A11	OPCION *3	AISLADOR TIPO POSTE	u	1
H120	OPCION *4	RETENCION PREFORMADA "Z"	u	1
E78	OPCION *5	CONECTOR CUÑA ACSR O AAAC	u	6(3)*
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

* Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	441249	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN ANSI DS 15 70 KN.	u	6
	458540	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN ANSI DS 28 70 KN.	u	6
2	450950	GRAPA DE RETENCION RECTA 4/0 AWG - 266,8 MCM	u	6
	458462	GRAPA DE RETENCION PISTIOLA 336,4 - 477 MCM	u	6
	450949	GRAPA DE RETENCION RECTA 1/0 AWG	u	6
3	436991	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 13,2 KV (ANSI 57-1)	u	1
	930954	AISLADOR COMPUESTO HIBRIDO 13,2 KV	u	1
4	437707	RETENCION PREF. "Z" AIS. 57/1-3 ACSR 1/0 AWG (AAAC 123.3) MCM	u	1
	525794	RETENCION PREF. "Z" AIS. 57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246.8) MCM	u	1
	437708	RETENCION PREF. "Z" AIS. 57/1-3 ACSR 266 (AAAC 312.8) MCM	u	1
	733270	RETENCION PREF. "Z" ASI 57/1-3 ACSR 336.4 (AAAC 394.5) MCM	u	1
	808064	RETENCION PREF. "Z" ACSR 1/0 AWG (AAAC 123.3) MCM AISL. HIBRIDO	u	1
	808063	RETENCION PREF. "Z" ACSR 4/0 AWG (AAAC 246.8) MCM AISL. HIBRIDO	u	1
	808062	RETENCION PREF. "Z" ACSR 266 (AAAC 312.8) MCM AISL. HIBRIDO	u	1
	808061	RETENCION PREF. "Z" ACSR 336.4 (AAAC 394.5) MCM AISL. HIBRIDO	u	1
5	437596	CONECTOR CUÑA ACSR (P-1/0/D-1/0) O AAAC (P-123,3/D-123,3)	u	6(3)*
	525791	CONECTOR CUÑA ACSR (P-4/0/D-4/0) O AAAC (P-246,9/D-246,9)	u	6(3)*
	437595	CONECTOR CUÑA ACSR (P-266,8/D-266,8) O AAAC (P-312,8/D-132,8)	u	6(3)*
	526671	CONECTOR CUÑA ACSR (P-336,4/D-336,4) O AAAC (P-394,5/D-394,5)	u	6(3)*

Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

* Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña

LISTADO DE MATERIALES

MT 336-34,5 KV.

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H27	690290	CRUCETA ANGULAR METÁLICA 3000 mm	u	2
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x12"	u	2
H84	437655	PERNO CORTO AC. GALVANIZ. 3/4"-3/4" x 3"	u	1
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	12
H62	551418	GRILLATE LARGO RECTO 5/8" 11300 Kg	u	6
A07	OPCION *1	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN	u	6
C38	OPCION *2	GRAPA DE RETENCION RECTRA	u	6
A24	OPCION *3	AISLADOR TIPO POSTE	u	1
H120	OPCION *4	RETENCION PREFORMADA "Z"	u	1
E78	OPCION *5	CONECTOR CUÑA ACSR O AAAC	u	6(3)*
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

* Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña

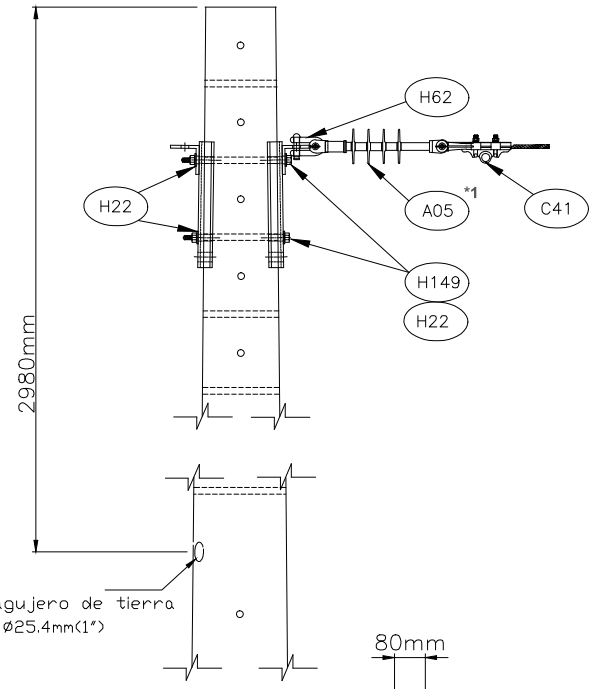
A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	441250	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN ANSI DS 35 70 KN.	u	6
	711849	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN ANSI DS 69 70 KN.	u	6
2	450950	GRAPA DE RETENCION RECTA 4/0 AWG - 266,8 MCM	u	6
	458462	GRAPA DE RETENCION PISTIOLA 336,4 - 477 MCM	u	6
3	436992	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 34,5KV (ANSI 57-3)	u	1
	459599	AISLADOR LINEPOST 66 KV 1143mm ANSI 57-5	u	1
4	525794	RETENCION PREF. "Z" AIS. 57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246,8) MCM	u	1
	437708	RETENCION PREF. "Z" AIS. 57/1-3 ACSR 266 (AAAC 312,8) MCM	u	1
	733270	RETENCION PREF. "Z" ASI 57/1-3 ACSR 336,4 (AAAC 394,5) MCM	u	1
5	525791	CONECTOR CUÑA ACSR (P-4/0/D-4/0) O AAAC (P-246,9/D-246,9)	u	6(3)*
	437595	CONECTOR CUÑA ACSR (P-266,8/D-266,8) O AAAC (P-312,8/D-132,8)	u	6(3)*
	526671	CONECTOR CUÑA ACSR (P-336,4/D-336,4) O AAAC (P-394,5/D-394,5)	u	6(3)*

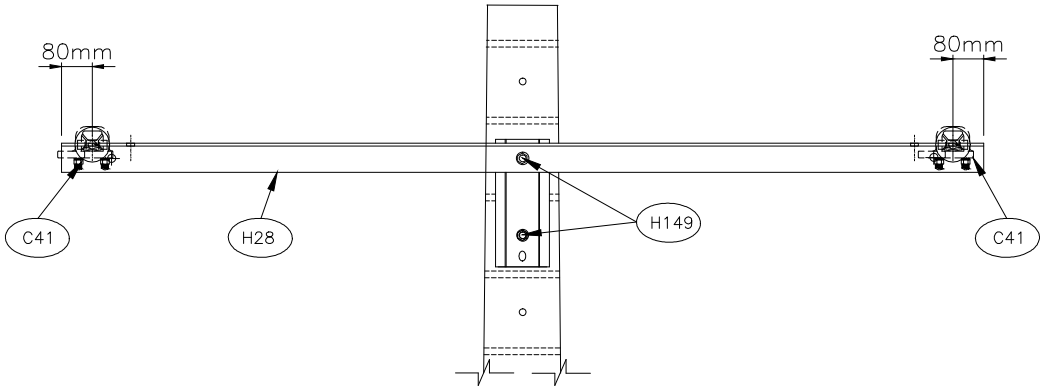
Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

* Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña

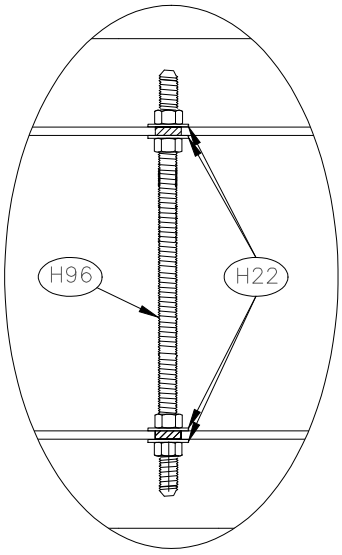
VISTA LATERAL



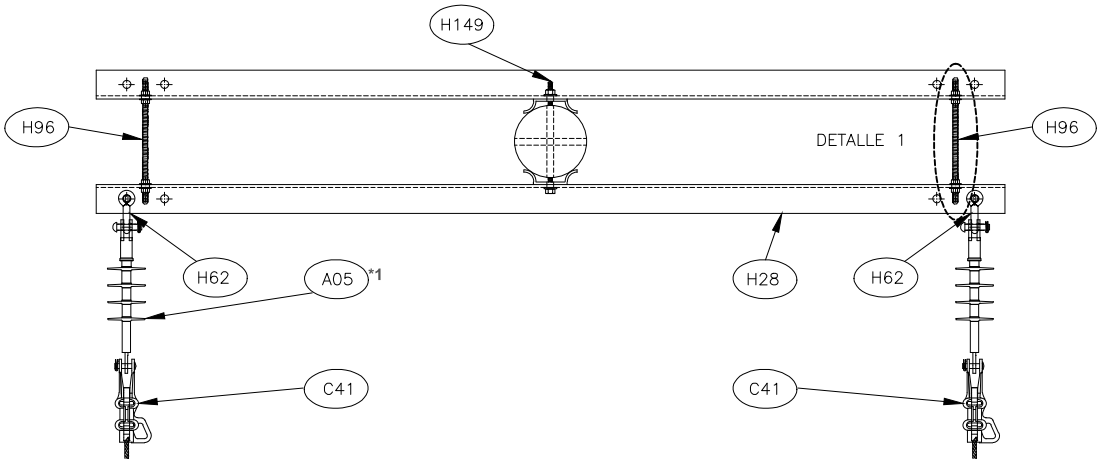
VISTA FRONTAL



DETALLE 1
VISTA PLANTA



VISTA PLANTA



Notas:

***1 Aislamiento segun tensión y condiciones ambientales**

ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL BIFASICO FIN DE LINEA 13.2 kV		FECHA	NOMBRE
	Aprobado	Mar-20	W.Sanchez
	Última Revisión	Mar-20	A.Giraldo
ESTRUCTURAS LINEAS AEREAS DE MEDIA TENSION	Dibujó	Mar-20	S. Mesa
	CÓDIGO	MT 321	
	REV.	HOJA	1/2

energía que transforma

LISTADO DE MATERIALES **MT 321-13,2 kV.**

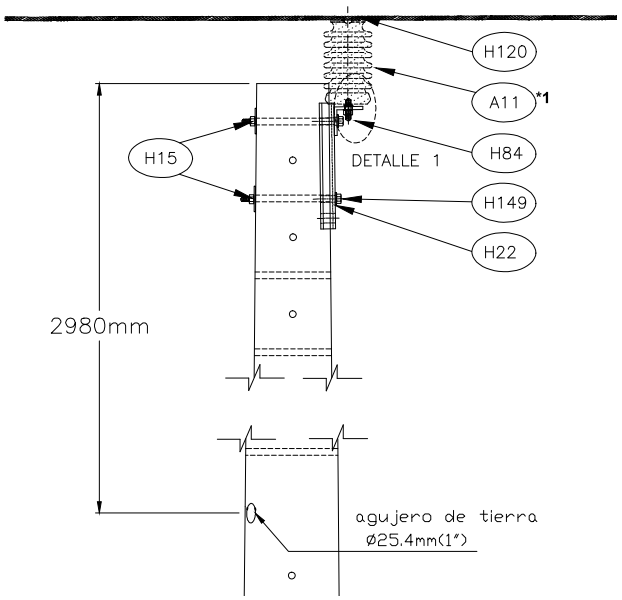
SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H28	551265	CRUCETA ANGULAR METALICA 1400 mm	u	2
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x 12"	u	2
H22	440844	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	12
H62	551416	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11300 Kg	u	2
A05	OPCION *1	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION	u	2
C41	OPCION *2	GRAPA DE RETENCION RECTA	u	2
H149	437851	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

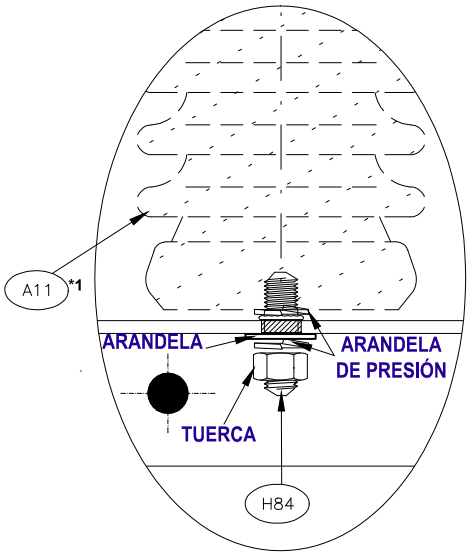
OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	441248	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION ANSI DS 15 70 kN	u	2
	458540	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION ANSI DS 28 70 kN	u	2
2	450949	GRAPA DE RETENCION RECTA 1/0 AWG	u	2
	450950	GRAPA DE RETENCION RECTA 4/0 AWG - 266,8 MCM	u	2

Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

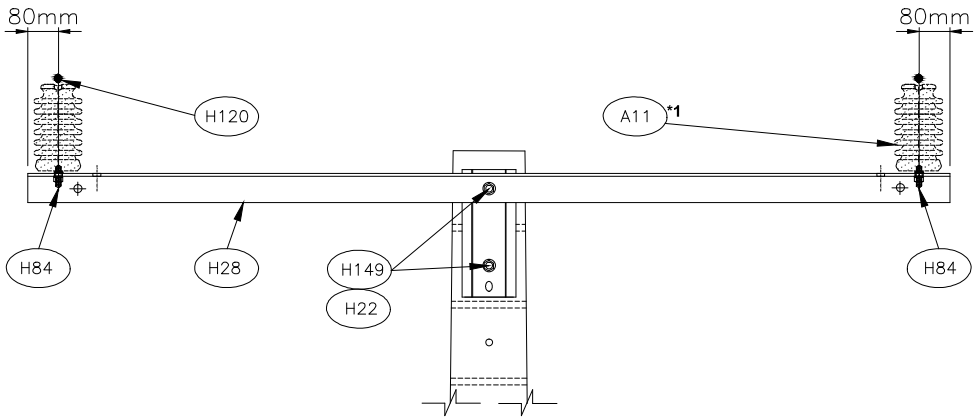
VISTA LATERAL



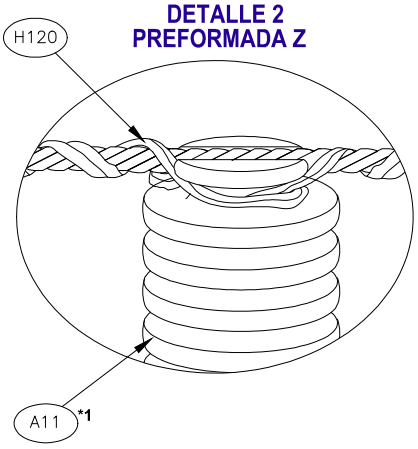
DETALLE 1
FIJACIÓN AISLADOR



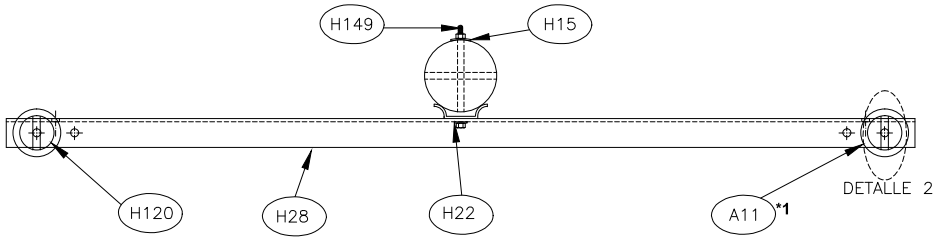
VISTA FRONTAL



DETALLE 2
PREFORMADA Z



VISTA PLANTA



Notas:

***1 Aislamiento según tensión y condiciones ambientales**

energía que transforma	ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL BIFÁSICO ALINEACIÓN Y ÁNGULO MENOR A 5º 13.2 kV		FECHA / NOMBRE
		Aprobado	Mar-20 / W.Sanchez
		Última Revisión	Mar-20 / A.Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20 / S. Mesa
		CÓDIGO	MT 322
		REV.	HOJA 1/2

LISTADO DE MATERIALES **MT 322-13,2 kV.**

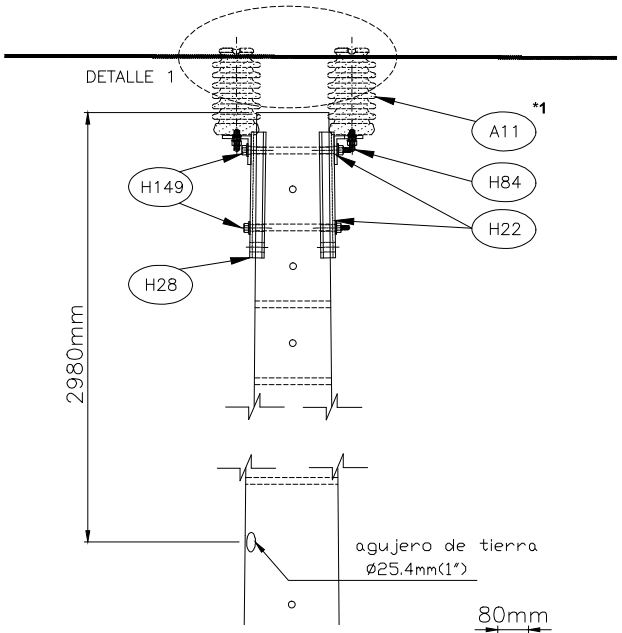
SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H28	551265	CRUCETA ANGULAR METALICA 1400 mm	u	1
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	2
H15	441264	ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"	u	2
H84	437655	PERNO CORTO AC GALVANIZ 3/4"-3/4"X3"	u	2
A11	OPCION *1	AISLADOR TIPO POSTE	u	2
H120	OPCION *2	RETENCION PREF "Z"	u	2
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

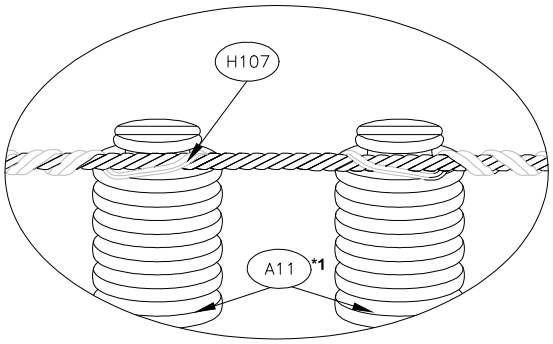
OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	436991	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 13,2KV(ANSI-57-1)	u	2
	930954	AISLADOR COMPUESTO HIBRIDO 13,2 kV.	u	2
2	437707	RETENCION PREF "Z"AIS.57/1-3 ACSR 1/0 AWG (AAAC 123.3 MCM)	u	2
	525794	RETENCION PREF "Z"AIS.57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246.9 MCM)	u	2
	808064	RETENCION PREF "Z" ACSR 1/0 AWG (AAAC 123.3 MCM) AISL. HIBRIDO	u	2
	808063	RETENCION PREF "Z" ACSR 4/0 AWG (AAAC 246.9 MCM) AISL. HIBRIDO	u	2

Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

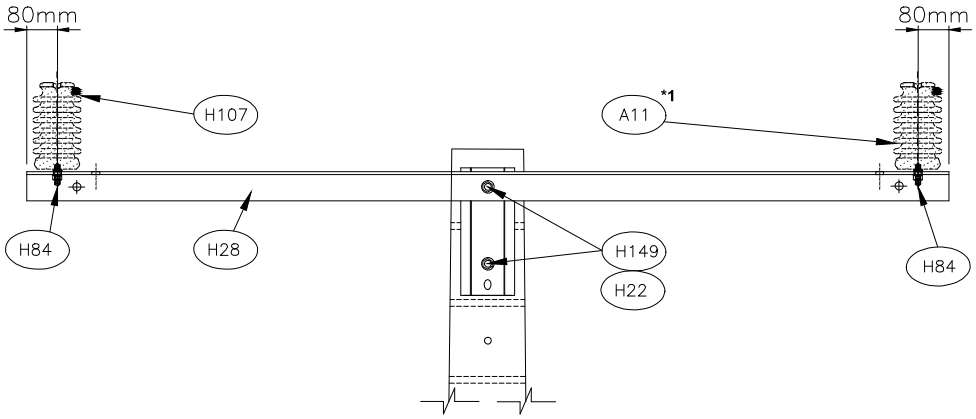
VISTA LATERAL



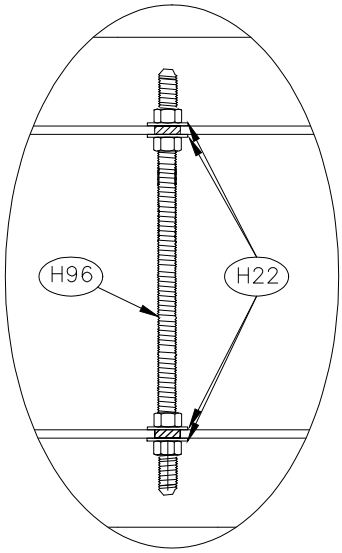
DETALLE 1
PREFORMADA



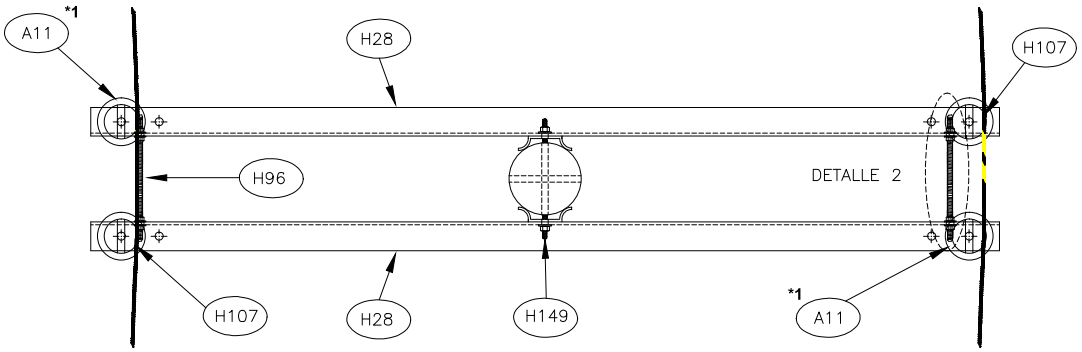
VISTA FRONTAL



DETALLE 2
VISTA PLANTA



VISTA PLANTA



Notas:

***1 Aislamiento según tensión y condiciones ambientales**

Air-e energía que transforma	ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL BIFÁSICO ÁNGULO 5° A 20°-30° 13.2 kV		FECHA / NOMBRE
		Aprobado	Mar-20 / W.Sanchez
		Última Revisión	Mar-20 / A.Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20 / S. Mesa
		CÓDIGO	MT 323
		REV.	HOJA 1/2

LISTADO DE MATERIALES

MT 323-13,2 kV.

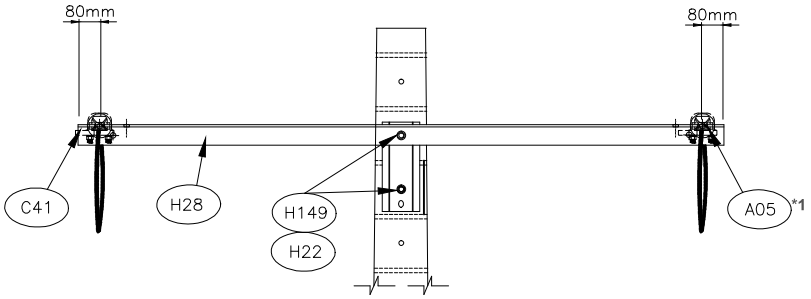
SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H28	551265	CRUCETA ANGULAR METALICA 1400 mm	u	2
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	12
H84	437655	PERNO CORTO AC.GALVANIZ.3/4"-3/4"X3"	u	4
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x 12"	u	2
A11	OPCION *1	AISLADOR TIPO POSTE	u	4
H107	OPCION *2	RETENCION PREF."OMEGA DOBLE"	u	2
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

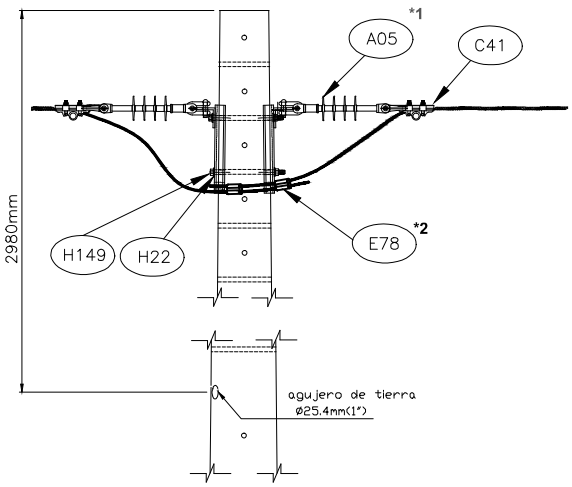
OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	436991	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 13,2 kV(ANSI-57-1)	u	4
	939954	AISLADOR COMPUESTO HIBRIDO 13,2 kV	u	4
2	437713	RETENCION PREF."OMEGA DOB"AIS.57/1-3 ACSR 1/0 AWG (AAAC 123,3MCM)	u	4
	525796	RETENCION PREF."OMEGA DOB"AIS.57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246,9 MCM)	u	4
	808072	RETENCION PREF."OMEGA DOB" ACSR 1/0 AWG (AAAC 123,3MCM) AISL. HIBRIDO	u	4
	808071	RETENCION PREF."OMEGA DOB" ACSR 4/0 AWG (AAAC 246,9 MCM) AISL. HIBRIDO	u	4

Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

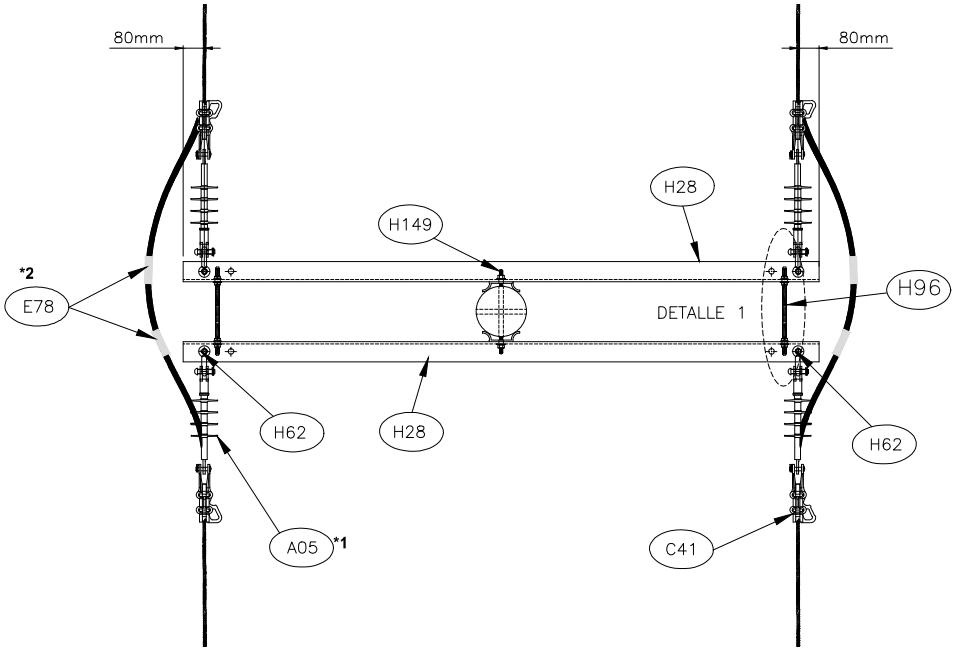
VISTA FRONTAL



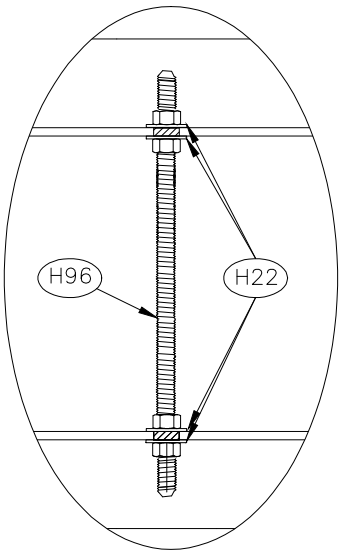
VISTA LATERAL



VISTA PLANTA



DETALLE 1 VISTA PLANTA



Notas:

*1 Aislamiento según tensión y condiciones ambientales

*2 Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña

energía que transforma	ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL BIFÁSICO ÁNGULO 20°-30° A 60° 13.2 kV		FECHA / NOMBRE
		Aprobado	Mar-20 / W.Sanchez
		Última Revisión	Mar-20 / A.Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20 / S. Mesa
		CÓDIGO	MT 324
		REV.	HOJA 1/2

LISTADO DE MATERIALES

MT 324- 13,2 KV.

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H28	551267	CRUCETA ANGULAR METALICA 1400 mm	u	2
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x 12"	u	2
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	12
H62	551418	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11300 Kg	u	4
A05	OPCION*1	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN	u	4
C41	OPCION*2	GRAPA DE RETENCIÓN RECTA	u	4
E78	OPCION*5	CONEXTOR CUÑA ASCR O AAAC	u	4(2)*
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

* Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña

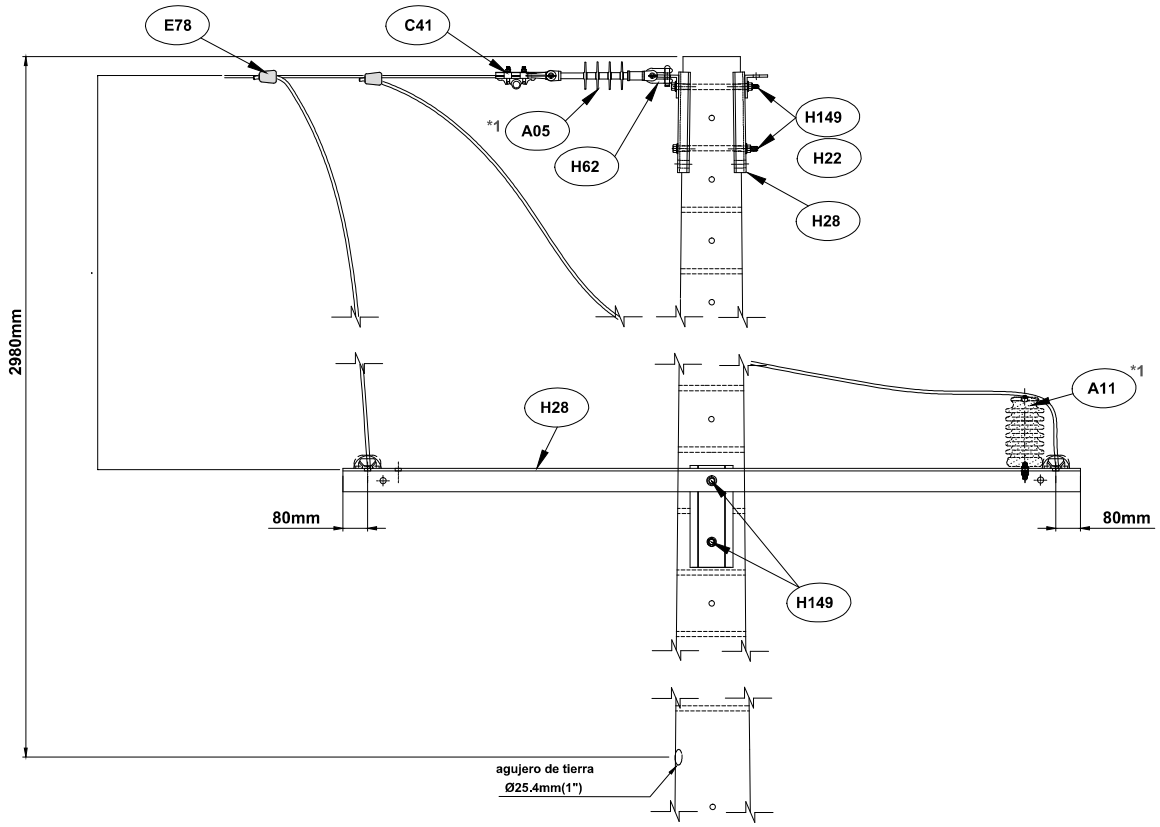
A continuacion se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	441249	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN ANSI DS 15 70 KN	u	4
	458540	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN ANSI DS 28 70 KN	u	4
2	450950	GRAPA DE RETENCIÓN RECTA 4/0 AWG - 266,8 MCM	u	4
	450949	GRAPA DE RETENCIÓN RECTA 1/0 AWG	u	4
5	437596	CONECTOR CUÑA ACSR (P-1/0/D-1/0) O AAAC (P-123,3/D-123,3)	u	4(2)*
	525791	CONECTOR CUÑA ACSR (P-4/0/D-4/0) O AAAC (P-246,9/D-246,9)	u	4(2)*

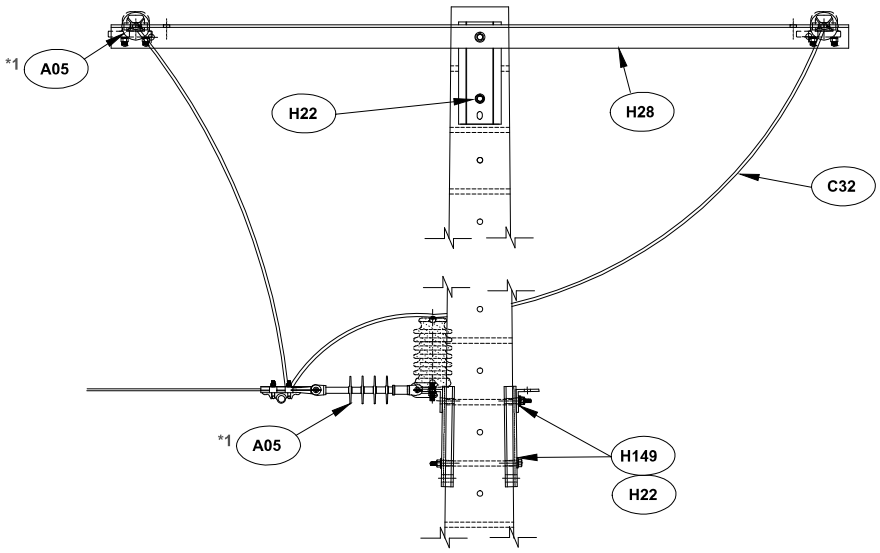
Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

* Para zona de baja contaminiación se acepta un solo conector cuña

VISTA LATERAL



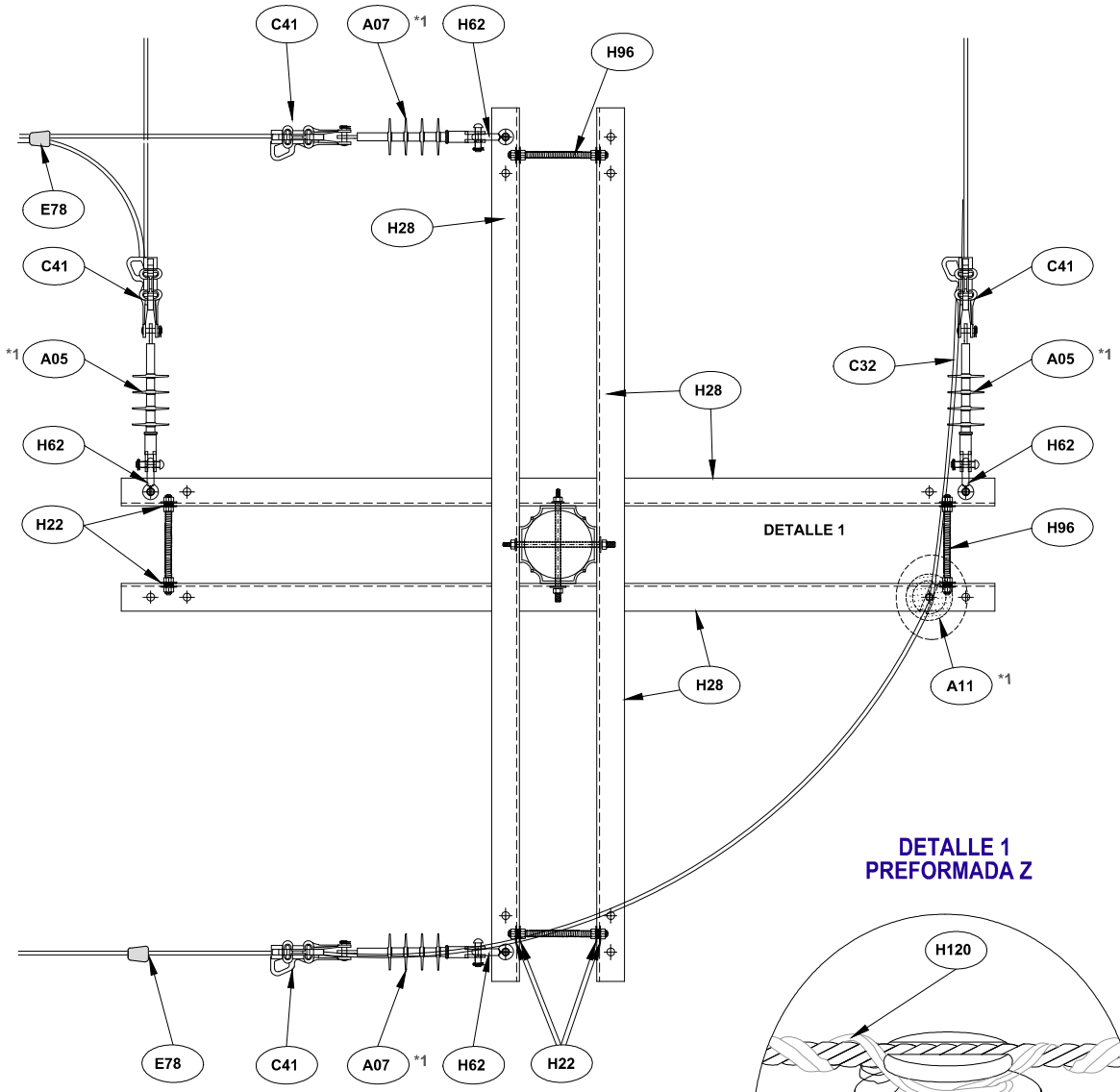
VISTA FRONTAL



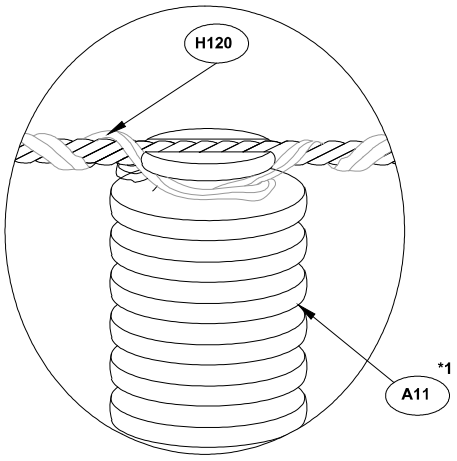
Notas:
***1 Aislamiento según tensión y condiciones ambientales**

air-e energía que transforma	ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL BIFÁSICO ÁNGULO 60° A 90° 13.2 kV		FECHA	NOMBRE
		Aprobado	Mar-20	W.Sanchez
		Última Revisión	Mar-20	A.Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20	S. Mesa
		CÓDIGO	MT 325	
		REV.	HOJA	1/3

VISTA PLANTA



DETALLE 1
PREFORMADA Z



Notas:

***1 Aislamiento segun tensión y condiciones ambientales**

energía que transforma	ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL BIFÁSICO ÁNGULO 60° A 90° 13.2 kV		FECHA / NOMBRE
		Aprobado	Mar-20 / W.Sanchez
		Última Revisión	Mar-20 / A.Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20 / S. Mesa
		CÓDIGO	MT 325
		REV.	HOJA 2/3

LISTADO DE MATERIALES

MT 325-13,2 kV.

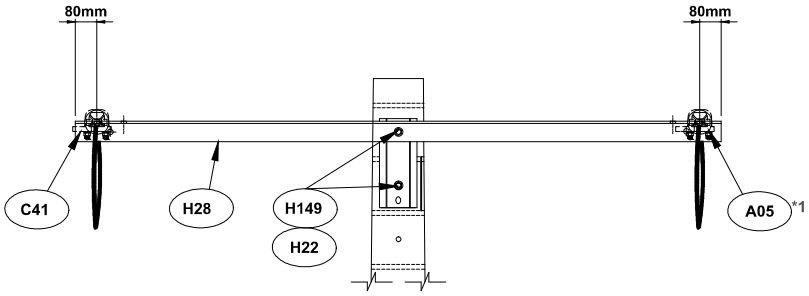
SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H28	551265	CRUCETA ANGULAR METALICA 1400 mm	u	4
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x 12"	u	4
H84	437655	PERNO CORTO AC.GALVANIZ 3/4"-3/4"X3"	u	1
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	24
H62	551418	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11300 Kg	u	4
A05	OPCION *1	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION	u	4
C41	OPCION *2	GRAPA DE RETENCION RECTA	u	4
A11	OPCION *3	AISLADOR TIPO POSTE	u	1
H120	OPCION *4	RETENCION PREFORMADA "Z"	u	1
C32	OPCION *5	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR	m	4
C06	OPCION *6	CONDUCTOR AAAC	m	4
E78	OPCION *7	CONECTOR CUÑA ACSR O AAAC	u	2
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	4

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

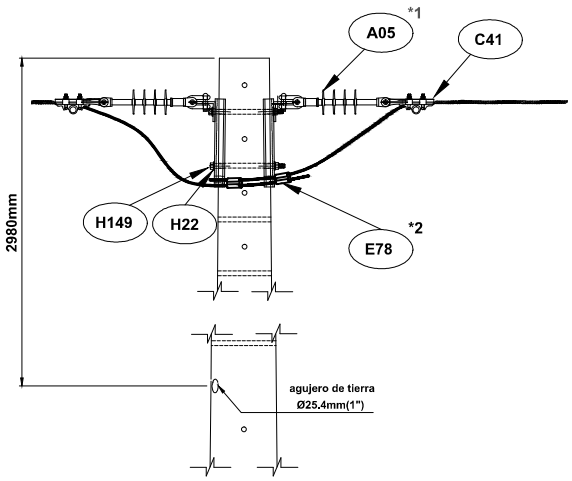
OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	441249	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION ANSI DS 15 70 kN	u	4
	458540	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSION ANSI DS 28 70 kN	u	4
2	450949	GRAPA DE RETENCION RECTA 1/0 AWG	u	4
	450950	GRAPA DE RETENCION RECTA 4/0 AWG - 266,8 MCM	u	4
3	436991	AISLADOR PORCELANA TIPO POSTE 13,2KV (ANSI-57.1)	u	1
	930954	AISLADOR COMPUESTO HIBRIDO 13,2 kV	u	1
4	437707	RETENCION PREF "Z" AIS 57/1-3 ACSR 1/0 AWG (AAAC 123.3 MCM)	u	1
	525794	RETENCION PREF "Z" AIS 57/1-3 ACSR 4/0 AWG (AAAC 246.9 MCM)	u	1
	808064	RETENCION PREF "Z" ACSR 1/0 AWG (AAAC 123.3 MCM) AISL. HIBRIDO	u	1
	808063	RETENCION PREF "Z" ACSR 4/0 AWG (AAAC 246.9 MCM) AISL. HIBRIDO	u	1
5	436978	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR 1/0 AWG(RAVEN)	m	4
	525748	CONDUCTOR AL-ACERO ACSR 4/0 AWG(PENGUIN)	m	4
6	930054	CONDUCTOR AAAC 123,3 MCM (AZUSA)	m	4
	930123	CONDUCTOR AAAC 246,9 MCM (ALLIANCE)	m	4
7	437596	CONECTOR CUÑA ACSR (P-1/0/D-1/0) O AAAC (P-123,3/D-123,3)	u	2
	525791	CONECTOR CUÑA ACSR (P-4/0/D-4/0) O AAAC (P-246,9/D-246,9)	u	2

Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

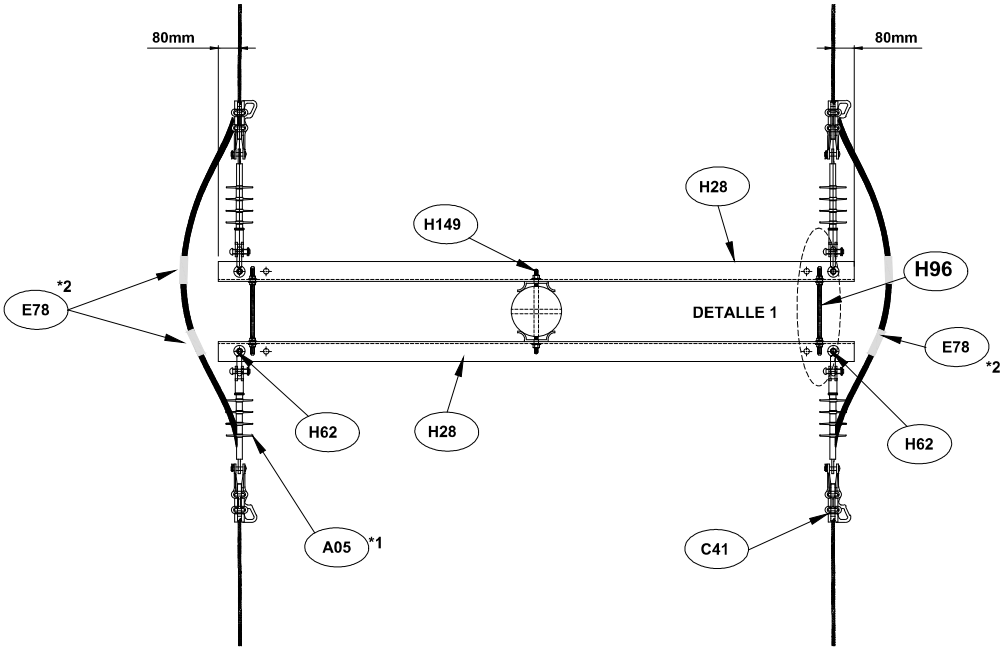
VISTA FRONTAL



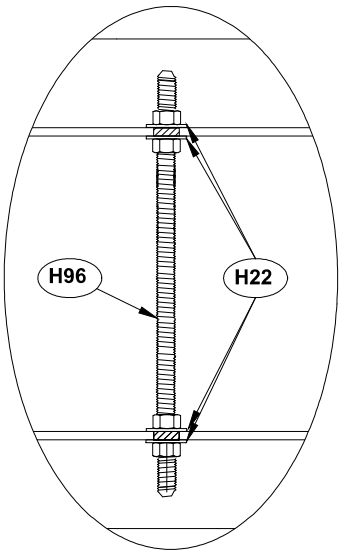
VISTA LATERAL



VISTA PLANTA



DETALLE 1 VISTA PLANTA



Notas:

***1 Aislamiento según tensión y condiciones ambientales**

***2 Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña**

energía que transforma	ESTRUCTURA TIPO HORIZONTAL BIFÁSICO ANCLAJE HASTA 60° 13.2 kV		FECHA / NOMBRE
		Aprobado	Mar-20 / W.Sanchez
		Última Revisión	Mar-20 / A.Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20 / S. Mesa
		CÓDIGO	MT 326
		REV.	HOJA 2/2

LISTADO DE MATERIALES

MT 336-13,2 KV.

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H28	551265	CRUCETA ANGULAR METÁLICA 1400 mm	u	2
H96	551282	PERNO ROSCA CORRIDA ACERO GALVANIZADO C 5/8" x12"	u	2
H22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	12
H62	551418	GRILLATE LARGO RECTO 5/8" 11300 Kg	u	4
A05	OPCION *1	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN	u	4
C41	OPCION *2	GRAPA DE RETENCION RECTRA	u	4
E78	OPCION *3	CONECTOR CUÑA ACSR O AAAC	u	4(2)*
H149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2

* Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña

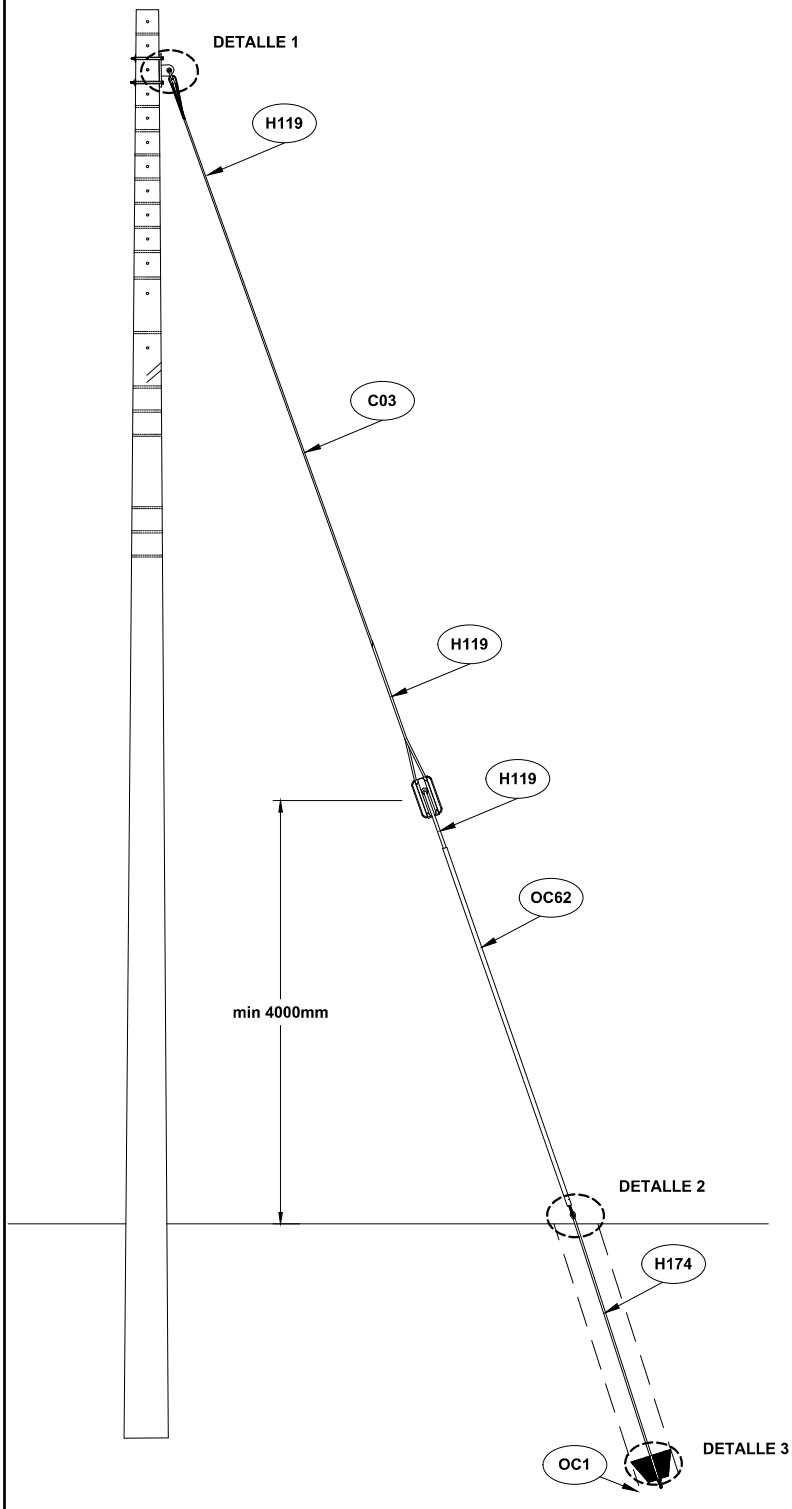
A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	441249	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN ANSI DS 15 70 KN.	u	4
	458540	AISLADOR COMPUESTO TIPO SUSPENSIÓN ANSI DS 28 70 KN.	u	4
2	450950	GRAPA DE RETENCION RECTA 4/0 AWG - 266,8 MCM	u	4
	450949	GRAPA DE RETENCION RECTA 1/0 AWG	u	4
3	437596	CONECTOR CUÑA ACSR (P-1/0/D-1/0) O AAAC (P-123,3/D-123,3)	u	4(2)*
	525791	CONECTOR CUÑA ACSR (P-4/0/D-4/0) O AAAC (P-246,9/D-246,9)	u	4(2)*

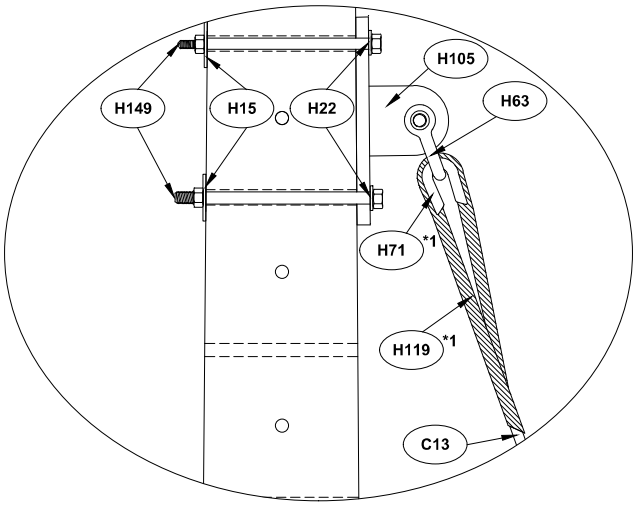
Este listado no incluye los materiales para el sistema de puesta a tierra, remitase a las normas de SPT

* Para zona de baja contaminación se acepta un solo conector cuña

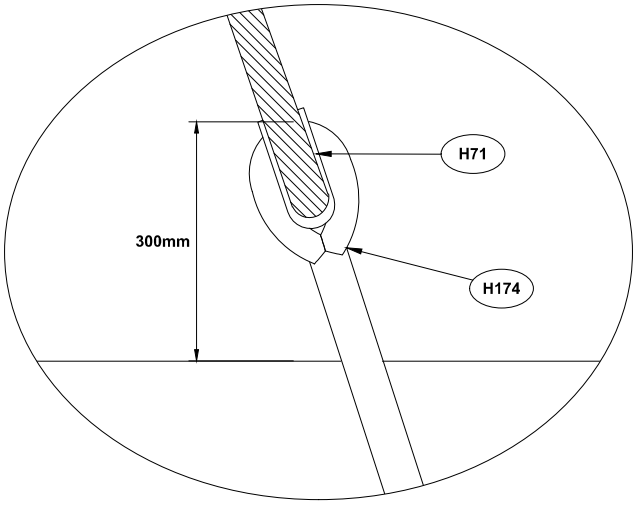
VISTA LATERAL



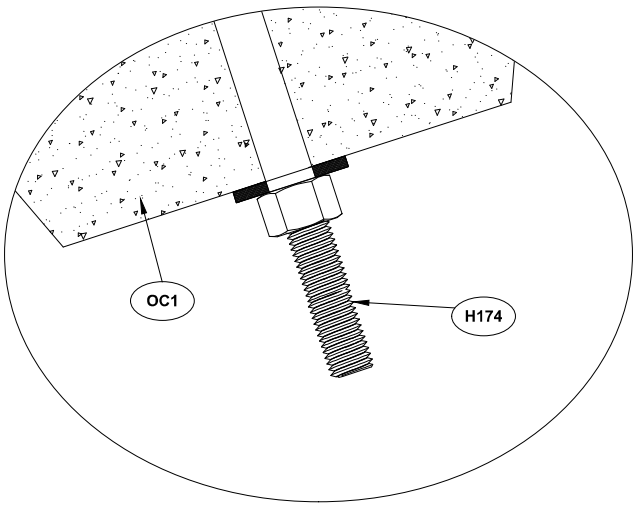
DETALLE 1



DETALLE 2



DETALLE 3



Air-e energía que transforma	RETENIDA DIRECTO A TIERRA		FECHA / NOMBRE
		Aprobado	Mar-20 / W. Sanchez
		Ultima Revisión	Mar-20 / A. Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20 / S. Mesa
		CÓDIGO	RT-003
		REV.	HOJA 1/2

LISTADO DE MATERIALES PARA POSTE MT

RT 003

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H 171	OPCION"1	VARILLA ANCLAJE DE OJO	u	1
C 13	OPCION "2	CABLE ACERO GALVANIZADO P/RETENIDA	m	12
H 71	OPCION "3	GUARDACABOS PARA RETENCION ACERO GAL	u	2
A 15	OPCION "4	AISLADOR DE PORCELANA TIPO TENSOR	u	1
H 119	OPCION "5	RETENCION PREFORMADA "TERMINAL"	u	4
OC 1	OPCION "6	ANCLA DE HORMIGON	u	1
H 105	458662	PLETINA SUJECION PARA RETENIDAS	u	1
H 22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	2
H15	441264	ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"	u	2
H 63	530875	GRILLETE NORMAL RECTO 7/8"	u	1
H 149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2
OC 62	OPCION "7	TUBO SEÑALIZACION Y PROTECCION	u	1

A continuación se desglosan los materiales marcados con opción:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	458479	VARILLA ANCLAJE DE OJO C.T. 3/4"X8'	u	1
	530635	VARILLA ANCLAJE DE OJO C.T. 1"X8'	u	1
2	434435	CABLE ACERO GALVANIZADO P/RETENIDA 3/8"	u	10 ó 12
	530631	CABLE ACERO GALVANIZADO P/RETENIDA 1/2"	u	12
3	458467	GUARDACABOS PARA RETENCION DE CABLE AC. GALV. 3/8"	u	2
	530881	GUARDACABOS PARA RETENCION DE CABLE AC. GALV 1/2"	u	2
4	707561	AISLADOR DE PORCELANA TIPO TENSOR ANSI 54-2	u	1
	707562	AISLADOR DE PORCELANA TIPO TENSOR ANSI 54-4	u	1
5	458466	RETENCION PREFORMADA TERMINAL CABLE DE ACERO 3/8"	u	4
	530882	RETENCION PREFORMADA "TERMINAL"CABLE AC-1/2"	u	4
6	808860	ANCLA PARA RETENIDA DE 3/8 SUELO FLOJO	u	1
	707868	ANCLA DE HORMIGON	u	1
7	813653	TUBO CERRADO SEÑALIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE RETENIDAS 25 MM	u	1
	813654	TUBO CERRADO SEÑALIZACION Y PROTECCIÓN DE RETENIDAS 32 MM	u	1

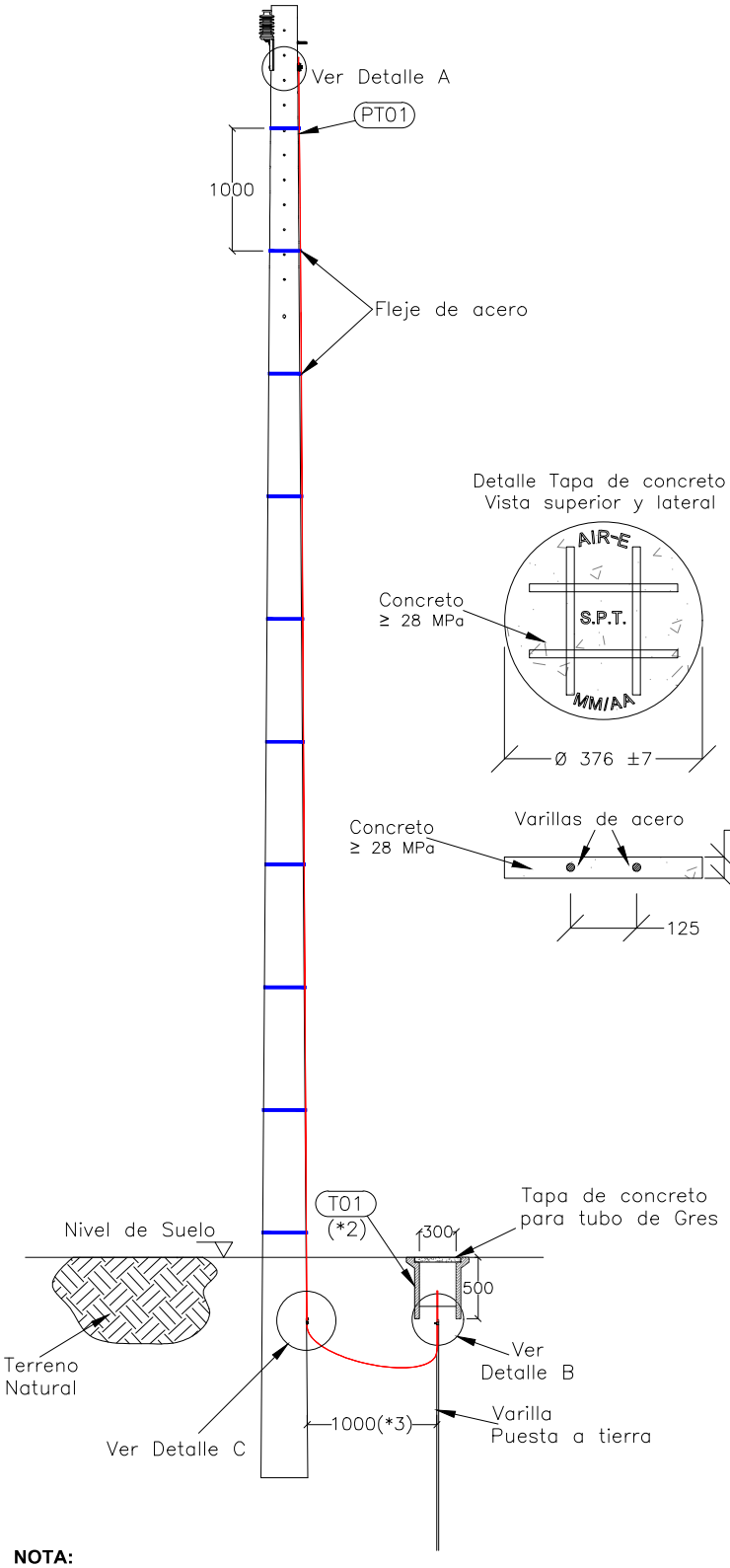
LISTADO DE MATERIALES PARA POSTE BT

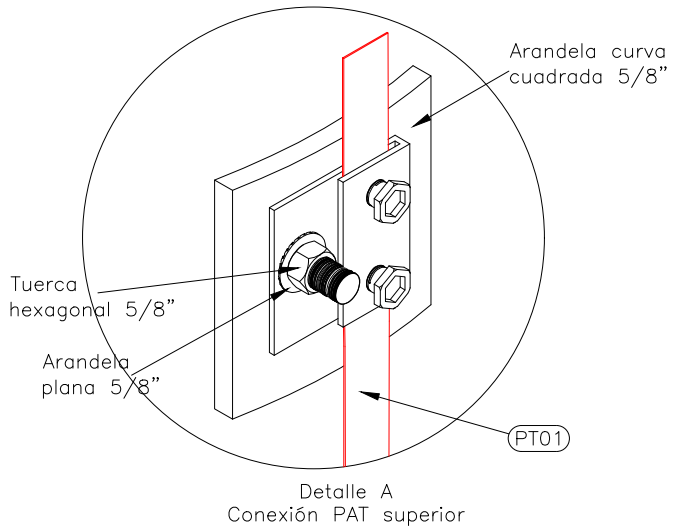
RT 003

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H 171	458479	VARILLA ANCLAJE DE OJO C.T. 3/4"X8'	u	1
C 13	434435	CABLE ACERO GALVANIZADO P/RETENIDA 3/8"	m	10
H 71	458467	GUARDACABOS PARA RETENCION DE CABLE AC. GALV. 3/8"	u	2
A 15	707561	AISLADOR DE PORCELANA TIPO TENSOR ANSI 54-2	u	1
H 119	458466	RETENCION PREFORMADA TERMINAL CABLE DE ACERO 3/8"	u	4
OC 1	OPCION"1	ANCLA DE HORMIGON	u	1
H 105	458662	PLETINA SUJECION PARA RETENIDAS	u	1
H 22	440944	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"	u	2
H15	441264	ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"	u	2
H 63	530875	GRILLETE NORMAL RECTO 7/8"	u	1
H 149	437651	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON TUERCA 5/8" x 12"	u	2
OC 62	813653	TUBO CERRADO SEÑALIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE RETENIDAS 25 MM	u	1

A continuación se desglosan los materiales marcados con opción:

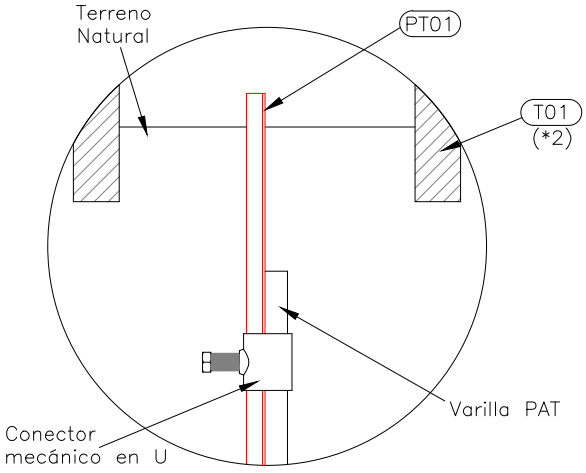
OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	808860	ANCLA PARA RETENIDA DE 3/8 SUELO FLOJO	u	1
	707868	ANCLA DE HORMIGON	u	1



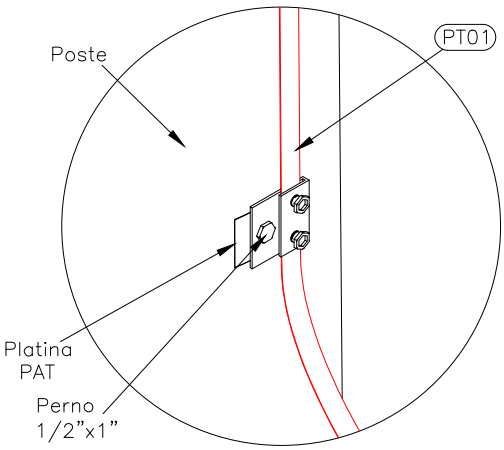


Detalle A
Conexión PAT superior

Detalle Tapa de concreto
Vista superior y lateral



Detalle B
Conexión Varilla PAT–Fleje



Detalle C
Conexión PAT inferior

NOTA:

1. **Medidas dadas en milímetros.**
2. **El tubo de gres será de 12 pulgadas de diámetro interno con tapa de concreto.**
3. **Si la cimentación es directa, la distancia se medirá desde la superficie del poste.**
4. **La dimensión "A" depende del fabricante de tubería de gres.**

energía que transforma	**SISTEMA PUESTA A TIERRA EN ACERO AUSTENÍTICO PARA MEDIA TENSIÓN**		**FECHA**	**NOMBRE**
		Aprobado	**Mar-20**	**W. Sanchez**
		Ultima Revisión	**Mar-20**	**A. Giraldo**
		Dibujó	**Mar-20**	**S. Mesa**
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN	**CÓDIGO**	**SPT 001**	
		REV.	**HOJA**	**1/2**

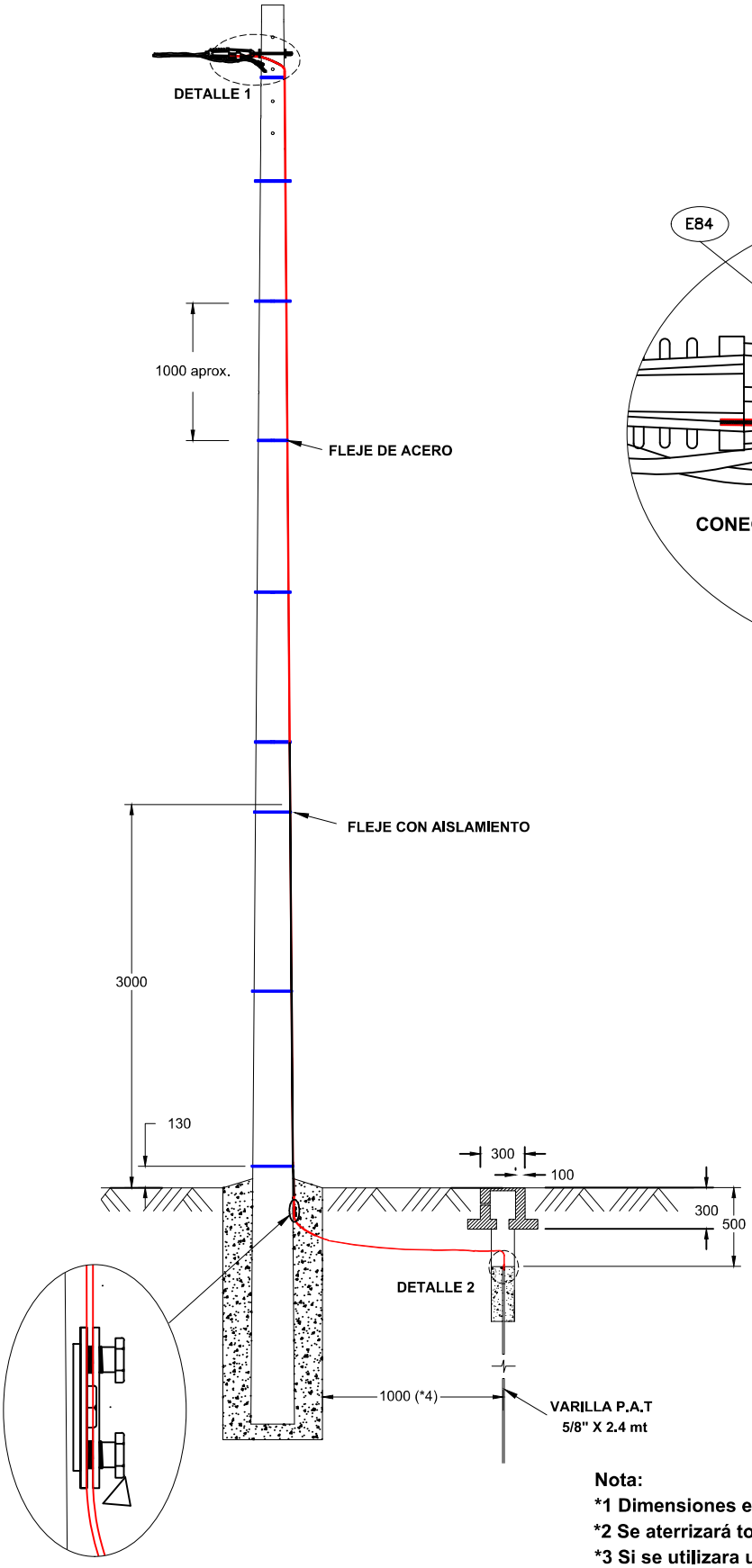
LISTADO DE MATERIALES

SIMBOLO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN MATERIAL	UNIDAD	CANT
PT01	OPCIÓN 1	KIT SPT EN ACERO AUSTENITICO PARA MEDIA TENSIÓN	u	1
T01	090501	TUBO DE GRES VITRIFICADO Ø 12" x 50 cm CON TAPA	u	1

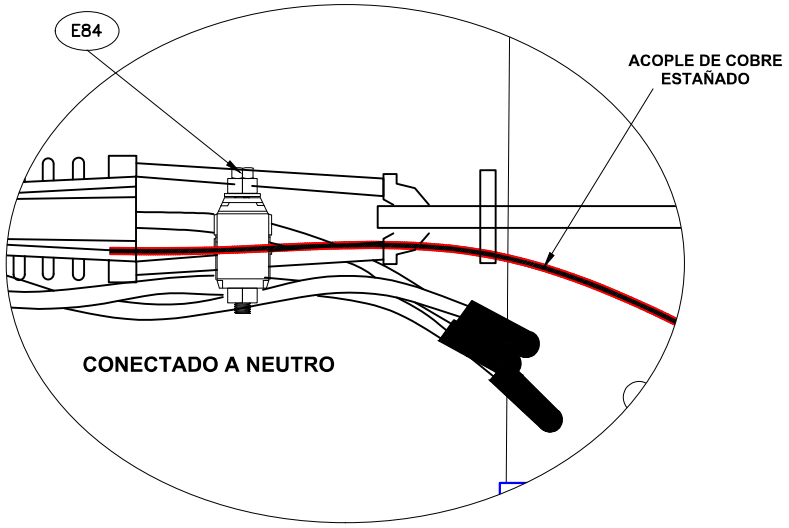
A continuación se desglosan los materiales marcados con la opción:

OPCIÓN	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	917369	KIT SPT EN ACERO AUSTENITICO MEDIA TENSIÓN EN POSTE 12 m	u	1
	808485	KIT SPT EN ACERO AUSTENITICO MEDIA TENSIÓN EN POSTE 14 m	u	1

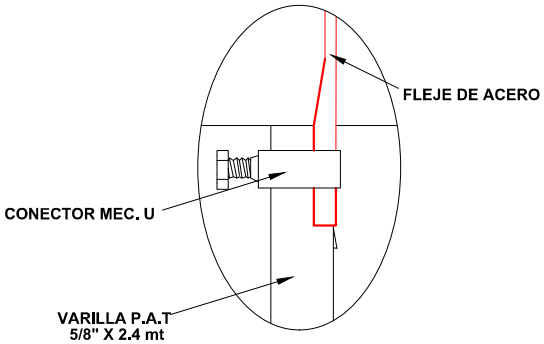
VISTA LATERAL



DETALLE 1



DETALLE 2



Nota:

*1 Dimensiones en milímetros.

*2 Se aterrizará todos los fines de línea de la red de baja tensión.

*3 Si se utilizara un registro de forma cilíndrica será de diámetro de 300mm.

*4 Si la cimentación es directa la distancia se medirá desde la superficie del poste.

energía que transforma	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN ACERO AUSTENITICO PARA BAJA TENSIÓN		FECHA / NOMBRE
		Aprobado	Mar-20 / W. Sanchez
		Ultima Revisión	Mar-20 / A. Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20 / S. Mesa
		CÓDIGO	SPT 007
		REV.	HOJA 1/2

UNIDADES CONSTRUCTIVAS ASOCIADA A ESTA ESTRUCTURA

UNIDAD CONSTRUCTIVA PARA SPT		
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.
	KIT PUESTA A TIERRA EN ACERO AUSTENITICO POSTE MT 9m	1
UNIDADES CONSTRUCTIVAS PARA SELECCIONAR CONECTOR DE PERFORACIÓN		
	DERIVACIÓN BT CONECTOR DE PERFORACIÓN UNA SALIDA (2-1/0 / 2-1/0)	1
	DERIVACIÓN BT CONECTOR DE PERFORACIÓN UNA SALIDA (1/0-4/0 /1/0-4/0)	1
UNIDAD CONSTRUCTIVAPARA MANO DE OBRA DE LA ESTRUCTURA		
	M.O. INSTALACIÓN P.A.T EN POSTE MT/BT EN ACERO AUSTENITICO	1

NOTA: La unidad constructivas de mano de obra comprende la totalidad del montaje de estructura

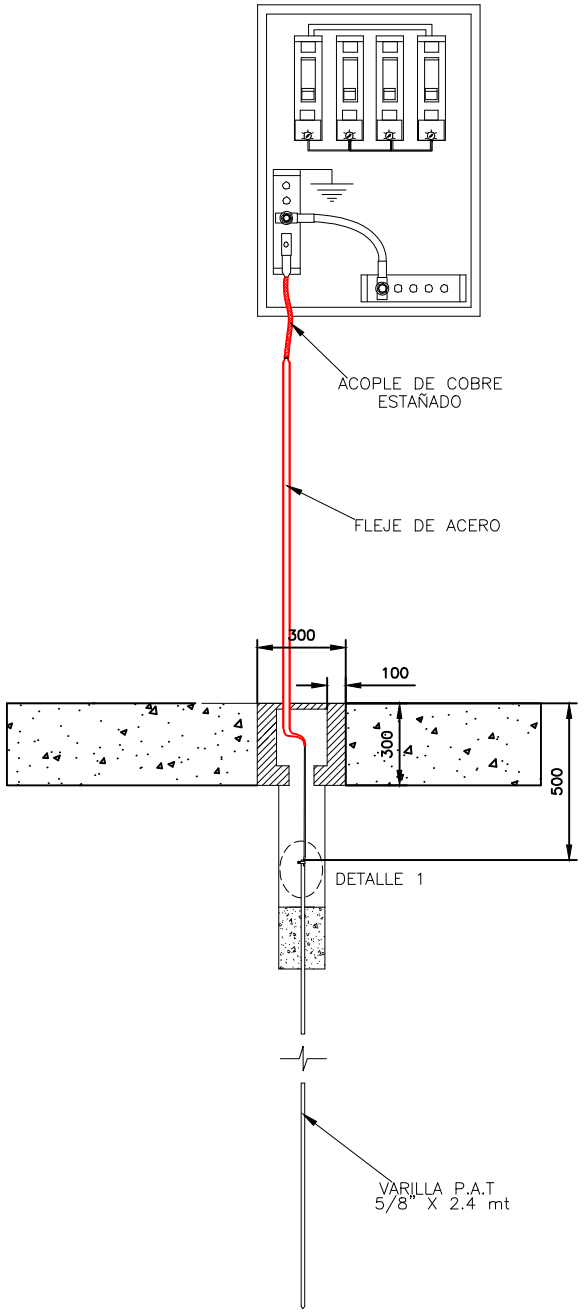
LISTADO DE MATERIALES **SPT 007**

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
PT 04	931570	KIT SPT EN ACERO AUSTENITICO BAJA TENSION POSTE DE 9 M	u	1
E 84	OPCION *1	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA	u	1

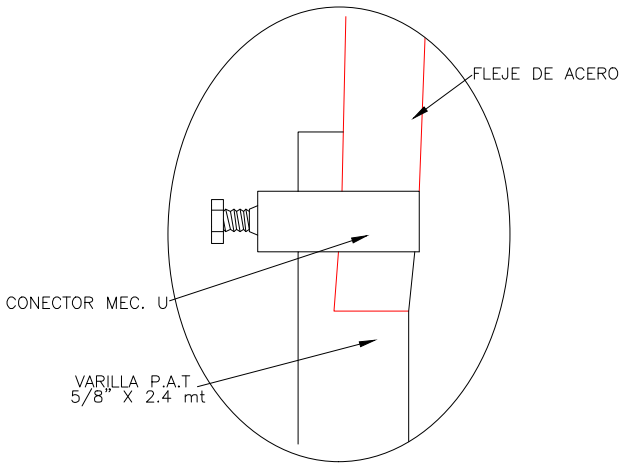
A continuación se desglosan los materiales marcados con opción:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	703753	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA 1/0-4/0 / 1/0-4/0	u	1
	703751	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA 2-1/0 / 2-1/0	u	1

VISTA GENERAL



DETALLE 1



Nota:
***1 Dimensiones en milímetros.**

energía que transforma	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN ACERO AUSTENITICO DOMICILIARIO		FECHA / NOMBRE
		Aprobado	Mar-20 / W. Sanchez
		Ultima Revisión	Mar-20 / A. Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20 / S. Mesa
		CÓDIGO	SPT 009
		REV.	HOJA 1/2

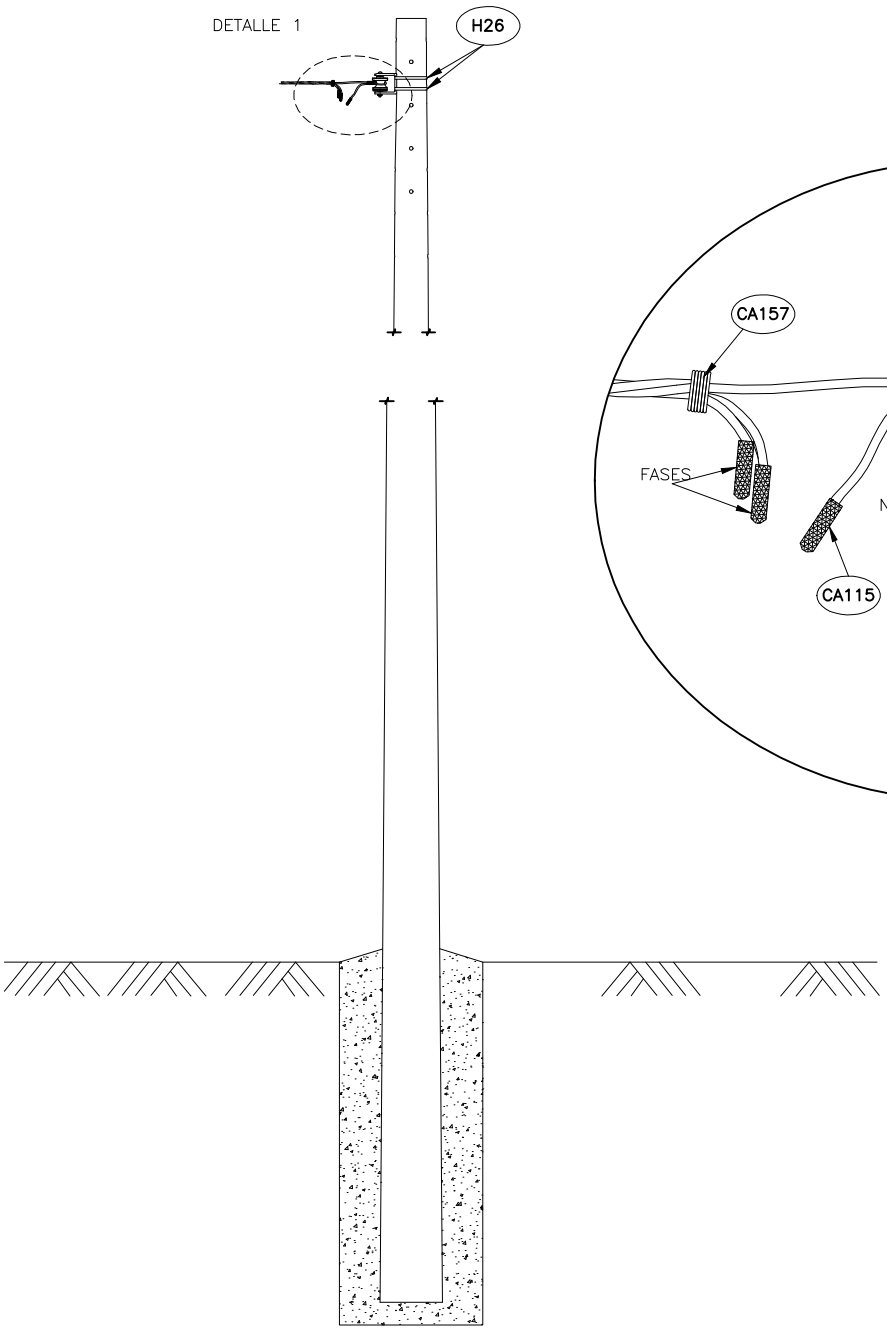
LISTADO DE MATERIALES

SPT 009

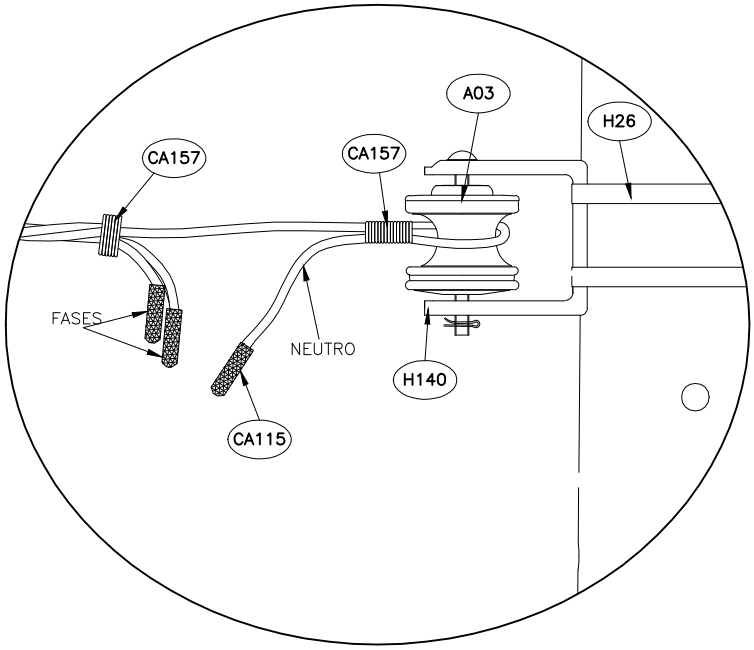
SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
PT 05	931716	KIT SPT ACERO AUSTENITICO DOMICILIARIO	u	1

			FECHA	NOMBRE
energía que transforma	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA EN ACERO AUSTENITICO DOMICILIARIO	Aprobado	Mar-20	W. Sanchez
		Ultima Revisión	Mar-20	A. Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20	S. Mesa
		CÓDIGO	SPT 009	
		REV.	HOJA	2/2

VISTA FRONTAL



DETALLE 1



RED TRENZADA BT FIN DE LINEA CON AISLADOR CARRETE		FECHA / NOMBRE
	Aprobado	MAR.20 / W.S.E
	Ultima Revisión	MAR.20 / W.S.E
ESTRUCTURAS LINEAS AEREAS DE BAJA TENSION	NORMA	BT 11
	REV.	HOJA 1/2

energía que transforma

UNIDADES CONSTRUCTIVAS ASOCIADAS A ESTA ESTRUCTURA

Unidades Constructivas para Armado BT		
CODIGO	DESCRIPCION	CANT
1314301020	ARM BT (RT) FIN DE LINEA, ALIN Y ANG HASTA 60º CON AISL	1
1315301300	SELLAMIENTO CON TAPON PARA LINEA B.T. #2 - 4/0 AWG	3 ó 4
1305335030	AMARRA CABLE CON ALAMBRE DE AL No 8 AWG AISLADO 600 V	4
Unidad Constructiva para Mano de Obra de la Estructura		
5214302010	M.O. MONTAJE ARM BT (RT) FIN DE LINEA, ALIN Y ANG HASTA 60º CON AISL	1

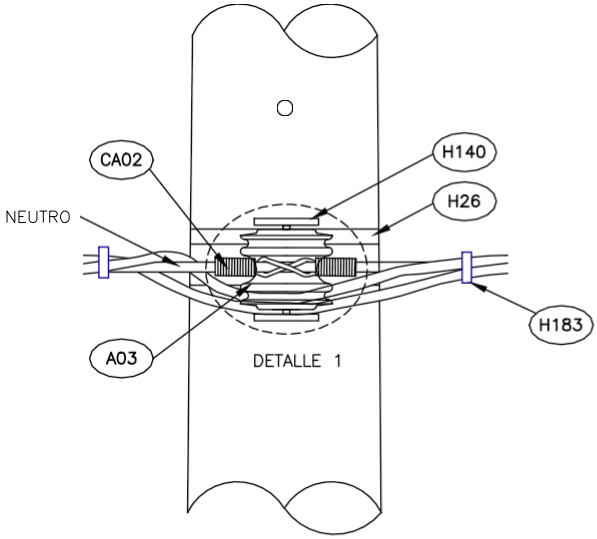
Nota: La unidad constructiva de mano de obra comprende la totalidad del montaje de la estructura

LISTADO DE MATERIALES

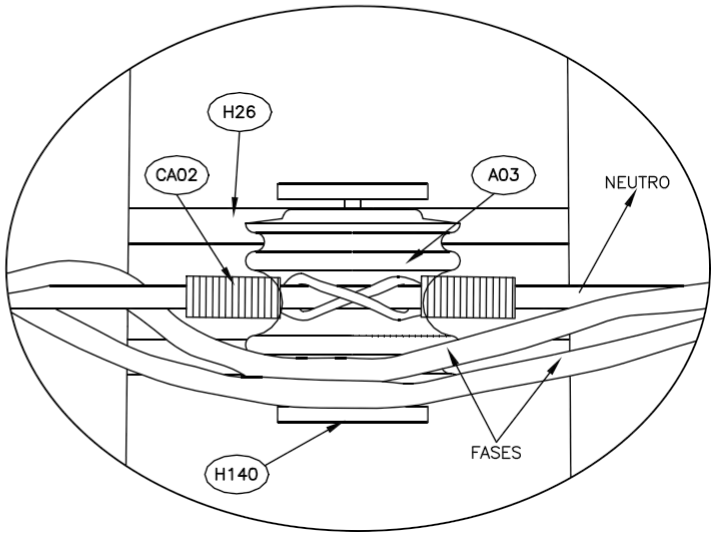
BT 11

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H 26	475368	CINTA ACERO INOXIDABLE 19 mm (3/4")	m	2
H 140	437806	SOPORTE HORQUILLA PARA AISLADOR TIPO CARRETE	u	1
A 03	437805	AISLADOR PORCELANA CARRETE (ANSI 53-2)	u	1
H 183	525640	BRIDA DE SUJECCION HASTA 100 MM	u	2
H 73	704164	HEBILLA ACERO INOXIDABLE PARA CINTA 19 mm (3/4")	u	2
CA 115	465138	TAPON SELLADOR P/CABLE #2 - 4/0 AWG 600V	u	3 ó 4
CA 157	808488	ALAMBRE DE ALUMINIO No 8 AISLADO 600 V	m	4

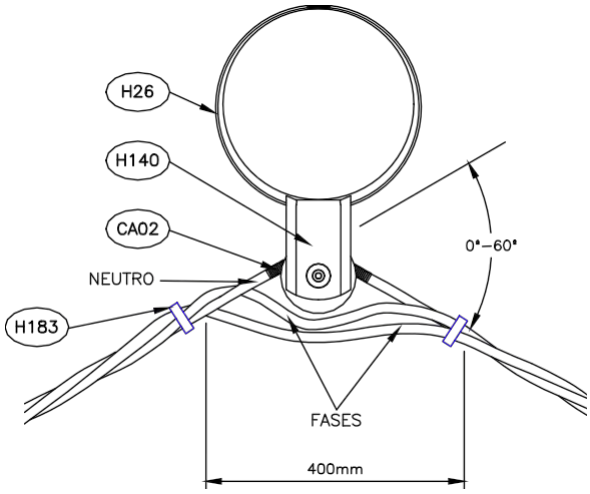
VISTA FRONTAL



DETALLE 1



VISTA PLANTA



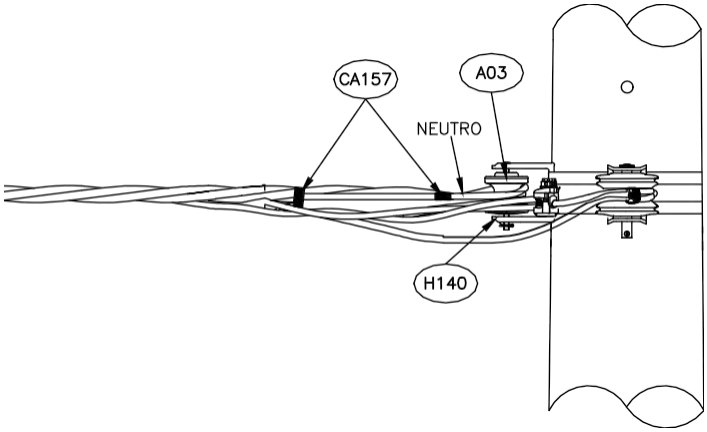
energía que transforma	RED TRENZADA BT ALINEACIÓN Y ÁNGULO HASTA 60° CON AISLADOR CARRETE		FECHA / NOMBRE
		Aprobado	Mar-20 / W. Sánchez
		Ultima Revisión	Mar-20 / A. Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE BAJA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20 / S. Mesa
		CÓDIGO	BT 12
		REV.	HOJA 1/2

LISTADO DE MATERIALES

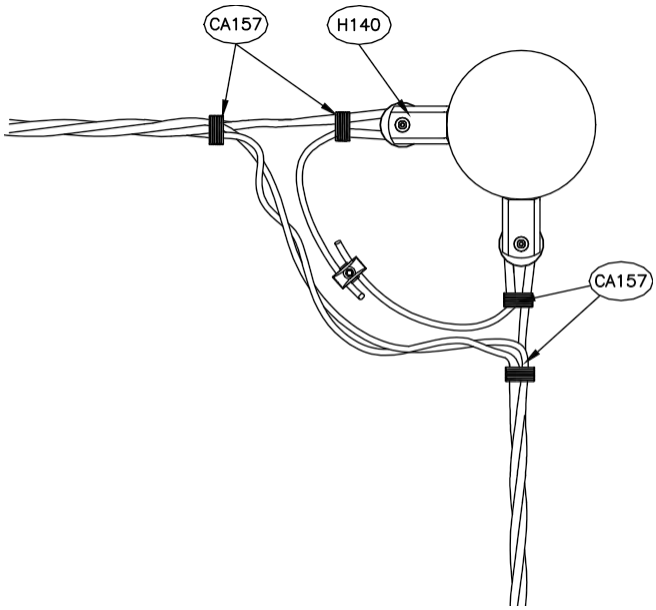
BT 12

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H 26	475368	CINTA ACERO INOXIDABLE 19 mm (3/4")	m	2
H 140	437806	SOPORTE HORQUILLA PARA AISLADOR TIPO CARRETE	u	1
A 03	437805	AISLADOR PORCELANA CARRETE (ANSI 53-2)	u	1
H 183	525640	BRIDA DE SUJECCION HASTA 100 MM	u	2
H 73	704164	HEBILLA ACERO INOXIDABLE PARA CINTA 19 mm (3/4")	u	2
CA 157	808488	ALAMBRE DE ALUMINIO No 8 AISLADO 600 V	m	2

VISTA FRONTAL



VISTA PLANTA



energía que transforma	RED TRENZADA BT ANGULO 60º - 90º CON AISLADOR CARRETE		FECHA	NOMBRE
		Aprobado	Mar-20	W. Sánchez
		Ultima Revisión	Mar-20	A. Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE BAJA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20	S. Mesa
		CÓDIGO	BT 15	
		REV.	HOJA	1/2

LISTADO DE MATERIALES

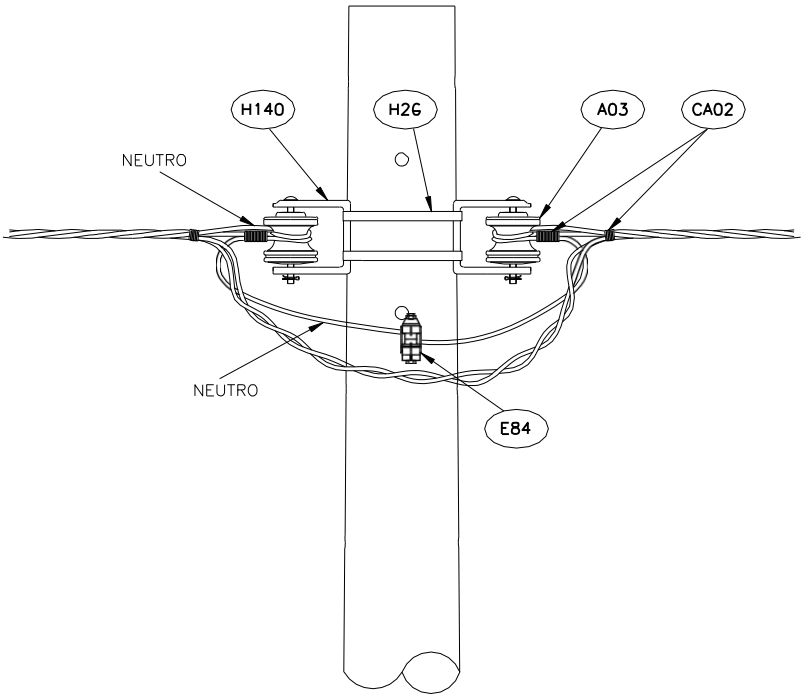
BT 15

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H 26	475368	CINTA ACERO INOXIDABLE 19 mm (3/4")	m	2
H 140	437806	SOPORTE HORQUILLA PARA AISLADOR TIPO CARRETE	u	2
A 03	437805	AISLADOR PORCELANA CARRETE (ANSI 53-2)	u	2
H 73	704164	HEBILLA ACERO INOXIDABLE PARA CINTA 19 mm (3/4")	u	2
CA 157	808488	ALAMBRE DE ALUMINIO No 8 AISLADO 600 V	m	8
E 84	OPCION *1	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA	u	1

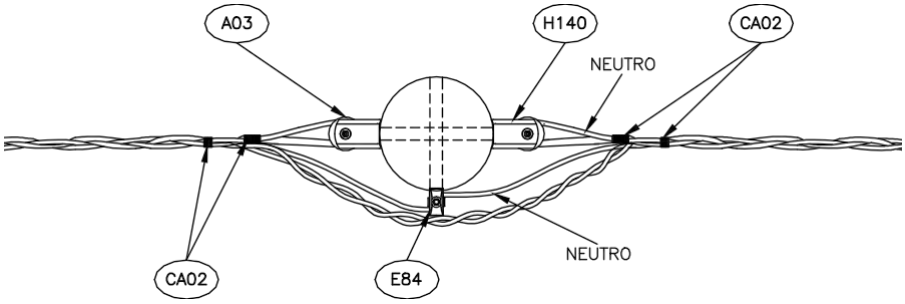
A continuación se desglosan los materiales marcados con opción:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	703753	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA 1/0-4/0 / 1/0-4/0	u	1
	703751	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA 2-1/0 / 2-1/0	u	1

VISTA FRONTAL



VISTA PLANTA



Air-e energía que transforma	RED TRENZADA BT ANCLAJE 60º A 90º CON AISLADOR CARRETE		FECHA	NOMBRE
		Aprobado	Mar-20	W. Sanchez
		Ultima Revisión	Mar-20	A. Giraldo
	ESTRUCTURAS LÍNEAS AÉREAS DE BAJA TENSIÓN	Dibujó	Mar-20	S. Mesa
		CÓDIGO	BT 16	
		REV.	HOJA	1/2

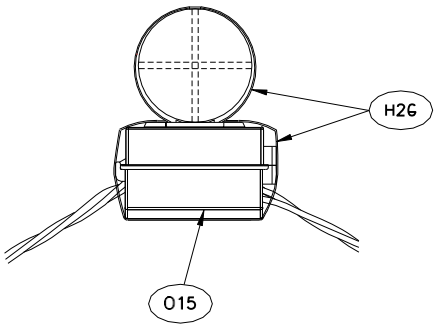
LISTADO DE MATERIALES **BT 16**

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
H 26	475368	CINTA ACERO INOXIDABLE 19 mm (3/4")	m	2
H 140	437806	SOPORTE HORQUILLA PARA AISLADOR TIPO CARRETE	u	2
A 03	437805	AISLADOR PORCELANA CARRETE (ANSI 53-2)	u	2
H 73	704164	HEBILLA ACERO INOXIDABLE PARA CINTA 19 mm (3/4")	u	2
CA 157	808488	ALAMBRE DE ALUMINIO No 8 AISLADO 600 V	m	8
E 84	OPCION *1	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA	u	1

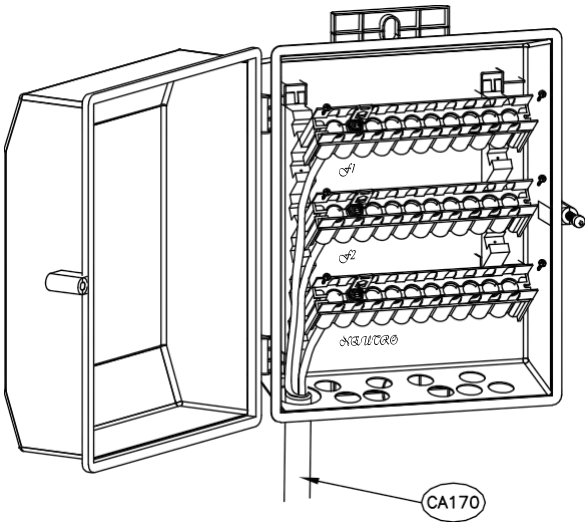
A continuación se desglosan los materiales marcados con opción:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	703753	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA 1/0-4/0 / 1/0-4/0	u	1
	703751	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA 2-1/0 / 2-1/0	u	1

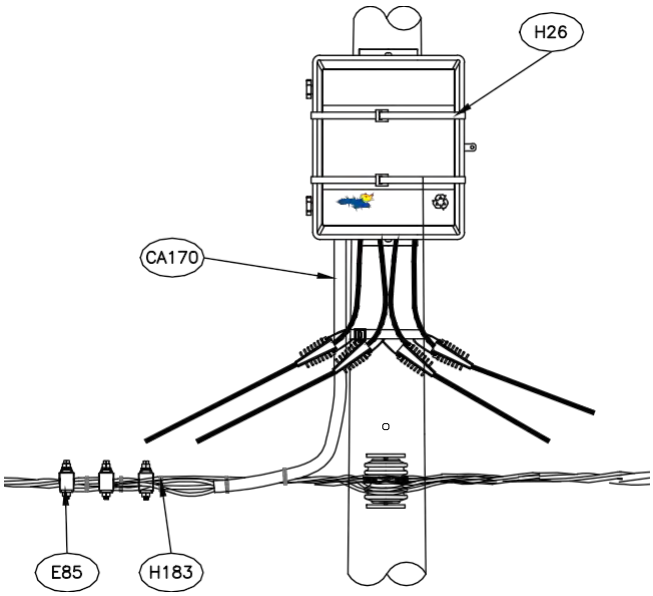
VISTA PLANTA



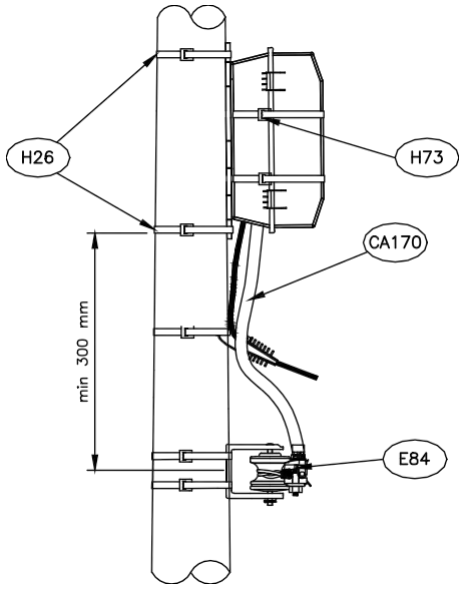
CONEXION ALIMENTACION CAJA



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



energía que transforma	MONTAJE CAJA DE DERIVACION EN POSTE		FECHA / NOMBRE
		Aprobado	Mar-20 / W. Sanchez
		Ultima Revisión	Mar-20 / A. Giraldo
	ESTRUCTURAS LINEAS AEREAS DE BAJA TENSION	Dibujó	Mar-20 / S. Mesa
		CÓDIGO	BT 01
		REV.	HOJA 1/2

LISTADO DE MATERIALES

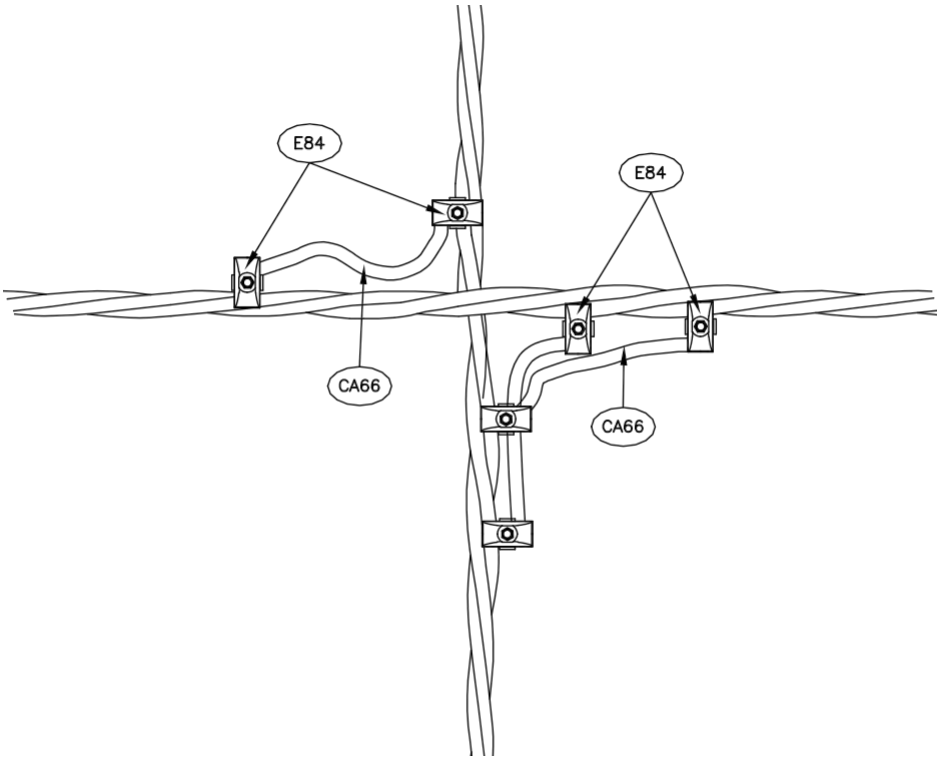
BT 01

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
O15	OPCIO *1	CAJA DERIVACION	u	1
CA 170	OPCIO *2	CONDUCTOR CONCENTRICO DE ALUMINIO	m	2
H 26	475368	CINTA ACERO INOXIDABLE 19 mm (3/4")	m	2
H183	525640	BRIDA DE SUJECCION HASTA 100 MM	u	2
H 73	704164	HEBILLA ACERO INOXIDABLE PARA CINTA 19 mm (3/4")	u	2
E 85	709901	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA (2-1/0 / 2-1/0)	u	3 ó 4

A continuación se desglosan los materiales marcados con las diferentes opciones:

OPCION	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
1	465076	CAJA TIPO INTEMPERIE MONOFASICA PARA 4 ACOMETIDAS	u	1
	551558	CAJA DERIVACION MONOFASICA 9 PUESTOS 1000V	u	1
	474101	CAJA DERIVACION TRIFASICA PARA 4 ACOMETIDAS	u	1
	551559	CAJA DERIVACION TRIFASICA 9 PUESTOS 1000V	u	1
2	808481	CONDUCTOR CONCENTRICO DE ALUMINIO 3X#2 AWG	u	1,5
	808480	CONDUCTOR CONCENTRICO DE ALUMINIO 4X#2 AWG	u	1,5

VISTA PLANTA



		FECHA	NOMBRE
CRUCE AEREO PUENTE ENTRE REDES AEREAS	Aprobado	Mar-20	W. Sanchez
	Ultima Revisión	Mar-20	A. Giraldo
ESTRUCTURAS LINEAS AEREAS DE BAJA TENSION	Dibujó	Mar-20	S. Mesa
	CÓDIGO	BT 02	
	REV.	HOJA	1/2

SE SELECCIONARÁN LOS MATERIALES DE ACUERDO AL CALIBRE DEL CONDUCTOR

TRIPLEX # 2 AWG

BT 02

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
CA66	458523	CONDUCTOR TRENZADO DE AL "TRIPLEX" # 2 NEUTRO FIADOR AAAC # 2	m	2
E 84	709901	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA (2-1/0 / 2-1/0)	u	3

TRIPLEX 1/0 AWG

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
CA66	458524	CONDUCTOR TRENZADO DE AL "TRIPLEX" 1/0 NEUTRO FIADOR AAAC 1/0	m	2
E 84	709901	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA (2-1/0 / 2-1/0)	u	3

TRIPLEX 4/0 AWG

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
CA66	458525	CONDUCTOR TRENZADO DE AL "TRIPLEX" 4/0 NEUTRO FIADOR AAAC 4/0	m	2
E 84	703753	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA CP1 (1/0 – 4/0 / 1/0 – 4/0)	u	3

CUADRUPLEX 1/0 AWG

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
CA66	691347	CONDUCTOR TRENZADO DE AL "CUADRUPLEX" 1/0 NEUTRO FIADOR AAAC 1/0	m	2
E 84	709901	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA (2-1/0 / 2-1/0)	u	4

CUADRUPLEX 4/0 AWG

SIMBOLO	CODIGO	DESCRIPCION MATERIAL	UNIDAD	CANT
CA66	458526	CONDUCTOR TRENZADO DE AL "CUADRUPLEX" 4/0 NEUTRO FIADOR AAAC 4/0	m	2
E 84	703753	CONECTOR DE PERFORACION UNA SALIDA CP1 (1/0 – 4/0 / 1/0 – 4/0)	u	4

INDICE DE CONTENIDO

NPC-0000.ASPECTOS GENERALES 3
NPC-0001.INTRODUCCIÓN. 3
NPC-0002.FUNDAMENTOS. 3
NPC-0003.SEGURIDAD. 3
NPC-000301. Prácticas en distribución de energía eléctrica. 3
NPC-000302. Reportes de daños y de condiciones peligrosas. 9
NPC-000303. Uso de extinguidores. 10
NPC-0004.HERRAMIENTAS 10
NPC-000401. Aspectos Generales 10
NPC-000402. Herramientas Personales. 10
NPC-000403. Herramientas del Grupo de Trabajo. 13
NPC-000404. Herramientas especiales para trabajos en líneas energizadas 15
NPC-000405. Señales. 16
NPC-0005.DISPOSICION GENERAL DEL TRABAJO. 17
NPC-000501. Asignación de los Sitios de Trabajo. 17
NPC-0006.NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES 17
NPC-0100.REDES AEREAS. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION. ASPECTOS ESPECIFICOS.....18
NPC-0101.APOYOS. 18
NPC-010101. Apertura de Huecos. 18
NPC-010102. Manipulación de postes. 18
NPC-010103. Izaje de postes en sitio. 19
NPC-0102.RETENIDAS. 20
NPC-010201. Anclaje de Postes. 20
NPC-010202. Retenidas Poste a Poste. 21
NPC-0103.CONJUNTOS. 23
NPC-010301. Conjuntos de Baja Tensión. 23
NPC-010302. Conjuntos de Media Tensión. 24
NPC-0104.CONDUCTORES. 25
NPC-010401. Conductores de Baja Tensión. 26
NPC-010402. Conductores de Media Tensión. 30
NPC-0105.ILUMINACION. 34
NPC-010501. Luminarias. 34
NPC-010502. Accesorios. 34
NPC-0106. 35
NPC-0107.PROTECCIONES. 35
NPC-010701. Cortacircuitos. 35
NPC-010702. Descargadores de sobretensiones. 36
NPC-0108.REDES AEREAS - MEDICIONES. 36
NPC-010801. Baja Tensión. 36
NPC-010802. Mediciones Exteriores - Media Tensión. 37

NPC-0200.REDES SUBTERRÁNEAS 38
NPC-0201.OBRAS CIVILES. ASPECTOS ESPECIFICOS. 38
NPC-020101. Canalización. 39
NPC-020102. Cámaras de Baja Tensión. 40
NPC-020103. Cámaras de Media Tensión. 41
NPC-0202.CONDUCTORES. 42
NPC-020201. ASPECTOS ESPECIFICOS. 42
NPC-0203.ILUMINACION. ASPECTOS ESPECIFICOS 47
NPC-020301. Luminarias y Accesorios. 47
NPC-020302. Proyectores. 48

NORMAS PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS(NPC)

NPC-0000. ASPECTOS GENERALES

NPC-0001. INTRODUCCIÓN.

El propósito de este capítulo normativo es dejar establecidos unos principios generales relativos a los trabajos de construcción de redes eléctricas en media y baja tensión que sirvan a los diferentes agentes que en ellos intervienen como guía para la planeación, realización y supervisión de las tareas específicas en un medio relativamente hostil como son las vías públicas y frente a riesgos potenciales como la exposición a diferentes niveles de tensión, la altura en que se trabajan algunos aspectos de la construcción de redes eléctricas y el transporte y la manipulación de herrajes, materiales y equipos pesados, punzantes y/o afilados, etc.

NPC-0002. FUNDAMENTOS.

La construcción de redes eléctricas en media y baja tensión implica el conocimiento y la práctica de:

a) Los fundamentos de la electricidad;

b) Las normas de diseño y de materiales;

c) Los ordenamientos de la planeación de los trabajos;

d) Los procedimientos constructivos apropiados y

e) Las reglas de seguridad.

Con estos elementos es posible entender los propósitos de la construcción y deducir de manera lógica las causas y los efectos de todo el proceso.

Los siguientes apartes buscan familiarizar ó llamar la atención sobre los aspectos más relevantes que deben ser tenidos en cuenta, en el entendido de que el personal de construcción tiene la fundamentación apropiada en cuestiones de electricidad y de seguridad y su actividad principal está orientada hacia la construcción de redes eléctricas exteriores (aéreas y subterráneas) en media y en baja tensión.

NPC-0003. SEGURIDAD.

NPC-000301. Prácticas en distribución de energía eléctrica.

Los trabajadores dedicados a la construcción de redes eléctricas de cualquier naturaleza deben adquirir el hábito de ser cautelosos, de colocar señales indicativas de los trabajos y de vigilar a sus compañeros ó a terceros que puedan estar en situaciones comprometidas.

No deben trabajar con líneas energizadas si no están calificados apropiadamente para ello a menos que estén dirigidos y supervisados por una persona calificada y de experiencia, que tenga autoridad específica para hacerlo.

Quienes tengan que trabajar en líneas energizadas deben usar todas las salvaguardas posibles para prevenir accidentes propios o de terceros, utilizando conforme a los instructivos específicos las herramientas y las protecciones para aislar a las personas y a los objetos que pueden estar involucrados, según las tensiones de las líneas energizadas que se estén manejando.

NPC-00030101. Dotación de ropa y de calzado de trabajo.

Los trabajadores deben usar un vestido confortable pero ajustado cuando trabajan en redes y equipos energizados o en maquinaria en movimiento como una de las prácticas de seguridad. Deben mantener extendidas y abotonadas las mangas de la camisa, que deben ser siempre largas. No se deben usar overoles ni prendas sueltas.

Los zapatos deben ser del tipo bota de cuero o de caucho pero siempre con suela de material aislante de caucho o de neopreno con diseño antideslizante.

NPC-00030102. Levantamiento de cargas pesadas.

A fin de evitar lesiones musculares y traumáticas de la columna vertebral deben observarse las siguientes prácticas para el levantamiento de cargas pesadas:

a) No se deben levantar desde posiciones inseguras o cuando tenga que hacerse girar el tronco;

b) Se han de mantener los pies separados a fin de que se tenga una fundación sólida;

c) Debe mantenerse la espalda lo más vertical posible; doblando las rodillas, al momento de levantar el peso;

d) Deben utilizarse los músculos de brazos y piernas;

e) Se debe suspender el proceso si hay riesgo de lesión cuando se está elevando un peso hasta cuando se pueda recibir ayuda. Si es necesario utilícense malacates o grúas;

f) Utilice guantes ó almohadillas para el manejo de materiales.

g) Nunca se deben mover cargas que impidan la visión durante el desplazamiento;

NPC-00030103. Transporte de Equipos y Materiales.-

Los materiales y equipos que se transportan en los vehículos de trabajo deben ser acomodados de tal manera que no se rueden, se caigan u obstaculicen la visibilidad del conductor. Aquellos que por su volumen o condiciones particulares puedan quedar inestables deben ser amarrados a soportes fijos del interior del vehículo.

Cuando se transportan materiales que se proyectan por fuera del campo del vehículo tales como postes o plumas de grúa en los extremos expuestos deben colocarse banderas rojas durante el día y luces intermitentes en la noche. Cuando se doblan esquinas deberá tenerse extremo cuidado de que la posición proyectada de la carga no entre en contacto con personas ó propiedades. Si es necesario, debe enviarse un operario auxiliar para vigilar el paso del vehículo hasta cuando se haya doblado exitosamente la esquina.

Los materiales y las herramientas deben ser cuidadosamente guardados en los estantes del camión de tal manera que no estén propensas a caerse ó a permanecer sueltas.

Las partes con punta de las herramientas o equipos deben protegerse con bandas de caucho para evitar daños o deterioros a los diferentes elementos que puedan entrar en contacto con aquellos.

Por regla general no deben mezclarse las herramientas del grupo ni las personales con materiales, equipos y personal durante el transporte.

NPC-00030104. Desconexión de seccionadores y cortacircuitos.

Las desconexiones y aperturas de seccionadores y cortacircuitos en líneas de media tensión no deben ser realizadas sino por medio de pértigas o por mecanismos de palanca previstos al efecto. Para prevenir choques eléctricos accidentales deben usarse en la operación guantes de caucho aislados para la tensión en que se trabaja.

Cuando un liniero va a abrir fusibles, a romperlos o a desconectar cortacircuitos o cualquier aparato que tenga probabilidad de hacer un arco eléctrico, debe, además, proteger sus ojos con anteojos especiales de seguridad o voltear la cara y proteger sus ojos y cara con el brazo. Deben usarse guantes de caucho y pértiga aislados a la tensión de la línea en la se que trabaja y estar amarrado al poste con la correa de seguridad. Si la maniobra de conexión y desconexión se hace desde el piso es preciso tener como base una banqueta aislada.

NPC-00030105. Protección del Público.

Durante el proceso de construcción se líneas es necesario proteger al público para que no se comprometa en situaciones que puedan entrañar riesgos de accidentes.

Cuando se tensionan líneas, los linieros no deben permitir que, durante las maniobras, las líneas en movimiento puedan hacer correr peligro a peatones y vehículos. El tráfico vehicular debe ser desviado por personal dedicado al efecto ó a cambio se colocan señales apropiadas de advertencia a lo largo de la obra.

En caso de cualquier obstrucción necesaria de tráfico deben colocarse las barreras y señales que impidan el paso de vehículos con advertencias mediante banderas y/o luces rojas o anaranjadas intermitentes, en caso de trabajos nocturnos.

Cuando se manipulan postes, cables, alambres u otros equipos que puedan significar condiciones peligrosas es necesario retirar vehículos y peatones de la zona de trabajo y adoptar precauciones especiales por el propio personal.

Si es preciso dejar abiertos de manera temporal huecos o trincheras es preciso dejar barreras señalizadoras que impidan el paso ó tapas que permitan accesos provisionales indicando el peligro con señales de colores, avisos y/o con luces intermitentes.

Los carretes, materiales, herramientas, equipos de trabajo, etc. deben ser ordenados y almacenados temporalmente de tal manera que no sean la causa de accidentes al propio personal y/o a terceros.

Los equipos rodantes deben ser bloqueados para evitar que se desplacen accidentalmente. No debe quedar expuesto material suelto de empaques con puntas, filos o cubiertas deslizantes. Este material debe ser recogido y organizado para su oportuno cargue al finalizar los trabajos y conducción a los basureros o sitios de disposición del caso.

NPC-00030106. Trabajo en Altura.

Después de llegar al sitio de trabajo y antes de iniciar labores por razones de seguridad cada liniero debe inspeccionar sus guantes, su faja y su correa de seguridad, las escaleras y demás herramientas, elementos y equipos de trabajo.

Debe examinar las condiciones del poste o soporte en cuanto a su hincamiento y condiciones físicas. Si se trata de postes de madera verificar cuidadosamente la base para cerciorarse de su firmeza. Las escaleras deben estar secas, sin rajaduras ni agrietamientos que las hagan potencialmente peligrosas y sus peldaños completos y firmes.

Cuando dos linieros tienen que trabajar simultáneamente en un mismo poste el segundo hombre no ascenderá sino cuando el primero esté en posición de seguridad o sea cuando haya asegurado firmemente la escalera y sujetado su correa de seguridad o cuando, descendiendo, el primer hombre que lo haga esté en tierra a fin de que uno de ellos cuide de la seguridad del otro.

Ordinariamente, ningún liniero debe trabajar verticalmente encima de otro liniero, excepto en casos de emergencia. Cuando esto es necesario, deben tomarse cuidados especiales en la realización de las operaciones para prevenir que herramientas u otros objetos caigan sobre el liniero que está trabajando en la posición inferior.

Cuando se extiende una escalera y se apoya sobre un soporte debe cuidarse que el gancho quede asegurado en uno de los peldaños y que sea amarrada firmemente en la parte inferior con el lazo del aparejo de extensión.

Cuando el liniero llega al sitio de trabajo debe colocar su correa de seguridad alrededor del poste o de otro soporte accesible y estar seguro que el gancho de

cierre automático de la correa esté debidamente cogido y asegurado en el anillo en D de la faja antes de confiar su peso a la correa de seguridad. Enseguida debe amarrar con la manila corta la escalera al poste o al soporte que esté utilizando

La correa de seguridad no debe colocarse alrededor del poste por encima de la cruceta cuando ésta está colocada a menos de 30 cm del tope del poste. Las correas de seguridad no deben fijarse a pines de aisladores, a brazos de crucetas, cables tendidos, cables de retenida o alrededor de crucetas más allá del pin exterior.

La correa de seguridad debe ir asegurada en sus dos extremos al anillo en D de la faja de seguridad cuando se asciende o se desciende de un poste o de una estructura. No debe permanecer suelta.

El liniero no debe cargar en la faja de seguridad ningún gancho o aparato metálico; ni cadenas ni mallas metálicas se deben usar en altura. En cambio se pueden usar elementos de cuero o de fibra, lazos, manilas, etc.

Debe tenerse cuidado de que los ganchos de cierre automático de las correas de seguridad no entren en contacto con algún objeto que pueda abrirlos y por tanto soltar la correa.

La lengüeta del gancho automático en la correa de seguridad debe quedar hacia afuera del cuerpo.

Debe tenerse cuidado también de que las herramientas colgadas a la faja no se resbalen y se caigan para lo cual deben asegurarse de manera apropiada. Un liniero solo carga en su faja de seguridad el mínimo de herramientas indispensables. Todas las demás herramientas deben quedar en tierra hasta que sean requeridas y, entonces, han de ser elevadas dentro de una bolsa de materiales colgada de una línea de izada (lazo, manila, fibra, etc.), a menos que la herramienta sea demasiado grande para ser izada de esa manera y en ese caso se amarra directa y seguramente de la línea de izada.

Antes de que un liniero corte o suelte un conductor aéreo debe asegurarse de que vaya a caer en sitio despejado. En caso de que exista riesgo de tocar otra línea o causar daño alguno el conductor debe ser bajado amarrado a una línea de izada.

El cable de acero para retenida es muy elástico. Debe tenerse cuidado al cortarlo de que las puntas no latiguen o puedan causar lesiones. Esto aplica tanto para el montaje como para el retiro de retenidas.

Las líneas de izadas deben ser subidas al poste desenrrolladas con uno de sus extremos amarrado a la parte trasera de la faja de seguridad del liniero. Al subir el liniero cuidará que la línea no se enrede en parte alguna.

Los guantes y otros elementos de caucho aislados para tensiones superiores a 600 Voltios deben ser mantenidos almacenados en fundas especiales donde no se guarde ninguna otra clase de utensilio o herramienta que los pueda deteriorar.

NPC-00030107. Aterrizaje.

Debe utilizarse un conjunto de cables y grapas construido para el efecto y/o unas cadenas especiales para aterrizar las líneas de media tensión que hayan sido desenergizadas, antes de iniciar cualquier tipo de trabajo en ellas.

Las líneas que van a ser aterrizadas serán probadas con equipos luminosos ó sonoros de detección de tensión aislados a las tensiones de los circuitos en que se va a trabajar, guardando todas las distancias con relación al cuerpo como cuando están vivas y utilizando varas aisladas u otros aparatos propios para la manipulación de tales equipos.

El conjunto de aterrizaje de líneas compuesto por un conductor sólido, que está conectado a tres derivaciones cada una con su grapa de amarre, debe ser conectado a una tierra de baja resistencia previamente preparada con polos a tierra antes de ser puesta en contacto mediante varas aisladas de conexión de conectores de emergencia con la línea desenergizadas que va a ser aterrizada. Al remover un aterrizaje primero deben desconectarse las líneas del conjunto de aterrizaje, luego sí podrá ser desconectado este de la tierra preparada y removida esta.

NPC-00030108. Manejo de Materiales en Altura.

Ni las herramientas ni los materiales deben ser lanzados hacia arriba buscando el sitio donde está el liniero ni este debe arrojarlos desde su posición. Para ambos casos deben usarse las bolsas de materiales ó las líneas de izaje.

Las herramientas y los materiales pequeños que se van a utilizar no deben ser dejados sobre las crucetas, sino que deben permanecer en la bolsa de materiales o amarrados a la correa del liniero. Cuando se trate de herramientas grandes y materiales que no pueden ser almacenados en la bolsa deben permanecer en tierra hasta el momento de su utilización en el poste.

Cuando se izan o se bajan materiales el personal en tierra debe apartarse y evitar de todas maneras situarse bajo la carga hasta cuando ésta esté apropiadamente colocada y asegurada.

Deben evitarse sacudidas súbitas en las líneas de izaje. Cuando las herramientas y/o los materiales son elevados o bajados debe impedirse que entren en contacto con cualquier clase de líneas ó de equipos para que no se tropiecen y se caigan y para evitar accidentes e interferencias con la operación y el mantenimiento del servicio a los usuarios.

Los operarios no deberán colocar sus manos sobre cadenas, cuerdas o cables en lugares donde ellos pasen a través de aparejos, poleas o guías, ni permanecer cerca de elementos tensionados que puedan romperse y latigar.

NPC-00030109. Poda de Árboles.

Cuando el personal deba dedicarse a la poda de árboles para permitir el paso de líneas eléctricas deberá evitar subirse en ramas defectuosas ó que no tengan suficiente resistencia para soportar su peso.

En caso de utilizar herramientas cerca de líneas energizadas, tales herramientas deben ser utilizadas u otros aparatos propios para la manipulación de tales herramientas, con los aislamientos necesarios según la tensión de los circuitos sobre los cuales se está trabajando.

NPC-00030110. Líneas Telefónicas.

Cuando se trabaja en proximidad de líneas o cables telefónicos ó de señales, éstos deben ser tratados como si se tratara de líneas energizadas y sujetas a las mismas precauciones que las que se tienen con las líneas eléctricas.

NPC-00030111. Conexión de contadores y de transformadores de corriente.

Debe tenerse especial cuidado al abrir circuitos en conexiones de medición esperando a que los circuitos de corriente hayan sido puenteados y los de tensión abiertos.

Antes de trabajar en un instrumento o en otro aparato en el circuito secundario de un transformador de corriente deben puentearse los bornes de aquellos con conductores apropiados y ajustados de tal manera que el circuito no pueda ser abierto en el aparato por causas accidentales.

En una conexión de medida el circuito nunca debe abrirse hasta cuando haya sido puenteada la otra parte correspondiente.

NPC-00030112. Primeros Auxilios.

La Empresa debe proveer a todos los grupos de trabajo de gabinetes de primeros auxilios solamente para usos de tratamiento inmediato. Todas las lesiones deben ser conocidas y tratadas por un médico debidamente autorizado, a donde se trasladen los lesionados por los medios más expeditos.

Todos los trabajadores deben ser entrenados en técnicas de resucitación, las cuales deben ser practicadas periódicamente, según criterio y dirección del personal de seguridad de la Empresa.

NPC-000302. Reportes de daños y de condiciones peligrosas.

Cada trabajador debe estar atento a reportar a su superior todas las condiciones peligrosas o defectuosas de postes, líneas materiales, conjuntos ó de equipos que observe. Cuando se trata de asuntos que puedan afectar la seguridad del público tales como postes rotos, líneas cruzadas o caídas debe adoptar de inmediato y por su iniciativa los medios adecuados para prevenir accidentes y buscar a los

responsables calificados para que hagan las reparaciones o arreglos correspondientes.

NPC-000303. Uso de extinguidores.

No toda clase de extinguidores puede ser usada en la extinción de fuego cuando hay líneas energizadas involucradas. A menos que quien proceda al uso de un extinguidor tenga los conocimientos del caso para el uso adecuado de los diferentes agentes extintores, las líneas y equipos deben ser desenergizadas.

NPC-0004. HERRAMIENTAS

NPC-000401. Aspectos Generales

Todas las herramientas deben ser mantenidas en las mejores condiciones de limpieza, de lubricación y de seguridad. Las herramientas defectuosas deben marcarse para distinguirlas y para que sean devueltas al herramientero para su reparación o para las de baja. Es posible cambiar manijas rotas y otros elementos en las herramientas averiadas, pero debe hacerse un cuidadoso examen de calidad antes de proceder a reparar algunas herramientas pues, a menos que se logre garantizar su reparación para que recuperen sus características como si fueran nuevas, es preferible reemplazarlas y aquellas deterioradas romperlas y darlas de baja.

Deben realizarse inspecciones frecuentes de los equipos y herramientas de seguridad. Se debe prohibir el uso de herramientas defectuosas. Tanto equipos como herramientas deben estar en excelente estado antes de su utilización.

Las correas y fajas de los linieros y otros equipos, incluyendo todas las herramientas de propiedad de los trabajadores que puedan ser usadas en trabajos comunes deben ser inspeccionadas por lo menos cada 30 días por el personal de seguridad de la Empresa. El uso de herramientas y equipos defectuosos debe ser prohibido.

Las partes cortantes de las herramientas deben mantenerse afiladas y los filos protegidos.

Las herramientas deben ser manejadas cuidadosamente para evitar averías por golpes contra objetos contundentes.

NPC-000402. Herramientas Personales.

NPC-00040201. Guantes de cuero.

A fin de poder manejar materiales rugosos o con superficies agudas o filosas el liniero debe utilizar permanentemente guantes de cuero que estén en buenas condiciones sin roturas ni desgastes externos. Cuando el liniero no tiene puestos

los guantes debe dejarlos engarzados a su cinturón de seguridad. para disponer de ellos de manera oportuna.

NPC-00040202. Guantes de caucho.

Los hay de diversos tipos según el aislamiento que se requiera. Antes de utilizarlos deben ser revisados cuidadosamente para detectar defectos físicos. Debe cerciorarse el liniero respecto al grado de aislamiento que tienen los guantes que se van a utilizar. No se deben manejar sin la protección exterior de un guante de cuero ó de lona para prevenir punzones y/o cortes durante el uso.

Los guantes de caucho aislados deben ser probados con los equipos de verificación de aislamiento para asegurar su confiabilidad.

Se deben mantener en lugares secos. Se recomienda utilizar en su interior talco neutro para facilitar el uso.

NPC-00040203. Herramientas Manuales.

Las herramientas usuales que un liniero debe portar en su cinturón ó faja de seguridad son únicamente alicates, llave de empalme, destornilladores, cuchillo con funda protectora y conectores. Otras herramientas deben permanecer en el vehículo u ordenadas en tierra a la espera de su uso específico. Tales herramientas son : llave de expansión, llave de tubos, martillo con mango de madera, llaves de boca fija, de estrella, etc.

Cuando sea preciso utilizarlas serán izadas en las bolsas de herramientas ó amarradas a la línea de izaje.

Los destornilladores que se utilicen no deben tener tallos metálicos que se extiendan a lo largo del cabo.

Los cabos de los destornilladores, de los alicates y de herramientas de corte deben ser aislados en material plástico o acrílico o de caucho duro moldeado para impedir choques fortuitos, pero no se debe confiar ni depender de ese aislamiento.

El aislamiento de las herramientas no es impedimento para que se usen todas las protecciones de seguridad necesarias.

NPC-00040204. Casco de Seguridad.

Durante el transporte de personal y durante toda la operación de construcción desde su preparación hasta su finalización, tanto en tierra como en altura, debe usarse obligatoriamente el casco de seguridad del tipo de ala debidamente asegurado con el barbuquejo.

NPC-00040205. Faja o cinturón de seguridad.

Todo liniero que trabaje en altura debe portar un cinturón de seguridad con especificaciones especiales para trabajos en redes eléctricas tales que le permitan tener comodidad y firmeza y que cumpla con la función de soportar el cuerpo del

liniero, mantener a mano la herramienta menor de mayor uso y sostener la línea de izaje de materiales y otras herramientas.

La faja debe ser construida con cuero de alta resistencia, abullonada y ancha en la parte trasera, cosida con hilo de seguridad, y su correa de cierre solo debe tener los huecos necesarios para el ajuste correspondiente, pues éstos debilitan el cuero. La hebilla debe ser firme y sencilla, de alta resistencia, con ajuste de seguridad.

Los anillos en D, uno a cada lado de la faja, deben ser colocados por dentro del cuerpo de ésta para que en caso de que un anillo se abra el liniero alcance a corregir su posición. El anillo en D debe ser hecho de acero templado.

La faja de seguridad es una herramienta personal y por tanto cada liniero debe usar su propia faja, la cual ha de revisar permanentemente y cuidar de que no sufra deterioro. Por tanto, cuando no la use la debe mantener adecuadamente almacenada evitando contacto con superficies afiladas o cortantes. El liniero debe guardar su faja en compartimientos independientes de los usados para guardar otros materiales y herramientas.

La inspección periódica que se haga de las fajas de seguridad tiene que ver con las condiciones del cuero en general, del mismo cuero en los bordes de los huecos y de los remaches y de las costuras, hebillas, anillos en D, etc.

De ninguna manera debe usarse un cinturón o faja de seguridad que presente desperfectos.

NPC-00040206. Correas de seguridad.

Los ganchos de cierre automático deben estar firmemente sujetos a las correas de seguridad. Debe tenerse especial cuidado, al asegurar los ganchos en el anillo en D de la faja de seguridad, de que el anillo quede colocado dentro del gancho y de que la lengüeta de éste quede totalmente ajustada.

Antes de confiar el peso a una correa de seguridad, una vez asegurada a la faja en los anillos en D y debidamente colocada rodeando el soporte, debe hacerse una prueba de seguridad recostando el cuerpo hasta que la correa quede templada soportando el peso, pero manteniendo las manos agarradas al poste o a otro elemento que esté firme.

Esta prueba debe realizarse cada vez que la correa de seguridad sea colocada en una nueva posición.

Las correas no deben rodear superficies cortantes o punzantes que puedan averiarlas o rasgarlas accidentalmente.

No deben colocarse en sitios inseguros que puedan quebrarse, romperse o removerse de manera accidental.

Cuando la correa se coloca en su sitio debe cuidarse de que no quede entorchada.

Al igual que las fajas de seguridad, con mayor razón debido a su uso permanente y más sujeto a desgaste, las correas de seguridad deben ser revisadas permanentemente en cuanto al estado del material, de los remaches, de los ganchos de seguridad, de las costuras, etc.

NPC-000403. Herramientas del Grupo de Trabajo.

Cada grupo de trabajo debe estar dotado de un conjunto de herramientas comunes que son utilizadas de acuerdo con los requerimientos de la labor que se lleva a cabo.

Tales herramientas usualmente son:

NPC-00040301. Cintas métricas metálicas.

Se deben usar únicamente en tierra. De ninguna manera deben ser utilizadas en trabajos de altura. Todas las medidas y las marcas que sean necesarias deben hacerse en tierra, antes de izar materiales y/o equipos.

NPC-00040302. Cintas métricas de lona o de plástico.

Usualmente son denominadas decámetros las cintas métricas de gran longitud utilizadas para tomar medidas de referencia en la implantación de la red.

NPC-00040303. Herramientas para apertura de huecos.

En cada grupo de trabajo se acostumbra mantener a disposición bien sea en su bodega de herramientas ó en el camión asignado para los trabajos un conjunto de herramientas para apertura de huecos tales como palas rectas y cucharas de mango largo, palendras, barras de acero, barretones y zapapicos con los cuales realizar los trabajos necesarios para preparar las implantaciones de postes y de anclajes y excavar trincheras para la colocación de conductos. A estas herramientas se les debe dar el uso apropiado a sus funciones de picar, remover y extraer o de rellenar. Se usa también un pequeño pisón de hierro para compactar la tierra alrededor de los postes y de las anclas.

NPC-00040304. Escaleras.

Las escaleras apropiadas para los trabajos que se van a realizar deben estar disponibles en el camión. Las escaleras sencillas y las de extensión vienen en tamaños apropiados para alcanzar las estaciones de trabajo suficientemente bien apoyadas en altura y colocadas en el piso firme, con zapatas de material antideslizante. El material de las escaleras debe ser aislante preferiblemente en fibra de vidrio o en madera seleccionada exenta de nudos y con vetas longitudinales. De ninguna manera se usarán escaleras metálicas en trabajos sobre redes eléctricas.

La construcción de las escaleras debe ser sólida. Los herrajes de enganche y el aparejo de extensión deben ser de acero templado. La manila del aparejo debe ser de fique, de nylon o de polietileno finamente trenzada.

Las escaleras que se colocan sobre andenes y vías deben ser adecuadamente protegidas del tráfico de peatones y vehículos.

Las escaleras deben ser inspeccionadas diariamente en forma cuidadosa por el personal antes de utilizarlas. De todas maneras, se debe practicar una inspección calificada por personal de seguridad de la Empresa sobre todas las escaleras por lo menos cada tres (3) meses. Las escaleras que tienen uso diario deben ser chequeadas en la forma como se usan e inspeccionadas por lo menos una vez al mes. Debe llevarse un registro de las inspecciones que se realizan. Sin embargo, la mejor norma tiene que ver con el criterio del Supervisor y del usuario sobre la periodicidad de las inspecciones y pruebas.

Cuando se exige una escalera para trabajos sobre la red la distancia desde el sitio de apoyo hasta la pata de la escalera no deberá ser mayor que una cuarta parte de la longitud de la escalera.

Las escaleras debidamente inspeccionadas se colocan en los sitios de trabajo en la mayoría de los casos soportadas en los postes que estén debidamente afirmados e inspeccionados. Las escaleras se colocan según su longitud en los lugares más cercanos a los sitios de trabajo de tal suerte que permitan la operación de linieros con relativa comodidad. Una vez colocada la escalera y estando firme el gancho de extensión se requerirá la participación de dos personas: una que ascienda por la escalera y otra que permanezca al pie de ella sosteniéndola para que no se ladee ni se deslice, por lo menos mientras quien asciende tiene oportunidad de amarrar la escalera entre un peldaño firme y el poste o soporte donde se encuentra adosada. El amarre se hace con una corta cuerda de fique, manila o acrílico fuerte y bien trenzada y rematada con nudos apropiados para evitar que se suelte accidentalmente.

NPC-00040305. Bolsa de herramientas.

Se requiere mantener un contenedor aislado de tela fuerte o de lona para subir y bajar herramientas y materiales hasta y desde los sitios de trabajo y para el almacenamiento allí de pequeñas herramientas o materiales.

Ningún material cortante o punzante deberá almacenarse en la bolsa para evitar que piezas rotas o vidrios puedan afectar en otras ocasiones guantes o protectores de caucho que sean izados en la bolsa.

NPC-00040306. Seguetas.

El uso de seguetas se debe hacer únicamente en tierra en la mayoría de los casos. Cuando por razón especial del trabajo debe realizarse un corte pesado en altura se iza la segueta teniendo en consideración que se debe tener una hoja de corte afilada para que el corte sea limpio y rápido y que el uso debe ser cuidadoso para evitar acercarse o tocar otros elementos ajenos al corte. De ninguna manera se debe usar cerca de líneas energizadas.

NPC-00040307. Equipos de tensionado.

El grupo de trabajo debe estar dotado de un número suficiente de elementos de tensionado tales como poleas, malacates, diferenciales, aparejos, estrobos, trinquetes (ratches), mordazas para halar (comelones), dinamómetros, etc. que permitan realizar las labores simultáneamente en las diferentes fases para mayor eficiencia y mejor tratamiento a los elementos de trabajo. Los operarios deben tener el entrenamiento apropiado para la utilización de las diferentes herramientas a fin de que el trabajo sea eficiente y seguro.

NPC-00040308. Porta carretes.

Para facilitar el corrido de las líneas que son tensionadas se utilizan herramientas porta carretes cuyo tamaño depende de la longitud y el peso del cable que se está manejando. Las hay del tipo de carretilla de posición horizontal donde un mecanismo de giro permite que el carrete o el rollo de cable giren en la medida en que se vaya halando la línea. Funciona hasta ciertos límites de peso.

Cuando el carrete es pesado se utilizan soportes laterales fijos y un eje macizo sobre el cual gira el carrete en forma vertical.

Cuando los carretes no están siendo utilizados deben permanecer colocados en sitios secos donde no perturben las operaciones de construcción ni impidan el tránsito de vehículos y de peatones. Para evitar deterioro de los carretes en almacenamientos prolongados deben ser aislados del piso para que no se humedezcan y cubiertos con materiales impermeables.

NPC-000404. Herramientas especiales para trabajos en líneas energizadas.

Las herramientas para trabajos en líneas energizadas deben mantenerse limpias y deben ser inspeccionadas visualmente antes de cada uso. Si se detectan, durante el examen, defectos que puedan afectar adversamente el aislamiento o la integridad mecánica de la herramienta, ésta debe ser sacada del servicio.

Estas herramientas deben ser chequeadas en un laboratorio especializado cada dos años siguiendo este procedimiento:

a) Se hace la inspección visual y si no se encuentran defectos se continúa,

b) Se limpia y encera,

c) Se prueba a 75.000 voltios por cada 30 centímetros de longitud durante un minuto bajo condiciones húmedas a fin de verificar la integridad de la herramienta.

d) Se estampa la fecha de la inspección antes de ser puesta nuevamente en servicio.

Otros elementos de seguridad tales como protectores de líneas (tripas), de aisladores (puercos), de superficies (mantas), mangas y guantes deben ser examinados antes de cada utilización y rechazados aquellos que presenten defectos físicos evidentes como cortaduras, punzones, rasgaduras, etc. marcados y sacados inmediatamente del servicio.

Los elementos y protecciones de caucho deben ser probados rutinariamente en un laboratorio especializado al menos cada dos años utilizando probadores especiales que permiten verificar: porosidad del caucho y capacidad dieléctrica. Los guantes y protectores de caucho de baja tensión deben soportar por lo menos 600 voltios. Los guantes, protectores y elementos de caucho para trabajar en y/o proteger líneas de media tensión deben estar certificados para una tensión de 20.000 voltios.

NPC-000405. Señales.

NPC-00040501. Aspectos Generales.

Las señales de prevención deben ser utilizadas para delimitar las zonas de trabajo y para evitar que personas o vehículos penetren en ellas y se expongan a sufrir accidentes. Las señales deben corresponder a los diseños, especificaciones y formas adoptadas por la Empresa y son de uso obligatorio en cada circunstancia particular de trabajo.

NPC-00040502. Señales Visuales.

Las señales visuales son aquellas que el ojo humano percibe sin dificultad tales como carteleras, cintas, luces, banderas, conos reflectores, barreras, etc.. Estas deben ser colocadas ordenadamente y debidamente soportadas para indicar los límites de la zona de trabajo dentro de la cual solamente el personal prevenido podrá circular. Es de obligatorio cumplimiento su colocación mientras se trabaja en altura, cuando se requiere desviar el tráfico de peatones y vehículos y cuando se debe impedir definitivamente el paso de los mismos por un sitio específico.

En horas nocturnas se emplearán luces intermitentes rojas o anaranjadas o teas colocadas estratégicamente y con potencia lumínica suficiente para ser apreciadas a distancia.

Las señales visuales se deben colocan para aislar el sitio de trabajo dejando distancias variables según el lugar y las circunstancias, pero siempre dentro del criterio de que sirva de prevención suficientemente anticipada para vehículos y peatones.

NPC-00040503. Señales Sonoras.

En algunos casos es preciso dar señales sonoras que adviertan el peligro, pero se deberán limitar al tiempo estrictamente necesario.

Este tipo de señales es del tipo de sirenas, pitos, gritos de advertencia, etc.

NPC-0005. DISPOSICION GENERAL DEL TRABAJO.

Estando en sitio de trabajo el grupo de linieros debe reconocer el área e identificar los flujos de tránsito de vehículos y peatones y las zonas restringidas necesarias para el correcto desempeño de las labores, coordinando lo pertinente con la propia Empresa y con las autoridades locales para lograr las menores interferencias posibles. Se han de colocar las señales preventivas necesarias, acomodar los equipos en las posiciones de trabajo y distribuir el material y herramientas de tal manera que se faciliten las labores, todo ello dentro de las condiciones de seguridad requeridas en el sitio.

Una vez reconocido lo anterior se procede a efectuar las maniobras necesarias para aislar eléctricamente el sitio de trabajo ordenando por parte del responsable del mismo los elementos de seguridad, de consignación, de aterrizaje, etc., de tal manera que cuando se va a iniciar el trabajo las pruebas finales sean solo una comprobación necesaria.

Cuando se va ha trabajar con líneas energizadas en baja o media tensión se procede de conformidad con las reglamentaciones de la Empresa adoptando obligatoriamente los reglamentos específicos para realizar este tipo de trabajos bajo la dirección de aquella o asumiendo la total responsabilidad.

Se realizan todas las verificaciones de ausencia de tensión, se chequean los aterrizajes y se identifican las posibles fuentes de retroalimentación para evitarlas.

Solo entonces se puede proceder a realizar los trabajos de construcción de las redes.

NPC-000501. Asignación de los Sitios de Trabajo.

El supervisor asigna los sitios de trabajo en altura o en tierra necesarios para adelantar de manera coordinada y armónica las labores que se han de desarrollar.

Cada trabajador es responsable de sus labores principales ó auxiliares y en todo momento debe velar por su seguridad la de sus compañeros y la del público en general.

NPC-0006. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES

NTC-1461 Higiene y seguridad. Colores y señales de seguridad.

NTC-3324 Higiene y seguridad. Recomendaciones para la organización, el entrenamiento y los equipos para las brigadas contra incendios.

NTC-3279 (IEC529). Grados de protección contra choques eléctricos.

NTC-1726 Guantes de caucho para uso industrial.

NTC-2396 Calzado de seguridad de cuero.

NTC-2835 Protectores dieléctricos para calzado.

NTC-1523 Cascos de seguridad industrial.

NTC-1771 Protectores de ojos.

NTC-2021 Cinturones de seguridad.

NTC-2037 Arneses de seguridad.

NTC-2219 Guantes aislantes de electricidad

NPC-0100. REDES AEREAS. PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION. ASPECTOS ESPECIFICOS.

Los procedimientos de construcción son de dos órdenes, a saber: De orden general, los cuales son aplicables a todas o a gran parte de las operaciones que se realizan en la construcción de redes y de orden particular que son los que se refieren específicamente a una actividad.

NPC-0101. APOYOS.

NPC-010101. Apertura de Huecos.

Los huecos para los postes deben ser hechos en los tamaños que indican las normas de construcción correspondientes utilizando los barrenos mecánicos o manuales o las herramientas propias de estas labores. En zonas urbanas el uso de barrenos debe ser muy cuidadoso lo mismo que la perforación con herramientas punzantes como la pica barra o zapapico pues se pueden encontrar canalizaciones con redes de baja y/o de media tensión energizadas que causarán choque eléctrico al operario. Debe estarse atentos a las señales colocadas sobre las canalizaciones y proceder a realizar con cuidado apiques de exploración cuando se tengan dudas al respecto.

La base y los bordes del hueco y/o de la trinchera deben tratarse conforme a la norma de construcción relativa para que den la capacidad de soporte esperada.

El material extraído del hueco o de la trinchera debe colocarse amontonado al lado de ésta de tal manera que la parte que se reutiliza quede cercana. Los sobrantes deben ser retirados a la mayor brevedad tan pronto el hueco es utilizado y la trinchera es cubierta.

NPC-010102. Manipulación de postes.

Los postes se deben manejar con equipos de izaje, dados su longitud y peso. Normalmente durante su almacenamiento se encuentran apilados. Antes de proceder al cargue debe verificarse el correcto acuñamiento de las pilas para evitar rodamiento durante la operación.

Para izar un poste con grúa se debe proceder a amarrarlo con eslingas de acero repartiendo adecuadamente el peso, con lo cual se evitan deformaciones. La manipulación se debe hacer con dos operarios, uno a cada extremo, a fin de izar suavemente la carga y evitar que gire y golpee a personas y equipos cercanos.

Al acomodarlos en un remolque debe cuidarse el buen reparto de la carga en relación con los ejes de aquel y el apilamiento debe realizarse en forma ordenada con los amarres correspondientes y acuñamientos que eviten accidentes por volcamiento de la carga.

El transporte debe ser realizado con las señalizaciones del caso en los extremos de la carga cuidando especialmente de que en las curvas cerradas y en las esquinas la proyección de la carga no choque contra objetos o personas en el área.

Para bajar los postes con grúa debe procederse con igual cuidado al observado durante el cargue. Cuando se trata de distribuir postes a lo largo de una red de construcción debe tenerse en cuenta que los postes no queden obstaculizando el paso de vehículos y peatones.

NPC-010103. Izaje de postes en sitio.

Para izar y colocar en su sitio cada poste lo común es utilizar grúas de torre o de pluma con un cabrestante accionado por el motor del camión de linieros o por un equipo especializado.

El procedimiento para levantar el poste es igual al mencionado anteriormente para el transporte, pero amarrando el cable de izamiento un poco más arriba de la mitad del poste de tal manera que por ser la parte más gruesa más pesada que la punta, el poste al izarlo adquiera posición vertical. El poste se levanta en forma gradual hasta cuando llegue a una posición casi vertical y la cabeza esté un poco más arriba del suelo. La cabeza es mecida suavemente hasta cuando quede colocada directamente sobre el hueco; entonces se baja el poste lentamente dentro del hueco hasta cuando éste toca fondo.

Como el hueco es relativamente estrecho tiene el poste un punto de apoyo en el borde de aquel. La tensión del cabrestante podrá, entonces, ser aflojada lentamente cuando el poste quede en una posición segura.

Algunas veces los postes son izados con crucetas y conjuntos ya debidamente colocados, lo cual requiere una maniobra más cuidadosa.

Se procede a alinear y a colocar en posición los postes para que se acomoden al diseño de la red y para ordenar los herrajes necesarios para la construcción. La resistencia y la longitud de cada poste en particular están determinadas en las Normas y en los diseños de construcción.

Una vez alineados los postes colocándolos en posición vertical se procede a rellenar el hueco bien sea con material sobrante que se apisona fuertemente o siguiendo la Norma de mejoramiento de suelo y condiciones del hueco con relleno

de concreto y otros materiales en las cantidades y alturas que indican las normas aplicadas específicamente en cada sitio de implantación.

NPC-0102. RETENIDAS.

NPC-010201. Anclaje de Postes.

Hay muchos y diversos tipos de anclajes que las normas de diseño aconsejan de acuerdo a los esfuerzos que es preciso contrarrestar. El anclaje consiste en la colocación de un accesorio como base enterrado y colocado conforme a sus características, una varilla de ancla que empata con la base, un cable tensor que transmite los esfuerzos de la línea área hasta la varilla y el anclaje y unos accesorios para permitir el manejo de los diferentes elementos tales como guarda cables, mordazas, aisladores de tensión, etc. Normalmente los anclajes deben quedar colocados y en su sitio con la firmeza técnica requerida antes de que se proceda al tensionado de cables en la red superior. Los anclajes se tensionan con relación al soporte teniendo en cuenta la tensión mecánica de diseño de la red.

Una vez fijados el poste o los postes que han de servir de apoyos terminales, teniendo la resistencia adecuada en el piso y cumpliendo las normas de resistencia a la tensión, se procede a preparar las retenidas.

Se abren los huecos para la zapata, conforme a las dimensiones establecidas en la Norma de construcción, procurando que el terreno natural no se altere más de lo estrictamente necesario. Se coloca la varilla del ancla hundiéndola en el terreno en posición diagonal. Se empotran en el fondo del hueco la varilla y la zapata y se aseguran con la tuerca correspondiente. Se procede a apisonar el terreno y a rellenar con concreto de acuerdo con las especificaciones de la Norma. La varilla debe quedar ajustada y firme en el ángulo correcto con respecto a la punta del poste que se va a retener.

En el caso de anclajes con perfiles especiales, éstos han de quedar colocados verticalmente, embebidos en concreto, según las disposiciones de la Norma.

Para conectar el poste a la varilla se utiliza cable de acero de dimensiones normalizadas según la tensión requerida. El cable se mide, se corta y se cabecea (se amarra en el extremo) con hilos de acero especial para entices a fin de prevenir que quede suelto y peligroso.

En el lado del poste se hace una lazada que lo rodee; el amarre del lazo se hace con entice de longitud no menor de diez (10) espirales, debidamente ajustado y firme.

En la parte superior del poste el cable queda colocado por encima de la abrazadera más alta del conjunto que allí esté colocado con lo cual no puede deslizarse hacia abajo. En caso de que se trate de un poste auxiliar para retenida combinada (stub)

la lazada se coloca a quince centímetros del extremo superior una abrazadera de una posición que impida el deslizamiento del cable.

A fin de evitar choques eléctricos accidentales en el recorrido del cable, en la parte superior cercana al poste, se colocan aisladores de tensión del tipo que señale la norma, según el nivel de tensión que se está protegiendo. Los remates del cable de retenida a uno y otro lado del aislador se hacen normalmente entizados, tal como se indicó antes.

En la parte inferior se coloca engarzado al ojo de la varilla del ancla un guarda cables y sobre él se pasa el cable haciendo la lazada inferior. Se da la tensión apropiada con el equipo de tensionado correspondiente, en este caso un equipo de trinquete (ratchet) o un aparejo pesado.

Una vez que se logra la tensión final se procede a colocar un entice para asegurar el lazo. Es usual rematar con un entice cerrado para que el cable no quede abierto y expuesto a daños.

NPC-010202. Retenidas Poste a Poste.

Las retenidas poste a poste son aquellas en las cuales los esfuerzos de tensión se transmiten entre un poste de media tensión y un poste intermedio (stub). Existen dos maneras de hacer la retención y enlace entre los dos postes mediante los cables de acero que determina la norma.

NPC-01020201. Retenida Directa Poste a Poste.

Cuando se trata de esfuerzos puntuales puede optarse por retener en forma directa de poste a poste en cuyo caso los terminales se hacen con lazadas por encima de la abrazadera superior y cada lazo se remata entizado incluyendo la colocación del aislador de tensión en la forma explicada en la norma genérica NPC-010201.

NPC-01020202. Retenida de Doble Tijera.

La forma más usual es aquella denominada de doble tijera que consiste en dirigir los esfuerzos externos de una línea horizontal de media tensión hacia un punto común, el cual transmite la resultante de los esfuerzos por una sola vía hasta el poste intermedio.

En la construcción de la retenida en doble tijera una buena parte del armado se hace en tierra.

Se mide un tramo de cable equivalente a tres veces la longitud de la cruceta metálica. Se rematan las puntas.

En el centro de la longitud del cable cortado se ensarta un aislador de tensión del nivel de aislamiento apropiado, según la norma. Detrás del aislador se reúnen los cables y se amarran con un entice largo.

Se toma la medida desde el aislador hasta el poste intermedio y en el aislador de tensión se hacen la lazada y amarre entizado del caso para completar la línea de extensión.

Ya en el sitio de trabajo del poste en media tensión los extremos del cable se pasan por los huecos de las respectivas tuercas de ojo instaladas en el extremo de los tornillos pasantes que amarran las crucetas, tal como aparece en los conjuntos normalizados.

En cada tuerca de ojo se coloca un guarda cable, se hace un lazo y el amarre entizado correspondiente.

Terminado el trabajo en el poste de media tensión se hace lo correspondiente en el poste intermedio donde se enlaza el cable por debajo de la abrazadera más alta para evitar que resbale hacia abajo.

Se procede enseguida a dar tensión con el aparato previsto para el caso y cuando ya se ha conseguido el nivel requerido se amarran y rematan los cables.

Entre el poste y la tierra se maneja la retenida como en el caso de la retenida directa.

NPC-01020203. Retenidas a Perfiles Metálicos.

Cuando se trata de retenidas a perfiles metálicos anclados en tierra el procedimiento en el lado superior y en el aislador de tensión es semejante al de la retenida directa a tierra. En el lado del perfil la lazada de cable pasa por el ojo de una argolla soldada al mismo, la cual se protegerá con un guarda cables. El remate se hace con una mordaza de tres tornillos una vez se consigue la tensión calculada, debidamente ajustada.

NPC-01020204. Retenidas de Pie de Amigo.

Existe otro tipo de retenidas que se refiere a soportes auxiliares que se colocan del mismo lado de la dirección de la fuerza resultante apoyados sobre el soporte principal para contrarrestarla. Esto se consigue con retenidas pie de amigo que consisten en postes del mismo tipo para apoyo de postes primarios y tubos metálicos para apoyo de postes secundarios colocados en la bisectriz del ángulo interior pero en su proyección a tierra, estando en esta debidamente cimentado conforme a la norma. El contacto entre el poste y el pie de amigo de apoyo se hace por medio de una bisagra normalizada para cada caso.

El procedimiento constructivo indica que una vez seleccionado el punto de contacto de los dos apoyos se colocan dos abrazaderas de una posición en cada poste y a ellas se fijan las partes correspondientes de la bisagra. Con la grúa se iza el poste o el tubo de apoyo y se coloca en el hueco preparado con la cimentación correspondiente de tal manera que las partes de la bisagra queden enfrentadas. Si es necesario se ajustan las posiciones de las abrazaderas hasta encontrar la coincidencia entre los huecos de la bisagra. Una vez logrado esto se coloca el

tornillo pasante y se fija la bisagra. Entonces, se suelta suavemente el poste para que quede con los dos puntos de apoyo fijos.

NPC-0103. CONJUNTOS.

Esta Norma incluye los procedimientos para la construcción de los conjuntos típicos de una red de distribución. Se entiende por conjuntos de esta naturaleza a los ordenamientos de materiales que responden a unas normas específicas y que cumplen tareas determinadas conformando una estructura funcional.

NPC-010301. Conjuntos de Baja Tensión.

Las redes de baja tensión comúnmente están soportadas en posición vertical. Los conductores están espaciados conforme a normas preestablecidas. La colocación de la red secundaria se hace de ordinario en el lado del poste que da a la calle.

En cada poste se colocan perchas normalizadas según el número de conductores y el tipo de conjuntos que componen la red que se construye, con posiciones para un conductor neutro (posición superior), para fases (una, dos o tres, según el tipo de red) y, usualmente, una posición para el alumbrado público.

Las perchas se fijan a los postes con abrazaderas. El número de abrazaderas depende de la función que tiene la percha.

Cuando se trata de un conjunto corrido la percha se soporta con dos abrazaderas de una salida cuyo diámetro depende del poste sobre el cual éstas se colocan. El operario debe medir y el ayudante debe ajustar la mitad de cada abrazadera a la percha, abrir al máximo uno de los tornillos de ajuste de la abrazadera y soltar el otro lado manteniendo colocada la tuerca correspondiente.

El liniero iza el conjunto de materiales (percha - abrazaderas) y en el sitio presenta la percha en el lugar previsto para mantener la altura adecuada respecto del piso, a los postes y a los equipos que harán parte de la red. El liniero rodea el poste con la abrazadera superior y coloca en posición el tornillo de extensión que permanecía suelto. Fijada la posición de la percha hace un primer ajuste y procede a hacer similar operación con la otra abrazadera.

En ese punto verifica alineación y altura antes de proceder al ajuste final.

Cuando se trata de conjuntos terminales se coloca una abrazadera por cada conductor de la red. La norma de construcción establece los tipos de abrazaderas que se utilizan, según las diferentes clases de terminales (sencillo, doble, etc.).

La forma más eficiente de colocar en el poste los conjuntos es prearmando en el piso las perchas con las abrazaderas en la forma antes indicada.

Una vez fijadas las perchas y ajustados los pernos de las abrazaderas se procede a colocar los aisladores de carrete asegurando la varilla sujetadora con un pin.

NPC-010302. Conjuntos de Media Tensión.

Los Conjuntos de media tensión son de diferentes tipos según la función que deban cumplir. Esto es, pueden ser corridos ó sea que solamente sirven de soporte o pueden ser terminales que son los que deben aguantar los remates de una línea. Además, los conjuntos pueden ser múltiples pues incluyen pasos de otras líneas, derivaciones, etc., asignando a cada función del conjunto un nivel de actividad, perfectamente definido. Los procedimientos de construcción que se verán enseguida van de menor a mayor o sea de la construcción más simple a la más compleja y por lo tanto el saber realizar los montajes más sencillos es prerrequisito para lograr ejecutar los más complejos.

NPC-01030201. NPC-01030201. Conjunto Corrido.

El procedimiento de construcción de un conjunto corrido se inicia teniendo un poste debidamente hincado y cimentado; sobre él se apoya la escalera para preparar la estación de trabajo correspondiente. El conjunto corrido de media tensión comprende una cruceta metálica y un angular que complementa la estructura. Cuando se trata de construcción centrada la cruceta tiene huecos normalizados para fijación en el centro y para amarre del angular en V. Cuando se trata de construcción en bandera la cruceta va amarrada al poste en un extremo y el diagonal angular va colocado entre la cruceta y el poste. Cada configuración depende, según la norma, del nivel de tensión y del calibre de los conductores, lo cual es necesario para seleccionar los herrajes correspondientes.

Para facilitar las tareas en altura usualmente se unen en tierra la cruceta y el angular en V, o la cruceta y el extremo de la diagonal angular que va fijado a aquella con sus accesorios de ajuste. Cuando el liniero está en el sitio de trabajo procede a colocar en el sitio que indica la norma la abrazadera superior que será de una o de dos posiciones dependiendo de que se trate de un conjunto sencillo o doble. Con la medida del angular en V o de la diagonal angular se fija la abrazadera inferior. En las posiciones receptoras de la abrazadera debe quedar el tornillo de amarre listo para recibir la cruceta y el diagonal angular o el angular en V, los cuales serán izados una vez que las abrazaderas, principalmente la superior estén en su sitio debidamente ajustadas. El conjunto de cruceta y angular se presentan y se ajustan con los pernos correspondientes y los accesorios indicados en la norma, los cuales usualmente conserva el liniero en la bolsa de materiales menores que le es fácilmente accesible.

El conjunto se alinea, se cuadra y se ajusta siguiendo los detalles de ensamble de materiales que indica la norma.

En los conjuntos corridos se colocan sobre la cruceta los pines según el diseño y la norma y en ellos se colocan los aisladores de pin correspondientes ajustando adecuadamente tanto los herrajes como los aisladores.

NPC-01030202. NPC-01030202. Conjunto Terminal.

Los conjuntos terminales en media tensión son aquellos que doblan el número de herrajes para darle fortaleza a la estructura donde se finaliza una línea de conducción de energía eléctrica. A cambio de abrazaderas de una salida se utilizan abrazaderas de dos salidas para colocar a cada lado del poste un conjunto de cruceta y diagonal en la forma expresada para el conjunto corrido.

En los lugares establecidos por la norma las crucetas metálicas están perforadas para permitir que la estructura quede sólidamente amarrada por medio de pernos pasantes.

En estas condiciones la estructura queda lista para soportar terminales a ambos lados o terminal y retenida, según el caso.

En los conjuntos que son dobles terminales cuando sus respectivos circuitos van a estar conectados lo deben estar por la parte superior. Por ello se usan dos juegos de aisladores, uno para cada cruceta colocada conforme se indicó para el conjunto corrido. Los aisladores de tensión del terminal se colocan de acuerdo a la secuencia en cadena que indican las normas a saber : tuerca de ojo, grapa terminal y guarda cable, los cuales han de quedar listos para los procedimientos de tendidos de las líneas.

NPC-01030203. Conjuntos Múltiples.

Los conjuntos múltiples son sencillamente unos escalamientos de conjuntos diversos que se hacen en el poste para soportar otros circuitos o para hacer derivaciones. Los conjuntos múltiples están formados en todos los casos por conjuntos terminales o conjuntos corridos, según como el diseño lo indique. Se colocan en distintos niveles de la cruceta según lo indiquen de una parte el diseño específico, que señala la finalidad de uso de las redes que se construyen y la norma de construcción que señala separaciones mínimas y el uso apropiado de los materiales que hacen parte de los conjuntos.

Como Norma general de construcción de redes eléctricas aéreas debe tenerse en cuenta que :

a) Una línea colocada en posición superior alimenta a una colocada en posición inferior y nunca al contrario;

b) Las protecciones de un ramal derivado se colocan en la cruceta inicial de la derivación alimentando sólo por la parte inferior.

NPC-0104. CONDUCTORES.

La presente norma incluye una descripción general de la forma como se utilizan los diferentes conductores en las redes de distribución los cuales se aplican siguiendo Normas preestablecidas de diseño y materiales.

NPC-010401. Conductores de Baja Tensión.

NPC-01040101. Tendido.

Las redes aéreas de baja tensión están compuestas de conductores de aleación de aluminio ASC desnudos y aislados colocados horizontalmente en orden vertical según queda preestablecido por la Norma de Diseño y con calibres que responden a las características eléctricas necesarias para que el Proyecto cumpla los fines correspondientes.

Para el tendido de las líneas de baja tensión los conductores se colocan en carretes ó en rollos en el extremo del tramo de la línea donde se va a dar tensión final o doble tensión, para facilitar las maniobras de corte y manejo de extremos.

El extremo de cada conductor se amarra a una línea de izaje suficientemente fuerte para halar el conductor, la cual se va pasando por detrás de los aisladores de carrete en cada percha de tendido corrido empezando por la más alta y se hala para desenrollar el carrete ó el rollo e ir extendiendo la línea en altura, manteniendo una cierta tensión para que los conductores no se arrastren y se deterioren y para que no molesten al tráfico ó a los transeúntes. Debe haber suficiente personal para halar y para vigilar la maniobra.

Cuando se llega la sitio donde se debe hacer el remate fijo se completa la operación trayendo al sitio las demás líneas, las cuales van ocupando los sitios en las perchas en orden de arriba hacia abajo. Estando todos los extremos listos se procede a preparar en tierra las lazadas y remates de cada una de las líneas cuidando que se conserven en lo posible la mayor cantidad de aislamientos. En el poste terminal se retira la varilla de la percha, se retiran los aisladores y luego en orden se van colocando las lazadas que deben quedar montadas en los aisladores de carrete en la medida en que éstos se van reponiendo y la varilla quede en su sitio fijada por el pin inferior.

En el otro extremo de las líneas se prepara el tensionamiento haciendo las cortes correspondientes unas vez tomadas las medidas del caso, sellando los extremos para evitar desenrollamiento del conductor, lo cual acarrea molestias y peligros en la maniobra. Se prepara el sitio de tensionamiento en lo alto del poste y se amarra a cada conductor una garra de tensión (comelón) y pegado a su argolla el gancho de un aparejo. Se cuelga de la abrazadera en el poste el otro extremo del aparejo, estando éste bien extendido. Se procede a recoger el aparejo con lo cual se va acortando la distancia entre sus ganchos de tal manera que el conductor suba a la altura requerida en el nivel correcto y quede con la tensión necesaria según las características de los conductores. Cuando la tensión es la adecuada se fija el aparejo y entonces el liniero colocado en el puesto de trabajo de la percha terminal hace la lazada por detrás del aislador y se prepara a hacer el amarre y el remate utilizando la llave de empalme y los conectores que indica la Norma para garantizar un amarre firme sin posibilidad de que se suelte.

En la medida en que se va terminando el amarre y el remate en cada línea se puede soltar suavemente el aparejo hasta cuando sea la propia línea la que absorba la tensión y se compruebe que el procedimiento ha sido correcto.

Estando todas las líneas tensionadas y rematadas se procede a su amarre a los aisladores en cada poste, según lo indica la Norma.

Hay algunas reglas que es preciso tener en cuenta en el tendido de redes de baja tensión a saber:

a) Las tensiones deben ser compensadas o sea que cuando se da tensión a una línea el conjunto de retenida debe estar tensionado de antemano o en un terminal doble en lo posible se tensiona el mismo nivel simultáneamente a cada lado del poste;

b) En los terminales se deben dejar en los extremos cabos de conductor suficientemente largos que permiten formar el puente sin recurrir a una sección separada de conductor. Si el cabo no se utiliza como puente se puede dejar adosado con cinta aislante o con unas vueltas de hilo de conductor a la misma fase.

NPC-01040102. Puentes, cruces, remates y bajantes de transformadores.

Se hacen uniones, empalmes y finalizaciones de líneas mediante métodos comunes, a saber:

a) Puentes. Los puentes en redes de baja tensión de configuración vertical son siempre horizontales y se refieren al mismo nivel posicional con lo cual se conserva el orden y se evitan accidentes.

   A los extremos y al sitio de empalme de cada conductor que conformará el puente se les quita el aislamiento, si son aislados, en una longitud de unos veinte (20) centímetros, se limpian las superficies y se presentan uno junto al otro de tal manera que se traslapen a lo largo de la extensión antes mencionada. Se amarran a un extremo con la llave de empalme y se procede a colocar el conector de compresión que señala la Norma. Se suelta y se procede a repetir la operación en el otro extremo. Los conectores deben ser de material similar al de los conductores para evitar corrosiones o tener las protecciones bimetálicas apropiadas;

b) Cruces. En baja tensión dado que la configuración es vertical los cruces se hacen verticales o sea empalmando cada nivel con el correspondiente mediante puentes apropiados que se harán con conductores del mismo metal unidos a las redes en sus extremos con conectores de compresión.

   Los empalmes a cada extremo deben ser cubiertos con cinta aislante suficiente para vulcanizar el amarre y restablecer sus condiciones de aislamiento.

Cuando el soporte vertical de los conductores no es suficientemente bueno se rigidiza el cruce utilizando aisladores de carrete guiados por una varilla y ajustados con un pin (separador) a los cuales se amarran los conductores individualmente;

c) Remates. Los remates son las finalizaciones de las líneas que se dan en sus extremos. En las líneas de baja tensión consisten en lazadas hechas en los soportes de retención que usualmente son aisladores de carrete. El remate consiste en el corte a la longitud definitiva, el paso por detrás del aislador, la presentación de los conductores y el amarre definitivo por medio de conectores. Esta operación se hace con las líneas sueltas o sea sin tensión. Se procede a retirar el aislamiento, si lo hay, en una extensión de veinte centímetros. Se ajustan las dos líneas con la llave de empalme en el lado interno del remate o sea hacia el aislador y se procede a colocar y ajustar los conectores que señala la Norma para lograr que el amarre sea firme y capaz de soportar con suficiente seguridad la tensión normal del conductor y los esfuerzos adicionales que puedan sobrevenir. Los remates se ensayan al soltar los equipos de tensionamiento.

   Los remates deben de cubrirse con cinta aislante autofundente;

d) Bajantes de Transformadores. Los bajantes de transformadores son conductores aislados de calibre ampliamente suficiente para soportar las máximas corrientes de diseño de los transformadores a los cuales se van a conectar.

   Los bajantes deben acondicionarse según el tipo de transformador del cual se derivan pues deben sujetarse firmemente a los terminales de baja tensión de éstos que son de platina con tornillos, de mordaza, etc. Se acondiciona ese terminal para acople firme y seguro.

   La longitud de los bajantes debe ser suficiente para alcanzar sin dificultad el conductor al cual van a alimentar. Los extremos del bajante, al igual que el sitio donde se empalmará éste con el conductor correspondiente deben tener removido el aislamiento, si lo tenían, y las superficies deben estar limpias para proceder a empalmarlos. Se procede como en los casos anteriores utilizando llaves de empalme y conectores de tornillo o de compresión con superficies de contacto, tal como lo indica la Norma de Construcción correspondiente, suficientemente grandes para permitir el paso franco de la corriente. Los empalmes se cubrirán con suficiente cinta aislante auto fundente.

NPC-01040103. Acometidas Aéreas.

Las acometidas aéreas en redes de baja tensión son de tipo concéntrico el cual usualmente se utiliza en calibres menores donde todos los conductores van cubiertos por una funda plástica siguiendo el modelo de construcción para estos conductores especiales y de tipo abierto para calibres entre 13.29 mm^2 (6 AWG) y

53. 50 mm^2 (1/0 AWG) estando aislados todos los conductores, inclusive el neutro. En las acometidas abiertas los conductores van anillados cada 25 centímetros en un paquete entre la red de baja tensión y el capacete que la recibe en la parte alta de las edificaciones. Entre el capacete y la caja de contadores las líneas están sueltas dentro de la tubería. En la caja de contadores deben estar perfectamente identificadas según sean neutro o fases A,B ó C.

La tensión mecánica entre la acometida y el tubo metálico que la recibe debe quedar disipada por un amarre aislado que se hace al poste de derivación con un aislador de carrete pequeño y por un amarre similar en el tubo que la recibe tal como lo indica la Norma. Esto con el fin de que la red no tenga que soportar las tensiones de cada acometida en los puntos de conexión y de que la entrada al capacete también esté exenta de tensiones mecánicas que pueden deteriorar los conductores y producir cortocircuitos.

Los conductores deben ser continuos, sin empalmes, entre la conexión a la red y el punto de conexión a los contadores de energía.

NPC-01040104. Acometidas Subterráneas.

Las acometidas de calibre 53.50 mm^2 (1/0 AWG) y superiores siempre son subterráneas. Para ello se hace una instalación protegida adosada y asegurada firmemente al poste en tubo metálico rematado en un capacete apropiado. En la base del poste hay una cámara de inspección (hand hole) y desde ésta un conducto subterráneo en tubería plástica o metálica hasta la caja de conductores en la instalación comercial o industrial correspondiente que se construyen según la Norma correspondiente.

La canalización deber ser de capacidad suficiente para que los conductores trabajen en condiciones térmicas apropiadas. Dentro de las canalizaciones no debe haber empalmes y por tanto los conductores deben ser enterizos de un extremo al otro de la acometida.

Las canalizaciones deben ser firmes, perfectamente ajustadas e impermeabilizadas sus uniones para evitar que recojan humedad externa.

La manipulación de los conductores para instalar la acometida debe ser cuidadosa para evitar que los conductores sufran deterioros. Normalmente se usa una sonda de acero que se empata a una malla de halar la cual, a la vez que protege las puntas de los cables, permite la distribución de esfuerzos y evita daño en los conductores.

Cuando el paso de los conductores se hace difícil debe utilizarse grasa para facilitar el deslizamiento de aquellos dentro del conducto.

Los empalmes a la red se hacen individualmente fase a fase siguiendo la técnica de amarre mediante conectores apropiados y cubriendo totalmente con cinta aislante auto fundente.

NPC-01040105. Acometidas Subterráneas - Conexión a Redes Subterráneas.

La conexión de una red aérea a una red subterránea se hace por medio de una canalización de dimensiones apropiadas para los cables según la Norma de diseño. De acuerdo con la Norma la acometida de conexión entre la redes aéreas y subterránea debe tener todos los conductores aislados, inclusive el neutro. La canalización se hace en un ducto metálico adosado al poste de donde se hace la derivación, el cual quedará firmemente sujeto con cintas metálicas y hebillas de seguridad. El ducto metálico en la parte superior se remata en un capacete apropiado para el manejo de los calibres de la acometida.

En la base del poste debe haber una caja de inspección y en el sitio de empalme entre las dos redes una caja de registro. La acometida y la red subterránea se construyen en conductores de cobre del tipo blando y los empalmes en la red aérea se hacen con conectores bimetálicos del tipo de ajuste paralelo o de tornillo cubiertos con cinta aislante vulcanizable como lo indica la Norma respectiva. En la red subterránea se hacen los empalmes con los conectores que señala la Norma e igualmente se recubren y vulcanizan con cinta aislante.

Durante la instalación de los cables se debe tener cuidado de que no se laceren los aislamientos con los bordes afilados de la canalización. Para halar los cables se usan sondas de acero y fundas o mallas de halamiento. A fin de facilitar el corrido de los conductores dentro del tubo se utilizan grasas sólidas.

NPC-010402. Conductores de Media Tensión.

NPC-01040201. Tendido.

El tendido de redes de media tensión se lleva a cabo una vez que los postes y las retenidas que exige el diseño han sido colocados, cimentados, estén debidamente fraguados los concretos y aplicados los esfuerzos equivalentes a las tensiones contrarias que soportarán en la red y que las compensarán.

Estando colocados los aisladores de pin y de tensión en sus sitios se procede a situar el carrete o los rollos del conductor que va a ser colocado en el extremo de la línea desde la cual se dará tensión.

Como en el caso de las redes de baja tensión, pero esta vez trabajando únicamente con conductores desnudos por medio de una línea de izaje que sirve de guía se irán colocando sobre las crucetas los conductores junto a los respectivos pines cuidando de que no resbalen y se caigan. El conductor al ser halado va corriendo sobre las crucetas procurándose no dejar vamos flojos que puedan causar molestias en el tráfico de peatones y vehículos ó interferir con redes existentes.

Para líneas de mayores calibres que tienen tendencia a caerse al piso y pueden lacerarse al correr sobre superficies ásperas se deben montar andamios de protección del tráfico a fin de mantenerlas en altura y cuidar que la tensión aplicada para halar sea sostenida. Cuando hay dificultades para que los conductores corran

sobre las crucetas se colocan sobre estas unas roldanas atornilladas provisionalmente a las mismas sobre las cuales corran los conductores fácilmente. Hay roldanas especiales para los ángulos mayores de 3º y menores de 15º donde se trabaja con doble pin corrido.

Una vez que todos los conductores están extendidos hasta el sitio de remate se hacen los preparativos para el tensionamiento. Se colocan, unidos a los eslabones del último aislador de tensión, los guarda cables para conductores menores y el conjunto de eslabón de ojo y mordaza para conductores más pesados, distinguiendo esta última según los tornillos de ajuste de acuerdo al menor o mayor calibre del conductor tal como lo indica la Norma de Construcción.

Cuando se usa guarda cable se pasa el extremo del conductor por la canal de éste y se hace una lazada cerrada que se remata con un amarre por medio de conector de compresión apropiado al calibre.

Si se usan grapas terminales estas se colocan según la posición necesaria para finalización del circuito (cañuela hacia abajo) o para doble terminal (cañuela hacia arriba), se introduce el extremo del conductor en la cañuela de la grapa dejando libre un tramo según la utilización que se requiera (puente) o para el remate apropiado. Se procede a hacer el ajuste de las cañuelas hasta asegurar firmemente el conductor.

La operación de amarre y remate puede hacerse en tierra y subirse los conjuntos listos para ser acondicionados en la cruceta terminal. Se procede luego a subir sobre los aisladores la línea que será tensionada.

En el otro extremo de la línea, donde se dará tensión, se miden los conductores y se preparan para que el liniero en el sitio de trabajo en altura pueda manejarlos. Se suben atados a una cuerda de izaje y el liniero coloca la grapa de halar (comelón) en una posición que pueda dominar con relativa facilidad, instala el aparejo o el trinquete (ratchet) extendido y fijado en sus extremos a la grapa de halar y a un punto fijo en la cruceta. Se procede a dar tensión acortando la extensión de la herramienta de tensionado hasta cuando la línea haya alcanzado la flecha predeterminada en el cálculo mecánico de la línea de media tensión o, si no está fijada, cuando la práctica lo aconseje procurando que los conductores no queden excesivamente tensos. Una vez lograda la tensión necesaria se amarra y remata como se hizo en el otro extremo, se cortan sobrantes y se procede a aflojar la tensión de los equipos de tensionado.

En algunas oportunidades, cuando los conductores son muy pesados se usan diferenciales de cabrestante traccionados por máquinas independientes. La tensión puede ser medida intercalando en el equipo de tracción del tendido un dinamómetro que señalará cuando se ha alcanzado la tensión de diseño.

La operación final consiste en amarrar en cada aislador de pin la línea a la ranura superior del aislador para evitar que ésta se zafe, siguiendo formas y patrones de

amarre preestablecidos que deben facilitar las maniobras cuando se trabaja con líneas energizadas. Para los amarres se usan hilos de conductores del mismo material, debidamente recocidos.

NPC-01040202. Puentes, Cruces y Remates.

Es necesario tener en cuenta ciertas reglas para proceder a la construcción de las redes de media tensión, así :

a) Puentes Horizontales. Son aquellos que se hacen por encima de un doble terminal apoyados en aisladores de pin colocados sobre las crucetas. Se realizan midiendo una longitud suficiente para que los empates se hagan veinte centímetros adelante de las grapas terminales. Los empates se hacen con conectores bimetálicos tipo tornillo en la dimensión que aconseja la Norma. Todos los puentes se hacen en conductor de cobre duro de un calibre igual o superior al de los conductores que se presentan.

   Los aisladores de pin se ajustan sobre pines colocados encima de las crucetas en igual forma de como se hace para conjuntos corridos.

   Una vez ajustados los conectores de tornillo se amarran los puentes a los aisladores en la forma normalizada.

b) Cruces (puentes verticales). Son aquellos que se hacen para conectar dos tendidos de líneas que se entrecruzan a niveles diferentes. El material de los cruces que se utiliza es de cobre duro de calibre igual o superior al de los conductores que se puentean. El cruce está dividido en dos secciones, cada una de ellas amarrada mediante un conector bimetálico de compresión a un conductor y doblada en ángulo recto hasta encontrar y traslapar en doce (12) centímetros el puente que es preparado en la misma fase del otro tendido. En el sitio del traslape se coloca un conector bimetálico de tornillo del calibre apropiado que permita en un caso dado su apertura y separación.

c) Remates. Los remates en los conductores de media tensión se harán con conectores bimetálicos de compresión seleccionados de acuerdo con el calibre del conductor. Sirven para amarrar la lazada final entre la línea y la cola de retorno.

NPC-01040203. Acometidas Aéreas.

Las acometidas aéreas en media tensión son derivaciones con protección de fusible. Para realizar la derivación es necesario construir en un nivel inferior como lo enseña la Norma un conjunto doble terminal con crucetas de centro con los procedimientos antes indicados el cual será un terminal sencillo o un terminal doble, con la retenida que sea del caso. Las crucetas se amarran entre sí con una canal en U, tal como lo indica la Norma.

Una vez construido el conjunto se colocan los pines y aisladores de pin necesarios para hacer seguros los puentes, los cuales se ajustan firmemente.

La línea aérea de acometida en media tensión se debe construir con las mismas características de una línea de media tensión normalizada.

Una vez definida la acometida se procede a colocar los cortacircuitos en el arranque de la acometida y en el sentido de la línea. Se colocan dos de ellos en el espacio entre la línea externa y la central y el otro en cercanías de la otra línea.

Se hacen los respectivos puentes conectando la cabeza de cada cortacircuito que tiene sus propios conectores al puente preparado el cual pasará por la parte superior de los aisladores de pin a los cuales se amarrará firmemente o directamente a la línea y se fija al circuito alimentador con un conector bimetálico de compresión. No se debe olvidar que el puente se construye en conductor de cobre desnudo del calibre apropiado a la acometida.

NPC-01040204. Acometidas Subterráneas.

Para la construcción de una acometida subterránea en media tensión es preciso tener en cuenta que se requiere, como en el caso anterior, la construcción de un conjunto sencillo de soporte en un nivel inferior en el poste donde se hará la derivación, todo ello como está indicado en la Norma.

En el conjunto superior, que normalmente debe ser un terminal doble, se colocarán las protecciones de cortacircuitos y Descargadores de sobre tensiones, estos últimos en la cruceta trasera y los cortacircuitos en la delantera.

En la cruceta del conjunto inferior se colocarán los terminales correspondientes al circuito de media tensión una vez éstos han sido conectados a sus respectivos cables, siguiendo los procedimientos y técnicas de construcción particulares para estas labores.

Las conexiones se deben hacer conectando las cabezas de los cortacircuitos y Descargadores de sobre tensiones a la línea respectiva con conectores bimetálicos de tipo tornillo, las salidas de los Descargadores de sobre tensiones a la correspondiente instalación a tierra que ha debido de estar debidamente preparada con anterioridad y las salidas de los cortacircuitos a las cabezas de los terminales de media tensión de los cables, los cuales ya han debido estar correctamente preparados y en su sitio.

NPC-01040205. Pases Subterráneos.

Los pases subterráneos se construyen a cada uno de los lados de entrada y salida de la misma manera como se indicó antes para la acometida subterránea.

La canalización vertical se hará con tubo metálico cerrado en su tope con brea para evitar la entrada de agua, ese tubo metálico se adosa al poste de una manera firme con cinta de acero inoxidable y hebillas.

Al pie de cada poste habrá una caja de registro construida conforme a las Normas establecidas. Entre las cajas de registro se construirá la canalización que indique

el diseño con las cajas de registro en el tramo a que haya lugar. Los cruces de las vías se harán a profundidad no inferior de 80 cms. del nivel de la calzada y en tubería metálica.

NPC-0105. ILUMINACION.

Se incluyen en esta Norma de procedimientos los aspectos principales relativos a los diferentes componentes de un sistema de iluminación.

NPC-010501. Luminarias.

Las luminarias de alumbrado público se colocan en las posiciones de altura y de ínter distancia que están fijadas en los planos de diseño.

Cuando las luminarias corresponden a una red exclusiva de iluminación se fijan en la parte superior de los postes sujetando los brazos por medio de dos grilletes y dos abrazaderas de una salida, de tal manera que queden orientados hacia el espacio que se va a iluminar.

La luminaria debe estar fijada al extremo superior del brazo por medio de acoples que se deben ajustar firmemente, dándole la posición horizontal, que debe corresponder al diseño.

La instalación eléctrica debe ser preparada en tierra antes de izar el conjunto conectando los terminales de la luminaria a una acometida que pasa por dentro del brazo del tubo y que se debe conectar a la parte inferior a la red secundaria normal, a la red aérea especial de alumbrado o a la acometida que por el interior del poste se conecta a la red subterránea.

Es necesario considerar que todos los empates de acometidas se hacen a través de bornera o de conectores, estos últimos debidamente aislados con cinta vulcanizable. En la conexión a la red se utilizan conectores bimetálicos de compresión.

NPC-010502. Accesorios.

Los diferentes accesorios y las conexiones correspondientes completan con las luminarias un sistema automático de iluminación.

a) Celda Fotoeléctrica. De acuerdo a la Norma debe usarse del tipo de enclavamiento a un receptor colocado o bien sobre una luminaria para control individual ó a un relevador. Su instalación se hace al final de los trabajos de construcción para preservarla de choques o golpes por ser un elemento delicado. La fotocelda debe orientarse adecuadamente para que su funcionamiento corresponda a la necesidad de que esté encendida la luminaria en horas nocturnas y apagadas de día.

b) Relevadores.- Se colocan en el poste donde reciben la alimentación de un circuito de baja tensión, usualmente donde está situada una estación

transformadora. Si misión es recibir una señal de existencia o ausencia de luz natural y convertirla en una interrupción o en un corte de un circuito especial de iluminación al que se conectar una serie de luminarias. Debe tenerse cuidado de reconocer el nivel de tensión del circuito cuando se van a instalar relevadores de uno o de dos polos.

Lo relevadores se fijan a los postes por medio de tornillos sujetos a abrazaderas de una salida en los lados superior e inferior que retienen la platina soldada al cofre del relevador. En algunas ocasiones se usan amarres de cinta de acero inoxidable y hebillas de cierre.

Las conexiones deben hacerse cuidadosamente al alimentar desde la red de baja tensión; particularmente para la identificación del nivel de tensión y de las fases que se utilizarán y en el lado de la carga para la alimentación al circuito de iluminación.

El cofre del relevador debe quedar aterrizado conjuntamente con la puesta a tierra del transformador de distribución.

Las conexiones a las redes respectivas se deben hacer con los conectores indicados en la Norma y aislados después con cinta vulcanizable.

NPC-0106.

NPC-0107. PROTECCIONES.

Un factor principal para el buen suceso de una red de distribución es que sus protecciones sean adecuadas y que se construyan siguiendo procedimientos completos que garanticen su calidad.

NPC-010701. Cortacircuitos.

Los cortacircuitos de protección sirven para separar automáticamente una línea que soporta amperaje en exceso debido una carga que excede a la prevista y calculada para el elemento fusible o cuando se produce un cortocircuito.

Los cortacircuitos deben tener características normalizadas para su colocación en la red que tienen que ver con el nivel de tensión, con la corriente normal y con la corriente de cortocircuito. Deben colocarse en los sitios que se requieren proteger cortacircuitos que se ajusten a las condiciones necesarias de los mismos, las cuales usualmente están indicadas en los planos de diseño o son dadas por la Empresa distribuidora.

El montaje de cortacircuitos en las crucetas debe ser firme y bien ajustado. Las conexiones también deben de tener ajustes firmes.

Las cañuelas portafusibles deben quedar con un recorrido libre, esto es que no tropiecen con los conductores de conexión cuando se descuelguen automáticamente en una operación.

Debe cuidarse que el cortacircuitos quede bien colocado en línea de plomada vertical y con la inclinación suficiente para que al romperse el fusible y soltarse el trinquete de sujeción la actuación de la gravedad complete la operación.

La instalación de los fusibles debe ser cuidadosa para no lesionar el elemento térmico. Los extremos se ajustarán dejando libre el extremo inferior de la cañuela para la expulsión de gases.

Solamente se debe utilizar el fusible apropiado a la protección que se van hacer, según la Norma. De ninguna manera se usarán hilos de conductores u otros elementos que impidan la protección controlada.

NPC-010702. Descargadores de sobre tensiones.

Los Descargadores de sobre tensiones normalizados de oxido de zinc se utilizan de acuerdo al nivel de tensión que van a proteger de tal manera que las sobre tensiones que sobrepasen determinados niveles sean drenadas a tierra.

Los Descargadores de sobre tensiones se instalan directamente sobre las crucetas utilizando los adaptadores que tienen como herrajes particulares para asegurarlas firmemente. La abrazadera de fijación se ajusta una vez colocado en posición cada uno de los Descargadores de sobre tensiones.

El terminal superior se conecta a la línea que se protege y el inferior va conectado a la línea de aterrizaje que debe estar preparada y medida de antemano, consistente en un conductor bajante que está instalado dentro del poste construido según la Norma respectiva, el cual se conecta en la parte inferior a una varilla de puesta a tierra de baja resistencia.

NPC-0108. REDES AEREAS - MEDICIONES.

La correcta relación comercial entre la Empresa distribuidora de energía y sus clientes se establece a través de equipos de medición apropiados y técnicamente instalados.

NPC-010801. Baja Tensión.

Las mediciones de baja tensión se hacen en el exterior de la propiedad de cada cliente en un sitio de fácil acceso al personal que tomará lecturas periódicas. Consiste en una caja metálica normalizada donde se encuentran instalados el contador de energía, los fusibles o interruptores que protegen la carga y una cuchilla de corte. Cuando las cargas son mayores se utilizan transformadores de corriente insertados en los conductores que entran a la caja de contadores, de cuyo secundario se derivan conexiones para los contadores.

Para proceder a instalar una medición se tiene identificada la acometida que llega desde la red aérea o subterránea en el sitio de la caja de contadores correspondiente, bien sea sobre la pared, incrustada en ella o sobre un murete preparado a propósito, tal como lo indica la Norma de Construcción.

Estando la caja unida al tubo de la acometida y firmemente fijada debe procederse a aterrizarla conectando las partes metálicas a una varilla de tierra mediante una línea de aterrizaje. El neutro de la instalación, antes de la medición también deberá ser conectado a tierra, lo mismo que los demás equipos.

El contador se ha de fijar al fondo de la caja de contadores en posición vertical. Los transformadores de corriente, en caso de que la instalación los requiera, se fijan al fondo o al piso de la caja, de manera tal que los cables se puedan instalar con facilidad. Los secundarios de los transformadores de corriente deben permanecer cortocircuitados hasta cuando se pone en funcionamiento el circuito respectivo.

Las conexiones entre las protecciones y la carga y entre las protecciones y el contador - cuando no hay transformadores de corriente - deben ser preparados de antemano.

En ese punto la instalación queda lista para que el personal autorizado de la Empresa distribuidora proceda a conectar el contador y la salida de carga o el contador a los transformadores de corriente y a las tomas de tensión y a conectar la carga debidamente.

La Empresa verifica las conexiones y coloca los sellos de seguridad en la medición.

Solamente la Empresa o sus delegados están autorizados para romper los sellos de los contadores y equipos de medición avisando previamente al suscriptor. Los sellos rotos siempre deben ser repuestos. En caso de no hacerlo el suscriptor debe dar el aviso del caso a la Empresa.

NPC-010802. Mediciones Exteriores - Media Tensión.

Las mediciones exteriores en media tensión se realizan utilizando transformadores de tensión y de corriente apropiados a la carga del usuario, de acuerdo a las Normas y a las exigencias de precisión de la medición, - dos de cada tipo - estableciendo una correlación de medidas que permiten medir periódicamente los consumos que tiene el suscriptor beneficiario del suministro de energía.

La instalación de las mediciones en media tensión se hace normalmente en un conjunto de acometida aérea o subterránea en el cual se utiliza doble postería o sea conjunto corrido y terminal, corrido y corrido o doble terminal en cada poste dependiendo de la forma como el circuito de media tensión queda establecido y de la manera como se construye la derivación. Cada uno de éstos conjuntos tiene su particular procedimiento de construcción.

Lo importante en este aparte es señalar lo correspondiente a la instalación de la medición en media tensión.

En el conjunto de dos postes, instalados a la manera como se construye para una plataforma de transformadores de distribución, se coloca en la parte superior una doble cruceta donde se instalan las protecciones.

En un nivel inferior se colocan los transformadores de medición : dos de corriente y dos de tensión conectados tal como aparece en la Norma. Los transformadores se fijan a la plataforma para que queden bien sujetos.

La salida de los transformadores de corriente continúa hacia la carga y hacia los equipos de transformación del suscriptor.

Las conexiones derivadas del secundario de los transformadores de medición se llevan mediante una canalización metálica si es en intemperie y en tubería plástica si es en interiores hasta la caja donde están colocados los contadores de energía activa y reactiva. Los bajantes al poste se fijan con cinta metálica inoxidable y hebillas y la caja de los contadores se fija al poste con abrazaderas.

No es aconsejable que la distancia entre los transformadores de medición y los contadores sea muy larga. Usualmente no debe superar los quince (15) metros dependiendo de los calibres utilizados en el lado de baja tensión.

NPC-0200. REDES SUBTERRÁNEAS

NPC-0201. OBRAS CIVILES. ASPECTOS ESPECIFICOS.

Los procedimientos de construcción de las obras civiles son los comúnmente usuales en otras obras de esta naturaleza que tienen que ver principalmente con el planteamiento correcto de los sitios donde estarán ubicadas las canalizaciones y las distintas cámaras, respondiendo a los diseños de red y a las Normas establecidas para cada canalización o estructura determinadas.

Además del planteamiento seguro, el procedimiento correcto tiene que ver con el aprovisionamiento de materiales para la construcción y con el retiro de escombros, con la organización de los trabajos - particularmente los de excavación y canalización - a fin de que no se causen interferencias a la libre circulación de peatones y vehículos más allá de lo estrictamente razonable.

Se trata, igualmente, del ordenamiento de las construcciones para que se hagan en forma lógica y se eviten demoras y accidentes y de que se les de un acabado fino a las obras que quedan expuestas.

Es importante que estas obras incluyan procedimientos de seguridad, señalización y prevención.

NPC-020101. Canalización.

Las obras de canalización de redes subterráneas están compuestas por conductos - usualmente bancos de conductos - que interconectan las diferentes cámaras de conexión, de inspección, de maniobra y de localización de equipos determinadas específicamente en las Normas.

El procedimiento de construcción es el siguiente:

a) Se realiza el planteo y se traza la ruta y/o el sitio de localización de las cámaras marcando suficientemente en las superficies duras. Previamente debe haberse investigado con otros usuarios del espacio público la localización de otras redes de servicios (acueducto, alcantarillado, telecomunicaciones locales y de larga distancia, energía, gas, semáforos, etc.) en cuanto a posición relativa y profundidad a fin de prevenir cualquiera afectación durante el proceso de excavación;

b) Se despeja la ruta superficial en lo que sea posible o se tienen en consideración las rutas alternativas a fin de que no se presenten interferencias durante el proceso de construcción;

c) Se delimita con cintas de prevención la zona de construcción para advertir a los transeúntes y vehículos la interferencia temporal;

d) Se procede a romper las superficies duras con equipos neumáticos para acelerar los trabajos dejando a un lado los escombros para retirarlos al final de cada jornada. Se continúa con la excavación de las partes blandas utilizando herramientas convencionales o equipos de excavación cuando las condiciones de ausencia de otros servicios en el subsuelo lo permitan, cuidando en el primer caso de evitar hacer contacto de las herramientas con estructuras de servicios conocidos e identificando en zonas residenciales para prevenir su daño las acometidas a las residencias. Los escombros se amontonan al lado de las excavaciones sin regarlos desordenadamente para evitar que sean esparcidos por los obreros de la construcción y por particulares. Se debe conservar el material apto para el relleno posterior de la excavación. El resto se debe desechar y se retira al final de caja jornada. Cuando se procede a la apertura de las zanjas el material de ductería y de mejoramiento del suelo de base y del relleno deben estar preparados para proceder a su colocación tan pronto van siendo completados tramos de zanja que permitan una operación eficiente. En este aspecto debe haber una gran coordinación para minimizar el tiempo de apertura de zanja, colocación de conductos y conformación de rellenos de la excavación;

e) Cuando se trata de atravesar calles o romper la estructura de las mismas a lo largo de las vías debe tenerse el cuidado necesario para reponer las condiciones de calidad de la base y del pavimento tal como estaba originalmente por lo cual deben afirmarse los rellenos con materiales

adecuados y con condiciones de compactación tales que no haya deterioro de las vías. Cualquier falla de los pavimentos imputable a una canalización debe ser solucionada por el constructor dentro de la garantía de estabilidad de la obra;

f) Los rellenos en zonas que no son viales se deben compactar suficientemente bien para soportar el tráfico normal de peatones y ocasional de vehículos como sucede normalmente en zonas verdes, andenes, etc.;

g) La colocación de conductos se hace en las configuraciones que indica la Norma soportados por una base blanda que le de la flexibilidad suficiente de acomodo a la superficie el terreno sin añadirle esfuerzos particulares. Los conductos se instalan desde los bordes de las cámaras sellando con mortero de cemento para que la humedad del terreno y de la canalización no penetre en aquellos.

Los conductos se ensamblan unos a otros siguiendo las instrucciones del fabricante para tuberías rígidas o flexibles con el propósito de que la humedad no penetre a los conductos por las uniones. Tanto el material de base de los conductos como el que fluye entre los mismos es de arena gruesa. Sobre el paquete de conductos, como lo indica la Norma se colocan cintas preventivas que señalan la canalización. Luego se procede al relleno en las condiciones de compactación indicadas.

Se procede, una vez lograda la compactación requerida de la excavación, a reponer las superficies duras con concretos de cemento o asfálticos de resistencia y espesor iguales a los originales en las vías y con concretos, ladrillos, cerámicas, etc. en sitios afectados particularmente de andenes, entradas de residencias, etc.;

h) El resultado de una canalización debe ser que el espacio público finalmente no se vea afectado en su configuración permanente y que la afectación temporal sea mínima. Sobre las superficies duras deben quedar espaciadamente algunas marcas indicadoras de la ruta de la canalización ó las señas de dilatación de pavimentos en casos necesarios, pero de ninguna manera quedarán escombros o daños de sardineles, muros, etc. o andenes afectados que no sean retornados a su estado original.

NPC-020102. Cámaras de Baja Tensión.

Los detalles de construcción incluidos en las Normas hacen explícitos los procedimientos de construcción que se repiten con algunas variaciones en cada una de las cámaras de baja tensión que son diferentes por su propósito : de alumbrado público, de red de distribución de baja tensión de una o más salidas, de inspección de uno o más niveles, de tiro, de desviación de dos, tres y cuatro vías.

Las cámaras son de paredes de ladrillo (las más pequeñas) y de paredes de concreto reforzado las demás. Las tapas son de concreto reforzado, con bordes metálicos. Las calidades de materiales y de concretos están debidamente especificadas en las Normas.

La forma en que un constructor asume la construcción tiene que ver con su orden y organización particular que le permite adecuar su sistema de trabajo a unos resultados esperados que serán verificados en detalle por el representante de la empresa propietaria de la obra.

Además de los cuidados externos de localización, señalización, movimiento de materiales a colocar, disposición de sobrantes, etc. el constructor debe cuidar su obra para evitar derrumbamiento y en tal sentido las excavaciones que superen profundidades de riesgo medidas de acuerdo a la solidez de los terrenos deben atracarse adecuadamente siguiendo parámetros de experiencia que le permitan sostener los terrenos excavados simultáneamente a la hechura de las obras. Las formaletas deben ser limpias, resistentes y homogéneas y los concretos y refuerzos deben tener las resistencias solicitadas en las Normas.

Las medidas deben ser verificadas repetidamente y contar con una supervisión inmediata. Las obras que no responden a las condiciones técnicas de la Norma cuando son chequeadas durante el o posteriormente al proceso de construcción necesariamente deberán ser demolidas y el propietario indemnizado dentro de las garantías de estabilidad de la obra.

NPC-020103. Cámaras de Media Tensión.

Las cámaras de media tensión son también algunas de las mencionadas antes como aquellas de inspección, de tiro, de derivación y también aquellas de maniobra y de transformación y maniobra.

Las cámaras de media tensión son usualmente las más sofisticadas tanto por su finalidad como por su localización en andenes de amplio tráfico, vías congestionadas, etc. y en ese sentido su construcción es más sólida.

Lo anterior refuerza particularmente el cuidado que deben tener los constructores durante el proceso de construcción, el cual debe seguir necesariamente la ruta de : planeamiento topográfico; delimitación y señalización del área de trabajo habiendo conseguido previamente los permisos de ocupación de andenes y vías; manejo de materiales de construcción y retiro de sobrantes; seguridad de la excavación atracando rápida y adecuadamente, colocación de formaletas apropiadas; armado cuidadoso y verificado de parrillas de refuerzos; vaciados de concretos programados con chequeos de calidad y resistencia con la supervisión inmediata del constructor y con los avisos oportunos a la Interventoría relativos a inspecciones previas necesarias en obras que van a ser cubiertas.

De igual manera que en los otros casos lo importante es que la idoneidad técnica y ética del constructor permitan que los chequeos que se hagan de la obra respondan a los parámetros y normas solicitadas, dentro de procesos técnicos de construcción de obras civiles, para lograr los resultados esperados en obras de gran solidez estructural expuestas en el espacio público a condiciones imprevisibles.

La falta a las condiciones de la Norma o la falla de las estructuras debe ocasionar las indemnizaciones del constructor al propietario por la obra misma encontrada defectuosa y por las consecuencias civiles correspondientes.

NPC-0202. CONDUCTORES.

NPC-020201. ASPECTOS ESPECIFICOS.

Las Normas de materiales establecen los conductores especiales que se utilizan en redes subterráneas tanto para baja como para media tensión. Particularmente estos últimos tienen características especiales dadas la necesidad de conservar el aislamiento apropiado. De ahí que las condiciones de manejo sean particularmente estrictas.

NPC-02020101. Conductores de Baja Tensión - Tendido.

Los cables subterráneos obedecen a leyes fundamentales de la física, la química y la mecánica y por tanto es necesario aplicar una serie de normas fundamentales de precaución en el terreno para no deteriorarlos.

NTC-0201020101. Normas Generales de Inspección de los Conductores en los Carretes.

a) Debe verificarse que los carretes se encuentren en buen estado y que su almacenamiento se ha efectuado conforme a normas de los fabricantes. Los carretes deben almacenarse en un piso firme apoyados en sus pestañas. Nunca deben almacenarse acostados y apilados. Cuando los carretes están flojos, las pestañas deterioradas, o tienen manchas, significa que han tenido mal trato o que han sido almacenados con elementos que los pueden afectar.

b) Debe controlarse que, al quitarle la cubierta a los carretes, no queden clavos salientes ni otros elementos que puedan lesionar el cable al desenrollarlo.

c) Debe chequearse que las puntas del cable estén debidamente selladas para prevenir su contaminación con vapor de agua.

NTC-0201020102. Normas Generales de Manipulación de Cables Subterráneos.

a) No se debe dejar caer bruscamente ni doblar exageradamente un cable;

b) Las cajas de halado deben tener dimensiones descubiertas iguales o superiores a 50 veces el diámetro exterior del cable más grande que puede

ser halado en esa instalación para cables de media tensión y de 10 veces para conductores de baja tensión;

c) Los conductores no son delicados y están construidos sólidamente, pero no debe abusarse de ellos;

d) Al halar los cables debe hacerse la operación de manera uniforme y sostenida con un malacate, sin interrupciones, salvo por necesidad absoluta;

e) No es recomendable halar a más de quince (15) metros por minuto;

f) Debe tenerse en cuenta que cuando se utiliza una sonda o un cable de acero este puede cortar aserrando los conductos no metálicos en las curvas o en las boquillas formando bordes afilados que maltratan el cable, causan resistencia, provocan tirones ó bloquean el avance;

g) Se debe usar malla de acero o calcetín procurando que haya un amarre muy seguro entre este elemento y el cable que se hala. A pesar de que la malla aprieta el conjunto es aconsejable asegurar el amarre entre ésta y el cable;

h) Como la malla afecta la porción del cable donde se establece el contacto y las zonas inmediatamente aledañas, en la medida de los conductores debe darse la ventaja suficiente para evitar el uso de partes de conductor averiadas. Por la misma razón no es conveniente halar desde tramos intermedios de un cable que no debe ser interrumpido;

i) El cable debe alimentarse a la canalización de tal forma que no rastrille contra la boca del conducto. De esa manera el esfuerzo de halado se reduce y se evitan daños en la chaqueta de los conductores;

j) Las puntas de los cables deben aislarse adecuadamente durante el halado y después de realizados los cortes definitivos correspondientes. Ese aislamiento se hará dependiendo de la clase de aislamiento necesario a cada tipo y a cada nivel de tensión pues se trata de resguardarlos de cualquier clase de contaminación que disminuya sus características de aislamiento, particularmente la de vapor de agua;

k) Para correr conductores en canalizaciones que hacen ángulos o para introducir éstos en las cámaras desde carretes colocados en superficie se usan poleas desviadoras debidamente ancladas y colocadas en forma tal que se conserve la relación del radio de curvatura suficiente para que el cable no sufra deterioro;

l) Cuando se introducen simultánea y paralelamente varios conductores debe tenerse especial cuidado en su amarre en la cabeza de la línea de halado para evitar que se suelten en la operación y haya que recurrir a dispendiosas maniobras de recuperación;

m) En los casos en que las tuberías están muy secas y presentan demasiada resistencia se lubrican los cables en la medida en que van siendo introducidos a las canalizaciones utilizando grasas sólidas que ayuden al deslizamiento.

NPC-02020102. Conexiones.

Las redes subterráneas de media tensión a lo largo de su ruta y en sitios estratégicos del alimentador principal tienen puntos de derivación y maniobra en los cuales se colocan cajas especiales donde se pueden abrir ramales o desprender acometidas. Los circuitos principales, los ramales o las acometidas tienen protecciones especiales cuando estas son solicitadas por las Normas, por los Diseños o por la planificación de las redes.

Aún quedan cables aislados en aceite cuyos empalmes y terminaciones son altamente dispendiosos debido a la necesaria protección contra la humedad, al necesariamente cuidadoso orden de localización y colocación de las capas de aislamiento y al hermetismo del sellado de las cubiertas plomadas, las cuales deben ser tratadas por especialistas calificados.

Sin embargo, al ser cada día menor el uso de los cables aislados en aceite, éstos han sido reemplazados por cables termoplásticos aislados en PVC reticulado en PTH, para los cuales también es preciso tener procedimientos estrictos que implican que no se presenten altas gradientes de tensión en las uniones y terminales. El procedimiento general es el de apantallamiento que consiste en la distribución de esfuerzos eléctricos en el aislamiento entre la línea energizada y los electrodos de aterrizaje. Se utiliza cinta de apantallamiento conductiva a fin de que la transición sea lo más suave posible entre el conductor y el conector. Los procedimientos detallados son dados por los fabricantes para cuidar la calidad de las conexiones y terminaciones de sus cables. El entrenamiento y la especialización de personal en estas labores garantizan al distribuidor la minimización de fallas en estos aspectos. No es procedente, por tanto, dictar en estas Normas los procedimientos detallados que se deben actualizar en la medida en que cambien las características del conductor y de los aislamientos.

Para realizar los empalmes y terminales hay una variada gama de accesorios elastoméricos que se utilizan en cables monopolares secos tales como codos, uniones, terminales, receptáculos, Descargadores de sobre tensiones, etc.. Estos elementos se utilizan para empalmar los cables a los diferentes equipos : cajas de maniobra, transformadores, líneas aéreas, etc. y su uso está regulado por procedimientos precisos que permiten mantener la calidad del aislamiento del cable y la protección contra accidentes de descargas ó fallas.

NTC-0202020101. Conductores de Media Tensión - Tendido.

El manejo de cables de media tensión debe ser cuidadoso porque significa, además del manejo de los materiales, la prevención de que se afecten las características físicas de los aislamientos que definen su funcionalidad.

De ahí la importancia de proceder correctamente :

a) Manipulación de carretes.

Como se ha expresado en lo relativo al manejo de los conductores de baja tensión y con mayor razón para los cables de media tensión es importante la manipulación adecuada de los carretes. Para proteger los conductores en los carretes éstos normalmente deben ser movidos con grúas o montacargas. Cuando se usan grúas se utilizan ejes rígidos colocados en el agujero central y con ángulos de carga respecto al gancho del izaje suficientes para que los cables o cadenas no lastimen los bordes del carrete. Cuando se utilizan montacargas los bordes de las bobinas se apoyarán en el tenedor de carga. Nunca se deben almacenar los carretes en posición horizontal sino vertical apoyados en los bordes laterales de las bobinas, uno detrás del otro sin que las aletas de éstas toquen los cables de la siguiente. Para su manipulación los carretes no se deben colgar o alzar utilizando las alas del carrete pues éste puede desbaratarse. Al destapar los carretes debe tenerse cuidado de que no queden puntillas, latas o filos que puedan herir los cables al desembobinarse.

En caso de que no se disponga de grúa para bajar los carretes desde el camión debe utilizarse una rampa y jamás lanzarse, aún disponiendo de elementos de amortiguación en el piso;

b) Las Canalizaciones.

Para que los cables de media tensión puedan correr a lo largo de las canalizaciones cuando son instaladas éstas deben tener unas especificaciones mínimas de geometría y calidad que permitan que la operación se haga sin tropiezos y sin necesidad de sobrecargar a la tensión los cables que se instalan.

Las tuberías deben quedar estancas o sea que no permitan penetración de humedad. En las uniones no deben quedar rebabas, resaltos ni depresiones que impidan ó tropiecen el movimiento longitudinal del cable. Las tuberías deben quedar firmemente adheridas al terreno para lo cual los rellenos deben estar compactados de tal manera que en los esfuerzos que una operación de instalación puede ejercer en las paredes de la tubería no las deforme, ni las desplace, ni las rompa. Los ángulos permitidos en las canalizaciones son ángulos suaves capaces de ser absorbidos por el desplazamiento del cable que en su proceso de halado tiende a formar líneas rectas. Las curvas mayores deben ser tratadas con cajas o cámaras de cambio de dirección donde se puedan colocar roldanas sobre las que rueden los cables tensados.

Antes de iniciar la instalación de un cable debe verificarse que la tubería esté limpia para lo cual se utilizarán diferentes métodos como chorros de aire comprimido, cepillos de acero y mandriles de cuña halados por el cable de guía. Los cables de guía o sondas se instalarán mediante lanzamientos con aire comprimido unidos en su extremo a una bola de icopor o mediante el uso de varas acopladas. Al igual

que las tuberías, antes de iniciar el tendido, las cámaras deben estar limpias y secas;

c) El Tendido.

Una vez limpia la tubería e instalada la sonda o cable guía se procede a preparar el montaje del cable alineando el carrete con la tubería dentro de una cámara, si es factible, o desde afuera guiándolo mediante poleas que permitan manejar los ángulos entre la posición del carrete y la entrada del conducto de tal manera que al darse tensión el movimiento sea uniforme y discurra sin tropiezos. Las poleas de desviación se asegurarán a anclas en las cámaras para que la operación sea uniforme una vez iniciada.

Debe disponerse de herramientas apropiadas para la operación de tendido que comprenden : i) Cuerdas fuertes o cables que resistan la tensión de arrastre; ii)Eslabones giratorios para trabajo liviano (menos de 600 kg.) ó mayores; iii) Varas de extensión acoplables ó cables, alambres ó cintas de acero para pescar el cable de arrastre o tensión; iv) Mallas livianas y pesadas y de diámetros diversos, lo mismo que ganchos de tracción para acoplar el cable de arrastre al cable eléctrico que se instalará; v) Boquillas para colocar en la entrada de los conductos y así proteger los cables de los bordes afilados o de las rugosidades de la tubería; vi) Gatos mecánicos o hidráulicos para soportar los carretes de los cables y permitirles giro libre sobre su eje; vii) Cables de arrastre y tracción suficientemente resistentes para elevadas cargas; viii) Grilletes de tracción para acoplar la malla y el eslabón giratorio ; ix) Equipo de tracción (winche autónomo; vehículo, etc.); x) Remolque para el movimiento de carretes; xi) dinamómetro para medir la tracción y evitar excesos sobre el cable.

Se acoplan el cable de tracción, el eslabón giratorio, el grillete y la malla o el gancho de tracción en forma sucesiva al cable eléctrico que se instalará cuidando que los acoples sean correctos - particular detalle debe tenerse entre la malla o el gancho de tracción y el cable para que tanto el conductor como las cubiertas sean halados de manera simultánea y no separada.

Una vez acopladas y estando sin frenos el carrete se da inicio a la tracción de manera muy suave que permita verificar que no hay desacoples o riesgos de estos sucedan. Si los hay, se corrige oportunamente. De de lo contrario se procede a continuar la operación hasta que ésta de manera lenta pero uniforme sea completada. Solo en casos de fuerza mayor se debe parar la operación. Terminado de instalar el tramo se procede a desacoplar el cable de tracción y a hacer los cortes dejando las holguras necesarias y sellando los extremos del cable para evitar su contaminación por humedad, como lo recomienda el fabricante.

NTC-0202020102. Derivaciones y Acometidas.

Las derivaciones de ramales y las acometidas se hacen a través de cajas de maniobra que consisten en recintos confinados donde seccionadores e

interruptores están inmersos en un medio aislante líquido o gaseoso. Los seccionadores e interruptores se pueden accionar manual o automáticamente.

Es posible tener cajas de maniobra de diferentes configuraciones según las necesidades de seccionamiento del circuito principal ó de separación de ramales ó de protección de acometidas.

Las cajas de maniobra en la red subterránea deben tener su operación en la parte frontal; su tamaño debe ser reducido y su estanqueidad debe ser tal que puedan ser instaladas en sitios de condiciones ambientales difíciles.

Las conexiones que se hagan a los circuitos, a los ramales y a las acometidas deben seguir los procedimientos de protección que recomienda el fabricante particularmente en cuanto a los aislamientos y aterrizajes.

Las derivaciones no protegidas empalmarán dos cajas de maniobra mediante un circuito cableado. Las acometidas se derivan desde la caja de maniobra hasta interruptores encargados del corte y protección. Desde estos equipos continúa el circuito hasta la celda de maniobra en la subestación del cliente.

Dadas las diferentes posibilidades de construcción una Norma de procedimiento específica no es pertinente sino que, según las características de la instalación, la empresa distribuidora impone restricciones de calificación del personal que realiza empalmes y acoples para poder garantizar la seguridad de la instalación.

De igual manera no debe ser operado ningún componente de la red subterránea bajo tensión sin la autorización y/o participación directa de la empresa distribuidora.

NPC-0203. ILUMINACION. ASPECTOS ESPECIFICOS

La iluminación de los espacios públicos cuando es derivada de las redes subterráneas cambia apenas ligeramente en relación con las derivadas de redes aéreas. Particularmente esto sucede en los empalmes y protecciones.

NPC-020301. Luminarias y Accesorios.

Los procedimientos de construcción de una iluminación tomada desde la red subterránea están contenidos en la Norma NPC-010501 excepcionando que la conexión de la acometida que pasa por dentro del poste de alumbrado (metálico ó de concreto con ducto interno) se conecta por el pie del poste en una caja normalizada de alumbrado público a la red subterránea corriente o a una red especial de alumbrado.

Usualmente cuando se deriva el alumbrado público desde la red subterránea no se utilizan relevadores para el comando de varias luminarias sino foto celdas con enclavamiento individual.

En las cajas de alumbrado público se hacen las conexiones mediante conectores de tornillo, los cuales se aíslan abundantemente con cinta auto fundente que permita estanqueidad total en las mismas dado el ambiente húmedo de esas cajas.

En algunos casos que especifican los diseños se usan protecciones del tipo de fusible de cartucho ó de tapón, los cuales deben ser protegidos contra la humedad y el vandalismo para que cumplan su función.

NPC-020302. Proyectores.

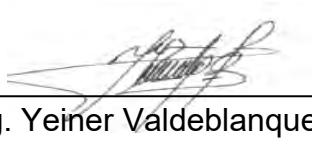
Un caso especial de iluminación tomada desde la red subterránea es aquel en que se usan mástiles de gran altura dotados de una corona de proyectores con lo cual es posible iluminar apropiadamente grandes áreas.

El conjunto de mástiles - usualmente de 20 a 24 mts. de altura -, su canastilla de seguridad, sus lámparas que son proyectores en cantidad calculada según el área que se va a iluminar, el conexionado y el cableado interno se ensamblan en tierra levantando el mástil y soportándolo provisionalmente en un andamio. Cuando todo el conjunto está listo se procede a izarlo con una grúa de pluma extendida que permita maniobrar el conjunto soportándolo un poco más arriba del centro de gravedad para que la pata descienda y tome posición semi-vertical. Estando sujeto el mástil a la grúa se guía hasta que los huecos en las platinas de base ensamblen en los pernos de la base que ha de estar preparada según las exigencias de la Norma para evitar el volcamiento de la estructura.

Se ajustan las tuercas y una vez amarrados base y mástil se procede a aflojar la tensión lentamente hasta que el conjunto se auto soporte. Es importante que se logre la verticalidad del mástil para lo cual, si es necesario, antes del ajuste se hacen los calces apropiados utilizando láminas de acero delgadas.

Las conexiones del cableado interno del mástil con la red subterránea se hacen en un cofre incorporado al interior del mástil con una ventana de acceso protegida de la humedad y del vandalismo. Dentro del cofre se encuentran los terminales de conexión entre los cuales se hacen los puentes o se colocan los elementos de protección usualmente una caja de interruptores automáticos calibrados según la carga de iluminación. La conexión a la red subterránea se hace como en el numeral anterior.

Proyectó:



Ing. Yeiner Valdeblanquez Dávila
Ingeniero electricista