Redes de Distribución Urbana

NTR-01
REDES AÉREAS DE MEDIA TENSIÓN

ESSA – Área de Proyectos – Equipo CET

CONTROL DE CAMBIOS				
Fecha	**Naturaleza del cambio**	**Elaboró**	**Revisó**	**Aprobó**
2020-05-31	Elaboración	Equipo CET – Área de Proyectos	Equipo CET – Área de Proyectos	Comité técnico ESSA
Grupo Homologación y Normalización CET: Fredy Antonio Pico Sánchez, Álvaro Ayala Rodríguez, Adriana Marcela Ortiz Roa, Gema Liliana Carvajal Jiménez				

CONTENIDO

1. OBJETO 6
2. ALCANCE 6
3. DEFINICIONES 6
4. DISEÑO ELÉCTRICO 9
4.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES 9
4.2. NIVEL DE TENSIÓN DE LOS CIRCUITOS URBANOS 10
4.3. DISTANCIAS DE SEGURIDAD 10
4.3.1. DISTANCIAS HORIZONTALES A EDIFICIOS Y OTRAS ESTRUCTURAS 11
4.3.2. DISTANCIAS MÍNIMAS VERTICALES A EDIFICIOS Y OTRAS ESTRUCTURAS 12
4.3.3. EVALUACIÓN DE LAS DISTANCIAS A EDIFICIOS Y OTRAS ESTRUCTURAS 12
4.4. CRUZAMIENTOS 16
4.5. TIPOS DE ESTRUCTURA 16
4.6. CONDUCTORES 16
4.6.1. CONSTANTES DE REGULACIÓN PARA LOS CONCUCTORES 17
4.7. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN 18
4.8. PUENTES AEREOS 18
4.9. AISLAMIENTO 19
4.10. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA 24
4.11. CABLE DE GUARDA 24
4.12. PUESTA A TIERRA 24
4.12.1. CONDUCTOR PUESTA A TIERRA 25
4.13. USO DE CABLE SEMI-AISLADO – REDES TIPO COMPACTA 26
4.14. REDES AISLADAS 29
4.15. APOYOS 30
4.15.1. UTILIZACIÓN DE APOYOS 30
4.16. TEMPLETES 30
4.17. HERRAJES 31
4.18. CIMENTACIONES 31
4.19. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA 32
4.19.1. CAJAS CORTACIRCUITO 32
4.19.2. RECONECTADOR 34
4.19.3. SECCIONALIZADORES ELECTRÓNICOS 37
4.19.4. DPS 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distancias mínimas horizontales de seguridad de conductores a construcciones y otras estructuras (excepto a puentes). 11
Tabla 2. Calibres mínimos permitidos 17
Tabla 3. Constantes de regulación para redes desnudas en aluminio en media tensión 17
Tabla 4. Municipios con elevada actividad de rayos para ESSA. 23
Tabla 5. Impedancias de puesta a tierra 25
Tabla 6. Características de los conductores a tierra permitidos 25
Tabla 7. Conductores a emplear en las redes compactas de ESSA 27
Tabla 8. Conductores a emplear en redes aéreas aisladas a 13.2 kV 29
Tabla 9. Selección de Fusibles tipo K para la protección de transformadores ≤ 150 KVA 33
Tabla 10. Selección de Fusibles tipo K para la protección de transformadores ≥150 KVA 33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distancia horizontal entre la red eléctrica con conductores desnudos y la proyección de una edificación por debajo de la red, caso A. 13
Figura 2. Distancia horizontal entre la red eléctrica con conductores desnudos y la proyección de una edificación por debajo de la red, caso B. 13
Figura 3. Distancia horizontal entre la red eléctrica con conductores desnudos y la proyección de una edificación por encima de la red, caso A. 14
Figura 4. Distancia horizontal entre la red eléctrica con conductores desnudos y la proyección de una edificación por encima de la red, caso B. 14
Figura 5. Distancia horizontal entre la red eléctrica con conductores cubiertos (sistema o red compacta) y la proyección de una edificación por encima de la red. 15
Figura 6. Distancia horizontal entre la red eléctrica con conductores aislados (sistema o red aislada) y la proyección de una edificación por encima de la red. 15
Figura 7. Cable cubierto de tres capas 27
Figura 8. Vista isométrica montaje red compacta en suspensión 28
Figura 9. Vista isométrica montaje red aislada en suspensión 29
Figura 10. Solado base para evitar hundimiento 32
Figura 11. Ejemplo típico de coordinación de protecciones - circuito de distribución 36
Figura 12. Seccionalizador electrónico 37
Figura 13. Montaje típico de DPS (Figura 20.2 del RETIE) 38
Figura 14. Montaje de reconectador trifásico en 13.2 kV 41
Figura 15. Montaje de DPS en 34.5 kV 42
Figura 16. Montaje de cortacircuitos en 13.2 kV 43
Figura 17. Transición de red aérea desnuda a subterránea 44
Figura 18. Transición de red aérea aislada a aérea desnuda 44

1. OBJETO

Establecer la metodología, exigencias, especificaciones y características mínimas, necesarias para el cálculo y diseño de las redes de distribución aérea de media tensión en el sector urbano satisfaciendo los requisitos impuestos para la fiabilidad técnica, la eficiencia económica de las instalaciones, la seguridad y calidad del servicio, cumpliendo con lo dispuesto en el RETIE.

2. ALCANCE

Esta norma tiene como alcance el diseño y especificación de las redes de distribución aéreas urbanas de media tensión.

3. DEFINICIONES

Aislador: Elemento de mínima conductividad eléctrica, diseñado de tal forma que permita dar soporte rígido o flexible a conductores o a equipos eléctricos y aislarlos eléctricamente de otros conductores o de tierra.

Apoyo: Nombre genérico dado al dispositivo de soporte de conductores y aisladores de las líneas o redes aéreas. Pueden ser postes, torres u otro tipo de estructura.

BIL: Nivel básico de aislamiento ante impulsos tipo rayo.

Cable AAAC: All Aluminium Alloy Conductor o conductor de aleación de aluminio, es un conductor cableado concéntricamente que se compone de una o de varias capas de alambres de aleación de aluminio 6201-T81.

Cable ACSR: Aluminium Conductor Steel Reinforced o conductor de aluminio con refuerzo de acero. Son alambres de aluminio 1350-H19 cableados alrededor de un núcleo de acero galvanizado.

Cable semiaislado: También conocido como ecológico o cubierto es aquel cuyo dieléctrico no tiene resistencia de aislamiento adecuada para la tensión del circuito.

Cimentación: Conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en la estructura al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

Conductor energizado: Todo aquel que no está conectado a tierra.

Conductor neutro: Conductor activo conectado intencionalmente al punto neutro de un transformador o instalación y que contribuye a cerrar un circuito de corriente.

Conductor a tierra: También llamado conductor del electrodo de puesta a tierra, es aquel que conecta un sistema o circuito eléctrico intencionalmente a una puesta a tierra.

Confiabilidad: Capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para cumplir una función requerida, en unas condiciones y tiempo dado. Equivale a fiabilidad.

Configuración 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.

Configuración triangular: 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.

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.

Configuración semibandera: Aquella en la cual los conductores se instalan a la misma altura sobre el terreno y la cruceta se instala desplazada en mayor proporción sobre un eje del poste que sobre el otro. Es utilizada para lograr las distancias de seguridad, principalmente en áreas urbanas, por restricciones de espacio.

Contaminación: Liberación artificial de sustancias o energía hacia el entorno y que puede causar efectos adversos en el ser humano, otros organismos vivos, equipos o el medio ambiente.

Corrosión: Ataque a una materia y destrucción progresiva de la misma, mediante una acción química, electroquímica o bacteriana.
Cortocircuito: Unión de muy baja resistencia entre dos o más puntos de diferente potencial del mismo circuito.

Descarga disruptiva: Falla de un aislamiento bajo un esfuerzo eléctrico, por superarse un nivel de tensión determinado que hace circular una corriente. Se aplica al rompimiento del dieléctrico en sólidos, líquidos o gases y a la combinación de estos.

Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias (DPS): Dispositivo diseñado para limitar las sobretensiones transitorias y conducir las corrientes de impulso. Contiene al menos un elemento no lineal.

Dispositivo de protección contra sobretensiones transitorias del tipo limitación de tensión: Un DPS que tiene una alta impedancia cuando no está presente un transitorio, pero se reduce gradualmente con el incremento de la corriente y la tensión transitoria. Ejemplos de estos dispositivos son los varistores y los diodos de supresión.

Distancia al suelo: Distancia mínima, bajo condiciones ya especificadas, entre el conductor bajo tensión y el terreno.

Distancia de seguridad: Distancia mínima alrededor de un equipo eléctrico o de conductores energizados, necesaria para garantizar que no habrá accidente por acercamiento de personas, animales, estructuras, edificaciones o de otros equipos.

Electrodo de puesta a tierra: Es el conductor o conjunto de conductores enterrados que sirven para establecer una conexión con el suelo.

Especificación técnica: Documento que establece características técnicas mínimas de un producto o servicio.

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.

Herrajes: son los elementos utilizados para la fijación de los aisladores a la estructura, del conductor al aislador, del cable de guarda a la estructura, de los templetes, los elementos de protección eléctrica de los aisladores y los accesorios del conductor.

Línea viva: Término aplicado a una línea con tensión o línea energizada.

Norma técnica: Documento aprobado por una institución reconocida, que prevé, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para los productos o los procesos y métodos de producción conexos, servicios o procesos, cuya observancia no es obligatoria.

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.

Sistema de puesta a tierra (SPT): Conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente.

Sistema de puesta a tierra temporal: Dispositivo de puesta en cortocircuito y a tierra, para protección del personal que interviene en redes desenergizadas.

Sobretensión: Tensión anormal existente entre dos puntos de una instalación eléctrica, superior a la tensión máxima de operación normal de un dispositivo, equipo o sistema.

Red aérea compacta: Es el tendido de una línea eléctrica donde sus dimensiones, altura y ancho de estructura y ancho de servidumbres son reducidas, respecto de las líneas convencionales, gracias a un diseño y construcción optimizada.

Red de distribución: Conjunto de circuitos y subestaciones, con sus equipos asociados, destinados al servicio de los usuarios de un municipio.

Solado: Revestimiento de un suelo con asfalto, adoquines, madera u otro material similar

Tensión de rotura: Máxima tensión causa la fractura en un ensayo de tracción, compresión, flexión o torsión.

Vano: Distancia horizontal entre dos apoyos adyacentes de una línea o red.

4. DISEÑO ELÉCTRICO

A continuación, en el presente documento se especifican las condiciones que en adelante se deben cumplir para el diseño y construcción de redes eléctricas aéreas de media tensión en ESSA.

4.1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Dentro del perímetro urbano de la ciudad las redes de distribución de energía eléctrica están localizadas en las zonas de utilidad pública previstas para la ubicación de los servicios públicos domiciliarios y por ello no se discrimina una zona de afectación de líneas de media tensión.

Las redes de distribución urbana en media tensión podrán ser desnudas, aisladas o semiaisladas.

Todos los materiales empleados para la construcción de líneas eléctricas aéreas se encuentran definidos en las respectivas especificaciones técnicas de materiales del Grupo Epm, las cuales están publicadas en la página Web de la Empresa.

En el diseño de los circuitos de MT, deben ser considerados los siguientes criterios operativos:

- En lo posible no instalar doble circuito de MT sobre un mismo poste
- Redistribuir la carga entre los circuitos existentes, antes de construir nuevos
- Utilización de corredores viales para instalación de los circuitos

Con lo anterior se consiguen los siguientes beneficios:

- Menor número de interrupciones y posibilidad de accidentes
- Menor costo de inversión
- Menor tiempo de localización de fallas
- Descongestión de redes

4.2. NIVEL DE TENSIÓN DE LOS CIRCUITOS URBANOS

La topología general del sistema eléctrico de media tensión de ESSA en las zonas urbanas, está conformada por circuitos primarios a 34.5 kV, 13.2 kV, 11.4 kV y 4.16 kV en red trifásica trifilar.

En el área urbana los circuitos a 34.5 kV se utilizan para las zonas industriales y grandes superficies comerciales, radiando desde una subestación o uniendo dos subestaciones, desde las cuales se derivan los diferentes usuarios.

El límite de regulación de voltaje permitido de los circuitos de la empresa desde la subestación de distribución hasta el transformador más distante es del 3%.

4.3. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos básicos del RETIE es la preservación de la vida (humana y animal), la salud y el medio ambiente, durante los procesos de diseño, construcción y operación de la infraestructura eléctrica, tiene sentido que se busque mitigar el riesgo eléctrico a través de la prevención de condiciones potencialmente inseguras. En este sentido, guardar una distancia respecto a las partes energizadas es una buena estrategia dado que el aire es un excelente aislante. Por lo tanto, a continuación, se definen las distancias mínimas de seguridad en aire entre los conductores activos de las redes de distribución de energía eléctrica y objetos externos, a fin de evitar contactos accidentales.

4.3.1. DISTANCIAS HORIZONTALES A EDIFICIOS Y OTRAS ESTRUCTURAS

En la Tabla 1 se presentan las distancias mínimas horizontales de seguridad entre los conductores activos de las redes y objetos en las proximidades de estas, tomadas del National Electrical Safety Code (NESC) y ajustadas para que satisfacer las distancias mínimas de seguridad exigidas en el artículo 13 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

Tabla 1. Distancias mínimas horizontales de seguridad de conductores a construcciones y otras estructuras (excepto a puentes).

DISTANCIAS MINIMAS DE SEGURIDAD [m] DISTANCIA "b" SEGÚN RETIE		Conductores cubiertos no aislados a un nivel de tensión desde 750 V hasta 44 KV	Conductores desnudos a un nivel de tensión desde 750 V hasta 44 KV
CONSTRUCCIONES, ESTRUCTURAS	A paredes, proyecciones, ventanas protegidas.	2.3	2.3
	A balcones y áreas accesibles a peatones.	2.3	2.3
ANUNCIOS, CHIMENEAS, VALLAS PUBLICITARIAS, ANTENAS DE RADIO Y TELEVISION, ASTA DE BANDERAS, TANQUES (5)	A partes que son fácilmente accesibles por peatones.	2.3	2.3

Notas:

1. Un techo, balcón o estructura similar es considerado de fácil acceso para personas, si estas pueden ser alcanzadas de manera casual a través de una puerta, rampa, ventana, escalera o una escalera a mano permanentemente utilizada por una persona, a pie, es decir, alguien que no despliega ningún esfuerzo físico extraordinario ni emplea ningún instrumento o dispositivo especial para tener acceso a estos. Por otra parte, no se considera como un medio de fácil acceso una escalera permanentemente utilizada si su peldaño más bajo está a 2.45 m o más desde el nivel de suelo u otra superficie accesible fija o en caso de que esté equipada con barreras para impedir el acceso a personas no autorizadas.

2. Se presume que una bandera o anuncio está completamente extendida, pero que no hay deflexión o desplazamiento del asta de la bandera u otra estructura de soporte debido al viento y que los conductores de las partes vivas rígidas no son desplazados por el viento.

La distancia mínima especificada se mide hasta el punto de desplazamiento máximo del anuncio o bandera hacia el conductor de servicio.

3. Está prohibido instalar redes de distribución de energía por encima o por debajo de balcones y techos.

4.3.2. DISTANCIAS MÍNIMAS VERTICALES A EDIFICIOS Y OTRAS ESTRUCTURAS

Para efecto de instalaciones eléctricas nuevas de media tensión, en ningún caso se permitirá instalar conductores sobre edificaciones, aun cuando el propietario tenga pleno control sobre estas.

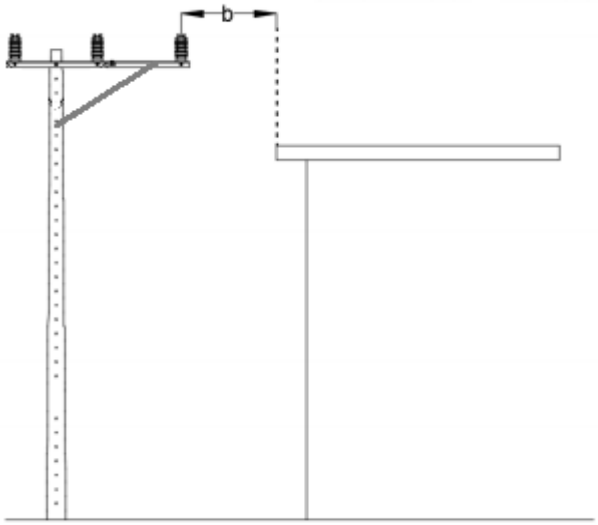
4.3.3. EVALUACIÓN DE LAS DISTANCIAS A EDIFICIOS Y OTRAS ESTRUCTURAS

Una vez georreferenciadas las redes en los planos de diseño, el diseñador debe determinar las distancias seguridad de acuerdo con la Tabla 1, considerando las posibles modificaciones de la infraestructura circundante. Además, se deben considerar las normas de construcciones civiles y planes de ordenamiento territorial (POT), de tal manera que se garantice que la ubicación de las redes de energía que se proyectan respetará las distancias mínimas de seguridad establecidas.

Los constructores deben verificar que se cumplan las distancias entre las partes energizadas de la red eléctrica y las edificaciones, prestando especial atención a los puntos que sean de fácil acceso por las personas, en todo caso la distancia medida debe ser mayor o igual a la distancia mínima establecida en la Tabla 1. De acuerdo con el RETIE, a las edificaciones que no cumplan las distancias mínimas de seguridad no se les aprobará la solicitud de factibilidad del servicio de energía eléctrica.

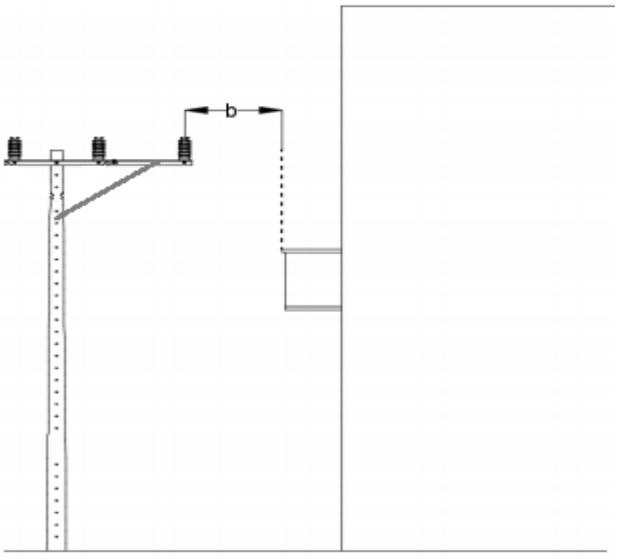
En la Figura 1 a la Figura 6 se muestra la manera cómo se debe determinar la distancia mínima horizontal (Distancia **b**, según RETIE), entre las redes eléctricas de distribución aéreas y edificaciones o estructuras, a partir de configuraciones típicas de las redes del Grupo EPM.

Figura 1. Distancia horizontal entre la red eléctrica con conductores desnudos y la proyección de una edificación por debajo de la red, caso A.



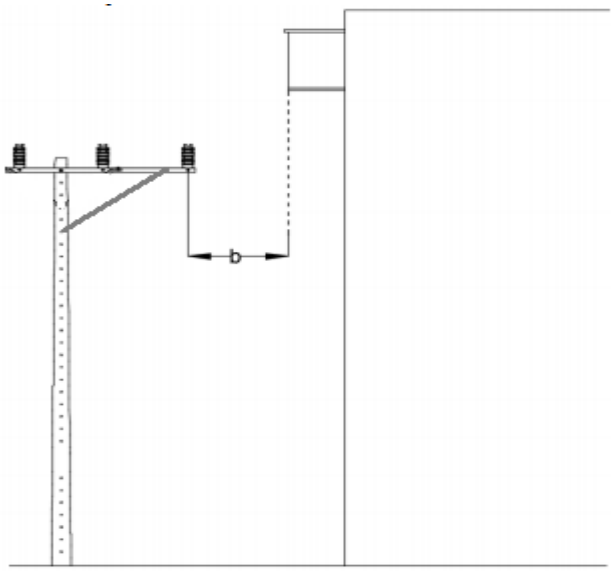
RED DESNUDA

Figura 2. Distancia horizontal entre la red eléctrica con conductores desnudos y la proyección de una edificación por debajo de la red, caso B.



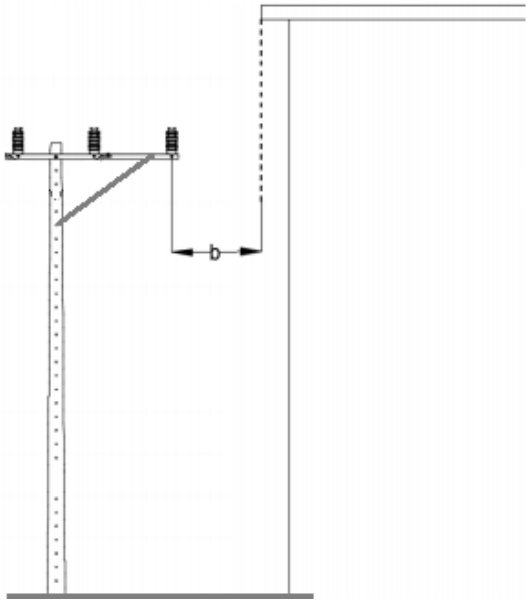
RED DESNUDA

Figura 3. Distancia horizontal entre la red eléctrica con conductores desnudos y la proyección de una edificación por encima de la red, caso A.



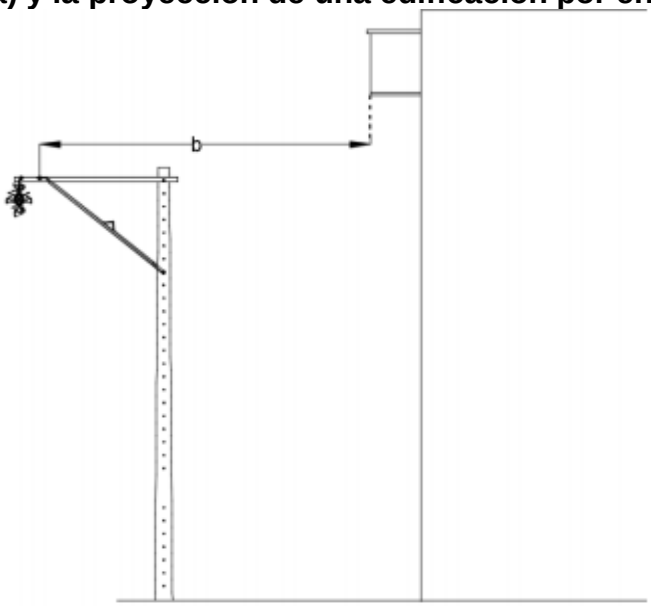
RED DESNUDA

Figura 4. Distancia horizontal entre la red eléctrica con conductores desnudos y la proyección de una edificación por encima de la red, caso B.



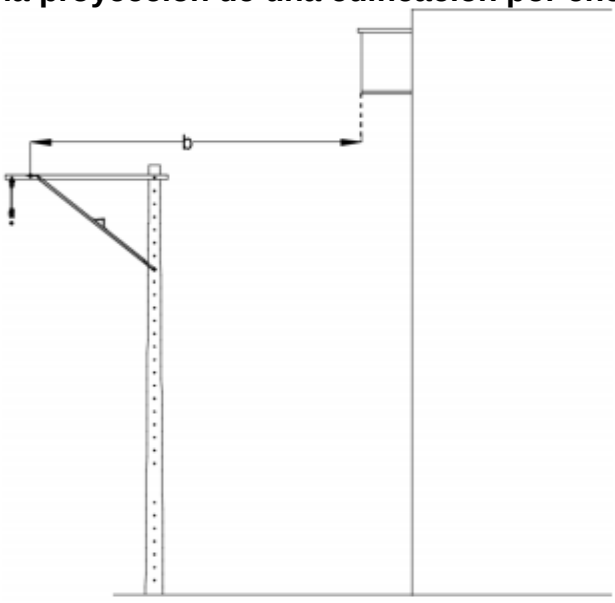
RED DESNUDA

Figura 5. Distancia horizontal entre la red eléctrica con conductores cubiertos (sistema o red compacta) y la proyección de una edificación por encima de la red.



RED COMPACTA

Figura 6. Distancia horizontal entre la red eléctrica con conductores aislados (sistema o red aislada) y la proyección de una edificación por encima de la red.



RED AISLADA

En general para fijar las distancias de seguridad que deben respetar las redes eléctricas de distribución se debe tener en cuenta en lo dispuesto por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Como complemento explicativo se debe consultar la norma técnica NT-06 Distancias de seguridad en redes de distribución del Grupo EPM, documento que puede ser consultado en la página web de ESSA.

4.4. CRUZAMIENTOS

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.

No se permite proyectar conductores sobre edificaciones, lotes baldíos destinados para edificación, monumentos, plazas públicas. Sobre campos deportivos abiertos podrán cruzar las líneas siempre y cuando no exista infraestructura en la zona de servidumbre, tales como graderías, casetas o cualquier tipo de edificaciones ubicadas debajo de los conductores, etc.

4.5. TIPOS DE ESTRUCTURA

Los tipos de estructuras a utilizar en las redes de media tensión de distribución urbana serán trifásicas en disposición Bandera, Semibandera, Vertical o triangular y la distancia de separación entre conductores junto con los elementos que las componen deben corresponder en lo posible con las homologadas por el Grupo EPM, las cuales pueden ser consultadas en la página web de ESSA. Para los asentamientos urbanos subnormales las redes de distribución podrán ser monofásicas 13.2 kV.

4.6. CONDUCTORES

Todos los cálculos para selección del conductor tienen como base la demanda máxima. El conductor seleccionado debe cumplir además en sus características con las restricciones de capacidad de corriente nominal y de corto circuito, regulación de tensión y pérdidas máximas de energía y potencia.

En ningún momento los conductores deben ser sometidos a tensiones mecánicas por encima de las especificadas y el tendido en redes aéreas no debe pasar el 25% de la tensión de rotura.

Los empalmes de conductores aéreos deben garantizar operar por lo menos al 90% de la tensión mecánica de rotura sin que se produzca deslizamiento. Para los circuitos aéreos de media tensión se debe propender por el uso de conductores AAAC. Los calibres mínimos permitidos por ESSA para uso en las redes de distribución de media tensión se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Calibres mínimos permitidos

Nivel de tensión	Circuitos Principales		Circuitos Ramales	
	AAAC	ACSR	AAAC	ACSR
34.5 kV	312.8 kcmil	266.8 kcmil	155.4 kcmil	2/0 AWG
13.2 kV	155.4 kcmil	2/0 AWG	123.3 kcmil	1/0 AWG

4.6.1. CONSTANTES DE REGULACIÓN PARA LOS CONDUCTORES

Las redes de media tensión MT debido a su longitud se consideran como redes cortas y por lo tanto en su cálculo no se incorpora la reactancia capacitiva.

Las constantes de regulación en media tensión que se emplearán para conductores de aluminio se dan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Constantes de regulación para redes desnudas en aluminio en media tensión

CONSTANTES DE REGULACIÓN							
CALIBRE [AWH ó kcmil]	**R equiv 25 ºC máx. fase [Ω/Km]**	**XL [Ω / Km]**	**K [% / kVA-m]**	**In, Aéreo [A]**	**Tensión de servicio [V]**	**Material**	**Sistema**
DISPOSICIÓN SEMIBANDERA							
266,8	0,218	0,5660	2.5404988 E-07	460	13200	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
4/0	0,274	0,6331	3.0004233 E-07	340	13200	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
2/0	0,436	0,6685	3.9259660 E-07	270	13200	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
1/0	0,549	0,6786	4.5344556 E-07	230	13200	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
DISPOSICIÓN TRIANGULAR							
266,8	0,218	0,4036	2.1342970 E-07	460	13200	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
4/0	0,274	0,4707	2.5942214 E-07	340	13200	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
2/0	0,436	0,5061	3.5197642 E-07	270	13200	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
1/0	0,549	0,5160	4.1282537 E-07	230	13200	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
DISPOSICIÓN SEMIBANDERA							
266,8	0,218	0,5772	3.7936420 E-08	460	34500	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
4/0	0,274	0,6443	4.4669227 E-08	340	34500	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
2/0	0,436	0,6797	5.8218193 E-08	270	34500	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
1/0	0,549	0,6895	6.7125836 E-08	230	34500	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
DISPOSICIÓN TRIANGULAR							
266,8	0,218	0,5772	3.7600378 E-08	460	34500	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
4/0	0,274	0,6443	4.4333186 E-08	340	34500	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
2/0	0,436	0,6797	5.7882151 E-08	270	34500	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos
1/0	0,549	0,6895	6.6789794 E-08	230	34500	ALUMINIO	3ϕ, 3 hilos

4.7. TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN

Los transformadores de distribución se ubicarán en el sitio más cercano al centro de carga del grupo de usuarios que se desea servir, teniendo en cuenta que la regulación y las pérdidas técnicas no superen los valores normalizados y exigibles por la Empresa. Los transformadores con potencias inferiores o iguales a los 250 kVA podrán ser instalados en poste, siempre y cuando no superen los 800 kgf de peso y no contravengan las exigencias mencionadas en el POT o planes urbanísticos de cada municipio.

El bajante de una línea de media tensión para alimentar los transformadores de distribución tipo poste se hará así:

La derivación de la red se debe realizar en cable semiaislado hasta conectarse al cortacircuito, del cortacircuito al DPS y de los DPS a los bornes primarios del transformador, toda la instalación se hará en un calibre adecuado a la carga a alimentar, mínimo 2 AWG en ACSR o 77.47 kcmil en AAAC.

Para la derivación de la red de media tensión se deben utilizar estribos. Si la red de media tensión es desnuda se deben utilizar conectores de compresión tipo H para fijar el estribo a la red y para conectar el bajante al estribo se debe utilizar conector transversal o de compresión tipo H. Si la red de media tensión es semiaislada se deben utilizar conectores de perforación de aislamiento para fijar el estribo semiaislado a la red y para para conectar el bajante al estribo se debe utilizar conector transversal o de compresión tipo H.

En la red de media tensión no se permite realizar conexiones entizadas ni el uso de conectores pernados de ranura paralela.

4.8. PUENTES AEREOS

Los puentes aéreos que se utilizan para dar continuidad a la red en las estructuras de retención o suspensión deberán ser realizados utilizando cable semiaislado del mismo calibre de la red, para la conexión de los puentes a la red se usarán conectores de perforación de aislamiento si la red es semiaislada o de compresión tipo H si la red es desnuda. En aquellos casos donde los puentes aéreos se realizan sin cortar el conductor al llegar a las estructuras y la red este construida en cable desnudo, se deben instalar cubiertas protectoras aislantes sobre los puentes aéreos si en el lugar donde está ubicada la estructura existen acercamientos peligrosos de la red eléctrica, o se presenta gran incursión de aves.

4.9. AISLAMIENTO

En el diseño de las redes de distribución se deberá tener en cuenta la coordinación de aislamiento, para obtener un buen comportamiento de las redes. La confiabilidad de las líneas contra descargas atmosféricas debe ser:

- Líneas de 34.5 kV: 11 salidas / año.
- Líneas de 13.2 – 11.4 kV: 15 salidas /año.

Considerando la correlación entre tensiones no disruptivas normalizadas al impulso de rayo y las distancias mínimas en el aire, lo mismo que las distancias mínimas de fuga de los aisladores para un nivel de contaminación ligero, se deberá aislar la red de media tensión de la siguiente manera:

- **Red de 34.5 kV; BIL de 170 kV**.
  - **En suspensión:**
    a. **Un solo poste**: Aislador de porcelana Line Post de 48kV 15" ANSI C29.7 clase 57- 3, por fase
    b. **Dos postes (“H**”): cinco (5) aisladores de disco de vidrio o porcelana de 48 kV,10 3/4“; ANSI C29.2 CLASE 52-4, por fase.
  - **En retención y terminal**:
    a) **Un solo poste**: Tres (3) aisladores de disco de vidrio o porcelana de 48 kV,10 3/4“; ANSI C29.2 CLASE 52-4, por fase.
    Alternativa: Aislador suspensión polimérico 38kV ANSI C29.13 clase DS-35 clevis-lengüeta

    b) **Dos postes (“H**”): Cinco (5) aisladores de disco de vidrio o porcelana de 48 kV,10 3/4“; ANSI C29.2 CLASE 52-4, por fase. En disposición terminal usar tres (3)aisladores de las mismas características (Alternativa: Aislador suspensión polimérico 38kV ANSI C29.13 clase DS-35 clevis-lengüeta).

- **Red hasta 14.4 kV; BIL de 95 kV**:
  - **En suspensión:**

a) **Un solo poste:** Aislador tipo PIN de porcelana 15 kV 5 1/2" ANSI C29.5 clase 55-4 Alternativa: Aislador tipo poste porcelana 15kV- 9" ANSI C29.7 clase 57-1); por fase.

b) **Dos postes ("H**"): usar cinco (5) aisladores de disco de porcelana o vidrio 15 kV 6 1/2" ANSI C29.2 clase 52-1 clevis-lengüeta, por fase.

- **En retención y terminal**

a) **Un solo poste:** dos (2) aisladores de disco de porcelana o vidrio 15 kV 6 1/2" ANSI C29.2 clase 52-1 clevis-lengüeta, por fase.
Alternativa: Aislador suspensión polimérico 15 kV ANSI C29.13 clase DS-15 clevis-lengüeta.

b) **Dos postes ("H**"): Cinco (5) aisladores de disco de porcelana o vidrio 15 kV 6 1/2" ANSI C29.2 clase 52-1 clevis-lengüeta, por fase. En disposición terminal usar dos (2) aisladores de las mismas características (Alternativa: suspensión polimérico 15 kV ANSI C29.13 clase DS-15 clevis-lengüeta).

Para zonas con alto nivel de contaminación (fuerte y muy fuerte), lo mismo que para las redes de distribución urbanas y rurales cuya área de influencia son los municipios del Departamento de Santander de la tabla 4, donde se concentra una mayor actividad de rayos, se deberá reforzar el nivel de aislamiento de la red tratando de garantizar la tasa de salidas por año definidas anteriormente, como se indica a continuación:

- **Red de 34.5 kV; BIL de 170 kV**.

- **En suspensión:**

a) **Un solo poste**: Aisladores tipo line post poliméricos, 48KV 18.1" ANSI C29.18 clase 51-4F, distancia de fuga 850mm; distancia de arco 311.15 mm; por fase.

b) **Dos postes ("H**"): cinco (5) aisladores de disco de vidrio o porcelana de 48 kV,10 3/4"; ANSI C29.2 CLASE 52-4, por fase.

- **En retención**:

a) **Un solo poste:**

Contaminación fuerte y muy fuerte. Cuatro (4) aisladores de disco de vidrio o porcelana de 48 kV,10 3/4“; ANSI C29.2 CLASE 52-4, por fase, o utilizar aislador de suspensión polimérico para 48kV ANSI C29.13 clase DS-46 clevis-lengüeta, distancia de fuga 900 mm, por fase.

Alta DDT: cadena de 3 aisladores de disco de vidrio o porcelana de 48 kV,10 3/4“; ANSI C29.2 CLASE 52-4, por fase, o aislador polimérico tipo suspensión 38 kV ANSI C29.13 clase DS-35.

b) Dos postes (“H”): cinco (5) aisladores de disco de vidrio o porcelana de 48 kV,10 3/4“; ANSI C29.2 CLASE 52-4, por fase.

- **Disposición terminal**

Para estructura sencilla (un poste) o estructura doble (dos postes “H”):

Contaminación fuerte y muy fuerte. Cuatro (4) aisladores de disco de vidrio o porcelana de 48 kV,10 3/4“; ANSI C29.2 CLASE 52-4, por fase, o utilizar aislador de suspensión polimérico para 48kV ANSI C29.13 clase DS-46 clevis-lengüeta, distancia de fuga 900 mm, por fase.

Alta DDT: cadena de 3 aisladores de disco de vidrio o porcelana de 48 kV,10 3/4“; ANSI C29.2 CLASE 52-4, por fase, o aislador polimérico tipo suspensión 38 kV ANSI C29.13 clase DS-35.

- **Red hasta 14.4 kV; BIL de 95 kV**:

  - **En suspensión.**

a) Un solo poste: En contaminación fuerte y muy fuerte utilizar aisladores tipo line-post polimérico, 15 kV – 14.7” ANSI C29.18 clase 51-2F, por fase. En elevado DDT utilizar aislador tipo poste polimérico 48 kV; 18.1”; ANSI C29.18; clase 51-4f. Estos deben ser utilizados en lugar de los aisladores tipo pin.

b) Dos postes (“H”): usar cinco (5) aisladores de disco de porcelana o vidrio 15 kV 6 1/2" ANSI C29.2 clase 52-1 clevis-lengüeta, por fase.

- **En retención**.

  a) **Un solo poste**

  Contaminación fuerte y muy fuerte: utilizar tres (3) aisladores de disco de porcelana o vidrio 15 kV 6 1/2" ANSI C29.2 clase 52-1 clevis-lengüeta, o en su defecto aisladores tipo suspensión poliméricos 23 kV ANSI C29.13 clase DS-28 clevis-lengüeta, por fase.

  Alta DDT. Cadena de tres (3) aisladores de disco de vidrio o porcelana de 15kV, 6 1/2", ANSI C29.2, clase 52-1 o aislador polimérico tipo suspensión 38 kV ANSI C29.13 clase DS-35.

  b) **Dos postes ("H**"): Cinco (5) aisladores de disco de porcelana o vidrio 15 kV 6 1/2" ANSI C29.2 clase 52-1 clevis-lengüeta, por fase.

- **Disposición terminal**

  Para estructura sencilla (un poste) o estructura doble (dos postes "H"):

  Contaminación fuerte y muy fuerte. Tres (3) aisladores de disco de vidrio o porcelana de 15kV, 6 1/2", ANSI C29.2, clase 52-1, tipo clevis, por fase, o utilizar aislador suspensión polimérico 23 kV ANSI C29.13 clase DS-28 clevis-lengüeta por fase.

  Alta DDT: Cadena de tres (3) aisladores de disco de vidrio o porcelana de 15kV, 6 1/2", ANSI C29.2, clase 52-1 o aislador polimérico tipo suspensión 38 kV ANSI C29.13 clase DS-35.

Nota general: Para zonas con alto nivel de descargas definidas en la Tabla 4, se podrá optar como alternativa al aislador tensor de porcelana, el aislador tensor polimérico en las retenidas o templetes, así:

- Para hasta 14.4 kV: Aislador tensor polimérico 15kV 12" ANSI C29.14B clase GI-30 rodillo-rodillo.

- Para 34.5 kV: Aislador tensor polimérico 48kV 24" ANSI C29.14B clase GI-30 rodillo-rodillo

En redes compactas de 13.2 kV, en zonas de alta contaminación y alta densidad de descargas atmosféricas (DDT), las normas deben ser implementadas utilizando los siguientes aisladores:

- El espaciador poligonal polimérico 35 kV 16 kA para cable cubierto será el elemento de características mínimas que se debe utilizar. En su defecto, podrá considerarse el uso de un espaciador poligonal polimérico 48 kV 16 kA.
- Aisladores tipo pin polimérico 25 kV ANSI C29.5 clase 55-5.
- Aisladores tipo suspensión poliméricos 23 kV ANSI C29.13 clase DS-28 clevis-lengüeta.

En redes compactas de 34.5 kV, en zonas de alta contaminación y alta densidad de descargas atmosféricas (DDT), las normas deben ser implementadas utilizando los siguientes aisladores:

- Espaciador poligonal polimérico 48 kV 20 kA para cable cubierto.
- Aisladores tipo pin polimérico 38 - 48 kV ANSI C29.5 clase 55-6.
- Aisladores tipo suspensión poliméricos de 48 kV ANSI C29.13 clase DS-46 clevis-lengüeta.

Lo anterior constituye los parámetros mínimos, y cualquier excepción a lo anterior deberá ser justificada con el estudio de coordinación de aislamiento correspondiente.

Para mayor detalle de esta información, se sugiere consultar en la web de ESSA - normas complementarias – Grupo EPM, y la norma RA8 -022 de EPM.

Tabla 4. Municipios con elevada actividad de rayos para ESSA.

Magdalena Medio	Región Comunera	Región Sur
Barrancabermeja	Charalá	Aguada
Landázuri	Coromoro	Albania
Cantagallo	Curití	Barbosa
Puerto Parra	Enciso	Bolívar
Puerto Wilches	Mogotes	Chipatá
Sabana de Torres	Chima	El Peñón
El Carmen de Chucuri	Contratación	Florián
San Vicente de Chucuri	Guacamayo	Sucre
San Alberto	Gámbita	Vélez
San Martín	Oiba	La Paz
Santa Helena del Opón	Suaita	San Benito

Cimitarra	Rionegro (1)	Guavatá
San Pablo		Güepsa
		Jesús María
		Puente Nacional
		La Belleza

(1): Región metropolitana

4.10. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia en las redes de media tensión de ESSA deben cumplir con lo establecido regulatoriamente, es decir ser igual o superior a 0.9 inductivo.
Un bajo factor de potencia en una instalación industrial implica un consumo alto de corrientes reactivas y, por tanto, el riesgo de incurrir en pérdidas excesivas y sobrecarga en los equipos eléctricos y líneas de distribución.

Para corregir el factor de potencia se podrán instalar capacitores de potencia y entre los beneficios que pueden aportar están la disminución de las pérdidas en conductores, reducción de la caída de tensión, incremento de la vida útil de las instalaciones y aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores.

4.11. CABLE DE GUARDA

Cuando la red primaria aérea urbana en media tensión lleve cable de guarda (es obligatorio para redes desnudas a 34.5 kV de ESSA), este deberá aterrizarse cada tres estructuras. La impedancia de puesta a tierra en cada punto de aterrizaje, sin estar conectado, debe cumplir con lo indicado en Tabla 4.

Para el apantallamiento o cable de guarda, se debe utilizar cable de acero recubierto de aluminio 7 No 8 AWG, de tal forma que se garantice el área mínima del cable de 50mm², como lo especifica la Tabla 16.1 del RETIE. El cable de guarda debe soportar las corrientes de falla durante el tiempo máximo de despeje de cortocircuitos a tierra.

4.12. PUESTA A TIERRA

En las redes distribución de media tensión se deberá dar cumplimiento a los valores de resistencia de puesta a tierra mostrados en la tabla 5. Las medidas para verificar la resistencia de puesta a tierra deberán ser realizadas de acuerdo con lo prescrito en el RETIE. Para verificar que las características del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red cumplan con dicho

reglamento, se deben dejar puntos de conexión accesibles e inspeccionarles al momento de la medición.

Tabla 5. Impedancias de puesta a tierra

Descripción	Nivel (kV)	Z máxima
Subestación distribución	34.5	10
Subestación distribución	13.2	10
Protección contra rayos	13.2 – 34.5	10

Con el fin de garantizar la seguridad de las personas y la vida útil de todos los elementos que componen la vestida de los postes que soportan las redes de distribución de energía de media tensión, el diseño o configuración de la puesta a tierra debe asegurar, en caso de falla, que las tensiones de paso y de contacto aplicadas al ser humano no superen las máximas permitidas. Teniendo en cuenta lo anterior, se debe mantener la equipotencialidad de todos sus elementos metálicos. Los siguientes elementos deben estar sólidamente puestos a tierra en todas las estructuras de media tensión:

• Bajante de puesta a tierra (cable para conectar al sistema de puesta a tierra).
• Cruceta metálica.
• Pernos (tornillos) y anillos espaciadores.
• Postes (concreto o metálico).

4.12.1. CONDUCTOR PUESTA A TIERRA

La conexión se podrá realizar mediante un bajante seleccionado de acuerdo con el RETIE, las características de los conductores a tierra permitidos se indican en la siguiente tabla:

Tabla 6. Características de los conductores a tierra permitidos

Características	Acero recubierto de cobre calibre 4 AWG	Cable de acero galvanizado 3/8”
Sección Transversal (mm^2)	21.15	51.1
Dimensiones (mm)	ϕ = 5.88	ϕ = 9.52
Conductividad (%)	40	8.5
Intensidad de cortocircuito max. Admisible (kA)	10.31	8.99

El bajante a tierra se debe ubicar al interior del poste. En las estructuras donde se debe llevar a tierra el bajante del cable de guarda, el conductor debe ser cable de acero galvanizado 3/8" para cumplir con 50 mm^2 de sección transversal exigidos por el Retie para cables de guarda y bajante de cable de guarda. En los demás casos se puede utilizar cualquiera de las dos opciones indicadas en la table 6, el acero recubierto de cobre debe ser mínimo calibre 4 AWG y garantizar una conductividad del 40%.

Las conexiones que van bajo el nivel del suelo (puesta a tierra), deben ser realizadas con soldadura exotérmica o conector certificado para enterramiento directo conforme a la norma IEEE 837 o la norma NTC 2206. Para dar cumplimiento en general al numeral 4.12 se debe aplicar lo descrito en la GUIA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA del GRUPO EPM.

4.13. USO DE CABLE SEMI-AISLADO – REDES TIPO COMPACTA

Con el propósito de mejorar la calidad del servicio y la confiabilidad en el suministro de energía, entre las principales aplicaciones de la red compacta de media tensión se pueden mencionar las siguientes:

- En aquellos cruces donde existan tendidos de configuración múltiple y/o se presenten acercamientos peligrosos de la red eléctrica.
- En zonas industriales.
- En zonas con gran incursión de aves.
- En zonas arborizadas.
- Donde se requiera compactar la red para cumplimiento de distancias de seguridad.

El cable semi-aislado o ecológico puede ser instalado en dos configuraciones:

- En red abierta, utilizando los herrajes convencionales para redes desnudas.
- En red compacta, utilizando espaciadores.

Las redes compactas de ESSA deben cumplir con las siguientes características generales:

1. Por compatibilidad de materiales, los aisladores para las redes semiaisladas deben ser de material polimérico.
2. La distancia entre espaciadores debe ser entre 7 y 9 metros.
3. El cable mensajero también hará las veces de cable de guarda y debe ser de acero recubierto de aluminio 7 No 8 AWG, tanto para redes conectadas en 13.2 kV como en 34.5 kV.

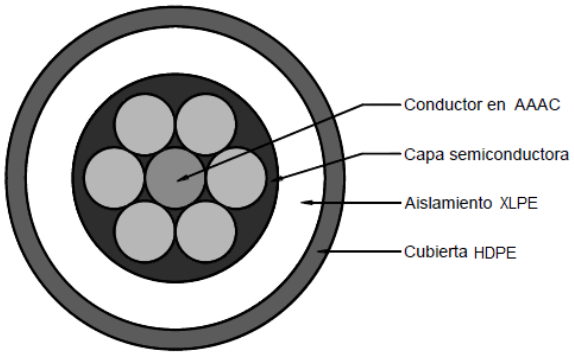
4. Los conductores a emplear en redes semiaisladas tanto para 13.2 kV como para 34.5 kV se indican en la siguiente tabla:

Tabla 7. Conductores a emplear en las redes compactas de ESSA

CABLE
CABLE AAAC 77.47 KCMIL AMES MONOPOLAR CUBIERTO XLPE/HDPE **15kV** 90°C
CABLE AAAC 123.3 KCMIL AZUSA MONOPOLAR CUBIERTO XLPE/HDPE **15kV** 90°C
CABLE AAAC 155.4 KCMIL ANAHEIM MONOPOLAR CUBIERTO XLPE/HDPE **15kV** 90°C
CABLE AAAC 246,9 KCMIL ALLIANCE MONOPOLAR CUBIERTO XLPE/HDPE **15kV** 90°C
CABLE AAAC 312.8 KCMIL BUTTE MONOPOLAR CUBIERTO XLPE/HDPE 38**kV** 90°C
CABLE AAAC 394.5 KCMIL CANTON MONOPOLAR CUBIERTO XLPE/HDPE 38**kV** 90°C

5. Para puestas a tierra temporales se deben utilizar preferiblemente los puntos expuestos de la red tales como terminales de equipos, grapas de operar en caliente, etc. de forma que el espacio de trabajo esté confinado a distancias máximas de 300 metros entre dos puntos aterrizados. En los tramos donde esto no sea posible se deben instalar previamente estribos para pruebas de ausencia de tensión e instalación del conjunto temporal de puesta a tierra.
6. Cualquier derivación que se realice del cable semiaislado debe efectuarse mediante conectores de perforación de aislamiento (aptos para el nivel de tensión requerido) que garanticen la hermeticidad y mantengan el aislamiento del conductor sin quedar puntos expuestos, no se permitirá el entizado directo sobre la red ni el uso de conectores metálicos pernados de ranura paralela.
7. Los conductores a emplear serán de aleación de aluminio AAAC y su aislamiento debe ser de tres capas y estará conformado como se observa en la siguiente figura:

Figura 7. Cable cubierto de tres capas



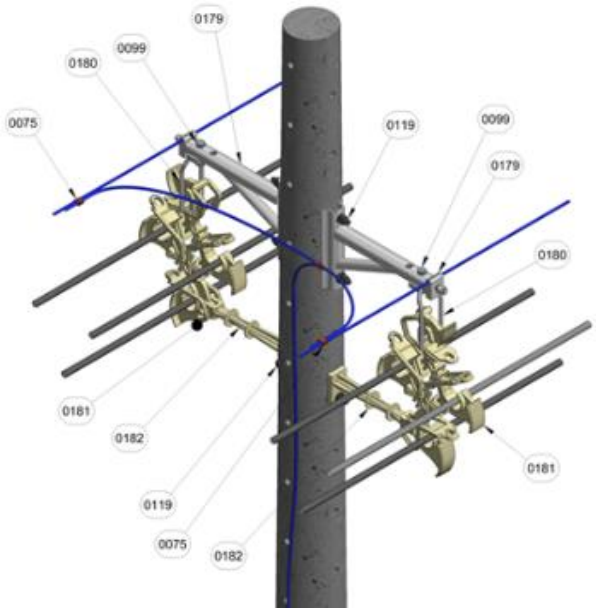
8. En todo fin de línea y en transiciones de red desnuda a semiaislada y viceversa se instalarán DPS.
9. En las redes compactas se aterrizará el mensajero cada 3 vanos.
10. Las distancias mínimas de seguridad a edificios y otras estructuras serán las mismas que se indican para las redes aéreas desnudas.

    ***Nota RETIE**: Donde el espacio disponible no permita cumplir las distancias horizontales de la Tabla 13.1 para redes de media tensión, tales como edificaciones con fachadas o terrazas cercanas, la separación se puede reducir hasta en un 30%, siempre y cuando, los conductores, empalmes y herrajes tengan una cubierta que proporcione suficiente rigidez dieléctrica para limitar la probabilidad de falla a tierra, tal como la de los cables cubiertos con tres capas para red compacta. Adicionalmente, deben tener espaciadores y una señalización que indique que es cable no aislado. En zonas arborizadas urbanas se recomienda usar esta tecnología para disminuir las podas.*

11. En 13.2 kV se podrán implementar hasta 4 circuitos sobre la misma estructura.

A continuación, como ejemplo ilustrativo se muestra en la figura 8 el montaje de una red compacta doble circuito en suspensión, de acuerdo con las normas de construcción del Grupo EPM:

Figura 8. Vista isométrica montaje red compacta en suspensión

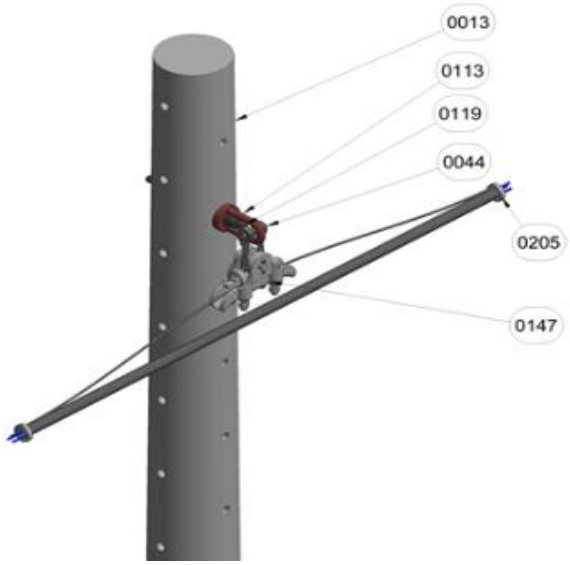


4.14. REDES AISLADAS

Las redes aéreas aisladas en media tensión se presentan como una solución específicamente para aquellos casos en los que el cable cubierto no resulte suficiente para mejorar distancias de seguridad o para prevenir fallas que se pueden dar en áreas densamente arborizadas donde al hacer uso de cables semiaislados se requeriría una práctica de podas muy frecuente.
Es importante señalar que la red aislada debe ser tratada como una red convencional para todos los aspectos de seguridad industrial involucrada en los procesos de instalación, mantenimiento y operación, no debe tocarse la red a menos que esté desenergizada y debidamente aterrizada, o que se realicen trabajos en línea viva.

A continuación, en la figura 9 se aprecia el montaje de una red aérea aislada a 13.2 kV en configuración suspensión, de acuerdo con las normas de construcción del Grupo EPM:

Figura 9. Vista isométrica montaje red aislada en suspensión



Los conductores a emplear en redes aisladas para 13.2 kV se indican en la siguiente tabla:

Tabla 8. Conductores a emplear en redes aéreas aisladas a 13.2 kV

CABLE
Cable CPX XLPE TR 90°C Al 3x1/0AWG 15kV 100% PH PE + ACSR/AW 2AWG
Cable CPX XLPE TR 90°C Al 3x4/0AWG 15kV 100% PH PE + ACSR/AW 1/0AWG

Para dar cumplimiento en general al numeral 5.13, podrán ser consultadas las normas de construcción de la red aérea aislada a 13.2 kV en la página web de ESSA.

4.15. APOYOS

Los materiales empleados en la fabricación de las estructuras deben presentar una resistencia elevada a la corrosión, y en el caso de no presentarla por sí mismos, deben recibir los tratamientos protectores para tal fin. La postería para líneas y redes eléctricas debe seleccionarse por la carga de trabajo y por la de rotura, para lo cual se tomará como base lo establecido a continuación, de tal manera que se dé cumplimiento a las condiciones expuestas.

4.15.1. UTILIZACIÓN DE APOYOS

Las redes de distribución se soportarán sobre estructuras o postes de hormigón o fibra de vidrio, de resistencia adecuada al esfuerzo que han de soportar, siempre y cuando cumplan los requisitos establecidos por el RETIE.

La longitud mínima permitida para los postes de media tensión es de 12m para 13.2 kV y 14m para 34.5 kV. La postería de concreto será troncocónica y su fabricación podrá ser por método de construcción vibrado, centrifugado o pretensado.

De acuerdo con el RETIE, cuando el poste quede instalado dentro de la faja de retiro y/o en lugares aledaños a vías de alta velocidad vehicular, susceptible de ser impactado por vehículos, se utilizarán postes de fibra de vidrio (PRFV) con cargas de rotura hasta de 1350 kgf por ser esta la tecnología constructiva que presenta el menor riesgo para ocupantes del vehículo.

En vías urbanas y carreteras municipales las velocidades máximas y mínimas para vehículos de servicio público o particular serán determinadas y debidamente señalizadas por la autoridad de tránsito competente en el distrito o municipio respectivo.

Los apoyos de las redes de distribución aéreas de energía eléctrica deben cumplir con la longitud del empotramiento la cuál será de sesenta (60) cm más la décima parte de la longitud del poste y en todo caso se debe verificar que no presente peligro de volcamiento. El fabricante debe marcar con pintura permanente la sección transversal donde se localice esta distancia. Las redes urbanas aéreas en media tensión se tenderán en postería, a una distancia no mayor de 60 m entre apoyos contiguos.

4.16. TEMPLETES

En las líneas o redes urbanas solo se aceptarán templetes poste a poste. En caso de sobrepasar los esfuerzos mecánicos, se usarán postes autosoportados. Las estructuras terminales y de ángulo de las redes urbanas de distribución aérea de energía eléctrica no usarán templetes y a

cambio, se empotrarán en base de concreto y con capacidad de rotura de acuerdo con el esfuerzo a que esté sometido el poste.

4.17. HERRAJES

Se consideran bajo esta denominación todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores a la estructura y al conductor, los de fijación de cable de tierra a la estructura, los elementos de protección eléctrica de los aisladores y los accesorios del conductor (separadores, amortiguadores, etc.).

Los herrajes usados en las redes de distribución deben cumplir los requisitos de una norma técnica para la aplicación correspondiente. Deben estar protegidos contra la acción corrosiva y elementos contaminantes; para lo cual deben utilizarse técnicas probadas tales como galvanizado en caliente, galvanizado electrolítico o recubrimiento organometálico. Todos los herrajes que se diseñen deberán soportar los esfuerzos en las condiciones más severas de trabajo. Las grapas de retención del conductor deben soportar una tensión mecánica en el cable del 90 % de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca deslizamiento.

4.18. 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 el tipo monobloque prismática.

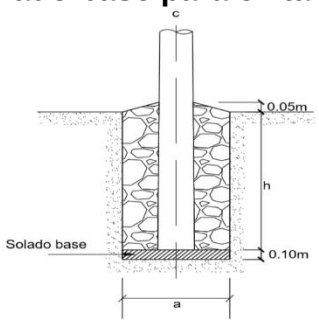
La elección de un tipo de cimentación u otro dependerá del tipo de terreno y de la maquinaria disponible. Se empleará un hormigón cuya resistencia mecánica sea mínima de 21Mpa (3000 psi). Los agregados cumplirán las condiciones adecuadas relativas al tamaño, las condiciones fisicoquímicas, las condiciones físico-mecánicas, la granulometría y el coeficiente de forma. 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.

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 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 10. Solado base para evitar hundimiento



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.

4.19. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA

Los siguientes elementos se consideran para protección y maniobra de las redes distribución:

- Interruptor
- Reconectador
- Seccionalizador
- Seccionador
- Cortacircuitos Fusibles de Expulsión (XS)
- DPS

En general, para protección y maniobra de redes en media tensión se tendrán en cuenta los criterios que se describen a continuación:

Toda red aérea en media tensión dentro del área de influencia de ESSA deberá estar protegida contra sobrecorriente y contra sobretensiones.

4.19.1. CAJAS CORTACIRCUITO

La protección contra sobrecorriente de los transformadores de distribución se hará a través de fusibles tipo K. Cuando la protección de ramales de MT se realice por medio de fusibles, estos deberán ser tipo T seleccionados con un valor del 125% de la máxima carga esperada en dicho punto. Los fusibles de derivación de la troncal principal no deben ser mayor al máximo fusible de coordinación de la zona de protección.

Se debe garantizar que el fusible a instalar en el ramal sea menor al 70% de la corriente del(os) transformador(es) instalados aguas abajo.

La escogencia del tipo de fusible en lo relativo a su característica de tiempo (K o T) y a su corriente, deberá garantizar una operación selectiva de las protecciones, buscando siempre que durante un fallo sólo sea despejada de manera oportuna la parte afectada.

Teniendo en cuenta las características anteriores y considerando las potencias nominales más utilizadas en los transformadores de distribución de ESSA, en las Tablas 9 y 10, se propone el fusible tipo K más apropiado para los transformadores, de acuerdo a su capacidad.

Tabla 9. Selección de Fusibles tipo K para la protección de transformadores ≤ 150 KVA

Potencia del transformador [kVA]	CC [%]	Tensión nominal primaria [kV]	Corriente nominal [A]	Fusible seleccionado [A]
15	3	13,8	0,7	1 K
30	3	13,8	1,3	2K
45	3	13,8	2	3 K
75	3,5	13,8	3,3	6 K
100	3,5	13,8	4	8 K
112,5	3,5	13,8	4,9	8 K
150	4	13,8	6,6	10 K

Tabla 10. Selección de Fusibles tipo K para la protección de transformadores ≥150 KVA

Potencia del transformador	Uz [%]*	Tensión nominal primario [kV]	Corriente nominal [A]	Fusible seleccionado [A] tipo k
150	4,0	13,2	6,6	10K
160	4,0	13,2	7,0	10K
225	4,0	13,2	9,8	15K
250	4,0	13,2	10,9	15K
300	4,5	13,2	13,1	20K
315	4,5	13,2	13,8	25K
400	4,5	13,2	17,5	30K
500	5,0	13,2	21,9	40K
630	5,0	13,2	27,6	40K
800	5,0	13,2	35,0	50K
1000	5,0	13,2	43,7	65K

Las redes aéreas de media tensión se protegerán en los puntos de derivación con reconectadores o cortacircuitos tipo expulsión. Cuando la red es la prolongación de una red principal de la Empresa, no se requiere la instalación de cortacircuitos en el punto de arranque siempre y cuando se mantenga el mismo tipo de conductor y calibre.

Los cortacircuitos para redes a 34.5 kV y 13.2 kV tendrán una tensión nominal de 38 kV y 15 kV respectivamente. La capacidad de corriente nominal será de 100 A. Si, a juicio de ESSA se requieren cortacircuitos de mayor capacidad a los especificados, estos serán de 200 A. Los cortacircuitos deben cumplir con las especificaciones técnicas indicadas en la ET-TD-ME05-06 del Grupo EPM.

4.19.2. RECONECTADOR

El reconectador automático de circuito ha demostrado ser el dispositivo ideal para evitar cortes prolongados en sistemas de distribución debido a fallas temporales o condiciones de sobrecorriente transitorias y que permiten ser integrados en esquemas de control.

La función de este tipo de elementos es la de detectar una condición de sobrecarga o cortocircuito, interrumpir el flujo de corriente en el circuito y luego, después de un lapso de tiempo preestablecido, cerrarse automáticamente para energizar nuevamente el circuito. Esta operación de apertura y cierre se repite automáticamente, si la falla persiste, hasta un máximo de veces definido por el operador. Cuando se da por concluida su operación se asume que se trata de una falla permanente en el alimentador y por tanto el reconectador quedará definitivamente abierto.

Para cualquier derivación en la red de ESSA para un cliente en 34.5 kV o para capacidad instalada (potencia nominal del transformador) superior a 500 kVA a nivel de 13.2 kV, se debe utilizar un reconectador. Dicho reconectador deberá estar de acuerdo con la especificación técnica ET-TD-ME05-01 del Grupo EPM, la cual se encuentra publicada en la página Web de la Empresa. Cualquier excepción a lo anterior debe ser previamente autorizado por ESSA.

En general los reconectadores podrán ser utilizados en redes aéreas donde se presente cualquiera de las siguientes condiciones:

- **Circuitos Radiales Largos**

Los circuitos radiales largos requieren unidades de protección múltiple para proveer zonas de protección traslapada. Esto es logrado a través de la coordinación de varios reconectadores en

serie para minimizar la posibilidad de que las fallas no sean detectadas por la unidad aguas arriba más cercana.

- **Alto Nivel Ceráunico**

Una tormenta eléctrica puede generar fallas extremadamente grandes con un potencial de daño enorme. Un tiempo de apertura rápido reduce el riesgo para el equipo y el peligro para la seguridad pública. El tiempo entre el inicio y el despeje de la falla puede ser logrado desde 75 ms, utilizando la protección de sobrecorriente instantánea. El uso de la operación instantánea puede permitir el empleo de estrategias para evitar que se quemen los fusibles de una línea o un transformador aguas arriba. Esta estrategia es sólo exitosa, generalmente, con fusibles grandes, ya que grandes corrientes en forma repetida pueden producir que los fusibles más pequeños fallen en condiciones de carga.

- **Gran concentración de clientes en un circuito**

Utilizando los reconectadores en los cruces de líneas o en los alimentadores ramales se logra afectar al menor número posible de usuarios. Una falla hace que el primer reconectador aguas arriba que opere aísle el segmento con la falla. La reconfiguración de los puntos normalmente abiertos junto con las capacidades de los sistemas SCADA permiten la reconfiguración de la red ara reestablecer el suministro al mayor número de clientes lo más rápido posible, reduciendo los minutos perdidos en la prestación del suministro eléctrico.

- **Sistemas de redes en anillo abiertos o sistemas de redes complejos**

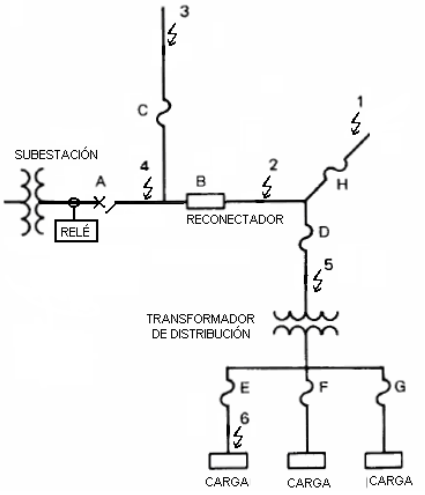
Las redes complejas o de anillo abierto se pueden beneficiar enormemente del esquema “Automatización de anillos” que ofrecen algunos reconectadores. Este utiliza las señales de tensión en las seis terminales para permitir que la red sea capaz de reconfigurarse automáticamente en respuesta a una falla en cualquier segmento. El esquema actúa para minimizar la pérdida del suministro al menor segmento posible de la red mientras que reestablece la alimentación a todos los segmentos que no fueron afectados. El esquema también reconfigurará en forma automática el sistema cuando se detecten las condiciones normales de operación si se utiliza la opción Auto-Restitución.

- **Sitios Remotos de Acceso Restringido**

Los reconectadores controlados en forma remota permiten una maniobra rápida y la reconfiguración de la red para minimizar los minutos perdidos por el cliente. Donde los tiempos de viaje son importantes, esto puede proveer beneficios inmediatos con respecto a la

satisfacción del cliente y a menores costos por viajes. Los reconectadores con posibilidades de control remoto, pueden ser controlados de forma muy eficiente utilizando el software del equipo. Las líneas telefónicas fijas, o redes digitales/analógicas de teléfonos celulares proveen un medio para un control remoto inicial eficiente donde no hay un sistema SCADA disponible.
En el siguiente ejemplo se puede observar cómo se deben coordinar las protecciones en una red de distribución como la mostrada en la Figura 11.

Figura 11. Ejemplo típico de coordinación de protecciones - circuito de distribución



Se tiene como elementos de protección un relé en el punto A, un reconectador en el punto B y fusibles en los ramales (C, D y H) y en las cargas (E, F y G).

- Todos los dispositivos de protección están dimensionados para llevar la corriente normal de carga y responder adecuadamente ante fallas.
- El relé A es respaldo para el reconectador B y ante fallas en 2, el reconectador debe operar antes que el relé de la subestación.
- El reconectador B es respaldo para el fusible del alimentador H y ante una falla permanente en 1, el fusible H debe operar antes de que el reconectador llegue al bloqueo. Ante falla transitoria se debe tener operación inicial del reconectador.
- Si la falla es en el punto 6 solo debe operar el fusible E y no otro elemento de protección. Deben permanecer en servicio el transformador de distribución con las cargas (F y G) y también el resto de la red de distribución.

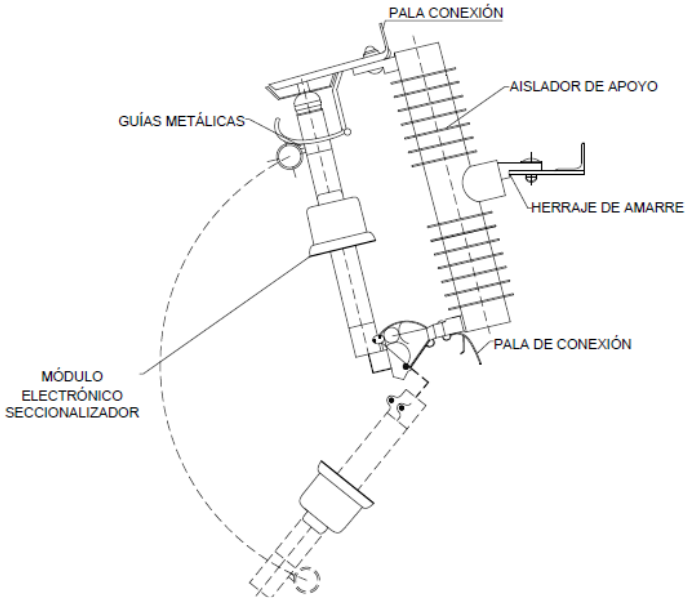
En general se deben seguir los siguientes principios de coordinación de protecciones:

- Cuando el dispositivo de protección de respaldo es un relé o un reconectador con esquemas de recierre habilitados, el dispositivo de protección remoto debe estar en capacidad de alimentar la falla hasta que el dispositivo de protección de respaldo interrumpa el circuito.
- Se deben despejar las fallas como si fueran transitorias, teniendo en cuenta la alta probabilidad (70% u 80%) que éstas tienen sobre las fallas permanentes.
- Hacer interrupciones de servicio solo cuando la falla sea permanente. La salida de tramos de líneas o ramales por fallas permanentes, debe aislar la menor parte del sistema para despejar completamente la falla.
- El dispositivo de protección remoto debe tener un tiempo de despeje de falla permanente menor que el tiempo de operación del dispositivo de respaldo y viceversa para fallas transitorias.

4.19.3. SECCIONALIZADORES ELECTRÓNICOS

En ramales que se hallan muy cercanos a la subestación o a la salida del circuito, se podrá considerar el uso de seccionalizadores electrónicos, lo anterior teniendo en cuenta aquellos casos en que las corrientes de cortocircuito son muy elevadas y el hilo de fusible difícilmente coordina con el equipo de corte y maniobra de la subestación (reconectador o interruptor).

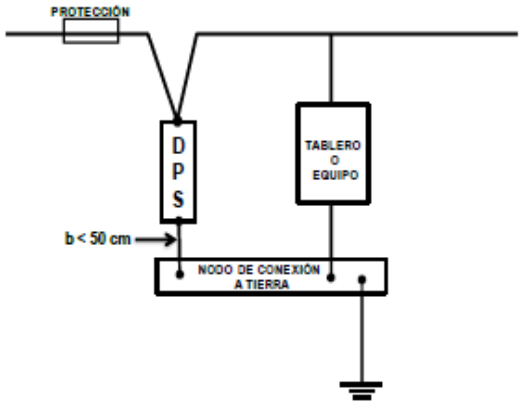
Figura 12. Seccionalizador electrónico



4.19.4. DPS

El RETIE establece que todo transformador y toda transición de línea aérea a cable aislado de media, alta o extra alta tensión, debe disponer de DPS.
El DPS debe estar instalado como lo indica la Figura 13, teniendo como objetivo que la tensión residual del DPS sea casi igual a la aplicada al equipo. Para la instalación de un DPS se debe tener en cuenta que la distancia entre los bornes del mismo y los del equipo a proteger debe ser lo más corta posible (las normas recomiendan máximo 50 cm), de tal manera que la inductancia sea mínima.

Figura 13. Montaje típico de DPS (Figura 20.2 del RETIE)



Los puntos de montaje de los descargadores serán, como mínimo: en las transiciones de la red (aérea a subterránea o viceversa, o afloramientos), en los transformadores, en los bancos de condensadores que compensen los reactivos de la línea, en los puntos de maniobra y protección (seccionalizadores, interruptores, etc.) y donde condiciones tales como el nivel ceráunico de la zona, a juicio de ESSA se considere necesario. Cuando se realicen derivaciones de la red cuya longitud supere los 150 metros, se deberá instalar DPS en el punto de derivación.

Para la protección contra sobretensiones, tanto en 34.5 kV cómo en 13.2 kV cada una de las fases debe estar protegida por un descargador de sobretensiones del tipo de óxido de zinc y 10 kA de corriente de descarga (onda de 8/20 μs).

Los descargadores de sobretensión de media tensión deben cumplir con las especificaciones técnicas indicadas en la ET-TD-ME05-02 del Grupo EPM.

En general para dar cumplimiento al numeral 4.19, podrán ser consultadas las siguientes normas de construcción del Grupo EPM correspondientes a equipos y transición a 13.2 kV y 34.5 kV que se encuentran publicadas en la página web de ESSA:

Nivel de tensión 13.2 kV:

RA2-902 Montaje de DPS
RA2-903 Montaje de Cortacircuitos
RA2-904 Montaje de Reconectador trifásico
RA2-905 Montaje de Sensores aéreos con concentrador
RA2-906 Montaje de Seccionador tipo cuchilla
RA2-907 Montaje de Transformador trifásico
RA2-908 Montaje de Aisladero trifásico
RA2-909 Montaje de Seccionalizador Caso A
RA2-910 Montaje de Seccionalizador Caso B

RA2-911 Transición de red aérea desnuda a red subterránea
RA2-912 Salida de circuito subterráneo y emergencia
RA2-914 Transición de red subterránea a aérea aislada
RA2-915 Transición red aérea asilada a aéreo desnudo Caso A
RA2-917 Transición red aérea asilada a aéreo desnudo Caso B

Nivel de tensión 34.5 kV:

RA1-901 Montaje de DPS
RA1-902 Montaje de Reconectador en H
RA1-904 Montaje de Desconectadores monopolares

Como ejemplo ilustrativo de las protecciones en la red de distribución, a continuación, se presentan los esquemas para reconectadores, DPS, cortacircuitos y transiciones de red aérea a subterránea:

Figura 14. Montaje de reconectador trifásico en 13.2 kV

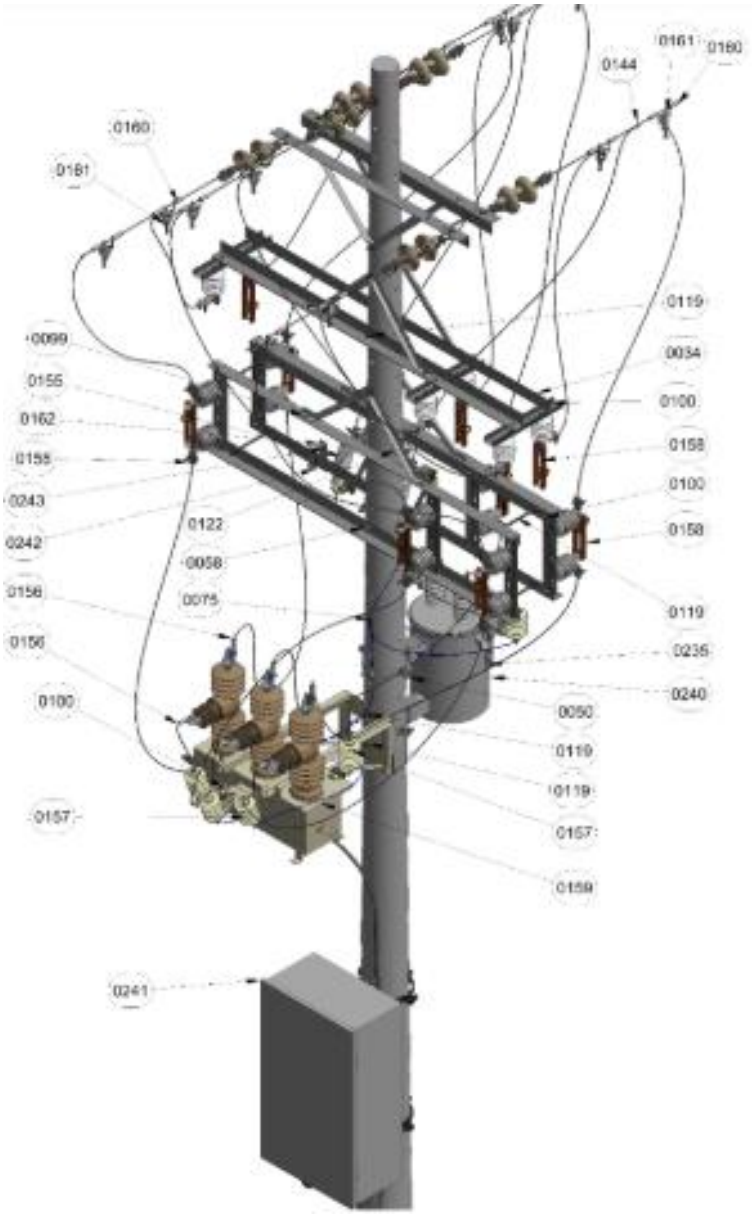


Figura 15. Montaje de DPS en 34.5 kV

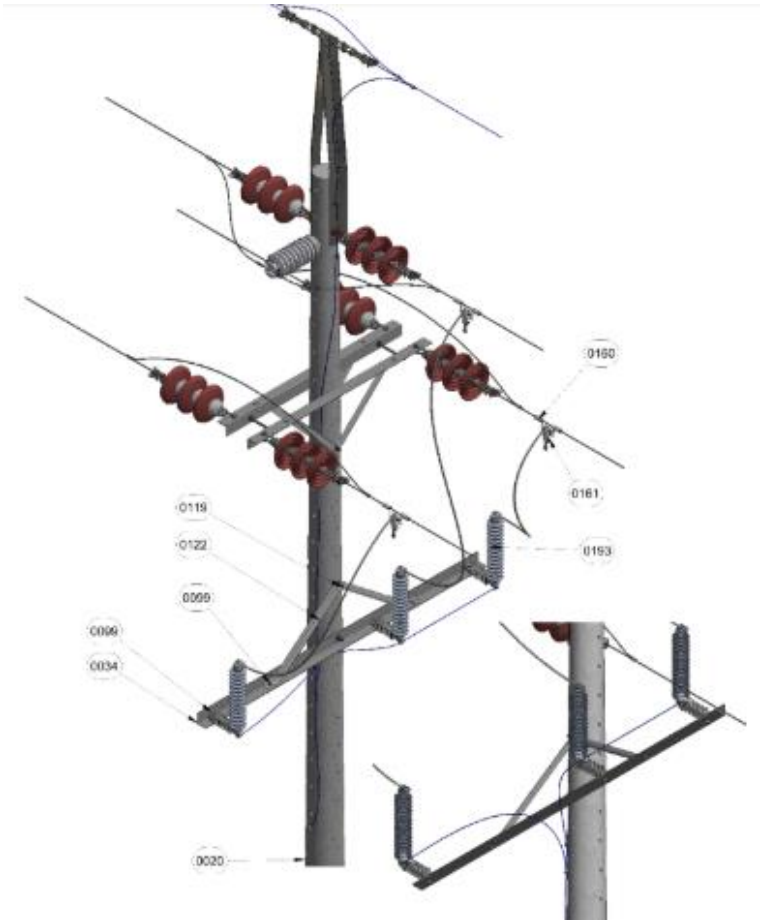


Figura 16. Montaje de cortacircuitos en 13.2 kV

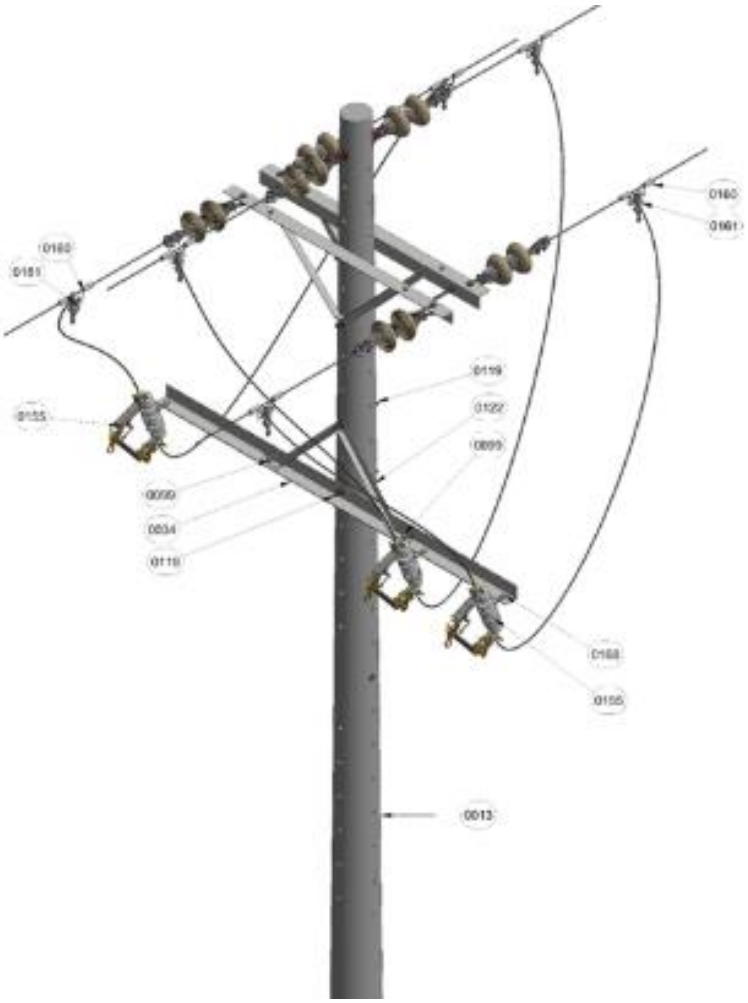


Figura 17. Transición de red aérea desnuda a subterránea

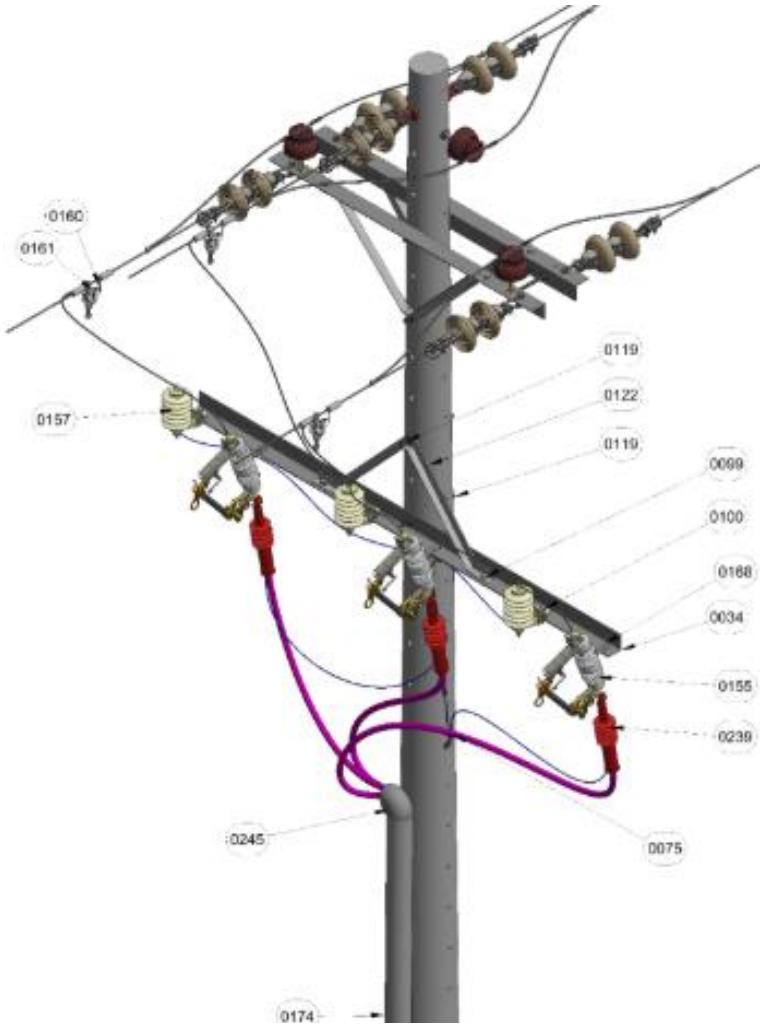


Figura 18. Transición de red aérea aislada a aérea desnuda

