

CAPÍTULO 2. REDES AÉREAS

Tabla de contenido

2. CAPÍTULO 2. REDES AÉREAS

2.1. Generalidades.....	07
2.1.1. Generalidades de los postes.....	09
2.1.1.1. Tipos de poste.....	10
2.1.1.1.1. Cálculo de empotramiento para postes.....	10
2.1.1.2. Cimentación de postes.....	11
2.1.1.2.1. Cimentación recomendada para obras en Electrocaquetá S.A. E.S.P.....	12
2.1.2. Normatividad y generalidades de los conductores.....	12
2.1.2.1. Cálculo económico del conductor.....	13
2.1.2.1.1. Factores de pérdidas reconocidas por la CREG.....	15
2.1.2.2. Cálculo mecánico.....	15
2.1.2.3. Cálculo mecánico de los postes.....	16
2.1.2.4. Conectores y empalmes.....	16
2.1.2.5. Plantillado.....	17
2.1.2.6. Distancias mínimas de seguridad.....	18
2.1.2.7. Retenidas.....	18
2.1.2.7.1. Tipos de retenidas.....	19
2.1.2.7.2. Retenida directa a tierra, con varilla de anclaje.....	19
2.1.2.7.3. Retenida a poste auxiliar, con varilla de anclaje.....	20
2.1.2.7.4. Retenida en bandera a poste auxiliar, con varilla de anclaje.....	20
2.1.2.7.5. Retenida en guitarra, con varilla de anclaje.....	20
2.1.2.8. Puesta a tierra.....	21
2.1.2.9. Aislamiento.....	21
2.1.2.9.1. Aislamiento para redes aéreas a 34.5/13.8 y 13.2 kV.....	21
2.1.2.9.2. Aislamiento para redes aéreas a 240/220/120 V.....	22
2.1.2.10. Herrajes.....	23
2.2. Objetivo y aplicación de la norma.....	24
2.3. Alcance de la norma.....	24
2.4. Referencias.....	24
2.5. Redes aéreas de media tensión nivel III y II.....	25
2.5.1. Generalidades redes aéreas 34,5kV.....	25
2.5.1.1. Redes permitidas a 34,5 kV.....	26
2.5.2. Postes.....	27
2.5.3. Conductores.....	27
2.5.3.1. Tipos de conductores.....	27
2.5.3.2. Cálculo mecánico de conductores.....	28
2.5.3.3. Ampacidad de los conductores.....	28
2.5.4. Regulación de tensión en redes aéreas Nivel 3.....	29
2.5.5. Apantallamiento.....	29
2.6. Generalidades redes aéreas 13,8/13,2kV.....	30
2.6.1. Conexión a redes aéreas.....	30

2.6.1.1.	Cruce aéreo de dos líneas de igual o diferente calibre	30
2.6.1.2.	Bajante de línea de media tensión a transformador de distribución	31
2.6.1.3.	Transición de línea aérea a subterránea para continuar como circuito de media tensión, o para alimentar una subestación	31
2.6.2.	Postes	32
2.6.3.	Conductores	33
2.6.3.1.	Calibre del conductor	33
2.6.3.2.	Tipos de conductores	34
2.6.3.3.	Elementos de fijación del conductor al aislador	34
2.6.3.4.	Ampacidad de los conductores	35
2.6.3.5.	Regulación de tensión Nivel de tensión II	35
2.6.3.6.	Cálculo mecánico de conductores	35
2.6.3.7.	Cálculo mecánico de los postes	35
2.6.4.	Protecciones para redes aéreas en nivel de tensión II y III	37
2.6.4.1.	Cortacircuitos y portafusibles 34,5 kV	37
2.6.4.2.	Cortacircuitos y portafusibles 13,8/13.2 kV	38
2.6.4.3.	Criterio de selección del fusible 34.5/13,8/13.2 kV	39
2.6.4.4.	Dispositivos de protección contra sobretensión (DPS) para redes aéreas a 34.5/13.8/13.2 kV	39
2.6.4.5.	Vibración y Amortiguadores para redes aéreas a 34,5kV y 13,8/13,2kV	40
2.6.5.	Materiales	41
2.6.6.	Marco normativo para redes aéreas en nivel de tensión II y III	42
2.7.	Redes aéreas baja tensión	43
2.7.1.	Acometidas	44
2.7.1.1.	Selección y tipo de acometidas	44
2.7.1.2.	Alturas mínimas de seguridad para acometidas	45
2.7.1.3.	Caja de inspección acometidas	46
2.7.2.	Conductores para redes de baja tensión	46
2.7.2.1.	Tipos de conductores	46
2.7.2.2.	Conectores y empalmes	47
2.7.2.3.	Ampacidad de los conductores	47
2.7.3.	Regulación de tensión	47
2.7.4.	Postes	48
2.7.4.1.	Cálculo mecánico de los postes	49
2.7.5.	Cajas de derivación	50
2.7.6.	Materiales	51
2.7.7.	Normas de construcción para redes aérea de baja tensión	51
2.8.	Parámetros de diseño	52
2.8.1.	Cálculo de la demanda máxima	52
2.8.2.	Cálculo de la demanda máxima diversificada	53
2.8.3.	Tasa de crecimiento vegetativo	53
2.8.4.	Periodos de la proyección de la demanda	54
2.8.5.	Cálculo de demanda por usuario residencial, estrato 1 rural	54
2.8.6.	Cálculo de la demanda máxima unitaria usuario residencial, estrato 1 rural	55
2.8.7.	Cálculo de demanda por usuario residencial, estrato 3 urbano	55
2.8.8.	Cálculo de la demanda máxima unitaria usuario residencial, estrato 3 urbano	55
2.9.	Red compacta	56
2.9.1.	Objetivo y aplicación de la norma	56
2.9.2.	Generalidades	56

2.9.2.1. Condiciones de servicio	59
2.9.2.2. Regulación	59
2.9.2.3. Cable semiaislado	59
2.9.2.3.1. Precauciones	64
2.9.2.3.2. Aislamiento	64
2.9.2.4. Espaciadores y brazos antibalanceo	65
2.9.2.4.1. Espaciadores	65
2.9.2.4.2. Brazos antibalanceo	66
2.9.2.5. Aisladores	68
2.9.2.6. Retenciones preformadas	70
2.9.2.7. Conectores	71
2.9.2.8. Distancias entre conectores y aislamiento	72
2.9.2.9. Cable mensajero	72
2.9.2.10. Secuencia de fases	73
2.9.3. Distancias de seguridad	74
2.9.4. Conjuntos	74

Índice de tablas

Tabla 2.1. Factor de corrección por altitud	07
Tabla 2.2. Normativa de referencia según el tipo de poste	10
Tabla 2.3. Características generales de las cimentaciones	12
Tabla 2.4. Normas de referencia para conductores en redes de 34.5/13.8 kV y 13,2kV	13
Tabla 2.5. Cálculo económico del conductor	15
Tabla 2.6. Temperatura y velocidad del viento promedio en el departamento del Caquetá	16
Tabla 2.7. Conectores y empalmes	17
Tabla 2.8. Valores de referencia para los sistemas de puesta a tierra	21
Tabla 2.9. Normativa de referencia para aisladores en redes 34.5/13.8/13.2 kV	22
Tabla 2.10. Normativa de referencia para herrajes de redes aéreas en nivel I, II y III	23
Tabla 2.11. Valores permitidos de longitud y carga mínima de rotura para los postes	27
Tabla 2.12. Calibres de conductores según la zona y el tipo de red	27
Tabla 2.13. Conductores aislados de aluminio para 34.5 kV	28
Tabla 2.14. Conductores desnudos de aluminio para 34.5 kV	28
Tabla 2.15. Conductores desnudos de aluminio para 34.5 kV	29
Tabla 2.16. Tipos de estructuras para redes 34,5kV	29
Tabla 2.17. Especificaciones técnicas de postes para redes 13.8/ 13.2 kV	33
Tabla 2.18. Calibres de conductores según la zona y el tipo de red	33
Tabla 2.19. Conductores aislados de aluminio para 15 kV	34
Tabla 2.20. Elementos de fijación del conductor al aislador	34
Tabla 2.21. Porcentajes de regulación permitidos para redes aéreas de media tensión	35
Tabla 2.22. Tipos de estructuras para redes de 13,8/13.2 kV	36
Tabla 2.23. Cortacircuitos y portafusibles para 34,5 kV	37
Tabla 2.24. Cortacircuitos y portafusibles para 13,2 kV	38
Tabla 2.25. Tipo de fusible y criterio de selección	39
Tabla 2.26. Amortiguadores que se deben implementar según los metros del vano	41
Tabla 2.27. Anexos para redes aéreas a 34.5/13.8/13.2 kV	42

Tabla 2.28. Clasificación de acometidas	44
Tabla 2.29. Alturas mínimas de seguridad para acometidas	46
Tabla 2.30. Porcentajes de regulación permitidos para redes aéreas de baja tensión	47
Tabla 2.31. Especificaciones de postes para redes de baja tensión	48
Tabla 2.32. Tipos de estructuras para redes aéreas en baja tensión	49
Tabla 2.33. Aspectos normativos de referencia para los materiales	51
Tabla 2.34. Marco normativo para redes aéreas de baja tensión	51
Tabla 2.35. Factor de la demanda de acuerdo con el tipo de residencia	52
Tabla 2.36. Factor de la demanda no residencial	53
Tabla 2.37. Periodo de proyección de la demanda	54
Tabla 2.38. Cálculo de demanda por usuario residencial, estrato 1 rural	54
Tabla 2.39. Cálculo de la demanda máxima unitaria usuario residencial, estrato 1 rural	55
Tabla 2.40. Cálculo de demanda por usuario residencial, estrato 3 urbano	55
Tabla 2.41. Cálculo de la demanda máxima unitaria usuario residencial, estrato 3 urbano.	55
Tabla 2.42. Consumo aproximado de electrodomésticos y equipos	56
Tabla 2.43. Conjunto terminal con herraje en C	58
Tabla 2.44. Características del conductor tricapa	60
Tabla 2.45. Características del conductor bicapa	61
Tabla 2.46. Características generales de los conductores 34,5 kV	62
Tabla 2.47. Características generales de los conductores 13,2 kV	63
Tabla 2.48. Dimensiones del aislamiento de cable semiaislado	64
Tabla 2.49. Espesor de aislamiento para cable cubierto de tres capas	65
Tabla 2.50. Normas de referencia para brazos antibalaneo y espaciadores	67
Tabla 2.51. Características Generales de los Aisladores de Polietileno Tipo Pin	69
Tabla 2.52. Características Generales de los Aisladores Compuestos de Suspensión	70
Tabla 2.53. Retenciones preformadas	70
Tabla 2.54. Distancias mínimas entre conductores en la misma estructura	74
Tabla 2.55. Estructuras y código para red semiaislada	74

Índice de ilustraciones

Ilustración 2.1. Ubicación de referencia para las balizas	09
Ilustración 2.2. Cimentación de monobloque cuadrada	12
Ilustración 2.3. Retenida Bisectora	18
Ilustración 2.4. Retenida Alineada	19
Ilustración 2.5. Retenida Especial 90°	19
Ilustración 2.6. Conexión aérea de dos circuitos sobre los postes	31
Ilustración 2.7. Bajante de línea de media tensión a transformador de distribución	31
Ilustración 2.8. Transición de línea aérea a subterránea para continuar como circuito de media tensión, o para alimentar una subestación	32
Ilustración 2.9. Detalle transición de línea aérea a subterránea	32
Ilustración 2.10. Montaje típico de DPS	40
Ilustración 2.11. Amortiguador	41
Ilustración 2.12. Distancias mínimas de seguridad para acometidas	46
Ilustración 2.13. Caja de derivación en baja tensión	50

Ilustración 2.14. Conjunto con soporte tangencial	57
Ilustración 2.15. Conjunto con herraje en E	57
Ilustración 2.16. Conjunto con herraje en C	57
Ilustración 2.17. Conjunto terminal con herraje en C	58
Ilustración 2.18. Cable AAAC semiaislado de tres capas	60
Ilustración 2.19. Cable cubierto bicapa 15kV	61
Ilustración 2.20. Configuración de conductores en haz	61
Ilustración 2.21. Instalaciones de conductores en haz	62
Ilustración 2.22. Espaciadores tipo cremallera para 34.5 kV y 13.2 kV	65
Ilustración 2.23. Distancias en sectores aldaños a subestaciones con espaciadores dobles	66
Ilustración 2.24. Distancias en redes normales con espaciador sencillo	66
Ilustración 2.25. Brazos antibalanceo	67
Ilustración 2.26. Conjunto tangencial con brazo anti balanceo	67
Ilustración 2.27. Aislador de polietileno tipo pin, ANSI 55-4 para 13,2 kV	68
Ilustración 2.28. Aislador de polietileno tipo pin, ANSI 55-6 para 34,5 kV	68
Ilustración 2.29. Aislador de suspensión compuesto para 13,2 kV	69
Ilustración 2.30. Aislador de suspensión compuesto para 34,5 kV	69
Ilustración 2.31. Conector de perforación con estribo, para conductores semiaislados	71
Ilustración 2.32. Distancias entre conectores y derivaciones	72
Ilustración 2.33. Metodo Langrehr para apantallamiento	73
Ilustración 2.34. Metodo Langrehr aplicado a la red compacta semiaislada	73
Ilustración 2.35. Metodología para definir la secuencia de fases	74

CAPÍTULO 2. REDES AÉREAS

2.1. Generalidades

En el libro 3, título 10: “Distancias de seguridad” del RETIE 2024, están estipuladas las distancias verticales y horizontales de seguridad; a estos valores se les debe aplicar (multiplicar por) el factor de corrección que ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. adopta del National Electrical Safety Code (NESC) C2 en su Tabla 441-6. En la Tabla 2.1 se reflejan los valores del factor de corrección que se debe tener en cuenta, según las diferentes alturas sobre el nivel del mar de los municipios del departamento del Caquetá

Tabla 2.1. Factor de corrección por altitud.

ALTITUD (M.S.N.M)	FACTOR DE CORRECCIÓN POR ALTITUD
1000	1,00
1200	1,02
1500	1,05
1800	1,08
2100	1,11
2400	1,14
2700	1,17
3000	1,20
3600	1,25

Fuente: National Electrical Safety Code (NESC) C2 en su Tabla 441-6.

Se complementa lo anterior, con los lineamientos que indica el libro 3 capítulo 4, título 20, artículo 3.20.5 literal 3.20.5.1: “Distancias de seguridad en redes de distribución” del RETIE 2024.

El libro 3, capítulo 1, título 12 de RETIE 2024 “Sistemas De Puesta a Tierra” indica los criterios y requisitos generales que se deben tener en cuenta para las puestas a tierra y los parámetros para los diseños de puesta a tierra.

El libro 2, título 1, 2 y 3 del RETIE 2024, “Productos” contempla todos los requerimientos que se deben cumplir para los elementos y material que se va a utilizar en la instalación de redes aéreas, requisitos generales y requisitos específicos para cada producto.

En libro 3, capítulo 1, título 15: “Trabajos en redes desenergizadas” y título 16 “Trabajos en tensión o con redes energizadas” del RETIE 2024, haciendo énfasis en las “Reglas de oro”, está establecido lo que se debe acatar y cumplir con respecto a las exigencias de seguridad para las labores que se van a ejecutar dentro del sistema eléctrico de ELECTROCAQUETÁ S.A E.S.P., siempre con la finalidad de prever y prevenir un accidente eléctrico.

El libro 3, capítulo 1, título 2: “Competencias y responsabilidades de las de personas que intervienen en las instalaciones eléctrica” del RETIE 2024, en los artículos: 3.2.1 “Competencias de personas naturales”, artículo 3.2.2 “Responsabilidad de los constructores” y artículo 3.2.3 “Responsabilidad del diseñador”; indican como cumplir con todos los requisitos del reglamento con respecto a la intervención de los profesionales competentes encargados de direccionar, supervisar y ejecutar labores en las redes del sistema eléctrico de ELECTROCAQUETÁ S.A E.S.P, conforme a la legislación vigente.

El libro 3, capítulo 4, título 20: “Requisitos generales de redes de distribución” del RETIE 2024, expone los requisitos que debe cumplir el operador de red o el propietario con lo relacionado a operación y mantenimiento de las redes de distribución, adicional a lo establecido en la Resolución CREG 070 de 1998, como dicho reglamento lo indica. Los requisitos de este capítulo son de obligatorio cumplimiento y de aplicación en todo el territorio colombiano.

El libro 3, capítulo 1, título 3: “Diseño de las instalaciones eléctricas” del RETIE 2024, indica los aspectos que se deben tener presentes para el diseño de instalaciones eléctricas, dependiendo si el diseño detallado o simplificado y/o si requiere esquema constructivo.

No se podrá proveer el servicio de energía eléctrica a los inmuebles que se encuentren ubicados en las áreas de exclusión establecidas en la Ley 1228 de 2008-REPUBLICA DE COLOMBIA – GOBIERNO NACIONAL

ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. será el encargado de determinar el nivel de tensión de conexión de un cliente a la red eléctrica en su zona de influencia.

Para definir la instalación de transformadores nuevos, para los diferentes usuarios, se tendrá en cuenta la factibilidad del servicio de energía expedida por ELECTROCAQUETÁ S.A ESP. Si la factibilidad define que el transformador se debe ubicar en el nivel de tensión 2, entonces su capacidad nominal se fijará a partir de la proyección de la demanda de la carga en cuestión, que se calcula según lo establecido en la tabla de demanda diversificada y deberá tener una cargabilidad entre el 80% y 90%.

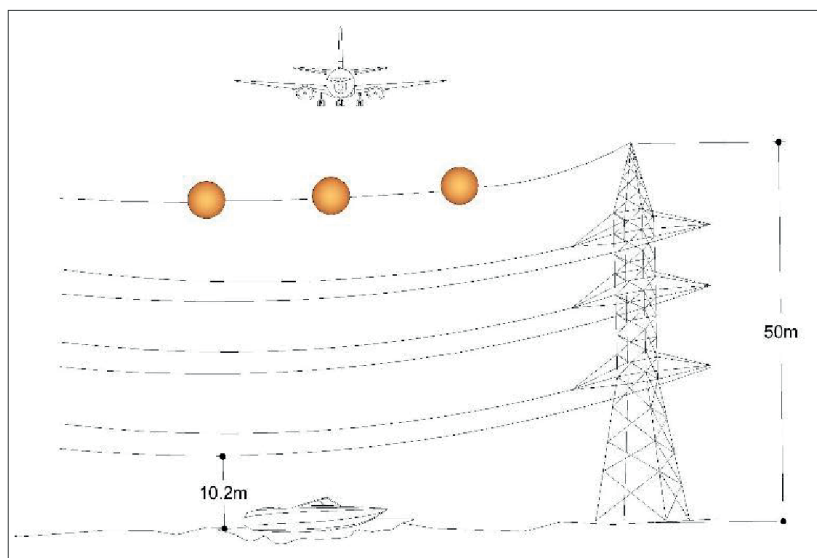
Con relación a la potencia que puedan entregar los transformadores tipo intemperie, ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. se regirá por la Guía Técnica Colombiana GTC 50: “Electrotecnia. Transformadores de Distribución Sumergidos en Líquido Refrigerante con 65 °C de Calentamiento en los Devanados. Guía de Cargabilidad”; para los transformadores tipo seco, se regirá bajo las condiciones de la Norma ANSI/IEEE C57.96: “Guide for Loading Dry-Type Distribution and Power Transformers” o la NTC segunda actualización, reemplace o complemente. Cabe aclarar que prevalece y aplica la última versión de las normas.

De igual forma se complementan con las especificaciones técnicas expuestas por Electrocaquetá S.A E.S.P en esta norma.

Se deberá utilizar balizas, en redes aéreas con tensión igual o mayor a 34.5/13,2 kV, en los siguientes casos:

- Cruces de ríos.
- Cercano a bases aéreas.
- Instalaciones de telecomunicaciones (antenas).
- Proximidades a aeropuertos.

Ilustración 2.1. Ubicación de referencia para las balizas.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.1.1. Generalidades de los postes

Los postes para las redes aéreas de 34,5/13.8/13.2 kV serán monolíticos o seccionados, fabricados en concreto, poliéster reforzado con fibra de vidrio o metálicos. El material de fabricación del poste podrá ser escogido bajo los criterios del diseñador o según lo determine ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.

- Con base en RETIE 2024, cuando el poste quede instalado dentro de la franja 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.
- Se permitirá la ubicación de postes en cercanías a las esquinas siempre y cuando no se obstaculice el giro de automotores con el poste y se respete una distancia de 8 metros o lo que el lindero de las propiedades lo permita.
- Cuando se presenten dificultades para la instalación y ubicación de las retenidas, se podrán utilizar postes auto soportados. Sin embargo, la responsabilidad en lo que respecta a la confiabilidad y desempeño de los postes es de quienes proyectan y construyen la red.
- De acuerdo con lo establecido en la Resolución 950 del 15 de marzo de 2006 emitida por el Ministerio de Transporte o la que la modifique o sustituya, los postes se deberán señalar dependiendo la zona de instalación. Adicionalmente, no se podrán instalar postes dentro de las franjas establecidas en la Ley 1228 de 2008 o la que la modifique o sustituya.
- Para la instalación de postes en las inmediaciones de las vías públicas (exceptuando los que hagan parte de proyectos de iluminación), se debe cumplir con lo estipulado en libro 3 título 10 del RETIE2024.
- No se permitirá la instalación de redes aéreas de media tensión a lo largo de las vías peatonales, ni los postes o retenidas que impidan el acceso a los predios.

- Cuando se instalen transformadores en los postes (subestaciones tipo poste), estas deberán cumplir con lo dispuesto en el Capítulo 4: “Subestaciones” de las normas técnicas de diseño y construcción de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. y con lo determinado en el libro 3, capítulo 5, título 23, artículo 3.23.3: “Subestaciones tipo poste” del RETIE 2024.
- Así mismo donde el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio respectivo lo determine, no se podrán colocar postes, transformadores o elementos de redes que violen lo expresado en aquel.
- En las áreas urbanas se debe garantizar el mismo o un mejor acabado del que presentan las calles y andenes antes de realizar la excavación, concepto que emitirá la Oficina de Control Físico del Municipio o la dependencia que haga sus veces.

2.1.1.1. Tipos de poste:

- Postes de concreto: Los postes de concreto serán pretensados y de sección anular.
- Postes metálicos: El poste metálico debe ser construido en frío, seccionado y de forma troncocónica de sección poligonal (ocho o más lados) o circular, ensamblado mediante embone y galvanizado en caliente por inmersión.
- Postes de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV): Se deben acatar los criterios de diseño, instalación y fabricación definidos por la NTC 6275: “Postes de soporte para redes de distribución eléctrica, iluminación y telecomunicaciones, fabricados en materiales compuestos reforzados con fibra de vidrio” y la guía ASCE 104. Se permitirá el uso de postes seccionados para su instalación en zonas de muy difícil acceso.

Tabla 2.2. Normativa de referencia según el tipo de poste.

TIPO DE POSTE	NORMA
Postes de Concreto	NTC 1329: “Prefabricados en Concreto. Postes de Concreto para Líneas de Energía y Telecomunicaciones”
Postes de Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV)	NTC 6275: “Postes de soporte para redes de distribución eléctrica, iluminación y telecomunicaciones, fabricados en materiales compuestos reforzados con fibra de vidrio”
	ASCE 104.
Postes Metálicos	RETIE 2024: Libro 2, Capítulo 4, Título 3, Artículo 2.3.26: “Postes y estructuras para redes de distribución y alumbrado público”
	ASCE 48
	RETIE 2024: Libro 2, Capítulo 4, Título 3 Artículo 2.3.26: “Postes y estructuras para redes de distribución y alumbrado público” Certificación por el organismo competente

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.1.1.1.1. Cálculo de empotramiento para postes:

Para calcular la longitud de empotramiento del poste, se deberá aplicar la siguiente fórmula. En terrenos pendientes, la longitud de empotramiento se debe medir desde el lado más bajo de la excavación.

$$He = 10\% H + 60 \text{ (cm)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Ejemplo de Aplicación: Para un poste con una altura de 12 metros, aplicamos la fórmula para calcular la altura de la excavación necesaria.

1. Convertir la altura del poste a centímetros:

$$H = 12 \text{ metros} = 1200 \text{ cm}$$

2. Aplicar la fórmula:

$$H_e = 10\% \cdot H + 60 \text{ cm}$$

3. Calcular el 10% de la altura del poste:

$$10\% \cdot 1200 \text{ cm} = 12/100 \cdot 1000 \text{ cm} = 120 \text{ cm}$$

4. Sumar 60 cm a la altura calculada:

$$H_e = 120 \text{ cm} + 60 \text{ cm} = 180 \text{ cm}$$

Resultado: La altura de la excavación necesaria (H_e) para un poste de 12 metros de altura es 180 cm (1.80 metros).

2.1.1.2. Cimentación de postes:

A partir del análisis de las condiciones del terreno: capacidad portante, nivel freático, etc., es responsabilidad del diseñador y el constructor de las redes aéreas de media tensión a 13,8/13,2 kV garantizar la estabilidad de los postes (postes de concreto, postes PRFV u otros mencionados en esta norma), en los casos en los que sea un terreno inestable; considerando la cimentación adecuada en cada punto de la red.

Para la cimentación de los postes se deberá considerar lo expuesto en la norma GM-12 "Guía metodológica: Cálculos mecánicos de estructuras y elementos de sujeción", del grupo EPM.

La construcción de las cimentaciones se realizará enterrando el poste directamente en el suelo o mediante aporte de hormigón. Las cimentaciones con aporte de hormigón serán del tipo cilíndrica o prismática recta de sección cuadrada. Para seleccionar el tipo de cimentación, se tendrá en cuenta el tipo de terreno y de la maquinaria disponible. Se deberá tener en cuenta los siguientes aspectos importantes:

- **Resistencia del Hormigón:** Se empleará un hormigón cuya resistencia mecánica sea mínima de 21 MPa (3000 psi).
- **Agregados:** Cumplirán las condiciones adecuadas relativas a:
 - Tamaño
 - Condiciones fisicoquímicas
 - Condiciones físico mecánicas
 - Granulometría
 - Coeficiente de forma

Nota: Se prohíbe el empleo de agregados que contengan sulfuros oxidables.

- **Cemento:** El cemento usado para el concreto será Portland Tipo I.

- **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.
- **Cimentaciones con aporte de hormigón (cilíndricas o prismáticas):** Se fabricará un solado base en el fondo de la cimentación con una altura de 0,10 m.

Función del solado base:

- Eliminar las presiones diferenciales producidas sobre la base del poste.
- Evitar el hundimiento del poste.

No se permitirá el uso de tierra vegetal como relleno, para las cimentaciones directamente enterradas y deberá ser reemplazada por una mezcla de grava y tierra. Para mayor detalle ECRS-25, capítulo de Redes Subterráneas.

Tabla 2.3. Características generales de las cimentaciones.

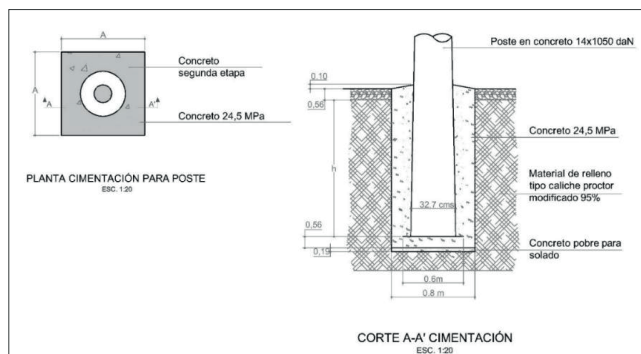
TIPOS DE CIMENTACIONES	FACTORES DE COMPRESIBILIDAD DEL TERRENO
Monobloque Cilíndrico	Terreno Flojo
Monobloque Cuadrado	Terreno Normal
Directamente Enterrado	Terreno Duro
	Terreno Muy Duro

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.1.1.2.1. Cimentación recomendada para obras en Electrocaquetá S.A. E.S.P.:

Por ser la de construcción más sencilla por la facilidad de la formaleta, la cimentación de monobloque cuadrada es la cimentación seleccionada para la ejecución de obras futuras en los sistemas de distribución de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.

Ilustración 2.2. Cimentación de monobloque cuadrada.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.1.2. Normatividad y generalidades de los conductores

Los requerimientos que deben cumplir los conductores de media tensión para redes aéreas a 34,5/13.8 kV y 13.2 kV en el área de influencia de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. son:

- El tendido de los conductores se realizará de una manera segura. Siempre deberá garantizarse una manera de frenar el carrete, sin que sufran los cables, en terrenos rocosos y sobre cercas, carreteables o sitios donde el roce puede deteriorarlos.
- El cable de guarda se debe tender en la misma forma que los conductores y sus flechas serán un poco menores que las de los conductores activos, asegurándose así de que no habrá acercamientos inapropiados en los puntos menos tensados de los cables.
- En los circuitos de media tensión a 34.5/13,8 kV y 13,2 kV se debe realizar una marcación de fases, en la salida de la subestación, empleando placas en forma de rombo, construidas en polietileno con resistencia a los rayos UV y marcadas con material adhesivo reflectivo.
- El color de fondo de las placas será el indicado por ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. Las fases se marcarán según código de colores del RETIE 2024, en secuencia: fase A (amarillo), fase B (azul) y fase C (rojo)

Además, se deberá cumplir con la normativa correspondiente:

Tabla 2.4. Normas de referencia para conductores en redes de 34.5/13.8 kV y 13,2kV.

NORMA	DESCRIPCIÓN
NTC 309	Conductores de aluminio cableado concéntrico reforzado con núcleo de acero recubierto (ACSR).
NTC 2730	Conductores de aluminio aleado 6201-T81 cableado concéntrico.
NTC 5909	Cables de potencia cubiertos (semiaislados) no apantallados de 15 000 voltios -46 000 voltios, para uso en líneas aéreas de distribución de energía eléctrica.
NTC 2186-1	Cables con neutro concéntrico con tensión nominal de 5000 V hasta 46000 V.
RETIE 2024	Libro 3, capítulo 4, título 20, artículo 3.20.6, literal 3.20.6.1: Conductores aéreos.

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Todos los nodos de derivación de un tendido de media tensión a 34,5/13.8/13.2 kV se deben hacer en cable de aluminio desnudo con un calibre correspondiente al análisis de diseño de la carga a instalar.

En las redes aéreas de media tensión a 34,5/13.8/13.2 kV de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P., se considera que la Cargabilidad de los circuitos, en condiciones normales de operación, no debe superar el 80% de su capacidad nominal.

2.1.2.1. Cálculo económico del conductor:

En el RETIE 2024, libro 3, capítulo 1: “Requerimientos generales de las instalaciones eléctricas”, se establece que toda instalación eléctrica con carga mayor o igual que 10 kVA, deberá contar con un diseño detallado, con los requerimientos para el cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.

El objetivo de realizar el cálculo económico del conductor es optimizar y encontrar la mejor alternativa de mínimo costo para el diseño de las redes, considerando el impacto de los costos involucrados en la selección del conductor.

Para el análisis económico del conductor, se deben tener en cuenta los Costos totales del proyecto (costo inicial + costo operativo), en valor presente neto (VPN).

La **ecuación 2** corresponde al cálculo del costo inicial del proyecto:

$$CI = CML * TR * IR \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

- CI:** Costo inicial
- CML:** Costo del conductor por metro
- TR:** Tipo de Red (2 para monofásica y 3 para trifásica)
- IR:** Longitud Total de la Red en Metros.

La **ecuación 3** corresponde al cálculo del costo operativo del proyecto:

$$CO = H * N * (I^2 * R) * L * fp * Ke * \left(\frac{1}{(1 + td)^i} \right) \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- CO:** Costo Operativo
- H:** Horas de uso por día
- N:** Número de conductores de la red
- I:** corriente nominal del Circuito
- R:** resistencia del conductor
- L:** Longitud total de la red en Metros
- Fp:** Factor de perdidas
- Ke:** costo del kw/h en pesos
- td:** Tasa de Descuento
- i:** Número de años

Ejemplo:

Datos para el cálculo:

- Tipo de red: media tensión monofásica a 13.2 kV
- Horas de uso por día: 8 horas
- Factor de pérdidas para el nivel de tensión 2 (ver tabla)
- Tasa de descuento: 12.40%
- Longitud de la red: 4.5 Km
- Resistencia del conductor No. 2 ACSR, a 20°: 0.846 Ω/Km
- Corriente Neta de la carga a alimentar: 1.89 Amperios
- Costo del kw/h: \$1031

Aplicando la ecuación 3, tenemos:

$$CO = 8 * 2 * (1.89^2 * 0.846) * 4500 * 1.12\% * 1031 * \left(\frac{1}{(1 + 12.40\%)^1} \right)$$

$$CO = \$ 2'235.305$$

Aplicando la ecuación 2, tenemos:

$$CI = 3900 * 2 * 4500$$

$$CI = \$ 35'100.000$$

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos, realizando la evaluación para un periodo de 15 años:

Tabla 2.5. Cálculo económico del conductor.

Conductor ACSR	Longitud (l)-m	Horas de funcionamiento por día	Tipo de red 2=Monofasica 3=Trifasica	Precio x Ml de conductor (\$cal(F))	Corriente demandada por la carga (Io)	Resistencia del conductor (R)-Ω-km	Factor de Perdidas (FP)	Precio de KW-hora de energía (Ke)	Tasa de descuento (t)	Numero de años (i)	Formula
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	1	\$ 2.235.305
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	2	\$ 1.988.706
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	3	\$ 1.769.311
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	4	\$ 1.574.120
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	5	\$ 1.400.463
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	6	\$ 1.245.963
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	7	\$ 1.108.508
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	8	\$ 986.217
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	9	\$ 877.418
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	10	\$ 780.621
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	11	\$ 694.502
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	12	\$ 617.885
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	13	\$ 549.719
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	14	\$ 489.074
2	4500	8	2	3900	1,89	0,8460	1,12%	1031	12,40%	15	\$ 435.119
									Costo operacional	\$	16.752.933
									Costo Inicial	\$	35.100.000
									Total	\$	51.852.933

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.1.2.1.1. Factores de pérdidas reconocidas por la CREG:

Las pérdidas de energía en una red eléctrica varían según el nivel de tensión. En general, las pérdidas se clasifican en dos tipos: Técnicas y no técnicas. Las pérdidas técnicas son inevitables y ocurren debido a la resistencia de los conductores, transformadores y en otros componentes de la red. Las pérdidas no técnicas, por otro lado, son causadas por factores como el robo de energía y errores en la medición.

En términos de porcentajes, las pérdidas típicas en una red eléctrica son aproximadamente:

- 2% en alta tensión (AT)
- 3% en media tensión (MT)
- 4% en baja tensión (BT)

2.1.2.2. Cálculo mecánico:

Para el dimensionamiento mecánico de los conductores aéreos y las estructuras que los soportan, se utilizará la GM-12: "Guía metodológica: Cálculos mecánicos de estructuras y elementos de sujeción" del Grupo EPM, y sus anexos, O anexo B5 "Calculo mecánico de postes" de CELSIA, tomando los datos de temperaturas y velocidad del viento presentados en la Tabla 2.5

Para los postes de las redes aéreas en 13,2 kV, se considerarán las cargas:

- Verticales (como las debidas al peso propio de los conductores, cables de guarda, herrajes, etc.).

- Transversales (debidas a presiones del viento y a los cambios de dirección de la red)
- Longitudinales (causadas por tensiones desequilibradas en los conductores).

Así como en estructuras terminales y cuando se presenten vanos reguladores diferentes a lado y lado de un poste.

Tabla 2.6. Temperatura y velocidad del viento promedio en el departamento del Caquetá.

CRITERIO	DATO
Temperatura máxima media	33 °C
Temperatura mínima media	22 °C
Temperatura media	26,1 °C
Velocidad de viento máxima	100 / h

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Nota: Para las distancias de separación del guarda con respecto a los conductores, ver anexos de redes aéreas de media tensión.

2.1.2.3. Cálculo mecánico de los postes:

De acuerdo con el libro 3, capítulo 4, título 20, artículo 3.20.4: “Estructuras de soporte” del RETIE 2024, los postes usados en redes de distribución deben tener una tensión de rotura de, mínimo, 2,5 veces la carga de trabajo para postes de concreto y 2 veces para metálicos y poliméricos reforzados; entendido este factor como la suma de las tensiones mecánicas resultantes de la interacción de los diferentes esfuerzos a que se encuentre sometida la estructura, relacionada con su carga de rotura.

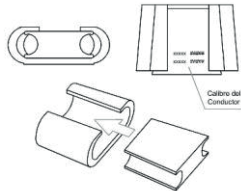
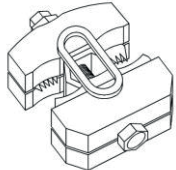
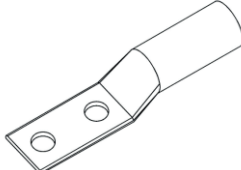
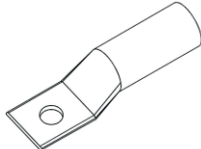
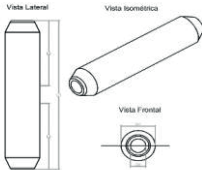

2.1.2.4. Conectores y empalmes:

En caso de una conexión que involucre aluminio y cobre, el conector deberá ser bimetálico y el aluminio quedará en la parte superior para evitar su corrosión por parte del cobre.

- El puente a los descargadores de sobretensión será en cable de aluminio y la bajante de puesta a tierra se hará con un material seleccionado dentro de los consignados en el libro 3, artículo 3.12.2, en la Tabla 3.12.2.2. a. “Constantes de materiales” adoptada de la norma IEEE 80 del RETIE 2024, y aceptado por ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. quien definirá el calibre mínimo respectivo.
- Los empalmes rectos en los vanos serán de tipo conector tubular de compresión (requiere ponchadora), o de tipo manual. En cualquier caso, por consideraciones mecánicas, se debe respetar una distancia mínima al poste y, preferentemente, realizar el empalme en el punto de mínima tensión mecánica resultante sobre el cable.
- En una línea nueva, los empalmes deberán realizarse en el puente flojo de un poste con cadenas de amarre (retención), en caso contrario, los empalmes en los conductores activos y en el cable de guarda deberán colocarse, por lo menos, a 12 m del poste.
- Nunca habrá más de un empalme en un vano. Los empalmes de conductores aéreos deben garantizar una operación de, por lo menos, el 90% de la tensión mecánica de rotura sin que se produzca deslizamiento.

En la Tabla 2.6 se muestran algunos conectores y empalmes de referencia.

Tabla 2.7. Conectores y empalmes.

<p>Conector tipo cuña presión</p>	
<p>Conector de perforación</p>	
<p>Terminal de compresión bimetalico de dos huecos</p>	
<p>Conector de compresión bimetalico de un hueco</p>	
<p>Empalme americano</p>	
<p>Empalme tubular</p>	

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.1.2.5. Plantillado:

Consiste en evaluar y definir el tipo de estructura y la ubicación, teniendo en cuenta las condiciones topográficas del terreno y las distancias de seguridad que se deben considerar entre este y los conductores. El trazado de la línea debe ser recto en el total de su recorrido, excepto cuando sea necesario un cambio de dirección en algún punto de este, sin que ella genere impactos negativos ambientales, sociales, culturales o políticos.

En los casos en los que se encuentren rutas cercanas a edificaciones o vías existentes, la red

debe proyectarse y ubicarse a las distancias mínimas establecidas en el libro 3, título 10 del RETIE 2024, o capítulo 1, generalidades sección 1.9 de la presente norma, para evitar dificultades con futuras ampliaciones.

Nota 1: En todos los casos, para redes aéreas en 34,5 kV, se debe entregar un plantillado en formato digital elaborado en el programa AutoCAD o en DLT-CAD.

Nota 2: Para redes aéreas en 13.8/13,2 kV, no es necesario entregar plantillado, sin embargo, se deberá entregar el archivo del trazado de redes en formato KML y/o KMZ.

Nota 3: En ningún caso se permite el uso de los postes con fines diferentes a la prestación del servicio de energía eléctrica.

2.1.2.6. Distancias mínimas de seguridad:

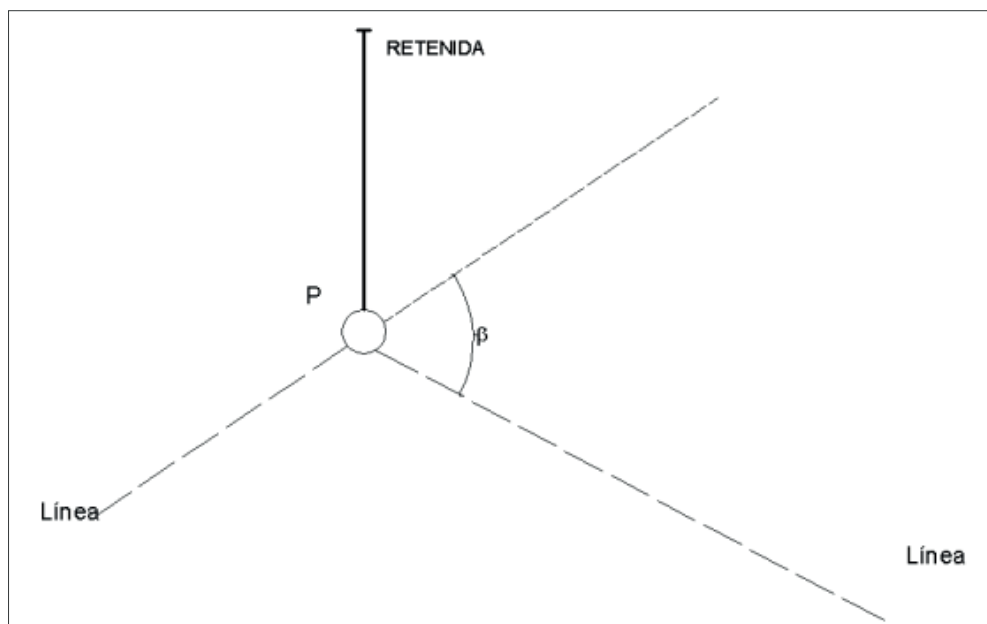
Para las estructuras de las redes aéreas de media tensión en la zona urbana y rural, deben cumplir las distancias mínimas fijadas en el libro 3, capítulo 1, título 10: “Distancias de seguridad” del RETIE 2024 y en los siguientes documentos del Grupo EPM:

- GM-12: “Guía Técnica: Cálculo mecánico de estructuras y elementos de sujeción de equipos”.
- RA6-040: “Distancias de seguridad en redes de distribución”.
- Libro 3, capítulo 4, título 20, artículo 3.5.1, literal 3.20.5.1: “Distancias de seguridad en redes de distribución” del RETIE 2024

2.1.2.7. Retenidas:

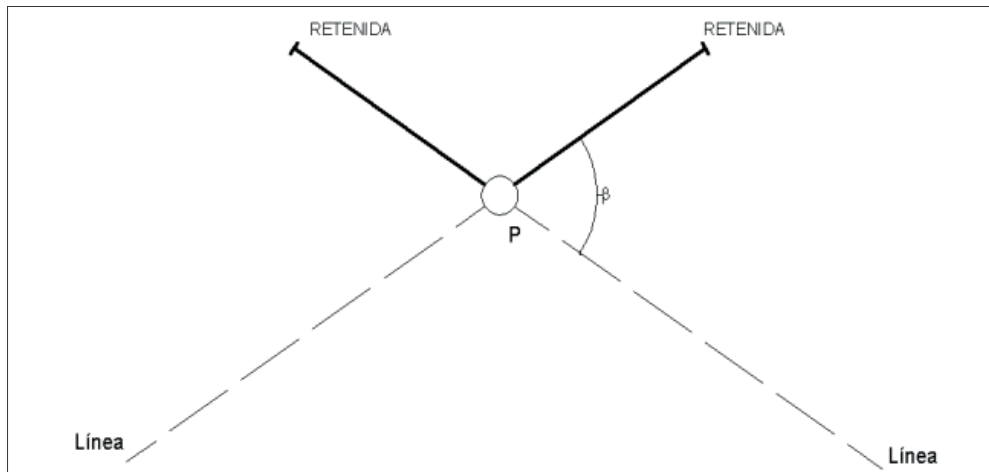
Las retenidas, vientos o templetos, serán usados en cualquier poste donde se determine que los esfuerzos mecánicos tienden a modificar la posición vertical de aquel. Los casos específicos donde es necesario implementar retenidas se listan a continuación:

Ilustración 2.3. Retenida Bisectora.



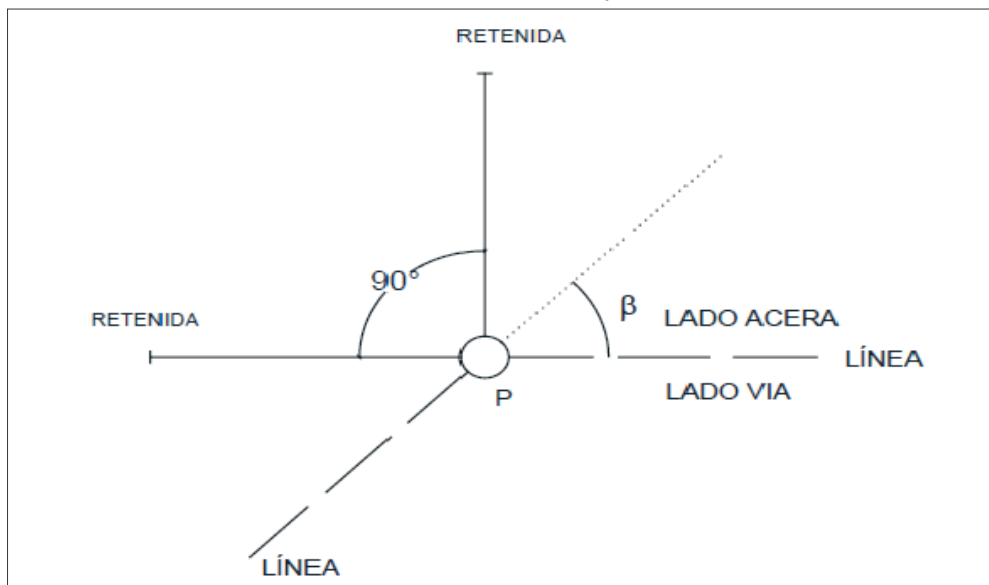
Fuente: CELSIA.

Ilustración 2.4. Retenida Alineada.



Fuente: CELSIA.

Ilustración 2.5. Retenida Especial 90°



Fuente: CELSIA.

2.1.2.7.1. Tipos de retenidas:

Debido a los obstáculos y restricciones que se pueden presentar alrededor de la zona de instalación de un poste, la instalación de las retenidas convencionales en ocasiones no es posible. Por este motivo, se presentan a continuación una serie de opciones para realizar las retenidas.

2.1.2.7.2. Retenida directa a tierra, con varilla de anclaje:

Es el tipo de retenida más común, debido a su simplicidad y su bajo costo, se debe asegurar que la distancia horizontal de la varilla de anclaje a la base del poste sea tal que se forme un ángulo no menor de 30° entre el cable de retenida y el eje vertical del poste. Cuando sea necesario sujetar más de un cable de retenida a la varilla de anclaje, esta se debe enterrar en línea con el cable que se sujete a mayor altura.

Para mayor detalle: Ver anexo EC - RA – 750.

2.1.2.7.3. Retenida a poste auxiliar, con varilla de anclaje:

Se podrá usar en los casos en que no sea posible utilizar una retenida convencional, generalmente debido a la presencia de una vía. Para realizar este tipo de retenida, se debe instalar un poste auxiliar de menor altura que el poste principal, al cual se le debe implementar una retenida directa a tierra con varilla de anclaje. Posteriormente, se debe instalar un cable de acero galvanizado entre ambos postes. Tanto el poste principal como el secundario deben llevar aisladores tipo tensor.

Para mayor detalle: Ver anexo EC - RA – 750-01.

2.1.2.7.4. Retenida en bandera a poste auxiliar, con varilla de anclaje:

Esta configuración es similar a la retenida a poste auxiliar con varilla de anclaje. Se debe unir mediante un aislador tipo tensor a dos cables de acero sujetos a ambos extremos de la cruceta con disposición en bandera, con el fin de compensar la fuerza asimétrica producida por esta clase de terminal.

Posteriormente, se debe tender un cable de acero desde el mismo aislador tipo tensor hasta el poste auxiliar, el cual debe poseer una altura inferior a la del poste principal y similar a la altura de montaje de la cruceta y, además, debe estar ubicado de tal forma que efectivamente compense los esfuerzos resultantes en la configuración. Finalmente, se debe realizar una retenida directa a tierra con varilla de anclaje al poste auxiliar.

Para mayor detalle: Ver anexo EC - RA – 750-02.

2.1.2.7.5. Retenida en guitarra, con varilla de anclaje:

La retenida en guitarra debe usarse solo en casos especiales en los que, debido a características o restricciones de la zona de instalación de la red, no sea posible utilizar otro tipo de retenidas, pues no es recomendable usarlo si no es estrictamente necesario. La longitud de la barra metálica para la retenida tipo guitarra debe ser igual a la distancia horizontal entre la varilla de anclaje y la base del poste.

Para mayor detalle: Ver anexo EC - RA – 751

Aspectos técnicos y normativos para la instalación de retenidas

- Los cables de acero galvanizado deberán cumplir la NTC 2145: “Especificaciones para torones de acero recubiertos con cinc” y la varilla debe cumplir con NTC 2575 “Electrotecnia. Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica. varillas de anclaje roscadas con ojo”.
- Las retenidas quedarán alineadas con el eje de la red o sobre la bisectriz del ángulo suplementario de deflexión de la línea, cuando este no sobrepase los 30°, Las varillas quedarán por fuera del suelo mínimo 20 cm.
- La retenida no obstaculizará el tránsito peatonal ni vehicular en accesos a edificaciones, garajes, etc.

- Cuando la capacidad portante del suelo sea baja, se recomienda usar bloques de anclaje de geometría óptima para suministrar la retención adecuada y la varilla debe ser de acero galvanizado de $\frac{3}{4}$ x 2,4 m.
- Los aisladores deben instalarse de acuerdo con la Norma NTC 694: “Aisladores de Porcelana Tipo Tensor Fabricados por Proceso Húmedo”; y se instalará de tal forma que quede ubicado en el cable de retenida a una distancia vertical mínima de 4 m desde el piso al punto de amarre y a una distancia en la que se limite la posibilidad que cualquier parte de la retenida se energice por contacto con otras líneas, quedando el aislador tensor instalado siempre por debajo del nivel de estas en por lo menos 1.5 m medidos verticalmente desde el punto de amarre.

Nota: Las retenidas deberán estar señalizadas, para la zona urbana en vías con alto flujo vehicular y para la zona rural en los bordes de carretera.

2.1.2.8. Puesta a tierra:

Cuando la resistividad del terreno, debidamente medida con los métodos apropiados se compruebe elevada, se hará empleo de métodos constructivos que garanticen una resistencia de puesta a tierra no superior a la recomendada por el RETIE 2024. Es de anotar que luego de la puesta en servicio, estos valores deben ser verificados.

Nota: El calibre mínimo del conductor para el sistema de puesta a tierra de ser N° 4. En cobre, o Kit de puesta a tierra en cinta de acero inoxidable.

Para mayor detalle ver la sección: “Puesta a tierra” del capítulo de subestaciones eléctricas.

Tabla 2.8. Valores de referencia para los sistemas de puesta a tierra.

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

Fuente: Tabla 3.12.3. a., título 12, libro 3 del RETIE 2024.

2.1.2.9. Aislamiento:

2.1.2.9.1. Aislamiento para redes aéreas a 34.5/13.8 y 13.2 kV:

El aislamiento de las redes aéreas debe ser tal que soporte: la tensión máxima RMS (eficaz) de operación continua de la red; las sobretensiones debidas a las maniobras posibles del sistema tales como energización, deslastre de carga, desenergización etc.; las descargas atmosféricas según la caracterización de la zona; la afectación debida a la contaminación ambiental del lugar y, por otra parte, la tensión mecánica a la cual los aisladores son solicitados.

Además, los aisladores a utilizar en las redes aéreas en la zona de influencia de Electrocaquetá S.A. E.S.P., deben cumplir con lo expresado en Artículo 3.17.2. Aisladores, título 17, libro 3 del RETIE 2024.

Para las redes eléctricas su tensión nominal es la tensión de operación.

Tabla 2.9. Normativa de referencia para aisladores en redes 34.5/13.8/13.2 kV.

TIPO DE AISLADOR	NORMAS NACIONALES (NTC)	NORMAS INTERNACIONALES (ANSI/NEMA)
Porcelana	NTC 1170-1: "Aisladores de distribución tipo suspensión de porcelana fabricados por proceso húmedo y de vidrio templado"	ANSI NEMA C29.2: "American national standard for wet process porcelain and toughened glass-suspension type"
	NTC 2620: "Aisladores de porcelana tipo line post"	ANSI NEMA C29.6: "American national standard for wet process porcelain insulators (high voltage pin type)"
	NTC 3275: "Aisladores compuestos tipo suspensión para distribución"	ANSI NEMA C29.7: "American national standard for wet process porcelain insulators (high voltage line post type)"
	NTC 5413: "Aisladores compuestos tipo poste (line post) para líneas de distribución"	ANSI C29.13: "American national standard for insulators—composite—distribution deadend type"
Vidrio	NTC 1170-1: "Aisladores de distribución tipo suspensión de porcelana fabricados por proceso húmedo y de vidrio templado"	ANSI NEMA C29.2: "American national standard for wet process porcelain and toughened glass-suspension type"
Poliméricos	NTC 3275: "Aisladores compuestos tipo suspensión para distribución"	ANSI C29.13: "American national standard for insulators—composite—distribution deadend type"
	NTC 739: "Aisladores de Porcelana Tipo Espiga para Baja y Media Tensión Fabricados Mediante Proceso Húmedo"	ANSI NEMA C29.5: "American national standard for wet process porcelain insulators (low and medium voltage types)"
	NTC 2620: "Aisladores de porcelana tipo line post"	ANSI NEMA C29.7: "American national standard for wet process porcelain insulators (high voltage line post type)"
	NTC 3275: "Aisladores compuestos tipo suspensión para distribución"	ANSI C29.18: "American national standard for composite insulators—distribution line post type"

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.1.2.9.2. Aislamiento para redes aéreas a 240/220/120 V:

Para las redes de baja tensión, los aisladores a emplear deberán ser de resistencia suficiente a los esfuerzos mecánicos, y su carga de rotura mínima será equivalente al 50% de la carga de rotura del conductor utilizado.

La pérdida de su utilidad se determinará con base al funcionamiento de sus cualidades aislantes, al ser sometidos simultáneamente a tensión eléctrica y esfuerzo mecánico.

Los aisladores para emplear serán de porcelana o vidrio tipo carrete para red de distribución secundaria, ANSI C29.3 clase 53-3 y cumplirán la Norma NTC 693: “Aisladores de Porcelana Tipo Carrete Fabricados por Proceso Húmedo”.

2.1.2.10. Herrajes:

Todos los herrajes utilizados para la construcción de redes aéreas de media y baja tensión, en el área de influencia de la Electrificadora del Caquetá S.A E.S.P, debe cumplir como mínimo con las normas relacionadas en el Tabla 2.9

Tabla 2.10. Normativa de referencia para herrajes de redes aéreas en nivel I, II y III.

NORMA	DESCRIPCIÓN
NTC 2616	Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica. Crucetas, diagonales y bayonetas metálicas.
NTC 2270	Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica, tuercas de ojo y ojos terminales (ojales).
NTC 2995	Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica. Eslabones y adaptadores.
NTC 2608	Espigos ferrosos galvanizados para aisladores tipo pin con rosca de plomo, nailon, PVC, polietileno o cualquier otro compuesto, para construcción de líneas aéreas.
NTC 2244	Conectores para uso entre conductores aéreos de aluminio o aluminio cobre.
NTC 2973	Electrotecnia, herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica. Grapas de retención.
NTC 2772	Electrotecnia. Herrajes y accesorios para redes de distribución de energía eléctrica. Grapas de suspensión.
NTC 2617	Electrotecnia. Herrajes y Accesorios para Redes y Líneas Aéreas de Distribución de Energía Eléctrica. Pernos de Ojo.
NTC 2618	Electrotecnia. herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica. tornillos y tuercas de acero galvanizado. Serie inglesa.
NTC 1645	Elementos de fijación. Tuercas cuadradas y hexagonales serie inglesa.
NTC 2607	Electrotecnia. Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica. Perchas.
NTC 2606	Electrotecnia. herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica. Guardacabos.
NTC 3496	Electrotecnia, herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica. Cintas y hebillas de acero inoxidable.
NTC 2665	Electrotecnia. Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica. Grapa prensora.
NTC 2663	Electrotecnia. Herrajes y accesorios para redes y líneas aéreas de distribución de energía eléctrica. Abrazaderas o collarines.
NTC 169	Tubería conduit metálica intermedia (IMC) de acero.
ISO 527	Plastics Determination of tensile properties.
NTC 2076 (ASTM A153)	Electricidad. Galvanizado por inmersión en caliente para herrajes y perfiles estructurales de hierro y acero.
NTC 2355	Cables de alambre de acero recubierto de cinc (galvanizado) para protección de líneas aéreas de energía eléctrica
NTC 1156	Procedimiento para el ensayo de la camara salina
ASTM A 474	Standard Specification for Aluminum-Coated Steel Wire Strand
ASTM E 376	Standard Practice for Measuring Coating Thickness by Magnetic-Field or Eddy-Current (Electromagnetic) Examination Methods
ASTM A 428	Standard Test Method for Weight [Mass] of Coating on Aluminum-Coated Iron or Steel Articles.

RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
ISO 9001	Sistema de gestión de la calidad. Requisitos
ASTM E 376	Standard Practice for Measuring Coating Thickness by Magnetic-Field or Eddy-Current (Electromagnetic) Examination Methods
ASTM A 428	Standard Test Method for Weight [Mass] of Coating on Aluminum-Coated Iron or Steel Articles.
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
ISO 9001	Sistema de gestión de la calidad. Requisitos
NTC-ISO 14001	Sistema de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso
NTC ISO 2859-1	Procedimiento de muestreo para inspección para atributos. Parte 1.

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.2. Objetivo y aplicación de la norma

Establecer la metodología, requisitos, parámetros técnicos, características mínimas y los lineamientos necesarios para el cálculo y diseño de las redes de distribución aérea satisfaciendo los requisitos impuestos para la eficiencia técnica y económica de las instalaciones, cumpliendo con lo dispuesto en el RETIE y demás normas nacionales que nos rigen para garantizar la prestación y calidad del servicio.

El operador de red evaluará la viabilidad de la instalación de las redes compactas del proyecto, considerando tanto las condiciones técnicas como las características específicas de la zona. Para mayor detalle ver Capítulo 1 “Generalidades” de la presente norma, en el título 1.8: Aprobación y trámite de proyectos ante ELECTROCAQUETÁ S.A E.S.P.

2.3. Alcance de la norma

Los entes encargados de la regulación en Colombia exigen a las empresas de energía el mejoramiento continuo en la calidad del servicio que suministran a sus clientes y usuarios, y uno de los factores más influyentes en este aspecto son las inversiones que conllevan a la reducción de las fallas e interrupciones de servicio. Este enfoque se da debido al alto porcentaje de interrupciones que son de carácter temporal, principalmente causadas por la vegetación próxima a las líneas de media tensión y a la acción de animales silvestres, del sistema de distribución de ELECTROCAQUETÁ.

En el presente capítulo se establecen los criterios técnicos que indican y autorizan la conexión de un usuario, dentro del área de influencia de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P; para media tensión (34.5/13.8,13.2 kV) y baja tensión (trifásica a 220 V/127 V o monofásica a 240 V/120 V); Se considerará y cumplirán las leyes 142 y 143 de 1994, la Resolución CREG 070 de 1998: “Reglamento de distribución de energía eléctrica”, a la Resolución CREG 025 de 1995: “Código de redes”, a la Resolución CREG 038 de 2014: “Código de medida”, al RETIE 2024: “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas”, al POT: “Plan de Ordenamiento Territorial” del municipio respectivo; o los que las modifiquen o sustituyan.

2.4. Referencias

- Reglamento Técnico de Instalaciones (RETIE) 2024.
- Norma Técnica Colombiana (NTC) 2050 segunda actualización.

- National Electrical Safety Code (NESC) C2 Tabla 441-6 “Factor de corrección por altitud”
- Ley 1228 de 2008. Determina las fajas mínimas de retiro obligatorio o áreas de exclusión, para las carreteras del sistema vial nacional.
- Guía Técnica Colombiana GTC 50: “Electrotecnia. Transformadores de Distribución Sumergidos en Líquido Refrigerante con 65 °C de Calentamiento en los Devanados. Guía de Cargabilidad”; Potencia de los transformadores tipo intemperie.
- Norma ANSI/IEEE C57.96: “Guide for Loading Dry-Type Distribution and Power Transformers” o la NTC segunda actualización, reemplace o complemente. Cabe aclarar que prevalece y aplica la última versión de las normas. Para los transformadores tipo seco.
- Resolución CREG 070 de 1998: “Reglamento de distribución de energía eléctrica”. Cuando se requiera el servicio de energía para conectar una carga trifásica a un transformador trifásico (nuevo o existente).
- Resolución CREG 025 de 1995: “Código de redes”.
- Plan de Ordenamiento Territorial (POT), del municipio respectivo; o los que las modifiquen o sustituyan.
- NTC 2244 “Conectores para uso entre conectores aéreos desnudos de aluminio a aluminio o aluminio a cobre”.
- Norma NTC 1329: “Prefabricados en Concreto. Postes de Concreto para Líneas de Energía y Telecomunicaciones”.
- Norma NTC 6275: “Postes de soporte para redes de distribución eléctrica, iluminación y telecomunicaciones, fabricados en materiales compuestos reforzados con fibra de vidrio”.
- Resolución 950 del 15 de marzo de 2006 emitida por el Ministerio de Transporte.
- Ley 1228 de 2008 o la que la modifique o sustituya. Instalación de postes dentro de las franjas establecidas.
- GM-12 “Guía metodológica: Cálculos mecánicos de estructuras y elementos de sujeción” del Grupo EPM para el cálculo mecánico de conductor.

2.5. Redes aéreas de media tensión nivel III y II

2.5.1. Generalidades redes aéreas 34,5kV

- Las redes aéreas de media tensión a 34,5 kV de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. serán trifásicas y se debe escoger el conjunto que se adapte a las condiciones específicas del entorno y del terreno según su curva de utilización; para zonas rurales la red estará debidamente apantallada mediante el empleo de cables de guarda en la parte superior y en las zonas urbanas se instalará si el análisis de riesgo así lo determina.
- Los ramales que se deriven de las redes de media tensión a 34,5 kV de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. serán trifásicos y deberán contar con los equipos adecuados de conexión,

- protección y maniobra que garanticen las condiciones de continuidad y calidad del servicio en el SDL de ELECTROCAQUETÁ S.A. ESP.
- Previo al replanteo de una nueva red, el usuario, constructor o diseñador deberá descartar problemas con tuberías de agua potable o de aguas negras, conducción de gas domiciliario, redes de banda ancha, etc. Se informará, además, al organismo respectivo (Planeación, Control Físico, Concesionarios de vías, etc.) de futuras modificaciones de parámetros y zonas verdes que impidan el normal desarrollo de la construcción de la línea.
- La aprobación del punto de conexión por parte de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. no exonera al solicitante, de la respectiva obtención de servidumbres y permisos para la construcción de la obra o nueva red.
- ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. autorizará la conexión de cargas a sus redes aéreas de 34,5 kV, dependiendo de la magnitud y la clase de aquellas; sin embargo, cuando las condiciones lo exijan, ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. asignará un nivel de tensión diferente al solicitado por el cliente.
- Todo trámite se surtirá según lo contenido en la Resolución CREG 070 de 1998 o aquella que la reemplace o la modifique. Por ello, cuando se requiera conectar una carga que exija la expansión del Sistema y ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P., luego de realizar el estudio respectivo, determine que no resulta viable dentro de su plan financiero, la expansión correrá a cargo del interesado o de terceros.
- Para todo proyecto a 34,5 kV se debe realizar el respectivo levantamiento topográfico en detalle y georreferenciado, a partir del cual se puedan garantizar las distancias mínimas reglamentarias a otras redes aéreas de media tensión, a tierra y a cualquier edificación. El factor de potencia de todos los usuarios deberá ser mayor o igual que 0,9. ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. exigirá a aquellos clientes cuyo factor de potencia no cumpla este límite la instalación de equipos apropiados para registrar y compensar la energía reactiva. La capacidad disponible de cualquier circuito a 34,5 kV en el sistema, lo determinará ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.

2.5.1.1. Redes permitidas a 34,5 kV:

En redes aéreas a 34,5 kV se tendrán dos tipos:

- Interconexión de subestaciones de propiedad de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.
- Circuitos para la industria a 34,5kV.

En los circuitos de interconexión no se tendrán cruces aéreos de dos líneas; tampoco habrá bajantes a un transformador.

En ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. solo se permitirán conexiones a 34,5 kV en líneas de interconexión en la transición de línea aérea a subterránea.

Para la conexión de cargas particulares a 34,5 kV en líneas de interconexión, siempre se exigirá equipo con posibilidades de control y gestión remota, tal como un reconector. En los circuitos industriales se permitirán las conexiones aéreas en circuitos de distribución y bajantes de línea de media tensión a un transformador. La transición de una red de media tensión aérea a subterránea, para alimentar una subestación o un circuito de media tensión canalizado, se hará así:

- Se derivará desde un conector pernado hasta el cortacircuitos o seccionador en conductor de AAAC o ACSR desnudo.
- La conexión al DPS será en el mismo calibre y material del cable, la conexión del cable aislado dependerá de si es para alimentar una subestación o un circuito canalizado, esto puede apreciarse en los anexos para transición ECRS-30.
- Los conductores se colocan en el tubo tipo IMC a través de una bota premoldeada de salida múltiple o capacete, la cual se funde para garantizar la hermeticidad de la transición.

2.5.2. Postes

Los valores permitidos de longitud total y carga mínima de rotura para los postes que hagan parte de las redes aéreas a 34,5 kV, en el área de influencia de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P., están consignados en la Tabla 2.10. Valores permitidos de longitud y carga mínima de rotura para los Tabla 2.10.

Tabla 2.11. Valores permitidos de longitud y carga mínima de rotura para los postes.

LONGITUD TOTAL DE LOS POSTES (M)	CARGA MÍNIMA DE ROTURA KGF (DAN)	CARGA DE SERVICIO KGF (DAN)
14	750 (735,5)	300 (294,2)
14	1050 (1029,7)	420 (411,9)
14	1350 (1323,9)	540 (529,6)
16	750 (735,50)	300 (294,2)
16	1050 (1029,7)	420 (411,9)
16	1350 (1323,9)	540 (529,6)

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

- Para las redes aéreas de 34,5 kV, no se permitirán postes con especificaciones menores a 14 m de longitud y 750 kgf (735,5 daN) de carga de rotura aplicada a 20 cm de la cima.

2.5.3. Conductores

2.5.3.1. Tipos de conductores:

En la Tabla 2.12 se muestran algunas características (como referencia) de este tipo de conductor. Para mayor detalle ver sección 2.8 Red compacta, del presente documento.

Tabla 2.12. Calibres de conductores según la zona y el tipo de red.

34.5 kV		
CIRCUITOS RAMALES	CALIBRE MÍNIMO PERMITIDO	CALIBRE MÁXIMO PERMITIDO
Urbano	4/0 AWG	500 KCMIL
Rural	250 AWG	500 KCMIL
RED TRONCAL URBANO O RURAL PARA ALIMENTADORES PRINCIPALES	250 KCMIL	500 KCMIL

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Tabla 2.13. Conductores aislados de aluminio para 34.5 kV.

CALIBRE AWG O Kcmil	DIÁMETRO EXTERIOR NOMINAL (mm)	PESO TOTAL APROXIMADO (kgf/km)	TENSIÓN DE HALADO MÁXIMO DEL CONDUCTOR (kN)	CAPACIDAD NOMINAL DE CORRIENTE (A)
2/0	42,29	1383,19	4	235
3/0	43,47	1519,89	4	270
4/0	44,74	1675,55	6	310
250	47,49	1920,68	7	345
350	50,6	2283,94	9	430
500	54,46	2841,33	13	535

Fuente: Ficha técnica conductores Centelsa.

Tabla 2.14. Conductores desnudos de aluminio para 34.5 kV.

CALIBRE AWG O Kcmil	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR (mm)	PESO TOTAL APROXIMADO (kgf/km)	CARGA DE ROTURA MÍNIMA (kgf)	CAPACIDAD NOMINAL DE CORRIENTE (A)
4/0	14,31	433,4	3787	366
266,8	16,29	547	5120	457
336,4	18,3	688,7	6400	529
397,5	19,61	761,7	6641	584
477	21,49	915,1	7784	655
556,5	23,21	1067	8989	721

Fuente: Ficha técnica conductores Centelsa.

2.5.3.2. Cálculo mecánico de conductores:

El vano máximo de tendido para conductores en nivel de tensión 34.5 kV será de 1000 metros (1 km), para distancias superiores, Electrocaquetá S.A E.S.P Evaluara la viabilidad en terreno plano.

En todos los casos debe respetarse la distancia mínima de seguridad desde el punto más bajo de la catenaria, hasta el suelo, establecidas en el RETIE 2024. Para redes 34.5 kV será 5.6 metros.

2.5.3.3. Ampacidad de los conductores:

La corriente del conductor para redes de media tensión se calcula con un margen de seguridad del 25%.

$$I_{\text{conductor}} = I_{\text{nominal}} \times 1,15 \quad \text{Ecuación 4}$$

El factor anterior se considera a partir de la experiencia y el uso de buenas prácticas de ingeniería en el diseño de redes de distribución y podrá ser ajustado, en todo caso, validado por el diseñador analizando los parámetros y casos críticos del proyecto específico.

2.5.4. Regulación de tensión en redes aéreas Nivel 3

Tabla 2.15. Conductores desnudos de aluminio para 34.5 kV.

ZONA	REGULACIÓN PERMITIDA
Urbana	3%
Rural	3%

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Para determinar la regulación de tensión en redes aéreas Nivel 3 (tensión eficaz inferior a 57.5 kV), se utilizará el método del momento eléctrico calculado “tramo a tramo”, expresado en la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Regulación} = K \times L \times \text{kVA} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

K: Constante de regulación, $1 / (\text{kVA} \cdot \text{m})$

L: Longitud del tramo al que se le va a calcular la regulación (m).

kVA: Potencia aparente de la carga concentrada al final del tramo.

Nota: la constante K se debe tomar del anexo Constantes de regulación de Electrocaquetá S.A. E.S.P.

En cuanto a la caída de tensión en las redes aéreas a 34,5 kV, se ajustará al porcentaje de regulación establecido ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. para el Sistema completo (transformador, alimentador, etc.) hasta el cliente final.

Las configuraciones o tipos de estructuras que normalmente se emplearán en las redes aéreas de media tensión serán:

Tabla 2.16. Tipos de estructuras para redes 34,5kV.

TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
Estructura tipo terminal	Para puntos de comienzo o final de línea.
Estructura tipo retención	Para puntos intermedios con cambios fuertes de dirección, postes adyacentes desnivelados o vanos adyacentes de muy diferente longitud; para limitación del vano templa y, además, siempre que se presenten vanos pesantes negativos.
Estructura tipo ángulo	Para cambios de dirección limitados.
Estructura de paso	Para paso de línea.
Estructura doble circuito	Se utiliza para casos forzosos y especiales debidamente autorizados, ya que el mantenimiento implica desenergizar los dos circuitos.

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.5.5. Apantallamiento

Cuando se determine que la red aérea a 34,5 kV requiere apantallamiento, con base en el análisis de riesgo realizado a partir de la GM-08: “Nivel de riesgo por rayos” del Grupo EPM, aquel se hará con cable de acero 3/8” en la parte superior de la estructura, bajo criterio de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.

Según lo establecido en la NTC 6007 “Alambres de acero recubiertos de Aluminio para usos eléctricos”. Se apantallarán las redes urbanas con el conductor de guarda ubicado en la parte superior de la estructura. En las redes aéreas de media tensión a 34,5 kV será obligatoria la instalación del apantallamiento con cable de guarda en la parte superior del tendido.

- La posición del guarda debe ser tal que el ángulo de apantallamiento no sea mayor de 30°.
- El cable de guarda debe estar tensado con una fuerza que corresponda al 80%, más o menos, de la tensión aplicada a los conductores activos.
- En todas las bayonetas para el cable de guarda se emplearán grapas de suspensión o retención, fabricadas especialmente para trabajo con cable de acero galvanizado. Se aterrizará el cable de guarda mínimo cada 3 estructuras.
- La bajante se hará en cable de acero galvanizado de $\frac{3}{8}$ ”, alojado en el espacio que exige ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. en cada poste.
- Los sistemas de puesta a tierra de las bajantes deben poseer valores de resistencia bajos, siendo máximo de 20 Ω y para las zonas de alta DDT (Densidad promedio de descargas a tierra) los valores asociados serán de máximo 10 Ω .

Nota: Sera obligatorio la instalación de apantallamiento en las redes 34.5 kV, utilizando conductores de acero extraresistente calibre mínimo 3/8, o la implementación de drenadores.

2.6. Generalidades redes aéreas 13,8/13,2kV

Cuando ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P emite la aprobación del punto de conexión, no exonera al solicitante, del trámite correspondiente para la obtención de servidumbres y permisos para la construcción de la obra.

ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. autorizará, en condiciones normales, la conexión de cargas hasta de 400 kVA a sus redes aéreas de 13,8/13,2 kV; sin embargo, cuando las condiciones lo exijan, ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. asignará un nivel de tensión diferente al solicitado por el cliente y tendrá la facultad para evaluar y decidir sobre la necesidad de repotenciar la red eléctrica, considerando factores como el aumento de la demanda, la mejora de la eficiencia, y la seguridad del suministro.

En las redes de media tensión, en circuitos muy lejanos (colas de circuitos) o circuitos ramales urbanos que manejen cargas considerables, se deberá instalar red trifásica para mitigar el desbalance de las fases. Esta medida ayuda a mejorar la estabilidad y la eficiencia del suministro eléctrico, asegurando una distribución más equitativa de la carga entre las fases.

2.6.1. Conexión a redes aéreas

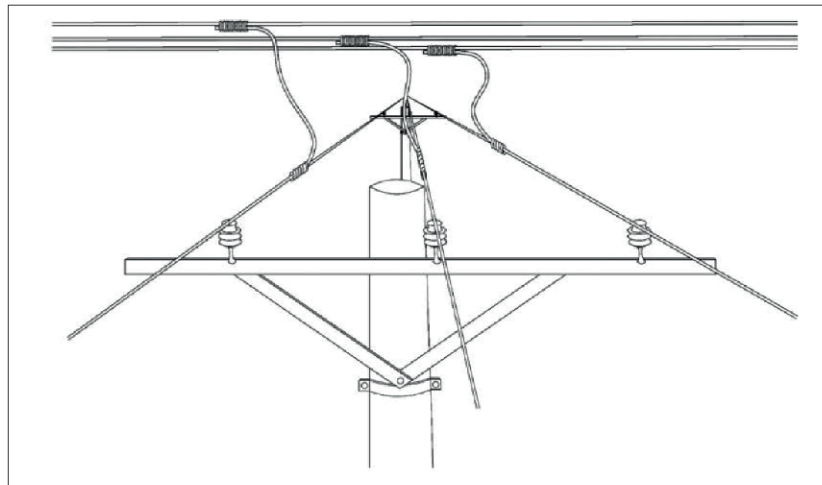
En las redes aéreas de 13,8/13,2 kV se definen cuatro maneras de conectarse:

2.6.1.1. Cruce aéreo de dos líneas de igual o diferente calibre:

En el cruce aéreo de líneas el alimentador va por encima y la derivación por debajo; la conexión se deberá hacer en conductor ACSR de un calibre adecuado a la carga por alimentar, entizados con hilos del mismo conductor.

Para realizar estos puentes, se podrá usar como alternativa, conductores AAAC semiaislados. De igual manera, la conexión se puede hacer por medio de dos puentes de aluminio del mismo calibre, separados 15 cm entre sí para cada fase entizados con hilos del mismo conductor.

Ilustración 2.6. Conexión aérea de dos circuitos sobre los postes.

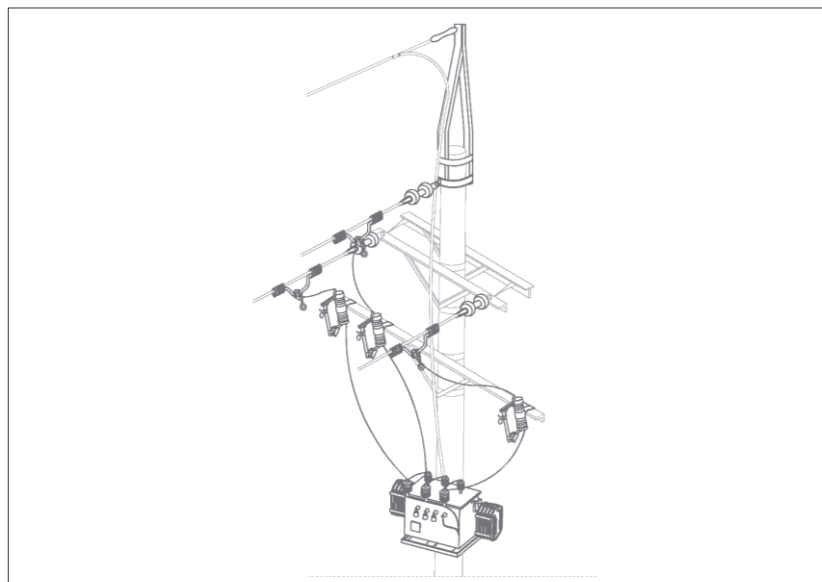


Fuente: Electrocaquetá S.A E.S.P.

2.6.1.2. Bajante de línea de media tensión a transformador de distribución:

La bajante desde una línea de media tensión a los respectivos cortacircuitos del transformador se realizará usando un conector transversal universal (conectado al estribo respectivo), en conductor ACSR hasta el cortacircuitos; desde este al DPS en la misma clase de conductor y, finalmente, en el mismo tipo de conductor a los bornes primarios del transformador. Toda la instalación se hará en un calibre adecuado a la carga por alimentar, mínimo No. 2 AWG. Se podrá optar como alternativa para realizar estos puentes conductores AAAC semiaislados.

Ilustración 2.7. Bajante de línea de media tensión a transformador de distribución.



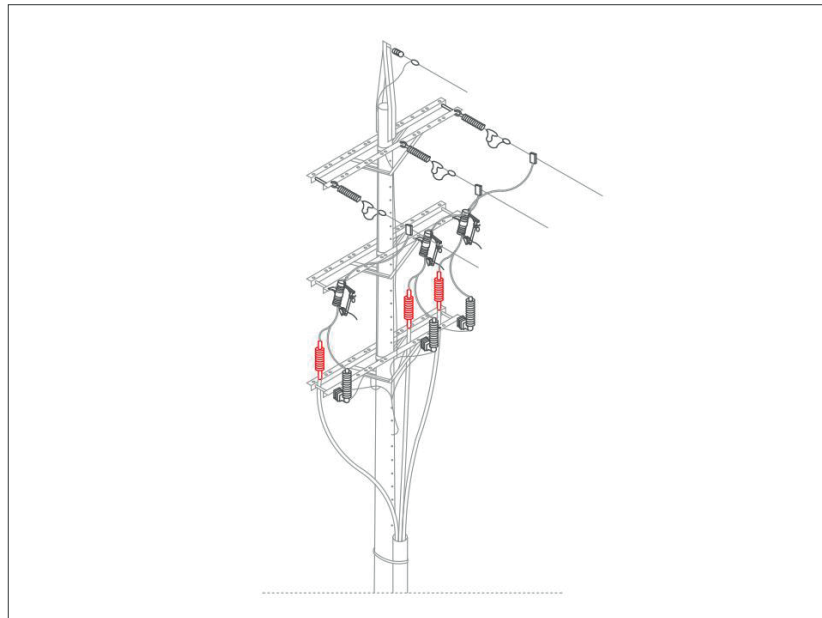
Fuente: Electrocaquetá S.A E.S.P.

2.6.1.3. Transición de línea aérea a subterránea para continuar como circuito de media tensión, o para alimentar una subestación:

La transición de una red de media tensión aérea a subterránea para alimentar un circuito de media tensión canalizado, se hará así: se derivará desde un conector de compresión hasta el

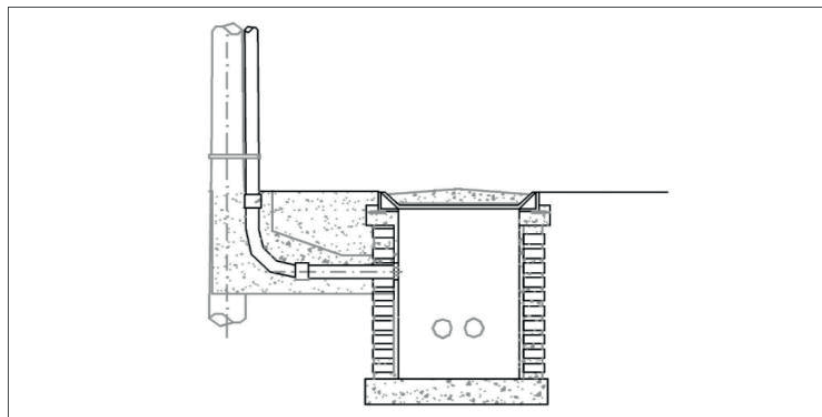
seccionador monopolar tipo cuchilla en conductor ACSR o AAAC; la conexión al DPS será en el mismo calibre y material del cable; el cable aislado se conecta a la cuchilla por medio de un conector compresión borna terminal y usando terminal premoldeado, esto puede apreciarse en la norma EC-RS-30 "TRANSICIÓN RED AÉREA SUBTERRÁNEA LÍNEA 34.5/13.8 kV.". Finalmente, los conductores se colocan en un tubo tipo IMC a través de una bota premoldeada de salida múltiple o capacete, la cual se funde para garantizar la hermeticidad de la transición.

Ilustración 2.8. Transición de línea aérea a subterránea para continuar como circuito de media tensión, o para alimentar una subestación.



Fuente: Electrocaquetá S.A E.S.P.

Ilustración 2.9. Detalle transición de línea aérea a subterránea.



Fuente: Electrocaquetá S.A E.S.P.

2.6.2. Postes

En la siguiente tabla se reflejan las especificaciones técnicas de los postes que hagan parte de las redes aéreas a 13,8 kV/13,2 kV; como la longitud total y carga mínima de rotura, para el área de influencia de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.

Tabla 2.17. Especificaciones técnicas de postes para redes 13.8/ 13.2 kV.

LONGITUD TOTAL DEL POSTE (m)	CARGA MÍNIMA DE ROTURA (kgf)	CARGA DE SERVICIO (kgf)
12	510	204
12	750	300
12	1050	420
12	1350	540
14	750	300
14	1050	420
14	1350	540
16	750	300
16	1050	420
16	1350	540

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

- Para las redes aéreas trifásicas y bifásicas a 13,8/13,2 kV, no se permitirán postes con especificaciones menores a 12 m de longitud y 510 kgf de carga de rotura.
- No se permitirán postes de 10 metros.
- Para las redes aéreas a 13,8 kV/13,2 kV, se debe tener en cuenta que las distancias entre postes (vanos) no podrán ser mayores a su curva de utilización respectiva. De acuerdo con esto, para las redes aéreas en la zona urbana se estipula una distancia de 60 metros entre postes y para la zona rural se tendrá en cuenta la topología del terreno.

En los casos en los que se requieren configuraciones y especificaciones técnicas diferentes a las estipuladas en las normas de construcción de esta guía, el diseñador deberá realizar el cálculo correspondiente de las curvas de utilización y presentarlo a ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. para su aprobación.

2.6.3. Conductores

En el área de influencia de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P, los conductores que se van a utilizar en las redes aéreas a 13,8/13,2 kV de media tensión; deben cumplir con los siguientes parámetros:

2.6.3.1. Calibre del conductor:

En alimentadores principales o en redes troncales, se debe emplear cable ACSR o AAAC. Los conductores que hagan parte de circuitos ramales, urbanos o rurales, podrán ser ACSR o AAAC. En la Tabla 2.17, se describen los calibres mínimos y máximos que se deberán implementar para ambos casos.

Tabla 2.18. Calibres de conductores según la zona y el tipo de red.

13,2kV		
CIRCUITOS RAMALES	CALIBRE MÍNIMO PERMITIDO	CALIBRE MÁXIMO PERMITIDO
Urbano	1/0 AWG	4/0 AWG
Rural	2 AWG	4/0 AWG
RED TRONCAL URBANO O RURAL PARA ALIMENTADORES PRINCIPALES	1/0 AWG	4/0 AWG

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. será quien determine si los tramos de las redes se consideran ramales, alimentadores principales o troncales, con base en sus planes de expansión.

ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. establece que la cargabilidad de los circuitos, en condiciones normales de operación, no debe superar el 80% de su capacidad nominal, en las redes aéreas de media tensión a 13,8 kV o 13,2 kV.

2.6.3.2. Tipos de conductores:

Tabla 2.19. Conductores aislados de aluminio para 15 kV.

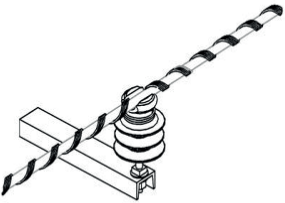

CALIBRE AWG O Kcmil	RESISTENCIA AC A 90 °C (Ω/km)	RMG (mm)	PESO TOTAL APROXIMADO (kgf/km)	CARGA DE ROTURA (kgf)	CAPACIDAD NOMINAL DE CORRIENTE (A)
2	1,096	7,78	1204	1290	150
1	0,89	8,81	1288	1612	175
1/0	0,689	9,81	1376	1985	200
2/0	0,547	11,01	1468	2405	235
3/0	0,434	12,36	1576	3003	270
4/0	0,345	13,88	1704	3767	310
266,8	0,256	15	2049	4531	345

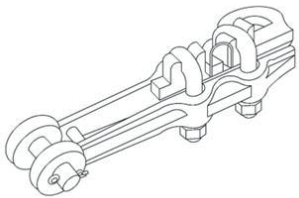
Fuente: NTC 2186-1 "Cables con neutro concéntrico con tensión nominal de 5000 V hasta 46000 V".

2.6.3.3. Elementos de fijación del conductor al aislador:

Los conductores se sujetarán a los postes teniendo en cuenta los siguientes elementos y características:

Tabla 2.20. Elementos de fijación del conductor al aislador.

ELEMENTO DE FIJACIÓN	DESCRIPCIÓN	NORMA/ ESPECIFICACIONES	
Aisladores tipo pin	Utilizan amarres de hilos de aluminio tomados de cable número 4 AWG desnudo.	NTC 360: "Alambres de aluminio 1350 H-19 para usos eléctricos".	
Alambre de amarre	El alambre de amarre únicamente sostiene el conductor en su posición.		
Grapas tipo pistola	Utilizadas en postes de retención o postes terminales.	Dimensiones ajustadas al calibre y material del conductor, con resistencia mecánica que satisface las exigencias del tensado.	

<p>Grapas de retención rectas</p>	<p>Utilizadas en postes de retención o postes terminales.</p>	<p>Dimensiones ajustadas al calibre y material del conductor, con resistencia mecánica que satisface las exigencias del tensado.</p>	
--	---	--	--

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.6.3.4. Ampacidad de los conductores:

El factor de seguridad para el cálculo de la corriente del conductor para redes de media tensión es del 25%:

$$I_{\text{conductor}} = I_{\text{nominal}} \times 1,25 \quad \text{Ecuación 6}$$

Este margen de seguridad se considera a partir de las prácticas de ingeniería en el diseño de redes de distribución y podrá ser ajustado, en todo caso, evaluado por el diseñador analizando los parámetros y casos críticos del proyecto específico.

2.6.3.5. Regulación de tensión Nivel de tensión II:

Tabla 2.21. Porcentajes de regulación permitidos para redes aéreas de media tensión.

ZONA	REGULACIÓN PERMITIDA
Urbana	3%
Rural	3%

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

En el anexo Constantes de regulación, se estipulan constantes K de referencia, para el cálculo de regulación en redes aéreas en nivel de tensión II para 13,2 kV, según la disposición del sistema y el factor de potencia.

2.6.3.6. Cálculo mecánico de conductores:

Todos los conductores en un vano de nivel de tensión 13.8/13.2 kV deberán tensarse el mismo día, siendo 600 metros el valor máximo, para casos diferentes Electrocaquetá Evaluara la viabilidad en terreno plano.

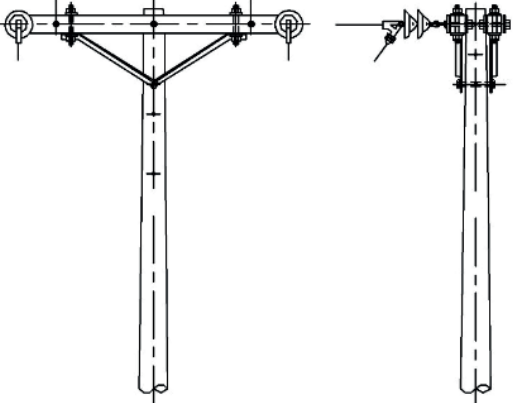
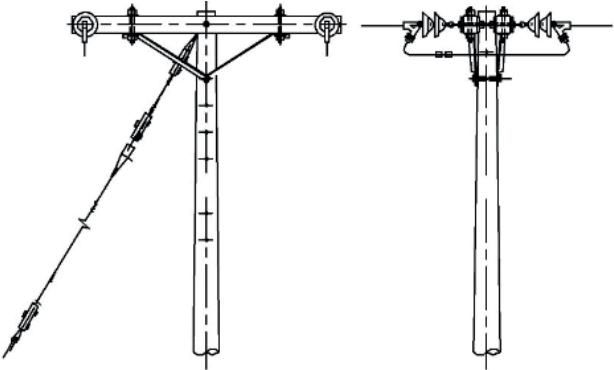
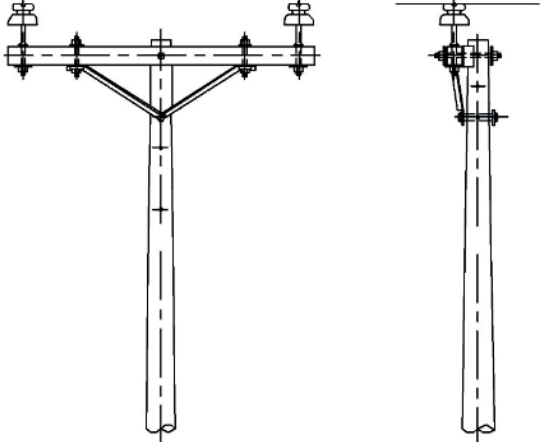
En todos los casos debe respetarse la distancia mínima de seguridad desde el vano hasta el suelo, establecidas en el RETIE 2024. Para redes 13.8/13.2 kV es 5.6 metros.

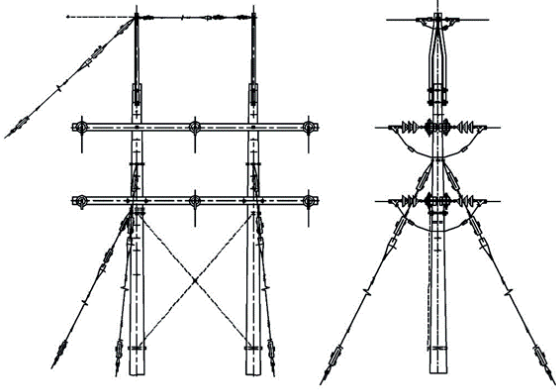
2.6.3.7. Cálculo mecánico de los postes:

De acuerdo con el libro 3, capítulo 4, título 20, artículo 3.20.4: “Estructuras de soporte” del RETIE 2024, los postes usados en redes de distribución deben tener una tensión de rotura de, mínimo, 2,5 veces la carga de trabajo para postes de concreto y 2 veces para metálicos y poliméricos reforzados; entendido este factor como la suma de las tensiones mecánicas resultantes de la interacción de los diferentes esfuerzos a que se encuentre sometida la estructura, relacionada con su carga de rotura.

Las configuraciones o tipos de estructuras que normalmente se emplearán en las redes aéreas de media tensión serán:

Tabla 2.22. Tipos de estructuras para redes de 13,8/13.2 kV.

TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Estructura tipo terminal EC-RAM514	Para puntos de comienzo o final de línea.	
Estructura tipo retención EC-RAM-515	Para puntos intermedios con cambios fuertes de dirección, postes adyacentes desnivelados o vanos adyacentes de muy diferente longitud; para limitación del vano templa y, además, siempre que se presenten vanos pesantes negativos.	
Estructura tipo ángulo	Para cambios de dirección limitados.	
Estructura de paso EC-RAM510	Para paso de línea.	

<p>Estructura doble circuito</p> <p>EC-RAM280</p>	<p>Se utiliza para casos forzosos y especiales debidamente autorizados, ya que el mantenimiento implica desenergizar los dos circuitos.</p>	
---	---	--

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Nota: Para mayor detalle ver anexo de redes aéreas **EC-RAM514, EC-RAM-515, EC-RAM510, EC-RAM280**

2.6.4. Protecciones para redes aéreas en nivel de tensión II y III

Toda red aérea de distribución en media tensión a 34,5/13.8/13.2 kV dentro del área de influencia de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. deberá estar protegida contra sobre corrientes por medio de cortacircuitos o reconectores; y contra sobretensiones por medio de descargadores de sobretensiones (DPS). Los dispositivos de protección deberán estar certificados por el fabricante y poseer conexión bimetálica para su instalación a la red.

Para mayor detalle ver “Protección y seguridad” capítulo 4, sección 4.5 Subestaciones eléctricas, del presente capítulo.

2.6.4.1. Cortacircuitos y portafusibles 34,5 kV:

Para la selección del cortacircuitos que sirva de protección a un ramal, se aplicará lo consignado en las normas NTC 2132 “Ensayos de diseño para fusibles de alta tensión. Interruptores para distribución monoplares en aire, encapsulados; interruptores desconectores con fusibles y accesorios” y NTC 2133 “Especificaciones para fusibles tipo expulsión de alta tensión para distribución, cortacircuitos, seccionadores de fusible e hilos fusibles”.

Debe fijarse su corriente nominal y la capacidad de soportar la corriente de cortocircuito como se muestra en la siguiente tabla de referencia.

Tabla 2.23. Cortacircuitos y portafusiles para 34,5 kV.

DESCRIPCIÓN	TENSIÓN NOMINAL DE SERVICIO	CORRIENTE			NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO (BIL)
		NOMINAL (A)	DE INTERRUPCIÓN SIMÉTRICA (kA)	DE INTERRUPCIÓN ASIMÉTRICA (kA)	
Cortacircuitos 100 A 38 kV	34,5 kV (ANSI 38 kV)	100	5	8	Mayor o igual que 150 kV Venteo sencillo e intercambiable
Portafusible 100 A 38 kV	34,5 kV (ANSI 38 kV)	100	5	8	Mayor o igual que 150 kV Venteo sencillo e intercambiable

Cortacircuitos 200 A 38 kV	34,5 kV (ANSI 38 kV)	200	5	8	Mayor o igual que 150 kV Venteo sencillo e intercambiable
Portafusible 200 A 38 kV	34,5 kV (ANSI 38 kV)	200	5	8	Mayor o igual que 150 kV Venteo sencillo e intercambiable

Fuente: EDEQ S.A. E.S.P.

2.6.4.2. Cortacircuitos y portafusibles 13,8/13.2 kV:

Los cortacircuitos para redes aéreas de 13,8/13,2 kV tendrán una tensión nominal de 15 kV. Debe fijarse la corriente nominal y la corriente de cortocircuito como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.24. Cortacircuitos y portafusibles para 13,2 kV.

DESCRIPCIÓN	TENSIÓN NOMINAL DE SERVICIO	CORRIENTE NOMINAL (A)	CORRIENTE DE INTERRUPCIÓN SIMÉTRICA (kA)	CORRIENTE DE INTERRUPCIÓN ASIMÉTRICA (kA)	NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO (BIL)
Cortacircuitos 100 A, 15 kV	13,2 kV (ANSI 15 kV)	100	8	12	Mayor o igual que 110 kV
Cortacircuitos 100 A, 15 kV	13,2 kV (ANSI 15 kV)	100	13,2	20	Mayor o igual que 110 kV
Cortacircuitos 200 A, 15 kV	13,2 kV (ANSI 15 kV)	200	8	12	Mayor o igual que 110 kV
Portafusibles 100 A, 15 kV	13,2 kV (ANSI 15 kV)	100	8	12	Mayor o igual que 110 kV
Portafusibles 100 A, 15 kV	13,2 kV (ANSI 15 kV)	100	13,2	20	Mayor o igual que 110 kV
Portafusibles 200 A, 15 kV	13,2 kV (ANSI 15 kV)	200	8	12	Mayor o igual que 110 kV

Fuente: EDEQ S.A. E.S.P.

Las Normas y Guías Técnicas mínimas que deben cumplir los cortacircuitos primarios son:

- **NTC2132:** “Ensayos de diseño para fusibles de alta tensión. interruptores para distribución monopolares en aire, encapsulados; interruptores desconectores con fusibles y accesorios”.
- **NTC2133:** “Especificaciones para fusibles tipo expulsión de alta tensión para distribución, cortacircuitos, seccionadores de fusible e hilos fusibles”.
- **ANSI/IEEE C37.41:** “IEEE standard design tests for high-voltage (>1000 V) fuses and accessories”.
- **ANSI/IEEE C37.42:** “IEEE standard specifications for high-voltage (> 1000V) fuses and accessories”.

Nota: Se debe instalar un seccionador en las derivaciones de redes de media tensión que superen los 600 metros de longitud.

2.6.4.3. Criterio de selección del fusible 34.5/13,8/13.2 kV:

Para la selección del tipo de fusible en lo que respecta a su característica de tiempo (K, T, H, expulsión y dual) y a su corriente nominal, se debe garantizar que cuando este opere, su función con las protecciones sea selectiva, buscando siempre que durante un fallo solo sea despejada de manera oportuna la parte afectada.

Tabla 2.25. Tipo de fusible y criterio de selección.

TIPO DE FUSIBLE	CRITERIO DE SELECCIÓN
Fusible tipo K	Se emplean como protección para transformadores. En derivaciones aéreas a subterráneas para alimentar transformadores tipo pedestal, deben coordinar con la protección del transformador.
Fusible tipo H	Utilizados para proteger circuitos con características específicas, donde se requiere una protección temporal específica.
Fusible tipo T	Se utilizan para proteger ramales y derivaciones de circuitos. Permiten que reancladores o seccionadores actúen primero y, si la falla persiste, actúa el fusible.
Fusible de expulsión tipo rápido	Diseñados para operar rápidamente ante sobrecargas o cortocircuitos. Son más viables en zonas urbanas.
Fusible de expulsión tipo lento	Diseñados para permitir sobrecargas temporales y operar solo en caso de sobrecargas prolongadas o cortocircuitos. Son más viables en zonas urbanas.
Fusible de expulsión tipo dual	Protegen transformadores de distribución en sistemas de distribución con alto componente rural y sin apantallamiento artificial. Ideales para fallas ocasionadas por descargas de origen atmosférico.

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

El cálculo de fusibles en troncales y ramales de la red de 34,5/13.8/13.2 kV corresponderá a ELECTROCAQUETÁ S.A. ESP. Cuando se construya un ramal que se derive directamente de una red principal de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P., sin importar la longitud, se exige el seccionamiento del ramal, garantizando la coordinación de protecciones exigida por ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.

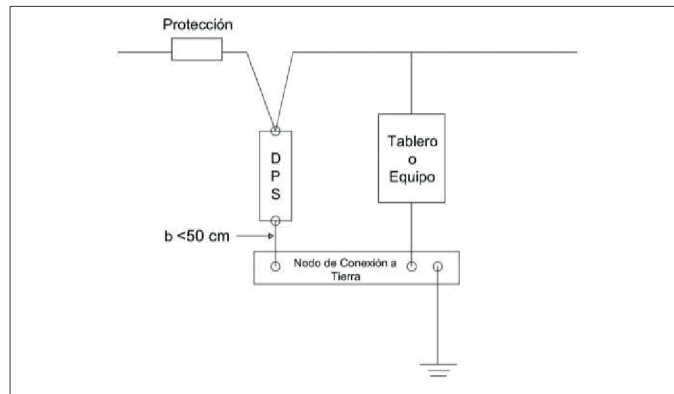
Nota: Para todos los casos, la selección del fusible queda a criterio de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. Previo a la puesta en marcha o energización se revisará que las protecciones que sean instaladas en campo, coincidan con el diseño. Así mismo, Electrocaquetá podrá solicitar un elemento de protección contra sobre corrientes diferente, durante el proceso de revisión y aprobación del proyecto.

2.6.4.4. Dispositivos de protección contra sobretensión (DPS) para redes aéreas a 34.5/13.8/13.2 kV:

Los descargadores de sobretensión serán de óxido metálico sin espaciadores, con conexión bimetalica y nivel básico de aislamiento (BIL) de 95 kV y 10 kA para onda de 8/20 μ s. Se

instalarán en puntos clave como transiciones de red, transformadores, bancos de condensadores, puntos de maniobra y protección, o según condiciones específicas de la zona. Deben ubicarse cerca del equipo a proteger, evitando lazos inductivos, conforme al RETIE 2024, artículo 3.17.14. Los equipos de protección como los DPS y los cortacircuitos se instalan como se indica en la Ilustración 2.10.

Ilustración 2.10. Montaje típico de DPS.



Fuente: Adaptada de la Resolución 90708 del 2013.

- Los descargadores de sobretensión para redes aéreas a 34, 5/13,8/13,2 kV deberán cumplir, como mínimo, las siguientes normas:
- **NTC4389:** “Descargadores de sobretensiones (pararrayos)- de óxido metálico sin espaciadores (gaps) para sistemas de corriente alterna”
- **IEC 60099-1:** “Non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems”.
- **ANSI/IEEE C62.11:** “Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits”. La instalación y la ubicación de los descargadores de sobretensión (DPS) deberán cumplir lo exigido en las siguientes disposiciones de EPM:
- **NT-03:** Norma Técnica: “Selección de dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS)”.
- **GM-08:** Guía Metodológica: “Análisis del nivel de riesgo por rayos”.

Nota: Cuando se presenten estructuras con doble circuito, solamente se instalarán DPS en el circuito superior.

Se deben garantizar valores de resistencia de puesta a tierra de máximo 20 Ω y propender para que en las zonas de alta DDT (Densidad promedio de descargas a tierra), los valores asociados sean de 10 Ω .

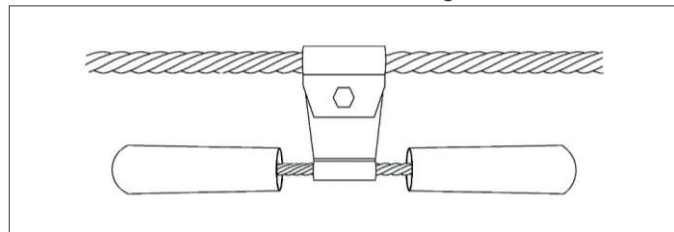
2.6.4.5. Vibración y Amortiguadores para redes aéreas a 34,5kV y 13,8/13,2kV:

Los conductores aéreos están sometidos a la vibración eólica que es una oscilación de alta frecuencia y baja amplitud, originada por remolinos en la parte posterior del conductor y que se traducen en esfuerzos verticales intermitentes perpendiculares a la dirección del viento.

Para controlar las vibraciones se deben tener en cuenta los siguientes criterios, según la gravedad del fenómeno en un vano determinado:

- Evitar que la línea quede demasiado tensada para condiciones de media y baja temperatura.
- Seleccionar dispositivos adecuados (grapas) para la fijación del conductor.
- Usar amortiguadores. La efectividad de estos depende de su punto de aplicación con relación al punto de amarre y de sus características relacionadas con las propias de amortiguación que tenga el conductor.

Ilustración 2.11. Amortiguador.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Electrocaquetá S.A. E.S.P define para la construcción de redes aéreas de media tensión, los siguientes lineamientos técnicos con respecto a la ubicación de los amortiguadores:

Tabla 2.26. Amortiguadores que se deben implementar según los metros del vano.

AMORTIGUADORES POR LÍNEA	VANO (METROS)
1	250-350
2	351-500
3	Mayor a 501

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

El diseñador deberá efectuar los estudios necesarios para la correcta selección y ubicación de los amortiguadores.

- **NTC3524:** “Electrotecnia. Herrajes y Accesorios para Redes y Líneas Aéreas de Distribución de Energía Eléctrica. Guía para la Selección y Localización de Amortiguadores de Vibración Tipo Stockbridge”.
- **NTC3441:** “Electrotecnia. Herrajes y Accesorios para Redes y Líneas Aéreas de Distribución de Energía Eléctrica. Guía sobre Mediciones para la Amortiguación de Conductores”.
- **NTC3387:** “Electrotecnia. Herrajes y Accesorios para Redes y Líneas Aéreas de Distribución de Energía Eléctrica. Guía para el Comportamiento de los Amortiguadores de Vibraciones Eólicas en Conductores con un Solo Conductor por Fase”.
- **La norma RA8-019** “SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE AMORTIGUADORES” presenta las características técnicas principales para la selección e instalación de amortiguadores tipo Stockbridge, requeridos a las redes aéreas de distribución en media tensión.

2.6.5. Materiales

Todos los materiales para emplearse en las redes aéreas de media tensión a 34.5 kV y 13.8/13.2 kV de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. deberán estar normalizados y certificados por organismos

autorizados por la ONAC, según lo establecido en el libro 2: “Productos objeto del RETIE” del RETIE 2024.

Por ello, se recomienda a las personas con las competencias profesionales adecuadas definidas en libro 3, título 2: “Competencias y responsabilidades de las de personas que intervienen en las instalaciones eléctricas” del RETIE 2024, diseñadores o constructores, verificar que el componente tenga la certificación vigente antes de realizar la adquisición de aquéllos o iniciar las obras correspondientes a su instalación.

El hecho de que un componente no se encuentre nombrado explícitamente en esta Norma Técnica, no da lugar a que un elemento a usarse no se encuentre normalizado y certificado.

2.6.6. Marco normativo para redes aéreas en nivel de tensión II y III

Tabla 2.27. Anexos para redes aéreas a 34.5/13.8/13.2 kV.

CÓDIGO NORMA	NOMBRE
EC-RAM 101	Circuito simple aislamiento en espigo (pin) disposición triangular - hasta 34.5 kV.
EC-RAM 103	Circuito simple aislamiento en espigo (pin) disposición semibandera con cable de guarda – hasta 34,5kV.
EC-RAM 110	Circuito simple aislamiento en espigo (pin doble) disposición triangular – doble cruceta 13.2kV.
EC-RAM 112	Circuito simple aislamiento en espigo (pin doble) doble cruceta – disposición en semibandera con cable de guarda – hasta 34,5kV. Máxima carga transversal 250 Kg/PIN
EC-RAM 114	Estructura terminal disposición triangular circuito trifásico.
EC-RAM 130	Circuito simple – Retención disposición triangular 13.2kV a 34,5kV. Máximo conductor ACSR No. 2/0.
EC-RAM 201	H- Circuito simple aislamiento en espigo (PIN) crucetas sencillas de 2 y 4 mts con cable de guarda– hasta 34,5kV.
EC-RAM 202	H- Circuito simple aislamiento en espigo (PIN) cruceta sencilla de 4 mts con cable de guarda – hasta 34,5kV.
EC-RAM 203	H- Circuito simple en espigo (PIN) crucetas sencillas de 3 y 6 mts con cable de guarda – hasta 34,5kV.
EC-RAM 204	H- Circuito simple aislamiento en espigo (PIN) cruceta sencilla 6 mts con cable de guarda – hasta 34,5kV.
EC-RAM 213	H- Circuito simple aislamiento en espigo (PIN DOBLE) doble cruceta de 6 mts con cable de guarda-hasta 34,5kV.
EC-RAM 231	H- Circuito simple retención cruceta doble de 4 mts cable de guarda – hasta 34,5kV
EC-RAM 250	H- Circuito doble aislamiento en espigo (PIN) crucetas sencillas de 4 mts, cable de guarda – hasta 34,5kV.
EC-RAM 280	H-Circuito doble retención disposición horizontal de fases 2 crucetas dobles de 4m. Cable de guarda- Hasta 34.5 kV-Ang. Máx 45°.
EC-RAM 504	Estructura de retención circuito monofásico.
EC-RAM 505	Estructura terminal circuito monofásico.
EC-RAM 506	Estructura de retención circuito monofásico.
EC-RAM 510	Circuito bifásico disposición horizontal.
EC-RAM 511	Circuito trifasico, aislamiento en espigo
EC-RAM 512	Circuito bifásico aislamiento en espigo.
EC-RAM 513	Circuito trifasico aislamiento en espigo.
EC-RAM 514	Estructura terminal circuito bifásico.
EC-RAM 515	Estructura retención circuito bifásico.

EC-RAM 522	Aislamiento en espigo disposición triangular simétrica circuito trifásico.
EC-RAM 532	Aislamiento en espigo disposición triangular simétrica circuito trifásico, (PIN DOBLE).
EC-RAM 533	Aislamiento en espigo disposición en semibandera circuito trifásico.
EC-RAM 550	Estructura terminal circuito trifásico
EC-RAM 552	Estructura terminal disposición triangular simétrica circuito trifásico.
EC-RAM 553	Estructura terminal disposición en semibandera circuito trifásico.
EC-RAM 561	Estructura de retención disposición triangular simétrica circuito trifásico.
EC-RAM 562	Estructura de retención disposición en semibandera circuito trifásico.
EC-RAM 563	Disposición horizontal terminal trifásica y arranque bifásico.
EC-RAM 710	Montaje de transformador monofásico.
EC-RAM 711	Montaje de transformador trifásico hasta 75KVA.
EC-RAM 712	Estructura en H para montaje de transformador trifásico hasta 150 kVA.
EC-RAM 730	Derivación trifásica con cortacircuitos.
EC-RAM 731	Derivación monofásica con cortacircuitos.
EC-RAM 732	Derivación trifásica sin cortacircuitos.
EC-RAM 733	Derivación monofásica sin cortacircuitos.

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.7. Redes aéreas baja tensión

A continuación, se describen las condiciones y parámetros técnicos bajo las cuales se autoriza la conexión de un usuario a las redes aéreas de baja tensión (trifásico o trifilar a 220 V/127 V o monofásica a 240 V/120 V), dentro del área de influencia de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.

Las redes de baja tensión que hacen parte del área urbana o rural tendrán que ser radiales, trenzadas (bifilares, trifilares y trifásicas); sin embargo, considerando las necesidades de la carga, ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. decidirá el uso de redes trifásicas para usuarios industriales, previa factibilidad y disponibilidad del servicio. Para más detalle ver: capítulo 1 generalidades, sección 1.8, del presente documento.

No se permiten redes aéreas de baja tensión en los separadores centrales de las vías vehiculares ni en las zonas donde así lo determine el respectivo Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio.

ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. determinará si la red de baja tensión se deberá construir subterránea o si las condiciones permiten la instalación de la red aérea, acatando lo establecido en el libro 3, capítulo 1, título 10 “Distancias de seguridad” del RETIE 2024.

El factor de potencia para los clientes residenciales y no residenciales conectados a nivel de tensión 1, será mayor o igual que 0,90; En los casos en los que no sea tenido en cuenta el límite establecido para el factor de potencia, ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. podrá requerir la instalación de equipos adecuados para registrar y compensar la energía reactiva.

2.7.1. Acometidas

La acometida es un conjunto de elementos que sirven para llevar la energía eléctrica desde el punto de conexión en la red de distribución de energía o bornes del transformador hasta los bornes del medidor y está conformada por los siguientes elementos:

- Punto de conexión.
- Anclajes.
- Soportes.
- Capacete o bota termo contráctil.
- Ductos.
- Conductor.

2.7.1.1. Selección y tipo de acometidas:

Los tipos de acometidas para redes aéreas de baja tensión son los siguientes:

- Acometidas aéreas en baja tensión.
- Acometida mixta en baja tensión.

La selección de la acometida deberá ejecutarse de conformidad con la Sección 220 de la Norma NTC 2050 segunda actualización. En general se requiere conocer las tensiones nominales disponibles para el cálculo de cargas continuas y discontinuas, de alumbrado, cargas en general y reservas, así como la distancia desde el punto de conexión a la carga y el tipo de conductor a utilizar. El proceso es el siguiente:

- Identificar el tipo de instalación residencial, comercial, industrial o rural.
- Calcular la carga instalada Capítulo 2, artículo 220, sección 220.40 NTC 2050. Segunda actualización.
- Calcular la carga demandada de la instalación Capítulo 2, artículo 220, sección 220.40 NTC 2050. Segunda actualización
- Especificar el tipo de acometida: monofásica, trifilar o trifásica.
- Seleccionar el calibre de la acometida de acuerdo con su longitud y la carga a servir, verificar regulación de tensión.

Las acometidas se clasifican de acuerdo con la tensión de conexión y los requerimientos de la potencia de la carga, según la siguiente tabla:

Tabla 2.28. Clasificación de acometidas.

TIPO DE ACOMETIDA	TENSIÓN DE SUMINISTRO (V)	POTENCIA MÁXIMA (kVA)	TIPO DE CABLE
Monofásico bifilar	120	3,5	Concéntrico
Bifásico trifilar	240/120	7,5	Concéntrico
Trifásico trifilar	220/127	15	Concéntrico o Cable aislado

Trifásico tretrafilar	220/127	15	Concéntrico o Cable aislado
--------------------------	---------	----	--------------------------------

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Para el dimensionamiento de los calibres según de acuerdo con la potencia, se debe acatar lo establecido en la Tabla 310.15(B)(16) (Antes Tabla 310.16) Capacidades de corriente (Ampacity) permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 V y 60 °C a 90 °C, de la NTC 2050 segunda actualización.

Nota: El calibre mínimo que se deberá implementar para las acometidas es #8 concéntrico y deberá ser cobre.

Para la entrada de la acometida a las instalaciones del cliente desde el capacete hasta el medidor, se empleará tubo Conduit metálico galvanizado (IMC) con franja naranja de 10cm como lo indica el RETIE 2024, sección 3.17.6.1, literal a; provisto de capacete o bota premoldeada termo contráctil u otro accesorio del tipo masilla moldeable que asegure el sellamiento de la tubería para montaje a la vista y Conduit PVC tipo pesado para el caso de tubería empotrada o enterrada.

Los conductores irán directamente hasta la caja de medidores, la cual podrá estar incrustada en la pared exterior del inmueble o sobrepuesto y asegurada con grapas galvanizadas, abrazaderas galvanizadas o cinta bandit de acero inoxidable, espaciadas un máximo de 1 m entre sí.

El ducto para la acometida deberá cumplir con los siguientes requisitos:

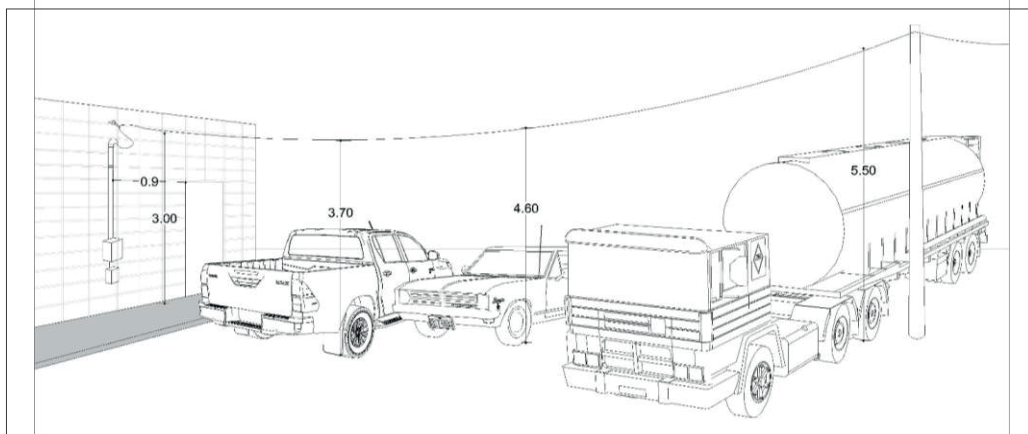
- Ser hermético.
- Debe ser continuo sin derivaciones ni perforaciones desde el inicio hasta la caja o armario de medidores.
- Deberá tener máximo dos curvas eléctricas de amplio radio de curvatura de acuerdo con el calibre del tubo.
- Solo se emplearán curvas eléctricas.
- El ducto deberá ser provisto de un alambre galvanizado (sonda) que facilite la instalación de la acometida.
- Los ductos que entran a la caja para el medidor tendrán adaptadores terminales.
- Se permite que el ducto se instale incrustado o adosado en las paredes o muros de ladrillo macizo.

El diámetro requerido para el ducto de la acometida deberá determinarse de acuerdo con la tabla 4, capítulo 9 de la NTC 2050, dimensiones y porcentajes de la sección de los tubos y tuberías.

2.7.1.2. Alturas mínimas de seguridad para acometidas:

Los conductores aéreos de acometida en baja tensión deben guardar las siguientes distancias mínimas medidas desde la superficie acabada del suelo, tal y como se muestra en la Ilustración 2.12.

Ilustración 2.12. Distancias mínimas de seguridad para acometidas.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Tabla 2.29. Alturas mínimas de seguridad para acometidas.

ALTURA MÍNIMA	DESCRIPCIÓN
3,0 metros	Desde la superficie acabada en zonas o aceras accesibles sólo a peatones, hasta el punto de entrada de la acometida y/o hasta el punto más bajo del bucle de goteo de la entrada eléctrica al edificio. En ningún caso el punto de sujeción de la acometida a un edificio o una estructura debe estar a menos de 3 metros sobre la superficie acabada del suelo.
3,7 metros	Sobre edificios residenciales y vías públicas vehiculares sin tráfico de camiones para tensiones inferiores a 300V a tierra.
4,6 metros	En las zonas mencionadas en el punto anterior para tensiones superiores a 300V a tierra.
5,5 metros	Sobre vías públicas y zona de parqueo con tráfico de camiones y vehículos pesados.
0.9 metros	Distancia horizontal de las puertas, ventanas, balcones, escaleras, salidas de incendios o sitios similares

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

La acometida de una instalación eléctrica de uso final debe cumplir con todos los requisitos estipulados aquí y en el libro 3, título 26, capítulo 6: “ACOMETIDAS” del RETIE 2024.

Los criterios técnicos que se deben tener en cuenta para el sistema de puesta a tierra de las acometidas se encuentran en el capítulo de subestaciones en la sección “Puesta a tierra”.

2.7.1.3. Caja de inspección acometidas:

Se deben construir cajas de inspección con dimensiones internas de 30cm x30cm y su tapa debe ser removible. Las características de la caja y del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red equipotencial, deben cumplir con todo lo indicado en el artículo 3.12.1 del título 12, capítulo 1, libro 3 del RETIE 2024. Para mayor detalle ver anexo EC-RAB 02.

2.7.2. Conductores para redes de baja tensión

2.7.2.1. Tipos de conductores:

Los conductores para emplear en las redes aéreas de baja tensión en el área de influencia de

ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. serán múltiplex del tipo auto soportado y cumplirán la NTC 5346. “Ensamblados de cable de potencia soportados con neutro, con aislamiento extruido resistente a la intemperie, para 600 V”. Las fases serán de aluminio en AAC y estarán aisladas con polietileno reticulado (XLPE 90 °C); el neutro portante será en AAAC (alternativa ACSR) y estará desnudo o podrá ser enchaquetado; los calibres de las fases y el neutro serán iguales.

Los límites de calibres de conductores para la red de baja tensión son los siguientes:

- El mínimo calibre permitido será: 2 AWG
- El máximo calibre permitido será: 4/0 AWG

Cabe aclarar que en los casos en los que el diseño contemple un calibre mayor a 4/0, ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. evaluará las condiciones.

Para el sistema eléctrico de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P., la red de alumbrado público no estará incluida en la red de baja tensión.

Para los extremos de los cables (puntas) y los acabados de los empalmes se deberá cubrir con cinta auto fundente y una capa de cinta aislante del mismo o por medio de un capuchón termo contraíble, lo cual impide la entrada de humedad al cable o un contacto accidental.

Nota 1: Las fachadas de viviendas o edificios no podrá ser utilizada como poste de conductores de la red de baja tensión.

Nota 2: En toda construcción de redes eléctricas aéreas de baja tensión, zona rural y urbana, se deberá implementar conductor trenzado.

2.7.2.2. Conectores y empalmes:

Las conexiones (derivaciones) y empalmes para las líneas vivas y para las conexiones (derivaciones) de las cajas de derivación se harán por medio de conectores certificados tipo perforación. En los casos en los que se utilice neutro desnudo se deberá instalar un conector conforme con NTC 2244 “Conectores para uso entre conectores aéreos desnudos de aluminio a aluminio o aluminio a cobre”.

2.7.2.3. Ampacidad de los conductores:

La corriente (I) se calcula con un margen de seguridad del 25%, para las redes de baja tensión.

$$I_{\text{conductor}} = I_{\text{nominal}} \times 1,25$$

Ecuación 7

Este factor de seguridad (tomado de la Norma NTC 2050 segunda actualización) podrá ajustarse y validarse por el diseñador, analizando los parámetros y casos críticos del proyecto específico.

2.7.3. Regulación de tensión

Nivel de tensión I:

Como lo indica el RETIE 2024, en el libro 3, capítulo 6, título 26: “Se debe asegurar que la regulación (caída de tensión) en la acometida no supere el 3% calculada en el dispositivo de corte, y la caída de tensión en alimentadores y circuitos ramales a carga plena de diseño, no sea mayor al 4%.”

Tabla 2.30. Porcentajes de regulación permitidos para redes aéreas de baja tensión.

ZONA	REGULACIÓN PERMITIDA
Urbana	3%
Rural	4%
Acometida hasta el dispositivo de corte.	3%

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Nota: Para el cálculo de regulación, la constante K se debe tomar del anexo Constantes de regulación, del presente documento

Cuando las características o parámetros técnicos sean diferentes a los mencionados, se debe especificar en qué condiciones se calcula el porcentaje de regulación y solicitar aprobación a Electrocaquetá S.A E.S.P.

De acuerdo con el tipo de servicio solicitado por el cliente, se deberá utilizar el factor correspondiente a la configuración o disposición del sistema (monofásico, triásico, trifilar).

2.7.4. Postes

Según la zona donde se vaya realizar la instalación, los postes serán señalizados de acuerdo con lo establecido en la Resolución 950 del 15 de marzo de 2006 emitida por el Ministerio de Transporte o la que la modifique o sustituya. Adicionalmente, no se podrán instalar postes dentro de las franjas establecidas en la Ley 1228 de 2008 o la que la modifique o sustituya.

Tabla 2.31. Especificaciones de postes para redes de baja tensión.

LONGITUD TOTAL DEL POSTE (m)	CARGA MÍNIMA DE ROTURA (kgf)	CARGA DE TRABAJO (Kgf)
8	510	204
8	750	300
8	1050	420
10	510	204
10	750	300
10	1050	420
12	510	204
12	750	300
12	1050	420

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Notas:

- Queda prohibida la instalación de postes metálicos cercanos a líneas de transmisión de alta tensión, debido al riesgo existente de inducción en la estructura metálica.
- Solo se permitirá la instalación de postes cerca de las esquinas, siempre y cuando no obstaculice el giro de automotores con el poste o su retenida.
- Las longitudes de las líneas de baja tensión en las zonas rurales no deben sobrepasar los 400 m, distancia tomada entre el transformador y un cliente cualquiera, siempre y cuando se cumpla la regulación de tensión fijada por ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.

- No se permite la instalación de equipos y protecciones de la red de energía que requieran manipulación por parte del Operador de Red en sitios sin acceso vehicular continuo (24 horas). Esto implica que no se deban atravesar puertas, broches, controles de acceso, ni solicitar autorización para el ingreso. Por ello, es fundamental considerar este criterio desde el diseño del proyecto para asegurar la continuidad de la operación y del servicio de energía.

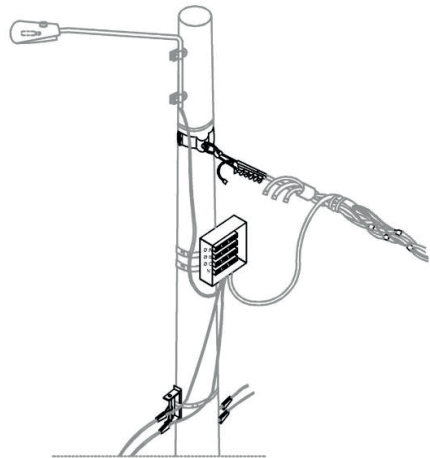
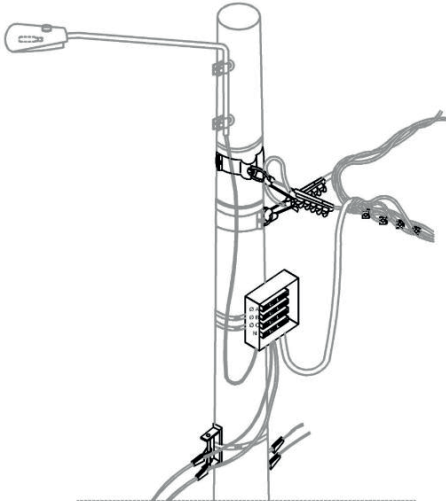
Nota: Para los casos en los que se vaya a construir ramales que se deriven de líneas ya existentes y que sean consideradas definitivas, se debe elegir la clase de postes y el tipo de aislamiento, en lo posible, con las mismas características de la red existente.

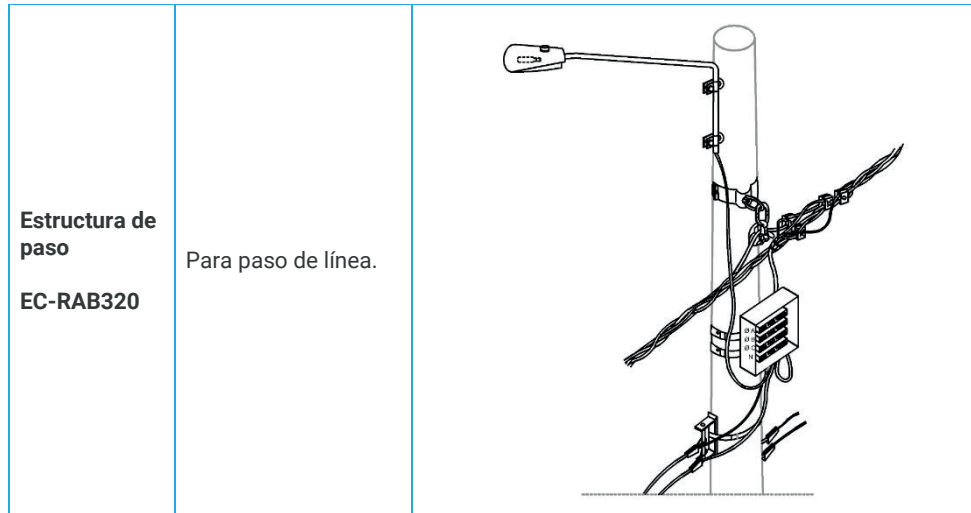
2.7.4.1. Cálculo mecánico de los postes:

La tensión de rotura y la carga de trabajo que los postes (concreto, poliméricos reforzados, metálicos) usados en redes de baja tensión se deben verificar en la tabla Tabla 2.30

Las configuraciones o tipos de estructuras que se emplearán usualmente en las redes aéreas de baja tensión serán:

Tabla 2.32. Tipos de estructuras para redes aéreas en baja tensión.

TIPO DE ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN	
Estructura tipo terminal EC-RAB321	Para puntos de comienzo o final de línea.	
Estructura tipo retención EC-RAB-324	Para puntos intermedios con cambios fuertes de dirección, postes adyacentes desnivelados o vanos adyacentes de muy diferente longitud; para limitación del vano templa y, además, siempre que se presenten vanos pesantes negativos.	
Estructura tipo ángulo	Para cambios de dirección limitados.	



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

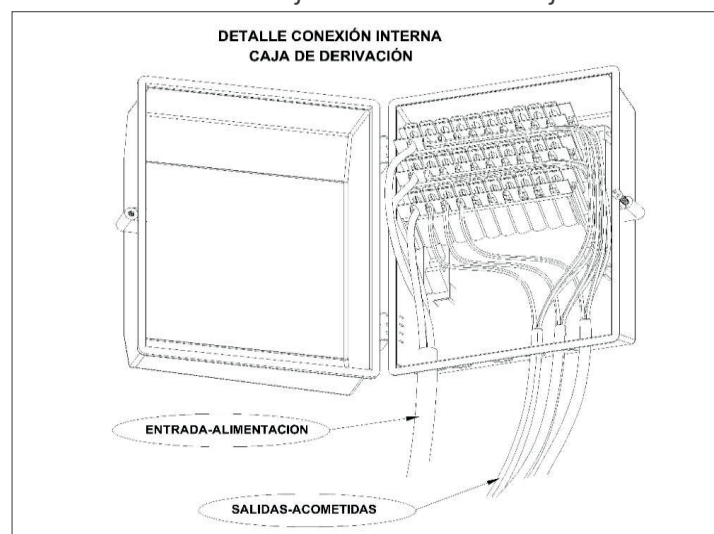
Nota: Tramos de red alimentados por transformadores diferentes que terminan en el mismo poste serán, en lo posible, del mismo calibre evitando retenidas adicionales o para cualquier caso contrario a lo establecido se debe considerar el uso de estas.

2.7.5. Cajas de derivación

Para energizar las acometidas desde la red trenzada de baja tensión, se instalarán cajas de derivación directamente en el poste, o según criterio de diseñador, y como lo requiere ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P, deberán estar sujetas mediante fleje de acero inoxidable y hebillas.

Las cajas deberán tener certificado de producto RETIE 2024, se fabricarán con material polimérico de alta resistencia mecánica, su índice de protección será IP 54, estarán garantizadas contra el envejecimiento prematuro y deberán cumplir con la NTC 2958 “Métodos de ensayo para cajas para instalación de medidores y cajas de derivación”.

Ilustración 2.13. Caja de Derivación en baja tensión.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

El tamaño de las cajas de derivación dependerá del número de acometidas a derivar en ellas; sus

barrajes serán de tipo resorte, tal que permitan conectar conductores de hasta calibre No. 2 AWG y poseerán, además, tornillo de seguridad que facilite el sellado por parte de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. para evitar el indebido acceso de terceros.

2.7.6. Materiales

Tabla 2.33. Aspectos normativos de referencia para los materiales.

MATERIALES	
Todos los materiales por emplearse en las redes aéreas de baja tensión a 220 V/127 V o 240 V/120 V de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.	
Certificación	Deberán estar certificados según lo establecido en el libro 2, título 1, 2 y 3: "Productos" del RETIE 2024.
	Deberán estar normalizados y certificados por organismos autorizados por la ONAC.
	Deberán cumplir con lo expresado en el libro 3, capítulo 1, título 17, artículo 3.17.18: "Herrajes para redes de distribución y transmisión" del RETIE 2024, en todos sus numerales.
	Todos los herrajes y tornillos para utilizarse en las redes aéreas de baja tensión 220 V/127 V o monofásicas 240 V/120 V en el área de influencia de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. serán galvanizados en caliente según NTC 2076: "Recubrimiento de zinc por inmersión en caliente para elementos en hierro y acero".
Responsabilidades	Las personas competentes autorizadas, como lo indica el libro 3, capítulo 1, título 2: "Competencias y responsabilidades de las personas que intervienen en las instalaciones eléctricas" del RETIE 2024, incluyendo diseñadores y constructores, deben verificar que el componente tenga la certificación vigente antes de realizar la adquisición o iniciar las obras.

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Nota: Se emplearán arandelas redondas y de presión, todas de acero y galvanizadas en caliente, así: una redonda para cada tuerca de tornillo de máquina en crucetas o postes y una de presión por cada tuerca de tornillo.

2.7.7. Normas de construcción para redes aérea de baja tensión

Tabla 2.34. Marco normativo para redes aéreas de baja tensión.

CÓDIGO NORMA	NOMBRE
EC-RAB 01	Centro de distribución transformador trifásico en poste con macro medición semidirecta en baja tensión
EC-RAB 02	Caja de inspección para acometidas
EC-RAB 320	Circuito secundario sencillo en conductor trenzado construcción en línea
EC-RAB 321	Final de circuito secundario sencillo en conductor trenzado
EC-RAB 322	Circuito secundario sencillo con derivación en conductor trenzado
EC-RAB 324	Circuito secundario sencillo en conductor trenzado construcción angular
EC-RAB 327	Circuito secundario en retención doble con conductor trenzado de B.T.

EC-RA 750	Retenida directa a tierra con varilla de anclaje.
EC-RA 750-01	Retenida a apoyo auxiliar, con varilla de anclaje.
EC-RA 750-02	Retenida en bandera a apoyo auxiliar con varilla de anclaje
EC-RA 751	Retenida en guitarra, con varilla de anclaje.
EC-RAB 610	Red de nivel 1 – Circuito trifásico estructura de alineamiento apoyo con percha de 5 puestos.
EC-RAB 611	Red de nivel 1 – Circuito trifásico estructura de retención – terminal apoyo con percha de 5 puestos.
EC-RAB 612	Estructura de alineamiento doble apoyo con percha de 5 puestos.
EC-RAB 613	Estructura de alineamiento apoyo con percha de 4 puestos.
EC-RAB 615	Estructura de retención apoyo con percha de 4 puestos.
EC-RAB 616	Estructura terminal doble apoyo con percha de 4 puestos.
EC-RAB 617	Estructura de alineamiento apoyo con percha de 3 puestos.
EC-RAB 619	Estructura de retención apoyo con percha de 3 puestos
EC-RAB 620	Estructura terminal doble apoyo con percha de 3 puestos.
EC-RAB 621	Estructura de alineamiento apoyo con percha de 2 puestos.
EC-RAB 623	Estructura de retención apoyo con percha de 2 puestos.
EC-RAB 624	Estructura terminal doble apoyo con percha de 2 puestos.
EC-RA 350	Acometida aérea desde red trenzada- alternativa 1
EC-RA 355	Acometida aérea desde red trenzada- alternativa 2

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.8. Parámetros de diseño

A continuación, se definen algunos parámetros y aspectos técnicos de referencia para el diseño de redes aéreas de distribución, en los diferentes niveles de tensión.

2.8.1. Cálculo de la demanda máxima

Para calcular la demanda máxima en el diseño de acometidas se tendrán en cuenta los lineamientos que se muestran a continuación:

Tabla 2.35. Factor de la demanda de acuerdo con el tipo de residencia.

DESCRIPCIÓN	CARGA (W)	DEMANDA (%)	CARGA (W)	DEMANDA (%)
	Residencial urbano		Residencial rural	
Nivel de consumo 1	Primeros 800	100%	Primeros 500	100%
	Restantes	30%	Restantes	30%
Nivel de consumo 2	Primeros 1000	100%	Primeros 800	100%
	Restantes	30%	Restantes	30%
Nivel de consumo 3	Primeros 1200	100%		
	Restantes	30%		
Nivel de consumo 4	Primeros 1400	100%		
	Restantes	30%		
Nivel de consumo 5	Primeros 1700	100%		
	Restantes	30%		
Nivel de consumo 5	Primeros 2000	100%		
	Restantes	30%		

Alumbrado común edificaciones		100%		100%
Alumbrado exterior - motores		100%		100%

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Tabla 2.36. Factor de la demanda no residencial.

DESCRIPCIÓN	CARGA (W)	DEMANDA (%)
No residencial		
Bodegas y Depósitos	Primeros 12000	100%
	Restantes	50%
Escuelas con carga instalada < 3kW	Primeros 1000	100%
	Restantes	30%
Hospital	Primero 50000	100%
	Restantes	50%
Hoteles, moteles, clubes sociales y restaurante	Primeros 20000	50%
	Entre 20000 y 100000	40%
	Restantes	30%
Industria	Diseño Particular	
Institutos educativos	Primeros 15000	100%
	Restantes	50%
Oficinas y locales comerciales en conjunto	Primeros 20000	100%
	Restantes	50%
Oficinas y locales comerciales individuales	Primeros 2000	100%
	Restantes	50%
Otros	Primeros 10000	100%
	Restantes	50%
Motores	Según dato de placa	100%

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.8.2. Cálculo de la demanda máxima diversificada

La curva del factor de diversidad para el sector residencial está dada por la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de diversidad} = 1 + 0,4 \times \ln (N) \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde,

N: Número de usuarios.

2.8.3. Tasa de crecimiento vegetativo

La tasa anual de crecimiento vegetativo será del 2% (0.02) en Florencia y del 1% (0.01) en los otros municipios del departamento del Caquetá, proyectándose a los años especificados en la tabla 2.16, con la siguiente ecuación potencial:

$$\text{Factor de proyeccion} = (1 + \text{Tasa de crecimiento vegetativo})^N \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde,

N: Número de años a proyectar

2.8.4. Periodos de la proyección de la demanda.

Tabla 2.37. Periodo de proyección de la demanda.

EQUIPO	PROYECCIÓN
Para barrajes	15 años
Para medidores de energía	15 años
Para líneas y redes de distribución	15 años
Para protecciones	15 años
Para transformadores de distribución	8 años

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Teniendo en cuenta lo anterior, se toman los siguientes casos como ejemplo y demostración para el cálculo del factor de proyección:

- En este caso con la tasa de crecimiento vegetativo de la ciudad de Florencia (0.02) y con el periodo de proyección para líneas y redes de distribución (15 años).

$$\text{Factor de proyeccion} = (1+0,02)^{15}$$

$$\text{Factor de proyeccion} = 1,34$$

- En este caso con la tasa de crecimiento vegetativo de un municipio del departamento del Caquetá (0.01) y con el periodo de proyección para transformadores de distribución (8 años).

$$\text{Factor de proyeccion} = (1+0,01)^8$$

$$\text{Factor de proyeccion} = 1,08$$

Considerando los parámetros técnicos y lineamientos anteriormente estipulados, se presentan los siguientes casos como ejemplo y demostración para el cálculo de la demanda por usuario residencial en KVA, para la zona rural y urbana.

2.8.5. Cálculo de demanda por usuario residencial, estrato 1 rural

Tabla 2.38. Cálculo de demanda por usuario residencial, estrato 1 rural.

SALIDA	CARGA (W)	NO. SALIDAS	TOTAL (W)
Equipo de Sonido - Radio	150	1	150 W
Iluminación	25	6	150 W
Lavadora	450	1	450 W
Licuadaora	300	1	300 W
Nevera	300	1	300 W
Televisor	150	1	150 W
Ventilador	100	1	100 W
Picapasto	746	1	746 W
Electrobomba	380	1	380 W
TOTAL			2726

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.8.6. Cálculo de la demanda máxima unitaria usuario residencial, estrato 1 rural.

Tabla 2.39. Cálculo de la demanda máxima unitaria usuario residencial, estrato 1 rural.

CARGA EN VATIOS PARA USUARIO RESIDENCIAL RURAL - ESTRATO 1		FACTOR DE DEMANDA	
Primeros	500 W	100%	
Sobre	500 W	30%	
Primeros		$500 \times 100\% =$	500 W
Restantes		$2226 \times 30\% =$	668 W
			1168 W
Con factor de potencia =	0,9	$1167,8W / 0,9 =$	1297,56 VA
La demanda máxima por usuario será:			1,30 kVA

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.8.7. Cálculo de demanda por usuario residencial, estrato 3 urbano.

Tabla 2.40. Cálculo de demanda por usuario residencial, estrato 3 urbano.

SALIDA	CARGA (W)	NO. SALIDAS	TOTAL (W)
Equipo de Sonido - Radio	150	1	150 W
Iluminación	25	15	375 W
Lavadora	450	1	450 W
Licuadora	350	1	350 W
Nevera	400	1	400 W
Televisor	150	1	150 W
Ventilador	100	3	300 W
Computador	150	1	150 W
Plancha de ropa	1000	1	1000 W
Secador de cabello	825	1	825
Horno microondas	1200	1	1200
TOTAL			5350 W

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.8.8. Cálculo de la demanda máxima unitaria usuario residencial, estrato 3 urbano.

Tabla 2.41. Cálculo de la demanda máxima unitaria usuario residencial, estrato 3 urbano.

CARGA EN VATIOS PARA USUARIO RESIDENCIAL URBANO - ESTRATO 3		FACTOR DE DEMANDA	
Primeros	1200 W	100%	
Sobre	1200 W	30%	
Primeros		$1200 \times 100\% =$	1200 W
Restantes		$4150 \times 30\% =$	1245 W
			2445 W
Con factor de potencia =	0,9	$2445W / 0,9 =$	2716,66 VA
La demanda máxima por usuario será:			2,72 kVA

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Para determinar el consumo aproximado de algunos electrodomésticos y equipos, como referencia en el momento de diseñar se establece lo siguiente:

Tabla 2.42. Consumo aproximado de electrodomésticos y equipos.

ELECTRODOMÉSTICOS	VATIOS
Aire acondicionado grande	2640
Aire acondicionado pequeño	7038
Ventilador	100
Bombillo 18W	18
Bombillo 20W	20
Ducha Eléctrica	2200
Equipo de sonido	150
Grabadora	100
Licuada	350
Extractor de jugos eléctrico	180
Horno eléctrico	4500
Horno microondas	1200
Sandwichera	1200
Air fryer	2000
Cafetera	800
Greca	1500
Nevera	300
Lavadora	450
Plancha de ropa	1000
Plancha de cabello	1000
Secador de cabello	825
Computador	150
Impresora	300
Fotocopiadora	1500
Televisor led 50"	180
Pica pasto	746
Electrobomba	380

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.9. Red compacta

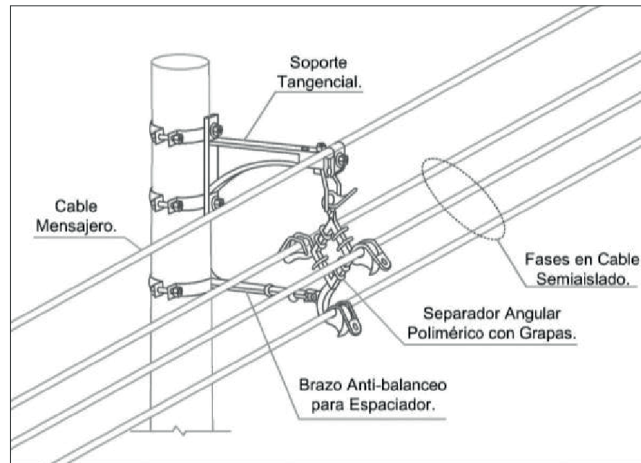
2.9.1. Objetivo y aplicación de la norma

Establecer la configuración básica y las características técnicas de las estructuras en redes compactas, así como los requisitos para reemplazar conductores desnudos por semiaislados en redes de 34.5/13,2 kV operadas por ELECTROCAQUETÁ S.A E.S.P en Colombia. Esta norma se aplica a la construcción, ampliación y modificación de redes en zonas rurales y urbanas con problemas de calidad de servicio o impacto ambiental.

2.9.2. Generalidades

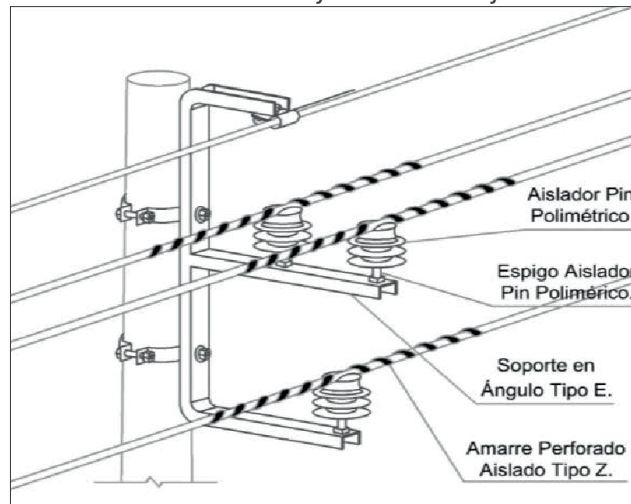
La red compacta semiaislada, tiene unos componentes principales que son los siguientes: por el cable semiaislado, el cable mensajero, los espaciadores, los brazos antibalaceo, los soportes tangenciales, los aisladores plásticos y los herrajes. La Ilustración 2.23, Ilustración 2.24, Ilustración 2.25, Ilustración 2.26 representan conjuntos conformados por los elementos más representativos de la red compacta.

Ilustración 2.14. Conjunto con soporte tangencial.



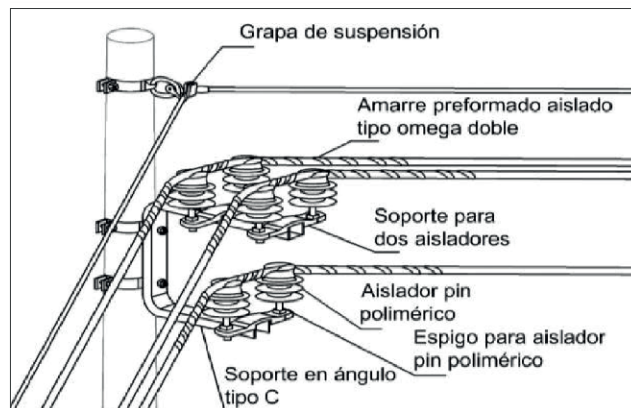
Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 2.15. Conjunto con herraje en E.



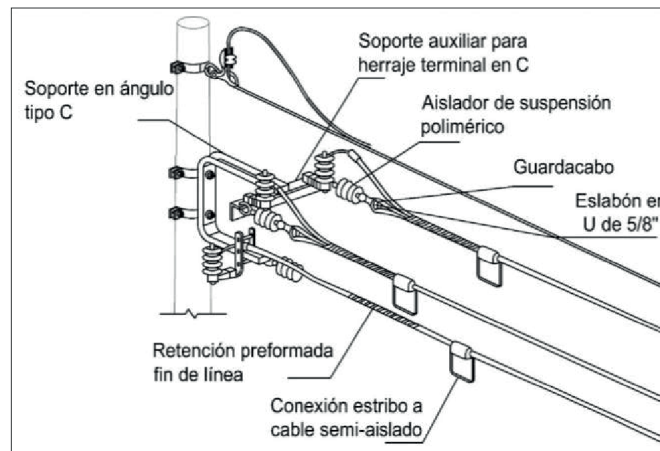
Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 2.16. Conjunto con herraje en C.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 2.17. Conjunto terminal con herraje en C.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Para mayor detalle ver anexos del capítulo 2.8 Red compacta, detallados en la Tabla 2.55.

- Es esencial tratar la red compacta como una red convencional en términos de los requisitos de seguridad durante la construcción, operación y mantenimiento. Sus accesorios y conductores no deben tener contacto, a menos que la red esté desenergizada y con su sistema de puesta a tierra, o los trabajos sean en línea viva.
- 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.
- La distancia entre postes para redes compactas varía en función de varios factores, incluyendo el tipo de conductor, la tensión de la red, las condiciones ambientales, y los requisitos específicos del proyecto. Sin embargo, se pueden proporcionar algunos rangos generales y consideraciones clave:

Tabla 2.43. Conjunto terminal con herraje en C.

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Estructuras de retención	Máximo cada 300 metros, considerando estructuras de paso entre estos vanos para distribuir la carga; dependiendo del calibre de los conductores con el fin de garantizar una mayor confiabilidad mecánica de la red y facilitando las labores de construcción, operación y mantenimiento o eventual cambio de conductores.
Tipo de Conductor y Tensión de la Red	Media Tensión (34,5 kV a 34,5 kV): Las distancias entre postes serán de 40 metros
Condiciones Ambientales y Topográficas	Zonas Urbanas: Las distancias tienden a ser más cortas debido a la necesidad de esquivar obstáculos y a la presencia de infraestructura existente.

	<p>Zonas Rurales: Las distancias pueden ser mayores, ya que hay menos obstáculos y más espacio para la instalación de los postes.</p>
<p>Cargas Mecánicas y Electromecánicas</p>	<p>Cargas de viento y nieve: En áreas con condiciones climáticas adversas, las distancias entre postes pueden ser menores para asegurar la estabilidad y la integridad de la red.</p> <p>Tensión mecánica del conductor: Los conductores con mayor tensión mecánica pueden permitir mayores distancias entre postes.</p>

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

En resumen, las redes compactas mejoran los indicadores de calidad SAIFI y SAIDI al disminuir tanto la frecuencia como la duración de las interrupciones del servicio eléctrico. Esto se traduce en una mayor confiabilidad y eficiencia del sistema eléctrico, beneficiando tanto a los usuarios como a los operadores del sistema.

Considerando lo anterior, siempre que sea viable expandir las redes de media tensión, se debe diseñar y construir implementando estas configuraciones de redes semiaisladas, que garantizan un menor impacto ambiental debido a que no se requiere de podas constantes de vegetación en las inmediaciones de las redes eléctricas y además evita en gran medida el riesgo de electrocución para la avifauna.

Precaución: No se permite la implementación de aisladores de porcelana o de vidrio con cable semiaislado debido a que estos provocan el deterioro del aislamiento, dicho esto, se requiere el cambio de los aisladores existentes por aisladores de suspensión de tipo compuesto y de pin de polietileno.

Construcción de nuevas redes aéreas de distribución en espacios donde es necesario optimizar el uso del área disponible, como en zonas arborizadas o vías estrechas. Estas redes compactas cumplen con las distancias de seguridad establecidas en el libro 3, capítulo 1, título 10 del RETIE 2024.

2.9.2.1. Condiciones de servicio:

El sistema de distribución en media tensión es de 34.5/13.8 kV a tres hilos, conexión Δ (delta) sin neutro.

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

2.9.2.2. Regulación:

Para el cálculo de la regulación se debe tener en cuenta lo estipulado en el título 2.5.16 Regulación de tensión y se debe tomar la constante **K** del anexo “**Constantes de Regulación**” de la presente norma este capítulo incluyendo los porcentajes de regulación permitidos para cada nivel de tensión.

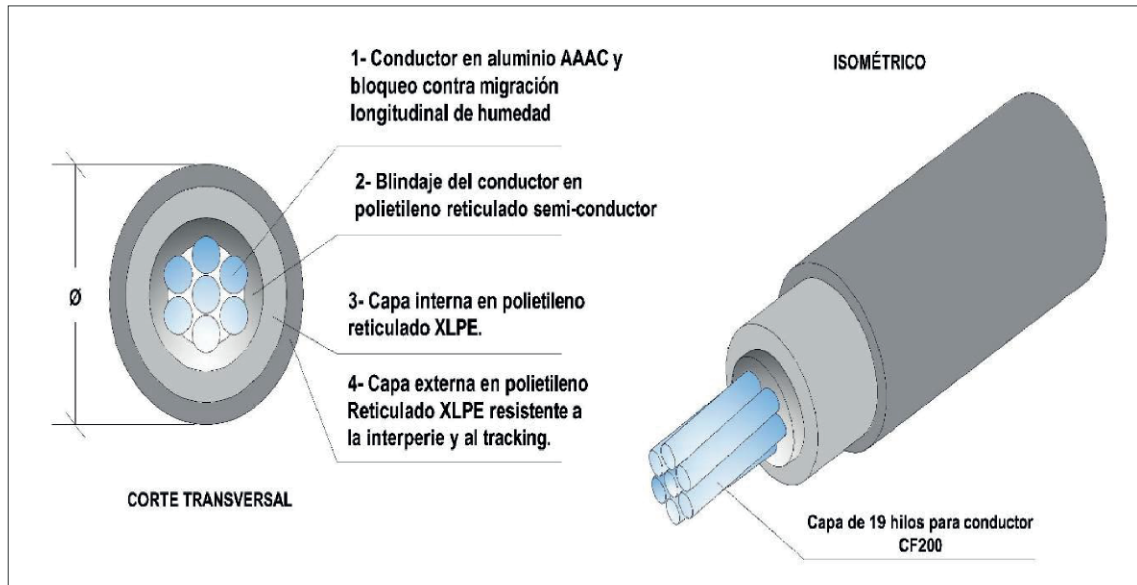
2.9.2.3. Cable semiaislado:

El conductor semiaislado, seleccionado para uso en el sistema de distribución de

ELECTROCAQUETÁ, podrá ser bicapa o tricapa. A continuación, se describen las características de cada uno de los mencionados.

La configuración del conductor de tres capas se aprecia en la Ilustración 2.24 y en la Tabla 2.52 Características del conductor tricapa.

Ilustración 2.18. Cable AAAC semiaislado de tres capas.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

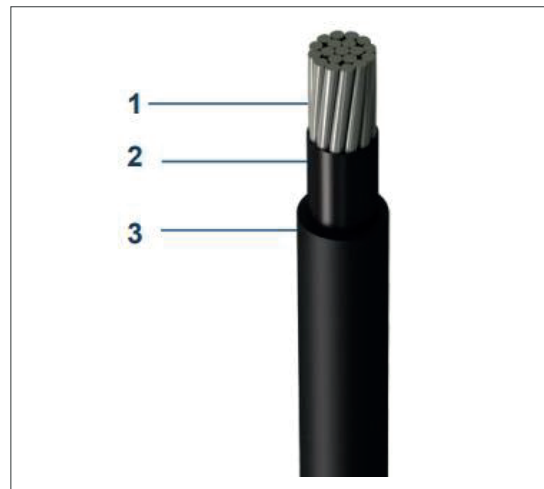
Tabla 2.44. Características del conductor tricapa.

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Estructura de Tres Capas	El conductor tricapa (AAAC o ACSR) está compuesto por tres capas:
1. Núcleo Conductor	Material: Usualmente de aluminio o aleación de aluminio. Función: Transportar la corriente eléctrica.
2. Capa Semiconductora Interna	Material: Material semiconductor. Función: Distribuir uniformemente el campo eléctrico alrededor del conductor para minimizar los efectos de la concentración de campo.
3. Aislamiento Principal	Material: Generalmente polietileno reticulado (XLPE) o materiales de aislamiento similares. Función: Proveer aislamiento eléctrico y proteger contra descargas eléctricas.
4. Capa Semiconductora Externa	Material: Material semiconductor similar al de la capa interna. Función: Facilitar la detección de fallas y mejorar la disipación del campo eléctrico.

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Las configuraciones del conductor bicapa se aprecian en la Ilustración 2.25 Cable cubierto bicapa 15kV y en la Tabla 2.53 Características del conductor bicapa.

Ilustración 2.19. Cable cubierto bicapa 15kV.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Tabla 2.45. Características del conductor bicapa.

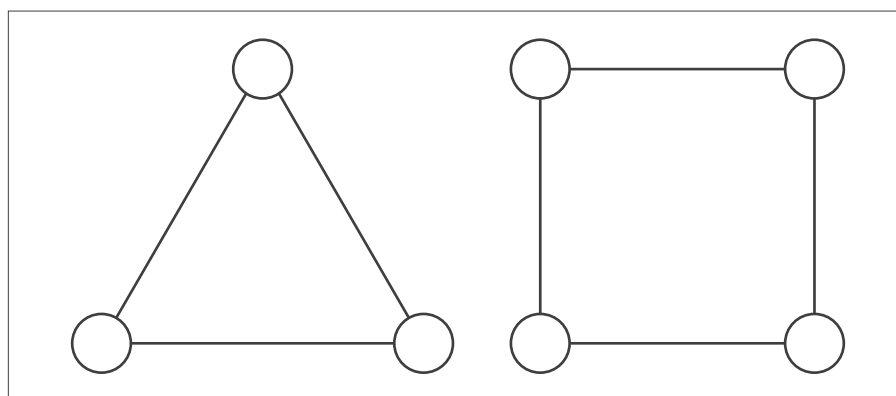
CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Estructura de Dos Capas	El conductor bicapa (AAAC o ACSR) está compuesto por dos capas principales:
1. Núcleo Conductor	Material: Generalmente de aluminio o aleación de aluminio. Función: Transportar la corriente eléctrica.
2. Capa de Aislamiento	Material: Usualmente polietileno reticulado (XLPE) o polietileno de alta densidad (HDPE). Función: Proveer aislamiento eléctrico y protección mecánica.

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Los cables semiaislados o cubiertos, deben cumplir los parámetros estipulados en el libro 3, capítulo 4, título 20, artículo 3.20.6: “Conductores, cables de guarda y cables de retención”, sección de cables cubiertos.

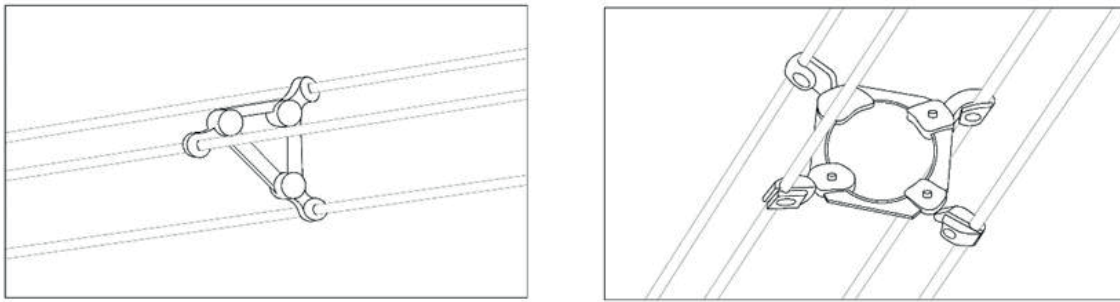
En zonas de edificaciones, cuando pasen a menos de 1 metro del límite definido por las distancias de seguridad del Título 10, capítulo 1, libro 3 del RETIE 2024, se deben instalar en haz y colocar sobre estos avisos con la leyenda visible “cable no aislado”.

Ilustración 2.20. Configuración de conductores en haz.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 2.21. Instalaciones de conductores en haz.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

El cable semiaislado o ecológico puede ser instalado en dos configuraciones:

- En red abierta o auto soportada, utilizando los herrajes convencionales para redes desnudas; por buenas prácticas, en estructuras tipo retención, se debe remplazar el aislador de disco de porcelana por el aislador epóxico tipo clevis-lengüeta, de acuerdo con el nivel de tensión.
- Red compacta, utilizando espaciadores y los herrajes apropiados para este tipo de redes y definidos en esta norma

Recomendación: Será más viable técnica y económicamente implementar el cable semiaislados bicapa en la zona rural y para la zona urbana cable semiaislados tricapa; para construcciones de red compacta o auto soportada.

Tabla 2.46. Características generales de los conductores 34,5kV.

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICA	N° 1/0	N° 2/0	N° 4/0
Características de Construcción	Material del conductor	Aluminio / Acero	Aluminio / Acero	Aluminio / Acero
	Cubierta Exterior	XLPE-Antitracking	XLPE-Antitracking	XLPE-Antitracking
	Flexibilidad del conductor			
	Forma del conductor	Compact stranded	Compact stranded	Compact stranded
	Material del semiconductor interior	XLPE	XLPE	XLPE
Características Dimensionales	Número de Hilos de Acero	1	1	1
	Número de Hilos de Aluminio	6	6	6
	Diámetro del conductor	9,57 mm	10,74 mm	13,54 mm
	Diámetro exterior	26,07 mm	27,24 mm	30,05 mm
	Peso aproximado	658 kg/km	745 kg/km	982 kg/km
	Diámetro exterior nominal	26,07 mm	27,24 mm	30,05 mm
	Espesor del semiconductor interior	0,38 mm	0,38 mm	0,38 mm
	Espesor promedio de la chaqueta	7,63 mm	7,63 mm	7,63 mm

	Espesor nominal de la cubierta exterior	7,63 mm	7,63 mm	7,63 mm
	Número de conductores	1	1	1
	Sección del conductor	62,47 mm ²	78,63 mm ²	125,09 mm ²
Características Eléctricas	Máxima Resistencia DC del Conductor a 20 °C	0,532 Ohm/km	0,422 Ohm/km	0,265 Ohm/km
	Tensión de operación	35 kV	35 kV	35 kV
	Intensidad admisible al aire libre	243 A	278 A	366 A
Características de Uso	Anti tracking	Sí	Sí	Sí
	Embalaje	Carrete	Carrete	Carrete
	Resistencia a la intemperie	Sí	Sí	Sí
	Temperatura máxima operativa	90 °C	90 °C	90 °C

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Tabla 2.47. Características generales de los conductores 13,2 kV.

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICA	N° 2	N° 1/0	N° 2/0	N° 4/0
Características de Construcción	Material del conductor	Aluminio / Acero	Aluminio / Acero	Aluminio / Acero	Aluminio / Acero
	Cubierta Exterior	XLPE-Antitracking	XLPE-Antitracking	XLPE-Antitracking	XLPE-Antitracking
	Flexibilidad del conductor				
	Forma del conductor	Compact stranded	Compact stranded	Compact stranded	Compact stranded
	Material del semiconductor interior	XLPE	XLPE	XLPE	XLPE
Características Dimensionales	Número de Hilos de Acero	1	1	1	1
	Número de Hilos de Aluminio	6	6	6	6
	Diámetro del conductor	7,59 mm	9,57 mm	10,74 mm	13,54 mm
	Diámetro exterior	17,54 mm	19,57 mm	20,77 mm	23,64 mm
	Peso aproximado	301 kg/km	411 kg/km	485 kg/km	691 kg/km
	Diámetro exterior nominal	16,51 mm	18,49 mm	19,66 mm	22,47 mm
	Espesor del semiconductor interior	0,38 mm	0,38 mm	0,38 mm	0,38 mm
	Espesor promedio de la chaqueta	3,82 mm	3,82 mm	3,82 mm	3,82 mm
	Espesor nominal de la cubierta exterior	3,82 mm	3,82 mm	3,82 mm	3,82 mm
	Número de conductores	1	1	1	1

	Sección del conductor	39,25 mm ²	62,47 mm ²	78,63 mm ²	125,09 mm ²
Características Eléctricas	Máxima Resistencia DC del Conductor a 20 °C	0,846 Ohm/km	0,532 Ohm/km	0,422 Ohm/km	0,265 Ohm/km
	Tensión de operación	15 kV	15 kV	15 kV	15 kV
	Intensidad admisible al aire libre	184 A	243 A	278 A	366 A
Características de Uso	Anti tracking	Sí	Sí	Sí	Sí
	Embalaje	Carrete	Carrete	Carrete	Carrete
	Resistencia a la intemperie	Sí	Sí	Sí	Sí
	Temperatura máxima operativa	90 °C	90 °C	90 °C	90 °C

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.9.2.3.1. Precauciones:

- Voltajes peligrosos. El cable semiaislado debe considerarse como cable desnudo. El contacto directo con él es peligroso y causará lesiones personales graves o la muerte. Siga todos los procedimientos de seguridad aprobados al trabajar cerca de líneas y de equipo de alto o bajo voltaje.
- En las redes semiaisladas se deben colocar avisos de advertencia con la siguiente leyenda "CABLE SEMIAISLADO, NO TOCAR".
- Se recomienda para la instalación de cable semiaislado que se implementen aisladores tipo espigo de polietileno.

2.9.2.3.2. Aislamiento:

A continuación, se mencionan las características de aislamiento, eléctricas y mecánicas de estos conductores.

Tabla 2.48. Dimensiones del aislamiento de cable semiaislado.

CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DEL AISLAMIENTO		
Tensión (kV)	13.8	34.5
Espesor mínimo en cualquier punto capa semiconductora (mm)	0,41	0,41
Espesor promedio capa semiconductora (mm)	0,51	0,51
Espesor mínimo capa intermedia (mm)	2,3	3,6
Espesor mínimo capa externa (cubierta) (mm)	1,9	1,9

Fuente: CELSIA.

El material de la segunda capa del conductor, será en polietileno reticulado no relleno (XLPE), para 90°C.

En la Tabla 2.61 Espesor de aislamiento para cable cubierto de tres capas, se muestran las dimensiones del aislamiento acordes con la tabla 8, numeral 5.1.3 de la norma NTC 5909, además de las tensiones de prueba:

Tabla 2.49. Espesor de aislamiento para cable cubierto de tres capas.

TENSIÓN FASE- FASE EN VOLTIOS	CALIBRE DEL CONDUCTOR	ESPESOR DEL AISLAMIENTO [mm]		PRUEBA DE TENSIÓN EN kV C.A.	PRUEBA DE TENSIÓN EN kV C.C.
		MÍNIMO EN UN PUNTO	MÍNIMO PROMEDIO		
8 001-15 000	2AWG - 800 kcmil	1.72	1.91	18	43
15 001-25 000	2 AWG - 800 kcmil	2.87	3.18	30	72
25 001-35 000	1/0 AWG - 800 kcmil	4.01	4.45	42	80
35 001-46 000	1/0 AWG - 800 kcmil	5.13	5.70	50	85

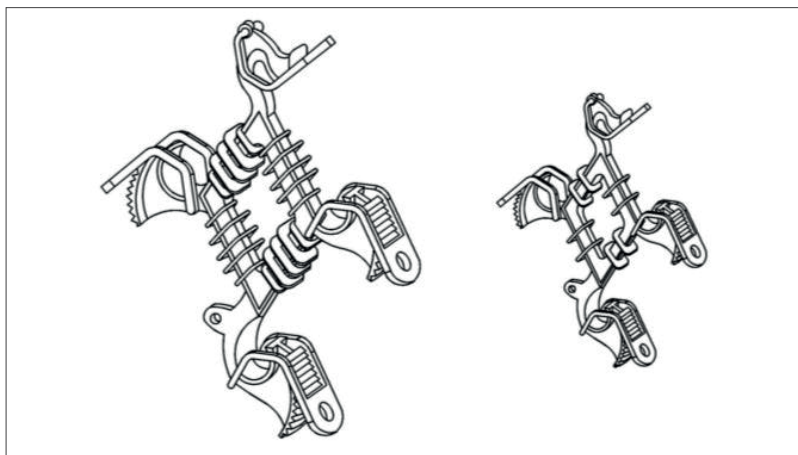
Fuente: Tabla 8, numeral 5.1.3 de la norma NTC 5909.

Nota: Para calibres 800 kcmil el espesor promedio es 2.03 mm y el mínimo en un punto es 1.83 mm.

2.9.2.4. Espaciadores y brazos antibalaceo:

Los espaciadores, hechos de polietileno de alta densidad (HDPE), se enganchan en el cable mensajero para sostener y mantener los conductores a una distancia constante, proporcionando aislamiento adicional. El cable mensajero y los conductores se aseguran con grapas pivotantes tipo cremallera. Para evitar el desplazamiento longitudinal de los espaciadores, se instalan brazos antibalaceo en cada estructura tangencial.

Ilustración 2.22. Espaciadores tipo cremallera para 34.5 kV y 13.2 kV.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

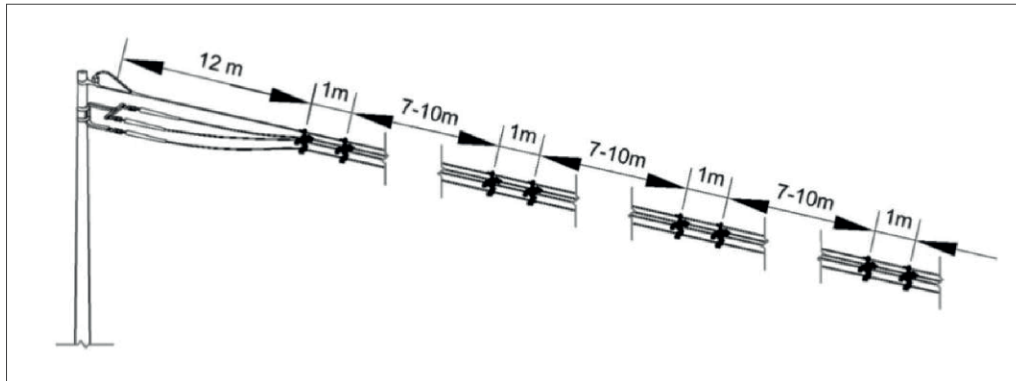
2.9.2.4.1. Espaciadores:

Los espaciadores se deben instalar de acuerdo con las siguientes normas:

- La distancia a los conjuntos terminales debe ser de 12 metros. Ilustración 3.29 e Ilustración 3.30.
- En los vanos la distancia debe ser entre 7 Y 10 metros. Siendo preferible una distribución uniforme de 10 metros.

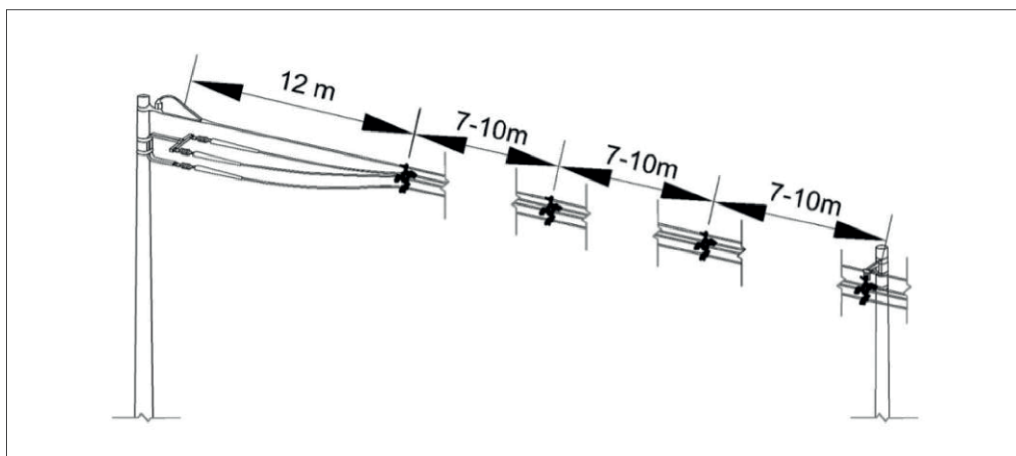
- En los circuitos de salida de las subestaciones, en los primeros 200 metros, se deben instalar parejas de espaciadores separados entre sí 1 metro; y entre parejas de 7 a 10 metros.
- En cada poste tangencial se debe instalar un brazo antibalaneo.

Ilustración 2.23. Distancias en sectores aledaños a subestaciones con espaciadores dobles.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 2.24. Distancias en redes normales con espaciador sencillo.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

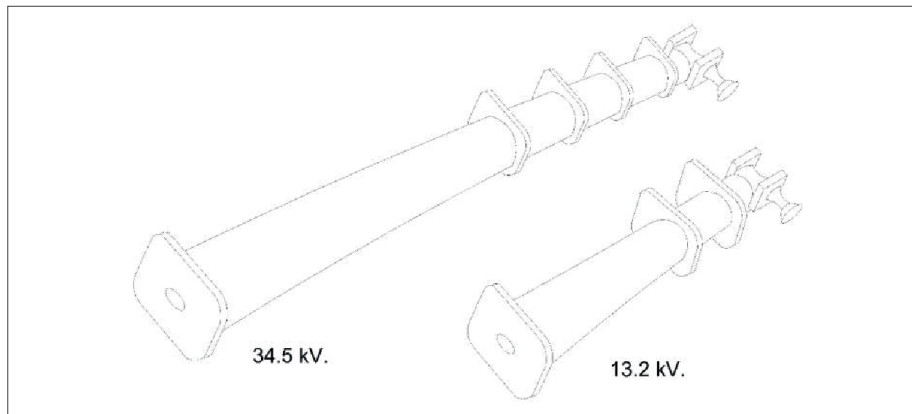
2.9.2.4.2. Brazos antibalaneo:

Es un elemento estructural aislado, fabricado en Polietileno de Alta Densidad, que limita las vibraciones de los cables en los vanos cuando se presentan vientos. Esto estabiliza los espaciadores instalados para que no se desplacen longitudinalmente de su punto de instalación.

Para evitar que los espaciadores se desplacen longitudinalmente en el conductor, debido a la acción del viento y a las vibraciones de los cables, se deben instalar los brazos antibalaneo en cada poste tangencial.

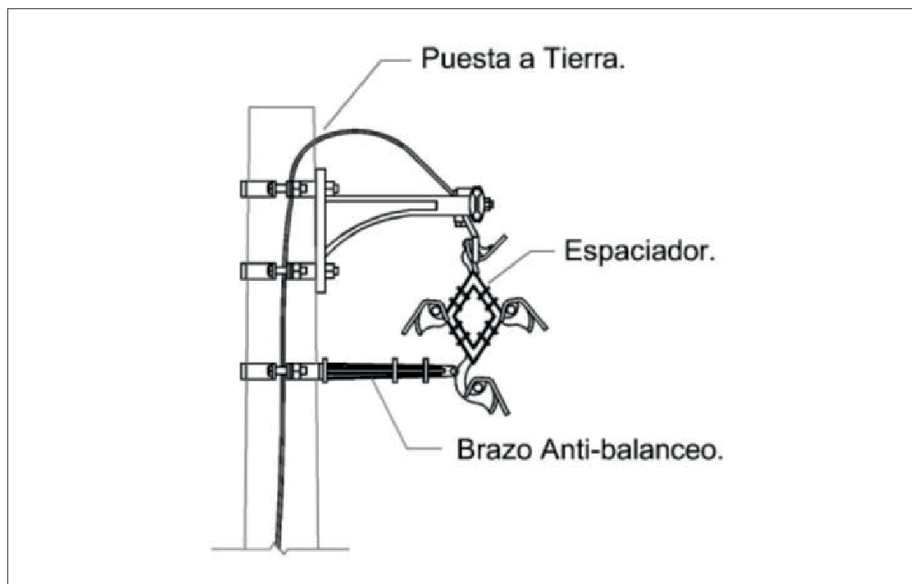
Se deben instalar brazos antibalaneo de la característica apropiada para cada nivel de tensión.

Ilustración 2.25. Brazos antibalanceo.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 2.26. Conjunto tangencial con brazo anti balanceo.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Las normas a las cuales deben estar sujetos los materiales y elementos a disponer para la construcción de redes compactas de Electrocaquetá, mencionados son las siguientes:

Tabla 2.50. Normas de referencia para brazos antibalanceo y espaciadores.

COMPONENTE	NORMA
Brazo antibalanceo	- ASTM D 150: "Test Methods for A-C Loss Characteristics and Permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulation"
	- ASTM D 1505: "Test Method for Density of Plastics by the Density-Gradient Technique"
	- ASTM D 1531: "Test Method for Relative Permittivity (Dielectric Constant) and Dissipation Factor by Fluid Displacement Procedure"
	- ASTM D 1693: "Test Method for Environmental Stress-Cracking of Ethylene Plastics"

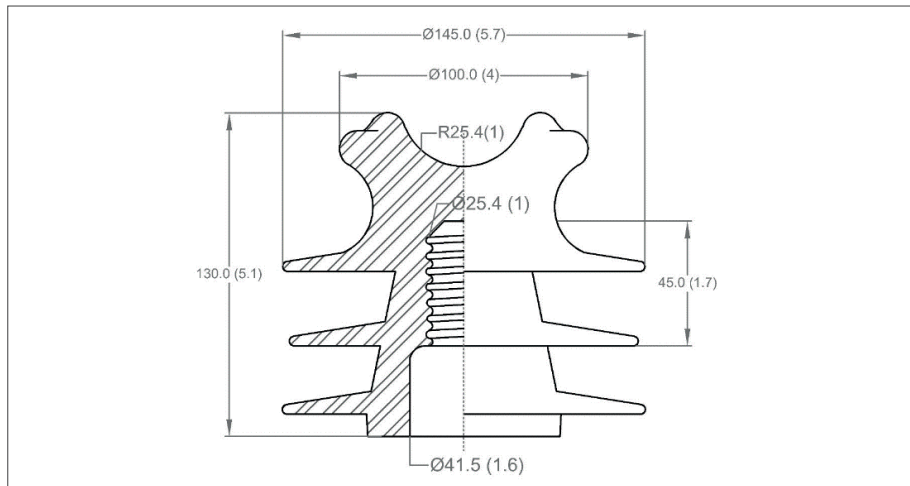
Brazos tipo C y tipo E	- NTC 4537: "Siderurgia. Requisitos generales para barras, chapas, perfiles y tablestacas de acero laminado de calidad estructural" (ASTM A6/A6M)
Brazo tangente	- ASTM A536: "Standard Specification for Ductile Iron Castings"
Espaciadores	- NTC 5982: "Espaciadores para red aérea de distribución compacta con cables cubiertos de 1 kV hasta 44 kV"

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.9.2.5. Aisladores:

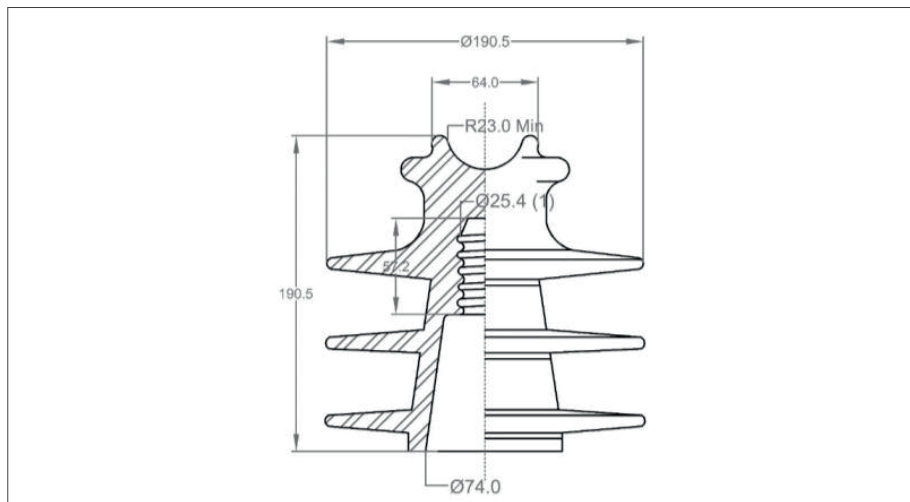
En las redes compactas nuevas y en las reformas de redes existentes solamente se utilizarán aisladores de suspensión de materiales compuestos, para los conjuntos terminales; y para los conjuntos de poste se usarán aisladores tipo pin de polietileno.

Ilustración 2.27. Aislador de polietileno tipo pin, ANSI 55-4 para 13,2 kV.



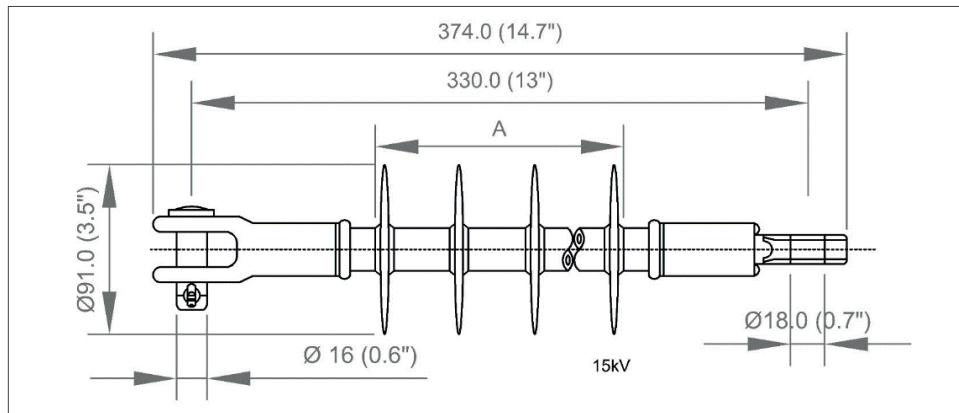
Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 2.28. Aislador de polietileno tipo pin, ANSI 55-6 para 34,5 kV.



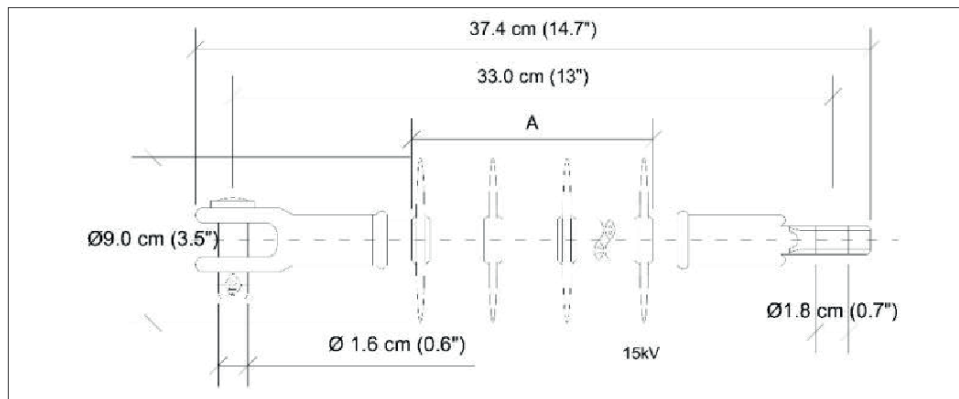
Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 2.29. Aislador de suspensión compuesto para 13,2 kV.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 2.30. Aislador de suspensión compuesto para 34,5 kV.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

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

PRECAUCIÓN: No está permitido el uso de aisladores de porcelana con cable semiaislado porque deteriora su aislamiento.

Configuración red autoportada:

Consiste en un tipo de instalación donde el cable conductor es capaz de soportarse a sí mismo sin necesidad de estructuras adicionales o soportes intermedios. Este tipo de configuración es común en líneas aéreas de distribución eléctrica y ofrece varias ventajas en términos de instalación y mantenimiento.

La configuración autoportada para líneas 34,5 kV, sólo será instalada en zonas de contaminación normal utilizando el aislador de polietileno tipo Pin clase ANSI 55-6 normalizado.

En configuración convencional se utilizará el mismo aislamiento de las redes desnudas. En la **Tabla 2.51 y Tabla 2.52** se relacionan los aisladores que se deben implementar en los sistemas de distribución operados por ELECTROCAQUETÁ S.A E.S.P.

Tabla 2.51. Características Generales de los Aisladores de Polietileno Tipo Pin.

DENOMINACIÓN		ANSI 55-6 34,5kV	ANSI 55-4 13,2kV
Características Dimensionales	Longitud (cm)	19.0	13.0
	Distancia de fuga (cm)	53.8	34.0
	Distancia de arco seco (cm)	25.2	16.5
Características Mecánicas	Carga de Falla a Flexión (Cantilever Strength) (daN)	13.3	13.3
Características Radio eléctricas	Tensión R.I.V. a tierra (kV)	10	10
	Máximo RIV a 1 MHz (μV)	< 10	< 10
Características Eléctricas	Tensión de contorno a frecuencia industrial en seco (kV)	119	90
	Tensión de contorno a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	76	50
	Tensión crítica de contorno a impulso (+) (kV) pico	177	149

Fuente: CELSIA.

Tabla 2.52. Características Generales de los Aisladores Compuestos de Suspensión.

DENOMINACIÓN		34,5 kV	13,2 kV
Características Dimensionales	Longitud (cm)	39.0	33.0 ± 15
	Distancia de fuga (cm)	91.5	≥ 33.5
Características Mecánicas	Carga de falla a tracción (daN)	≥ 7000	≥ 7000
	Carga de torsión (daN m)	≥ 4,8	≥ 4,8
Características radios eléctricas	Tensión de ensayo R.I.V. a tierra (kV)	30	15
	Máximo RIV a 1 MHz (μV)	< 10	< 10
Características eléctricas	Tensión crítica de contorno a impulso (+) (kV) pico	≥ 160	≥ 90
	Tensión de contorno a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	≥ 140	≥ 65
	Tensión crítica de contorno a impulso (+) (kV) pico	≥ 265	≥ 150

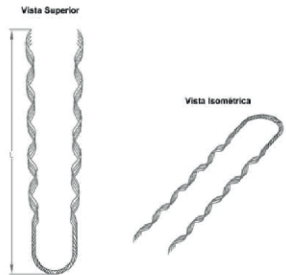
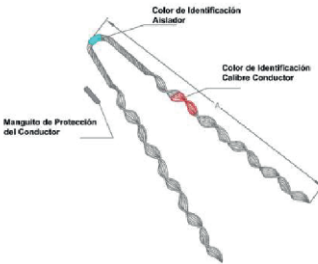

Fuente: CELSIA.

2.9.2.6. Retenciones preformadas:

La retención preformada FIN DE LINEA, se implementa para retener la línea asegurando el conductor al aislador de suspensión y las retenciones preformadas OMEGA (Ω) y ZETA (Z) tienen la función de asegurar el conductor al aislador de pin.

No está permitido el uso de amarres de cable semiaislado al aislador, hechos con hilos de cables.

Tabla 2.53. Retenciones preformadas.

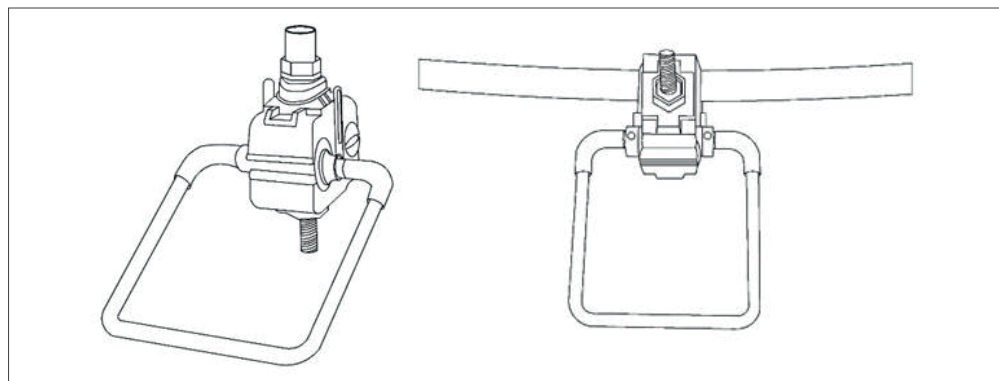
RETENCIÓN PREFORMADA	ILUSTRACIÓN
FIN DE LÍNEA	
OMEGA (Ω)	
ZETA (Z)	

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.9.2.7. Conectores:

Para las derivaciones de la red semiaislada, las conexiones se harán con conectores de perforación con estribo, especial para instalaciones con conductores semiaislados, apropiados para los calibres del cable principal y del cable derivado.

Ilustración 2.31. Conector de perforación con estribo, para conductores semiaislados.



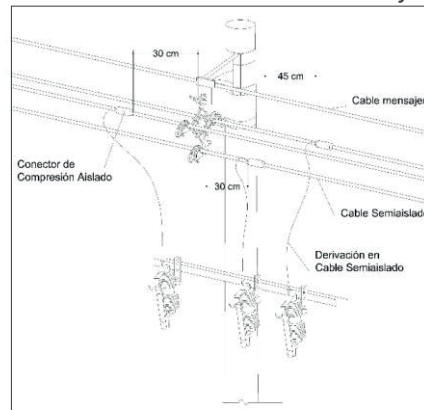
Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.9.2.8. Distancias entre conectores y aislamiento:

- La distancia mínima entre conectores será de 45 cm
- La distancia mínima entre un conector y el poste será de 30 cm.
- No podrán instalarse conectores sobre los espaciadores.

En todos los puntos donde se hagan conexiones, se deben implementar los conectores de compresión y en los casos para lo que no aplique, se deberá sellar, rellenando el espacio entre el conector y el aislamiento del cable con cinta auto fundente y con cita de vinilo en la superficie, para evitar la entrada de agua al conductor; como lo muestra la siguiente figura.

Ilustración 2.32. Distancias entre conectores y derivaciones.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.9.2.9. Cable mensajero:

El cable mensajero tiene como función sostener todo el sistema de red compacta y los elementos que lo conforman, incluyendo el conductor semiaislado; también actúa como apantallamiento y como neutro del sistema.

En el caso de la red compacta el cable mensajero al estar puesto a tierra cada 3 estructuras (máximo cada 150 metros), configura un sistema de apantallamiento que protege los conductores de fase, sin embargo, también se considera viable implementar el uso de drenadores de sobretensión por dispersión cada 1,5 kilómetros con su respectivo apantallamiento y puesta a tierra.

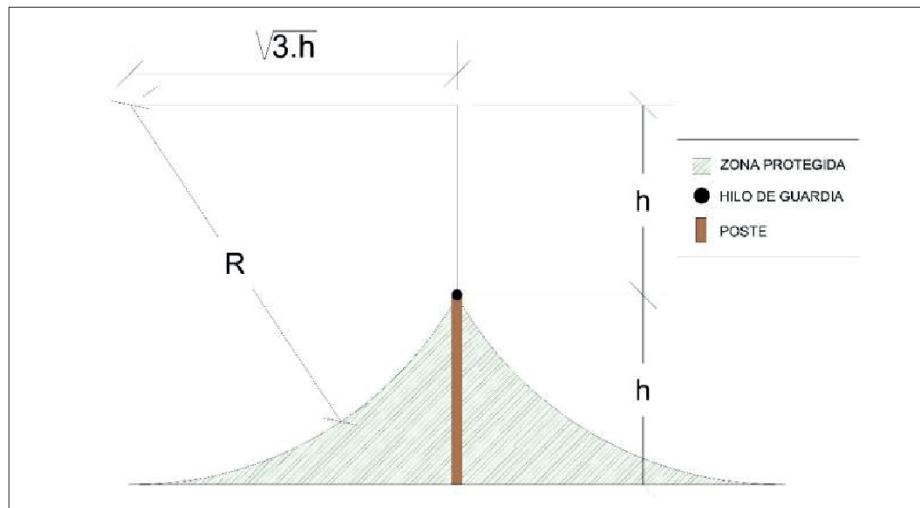
Por medio del método gráfico de Langrehr, se determina gráficamente la zona de protección que brinda el cable de apantallamiento ubicado en la parte superior del poste a una altura h sobre el terreno. La altura h es la altura del cable apantallamiento sobre el terreno, (**Ilustración 2.33 e Ilustración 2.34**)

Se traza una recta hacia arriba de longitud h , luego se traza una recta horizontal a ambos lados de la recta vertical con la ecuación 10, a continuación, se traza un arco circunferencia calculando el radio como lo indica la ecuación 11, que pase por el cable de apantallamiento y que sea tangente al suelo; de esta forma queda definida la zona de protección.

$$\sqrt{3x} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$R = 2h \quad \text{Ecuación 11}$$

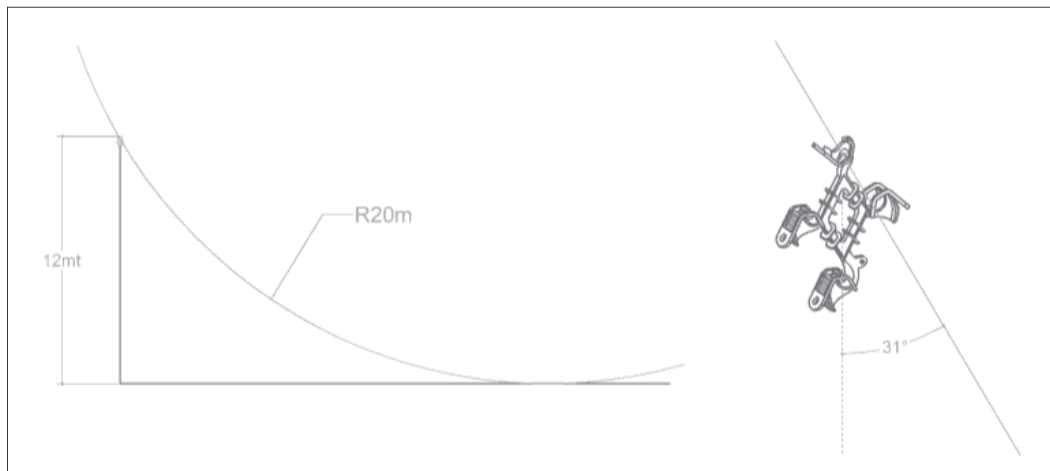
Ilustración 2.33. Metodo Langrehr para apantallamiento.



Método Langrehr para apantallamiento

Fuente: ingenieriaelectricaexplicada.blogspot.com. Tomada de CELSIA.

Ilustración 2.34. Metodo Langrehr aplicado a la red compacta semiaislada.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

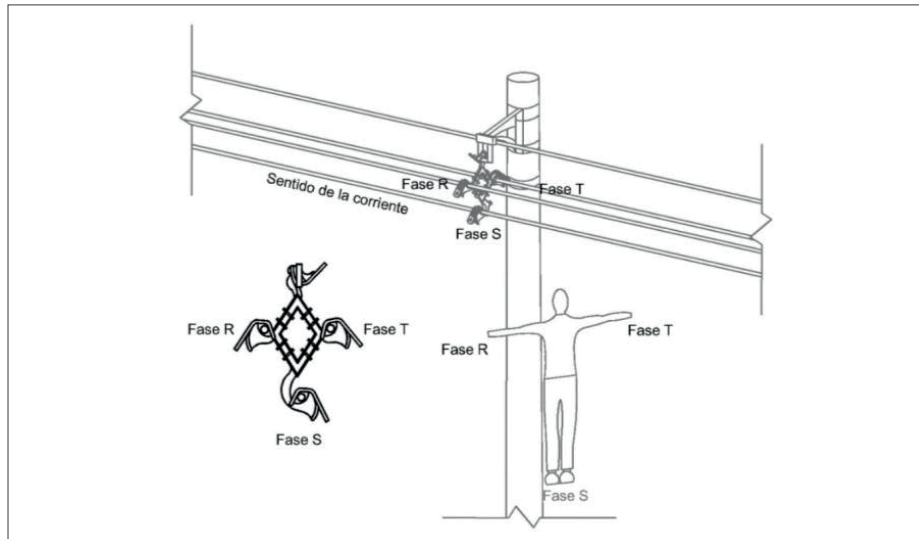
El calibre y características seleccionados para el cable mensajero son: cable de extraresistente en acero 3/8”.

2.9.2.10. Secuencia de fases:

Se debe conservar la secuencia de fases de acuerdo con la siguiente norma:

Parándose de espaldas a la fuente la fase R debe quedar a la izquierda de la persona, la fase S en el centro y la fase T a la derecha. De acuerdo con esto, en el espaciador la fase R quedará en el lado izquierdo, la fase S en el inferior y la fase T en el lado derecho.

Ilustración 2.35. Metodología para definir la secuencia de fases.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

2.9.3. Distancias de seguridad

Las distancias de seguridad deben estar de acuerdo con el libro 3, capítulo 1, título 10: "DISTANCIAS DE SEGURIDAD; en el Artículo 3.10.4. "Distancias mínimas entre conductores en la misma estructura" el parágrafo 2, establece las distancias mínimas entre los conductores de un mismo circuito, de una red compacta con cables cubelectroieritos o semiaislados, como se muestra en la **Tabla 2.53**.

Tabla 2.54. Distancias mínimas entre conductores en la misma estructura.

TIPO DE RED	TENSIONES (kV)	DISTANCIA MÍNIMA ENTRE CONDUCTORES (cm)
Red Compacta	Entre 13,2 kV y 34,5 kV	27 cm
Red Compacta	Menores de 13,2 kV	18 cm

Fuente: RETIE 2024.

2.9.4. Conjuntos

Un conjunto es un grupo de herrajes, accesorios (crucetas, soportes, etc) y aislamiento con sus accesorios (aisladores, grapas, retenciones); cuya función es transferir los esfuerzos de los conductores a los postes.

El montaje de cada conjunto con su lista de materiales de la red compacta semiaislada, se encuentra en los anexos citados a continuación:

Tabla 2.55. Estructuras y código para red semiaislada.

CÓDIGO	NOMBRE
EC-RASM 141	ESTRUCTURA ALINEACION TRIANGULAR 0 A 3° RED ABIERTA CABLE SEMIAISLADO
EC-RASM 142	ESTRUCTURA ALINEACION HORIZONTAL CENTRADA 0 A 3° RED ABIERTA CABLE SEMIAISLADO

EC-RASM 143	ESTRUCTURA HORIZONTAL CENTRADA ÁNGULOS 3 A 30° RED ABIERTA CABLE SEMIAISLADO
EC-RASM 144	ESTRUCTURA TERMINAL SENCILLO HORIZONTAL CENTRADO RED ABIERTA CABLE SEMIAISLADO
EC-RASM 145	ESTRUCTURA DOBLE TERMINAL HORIZONTAL CENTRADO RED ABIERTA CABLE SEMIAISLADO
EC-RASM 146	ESTRUCTURA EN BANDERA ALINEACIÓN 0 A 3° RED ABIERTA CABLE SEMIAISLADO
EC-RASM 147	ESTRUCTURA EN BANDERA ALINEACIÓN 3 A 30° RED ABIERTA CABLE SEMIAISLADO
EC-RASM 148	ESTRUCTURA EN BANDERA TERMINAL SENCILLO RED ABIERTA CABLE SEMIASILADO
EC-RASM 149	ESTRUCTURA EN BANDERA TERMINAL DOBLE RED ABIERTA CABLE SEMIASILADO
EC-RASM 31C	CIRCUITO SENCILLO CON SOPORTE TANGENCIAL Y BRAZO ANTIBALANCEO RED SEMIAISLADA COMPACTA. ALINEACIÓN 0 A 3°
EC-RASM 32C	ESTRUCTURA CON HERRAJE EN "C" LATERAL CIRCUITO SENCILLO, ÁNGULOS 3 A 30° RED SEMIAISLADA COMPACTA
EC-RASM 33C	ESTRUCTURA CON HERRAJE EN "E", ÁNGULOS 3 A 30° RED SEMIAISLADA COMPACTA
EC-RASM 34C	ESTRUCTURA CON HERRAJE EN "C". ÁNGULOS 30 A 90° RED SEMIAISLADA COMPACTA.
EC-RASM 35C	ESTRUCTURA CON HERRAJE EN "E". ÁNGULOS 30 A 90° RED SEMIAISLADA COMPACTA.
EC-RASM 36C	ESTRUCTURA TERMINAL SENCILLO CENTRADO HERRAJE EN "C" RED SEMIAISLADA COMPACTA
EC-RASM 37C	ESTRUCTURA TERMINAL SENCILLO A CRUCETA CENTRADA AUTOSOPORTADA DE 1.4 MTS RED SEMIAISLADA COMPACTA
EC-RASM 38C	ESTRUCTURA DOBLE TERMINAL A CRUCETA CENTRADA AUTOSOPORTADA DE 1.4 MTS RED SEMIAISLADA COMPACTA
EC-RASM 39TC	ESTRUCTURA TRANSICIÓN RED COMPACTA A RED ABIERTA CONVENCIONAL CRUCETA CENTRADA RED SEMIAISLADA COMPACTA
EC-RASM 40C	ESTRUCTURA EN BANDERA CON CRUCETA DE 2.4 METROS ALINEACIÓN DE 0 A 6° RED SEMIAISLADA COMPACTA

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.