

CAPÍTULO 3.

REDES SUBTERRANEAS

Tabla de contenido

3. CAPÍTULO 3: REDES SUBTERRÁNEAS

3.1. Generalidades	05
3.1.1. Aspectos civiles	06
3.1.2. Banco de Ductos – Generalidades	06
3.1.3. Ductos de reserva	10
3.1.4. Excavaciones	10
3.1.4.1. Dimensión de la excavación	10
3.1.4.2. Relleno de Canalizaciones	10
3.1.4.3. Trazado de la canalización	11
3.1.4.4. Sentido	11
3.1.4.5. Cruce de vías	11
3.1.4.6. Restablecimiento de vías	11
3.1.5. Condiciones del material	12
3.1.6. Disposición de los ductos	12
3.1.7. Soldadura para tuberías de PVC	15
3.1.8. Aviso de seguridad y marcación	15
3.1.9. Dimensiones y ocupación	15
3.1.10. Cárcamos	16
3.1.10.1. Aspectos y generalidades eléctricas de los cárcamos	16
3.1.10.2. Características civiles generales de los cárcamos	17
3.2. Objetivo y aplicación de la norma	18
3.3. Alcance de la norma	18
3.4. Documentos de Referencia	18
3.5. Redes subterráneas de media tensión (MT)	18
3.5.1. Generalidades	18
3.5.2. Tendido de ductos	19
3.5.3. Cámaras para redes y equipos de media tensión	19
3.5.3.1. Cámara Sencilla ECRS-08	19
3.5.3.2. Cámara Doble ECRS-05	19
3.5.3.3. Cámara Triple ECRS-04	19
3.5.3.4. Cámaras Tipo Transformador ECRS-13	19
3.5.3.5. Cámara Tipo Barraje	19
3.5.4. Instalación de barrajes	20
3.5.5. Montaje de equipos de maniobra y protección	21
3.5.5.1. Protección Contra Sobreintensidades	21
3.5.5.2. Protección Contra Sobretensiones	21
3.5.6. Tipos de conductores para instalaciones subterráneas en media tensión	22
3.5.7. Cálculo eléctrico media tensión	23
3.5.7.1. Capacidad de corriente de los conductores de Media Tensión	23
3.5.7.2. Verificación de la ampacidad	24
3.5.7.3. Factores de corrección para la capacidad de corriente en Media Tensión	24

3.5.7.3.1. Factor de corrección por profundidad de enterramiento	24
3.5.7.3.2. Factor de corrección por temperatura	24
3.5.7.4. Cálculo de potencia de transporte	25
3.5.8. Transiciones aéreo a subterráneo	27
3.6. Redes subterráneas de baja tensión (BT)	28
3.6.1. Cámaras y cajas para Redes de baja tensión	28
3.6.1.1. Aspectos y generalidades civiles de las cámaras	28
3.6.1.1.1. Cámara para alumbrado público	29
3.6.1.1.2. Cámaras para nivel de tensión 1	30
3.6.2. Tipos de conductores para instalaciones subterráneas en baja tensión	30
3.6.3. Disposiciones generales	31
3.6.4. Transformadores sumergibles y semi-sumergibles	32
3.6.5. Barrajes para baja tensión	33
3.7. Puesta a tierra	35
3.7.1. Puesta a tierra de pantalla	35
3.7.2. Pantalla - Neutro concéntrico	35
3.7.2.1. Elementos del sistema de puesta a tierra para sistemas de distribución subterráneo	35
3.7.2.1.1. Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias (DPS)	35
3.7.2.1.2. Electrodo o varillas de puesta a tierra	36
3.7.2.1.3. Conectores	36
3.7.2.1.4. Sistema para conexiones con soldadura exotérmica	37
3.7.2.1.5. Consideraciones generales para el sistema de puesta a tierra	38
3.8. Cálculo eléctrico redes subterráneas media tensión	38
3.8.1. Capacidad de corriente de los conductores de Media Tensión	38
3.8.2. Factor de seguridad	39
3.8.3. Factor de Corrección por temperatura	39

Índice de tablas

Tabla 3.1. Requisitos mínimos de enterramiento para cables en instalaciones de 0 a 1 000 V nominales, distancia en metros	07
Tabla 3.2. Requisitos mínimos de las cubiertas	09
Tabla 3.3. Cantidad de ductos de reserva para una canalización	10
Tabla 3.4. Granulometría Arenilla- Cimentación ductos	11
Tabla 3.5. Ductos y tubería metálica para emplear en las canalizaciones y transiciones	15
Tabla 3.6. Normas para redes subterráneas: Cárcamos	17
Tabla 3.7. Elementos del barraje preformado para MT	20
Tabla 3.8. Características eléctricas y de aislamiento del barraje	21
Tabla 3.9. Calibres mínimos y máximos permitidos para redes subterráneas en Media Tensión	22
Tabla 3.10. Características eléctricas de conductores monopolares de cobre para media tensión, con nivel de aislamiento 100%, polietileno reticulado (90°) - (1)	22
Tabla 3.11. Características físicas y mecánicas de conductores monopolares de cobre para media tensión, con nivel de aislamiento 100%, polietileno reticulado (90°) - (1)	22
Tabla 3.12. Capacidades de corriente, en amperios, para conductores monopolares subterráneos en media tensión	23

Tabla 3.13. Profundidad de enterramiento para ductos en redes subterráneas de media tensión.....	24
Tabla 3.14. Factores de corrección por temperatura del terreno.....	25
Tabla 3.15. Factores de corrección por agrupamiento de Conductores.....	25
Tabla 3.16. Requisitos mínimos para transiciones aérea subterránea.....	27
Tabla 3.17. Valores típicos de tendido y halado de conductores, para redes subterráneas.....	31
Tabla 3.18. Características físicas y mecánicas de los conductores.....	32
Tabla 3.19. Características eléctricas y de aislamiento del barraje.....	34
Tabla 3.20. Características de conectores típicos para sistemas de puesta a tierra.....	36
Tabla 3.21. Tipos de conexiones para SPT usando soldadura exotérmica.....	37
Tabla 3.22. Características técnicas para selección de soldadura exotérmica.....	37

Índice de ilustraciones

Ilustración 3.1. Banco de ductos para redes de BT y MT bajo zona verde.....	12
Ilustración 3.2. Banco de ductos para redes de baja tensión bajo afirmado (BT y MT).....	13
Ilustración 3.3. Banco de ductos para redes de BT y MT bajo zona verde.....	13
Ilustración 3.4. Banco de ductos para redes de BT y MT bajo calzada rígida.....	14
Ilustración 3.5. Banco de ductos para redes de BT y MT bajo carpeta asfáltica.....	14
Ilustración 3.6. Detalle cinta de señalización para bancos de ductos subterráneos.....	16
Ilustración 3.7. Detalle constructivo cárcamo baja y media tensión.....	16
Ilustración 3.8. Imágenes de referencia para construcción Cárcamo.....	18
Ilustración 3.9. Detalles barrajes en media tensión.....	20
Ilustración 3.10. Detalles DPS tipo codo 34.5 y 13.8/13.2 kV.....	21
Ilustración 3.11. Detalles de bancos de ductos eléctricos.....	23
Ilustración 3.12. Detalles transición aérea subterránea.....	28
Ilustración 3.13. Cámara para alumbrado público.....	29
Ilustración 3.14. Vista en planta cámara sencilla ECRS-06.....	30
Ilustración 3.15. Vista corte frontal cámara sencilla ECRS-06.....	30
Ilustración 3.16. Detalles transformadores sumergibles y semi-sumergibles.....	33
Ilustración 3.17. Imágenes de referencia: Detalles barrajes en baja tensión.....	34
Ilustración 3.18. Rango de los peldaños barrajes para baja tensión.....	34

CAPÍTULO 3

REDES SUBTERRÁNEAS

3.1. Generalidades

Son sistemas de distribución de servicio de energía eléctrica, que se instalan bajo el nivel del suelo en conducciones o galerías especialmente diseñadas. A diferencia de las redes aéreas, las redes subterráneas ocultan los cables, mejorando la estética urbana y proporcionando mayor seguridad al reducir el riesgo de accidentes por contacto con conductores y la exposición a factores ambientales como viento o rayos.

ELECTROCAQUETÁ S.A E.S.P. solicitará al cliente los siguientes documentos, para la aprobación de la solicitud de conexión:

En el capítulo 1 **“Generalidades”**, Sección 1.8 **“Aprobación y trámite de proyectos ante ELECTROCAQUETÁ S.A E.S.P.”** se especifican los requisitos para la presentación de proyectos, adicional a lo indicado en este capítulo, para proyectos que incluyan redes subterráneas, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos.

- Planos eléctricos de las redes subterráneas proyectadas a construir, y de acometida del inmueble hasta el punto de conexión previamente verificado por la factibilidad solicitada.
- Características específicas de la demanda.
- Levantamiento georreferenciado de la ruta por donde se generará la conexión a la red. Esta debe de incluir los detalles completos de la canalización a realizar, incluyendo: líneas de paramento, aceras, zonas verdes, vías y separadores.
- Incluir las redes subterráneas existentes de telecomunicaciones, energía, acueducto, alcantarillado y gas domiciliario.

ELECTROCAQUETÁ S.A E.S.P especificará el nivel de tensión para la red, de acuerdo con las características técnicas sustentadas por el usuario y disponibles en su momento.

Los materiales para utilizar en la construcción de redes subterráneas deben de ser aprobados y certificados por la ONAC, garantizando de esta manera la durabilidad y correcta ejecución de la instalación a realizar. Los contratistas o ingenieros electricistas, serán los encargados de validar este punto, verificando la certificación de los materiales con el fabricante o directamente con ELECTROCAQUETÁ E.S.P.

Para efectuar cualquier trabajo de este tipo es indispensable previamente gestionar ante las entidades municipales los permisos necesarios y cumplir con lo establecido en el plan de ordenamiento territorial vigente.

3.1.1. Aspectos civiles

La infraestructura civil de las redes eléctricas subterráneas comprende los aspectos de banco de ductos, cárcamos y cámaras.

En el terreno plano los ductos se instalarán con una pendiente mínima del 1.0 % hacia las cámaras respectivas.

En terreno quebrado, los ductos no presentarán una pendiente superior al 30%.

En condiciones con alta presencia de agua y humedad se debe colocar, en todos los puntos de entrada y salida de los ductos a las cámaras, el sello epóxico de ductos para conductores monopolares de potencia, especificado según el diámetro del tubo y el número y calibre de los conductores, activos o no.

Los ductos que terminan en las cámaras de inspección o sótanos de empalme deberán estar provistos de terminales tipo campana si se trata de PVC o boquillas terminales si se trata de tubería galvanizada.

Se evitará al máximo la construcción de canalizaciones longitudinales sobre vías vehiculares.

Las rutas de canalización para redes de baja tensión deben ir lo más próximas al paramento de las edificaciones, y así los niveles mayores deberán ir sobre el andén, lo más próximo al bordillo de este.

Los conductores deben ser tendidos y halados de acuerdo con las tensiones de halada dinámica máxima recomendada por los fabricantes y los radios de curvatura, los coeficientes de fricción, el tipo de chaqueta y forro metálico.

3.1.2. Banco de Ductos – Generalidades

Los bancos de ductos son grupos de ductos destinados a proteger y consolidar los conductores eléctricos. En un banco de ductos, los conductores se colocan dentro de los conductos PVC que se juntan y están hechos de concreto y acero.

De acuerdo con la norma técnica colombiana NTC-2050, segunda actualización, Capítulo 3. Métodos de alambrado y materiales, artículo 300, tablas 300.5 y 300.50, se definen los parámetros de enterramiento para ductos y conductores en media y baja tensión.

Los ductos siempre deben de estar en perfecto estado a simple vista, no pueden presentar perforaciones, fisuras o deformaciones en el sentido del eje del ducto (curvatura) ni en el sentido diametral del ducto (disminución del diámetro), tampoco puede tener líneas de falla o signos de maltrato.

Los ductos PVC y la tubería metálica galvanizada deben cumplir con las siguientes normas:

- **NTC-1630:** Tubos y Curvas de Policloruro de Vinilo (PVC) Rígido para Alojarse y Proteger Conductores Subterráneos Eléctricos y Telefónicos
- **NTC-3363:** Tubos y curvas de poli (cloruro de vinilo) (PVC) rígido corrugados con interior liso para alojar y proteger conductores subterráneos eléctricos y telefónicos.

- **NTC-169:** Tubería Conduit Metálica Intermedia (IMC) de Acero
- **NTC-171:** Tubería Conduit rígida metálica de acero (ERMC-S).

Para el diseño de redes subterráneas, se deben tener en cuenta todas las consideraciones relacionadas en el RETIE 2024, en su libro 3, capítulo 4, título 20, artículo 3.20.6.3.

Se permite el uso de conductores de aluminio en redes subterráneas de baja tensión siempre que el conductor este certificado para uso subterráneo, sea instalado por profesionales competentes y se cumpla una norma técnica internacional, o NTC, tanto del producto como en la instalación, y se utilicen los accesorios adecuados.

Tabla 3.1. Requisitos mínimos de enterramiento para cables en instalaciones de 0 a 1 000 V nominales, distancia en metros.

TIPO DE MÉTODO DE ALAMBRADO O CIRCUITO					
UBICACIÓN DEL MÉTODO DE ALAMBRADO O CIRCUITO	1 CABLES O CONDUCTORES ENTERRADOS DIRECTAMENTE	2 TUBO (CONDUIT) METÁLICO RÍGIDO O INTERMEDIO	3 CANALIZACIONES NO METÁLICAS APROBADAS PARA ENTERRAMIENTO DIRECTO SIN CÁRCAMO DE CONCRETO U OTRAS CANALIZACIONES APROBADAS	4 CIRCUITOS RAMALES PARA VIVIENDAS DE 120 V NOMINALES O MENOS CON PROTECCIÓN CONTRA FALLAS A TIERRA (GFCI) Y PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE MÁXIMA DE 20 A	5 CIRCUITOS DE CONTROL DE RIEGO E ILUMINACIÓN DEL PAISAJE LIMITADOS A NO MÁS DE 30 V E INSTALADOS CON CABLES TIPO UF O EN OTROS CABLES O CANALIZACIONES IDENTIFICADOS
	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts
Todas las ubicaciones no especificadas a continuación	0.6	0.15	0.45	0.3	0.15 ^{a,b}
En zanjas por debajo de concreto de 50 mm de espesor o equivalente	0.45	0.15	0.3	0.15	0.15
Bajo una edificación	0 (en canalizaciones o cable tipo MC o tipo MI identificados para enterramiento directo)	0	0	0 (en canalizaciones o cable tipo MC o tipo MI identificado para enterramiento directo)	0 (en canalizaciones o cable tipo MC o tipo MI identificado para enterramiento directo)
Bajo baldosas de concreto para exteriores de mínimo 102 mm de espesor, sin tráfico de vehículos y que las baldosas sobrepasen no menos de 152 mm de la instalación subterránea	0.45	0.1	0.1	0.15 (enterrado directamente) 0.1 (en canalizaciones)	0.15 (enterrado directamente) 0.1 (en canalizaciones)
Bajo calles, carreteras, autopistas, callejones, accesos vehiculares y estacionamientos	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

Accesos vehiculares y estacionamientos exteriores para viviendas uni y bifamiliares y utilizados sólo para propósitos relacionados con la vivienda	0.45	0.45	0.45	0.3	0.45
En o bajo las pistas de los aeropuertos, incluidas las áreas adyacentes donde está prohibido el paso	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45

a. Se permite menor profundidad cuando así se especifique en las instrucciones de la instalación de un sistema de alumbrado de baja tensión.

b. Se permite una profundidad de 0,15 m en alambrado para piscinas, bañeras de hidromasaje y fuentes, que se instalen en canalizaciones no metálicas y se limiten a no más de 30 V cuando son parte de un sistema de iluminación de baja tensión

Notas:

Nota 1. Cubierta se define como la distancia más corta en mm medida entre un punto en la superficie superior de cualquier conductor, cable, tubo (conduit) o canalización enterrados directamente y el nivel superior del terreno terminado, concreto o cubierta similar.

Nota 2. Las canalizaciones aprobadas para enterrarlas solo en cajas de región de requieren una cubierta de concreto de no menos de 5 cm de espesor.

Nota 3. Se permite menores profundidades de enterramiento cuando los cables y los conductores suben para terminaciones o empalmes o cuando se requiere tener acceso a ellos.

Nota 4. Cuando se usa uno de los métodos de alambrado de las columnas 1 a 3 para alguno de los tipos de circuitos de las columnas 4 y 5, se permite enterrar los cables a la menor de las dos profundidades.

Nota 5. Si se encuentra roca sólida que impide cumplir la profundidad de la cubierta especificada en esta Tabla, el alambrado se debe instalar en una canalización metálica o no metálica permitidas para enterramiento directo. Las canalizaciones deben cubrir con un mínimo de 5 cm de concreto que llegue hasta la roca.

Fuente: NTC2050 segunda actualización, artículo 300, tabla 300.5.

Tabla 3.2. Requisitos mínimos de las cubiertas.

TENSIÓN DEL CIRCUITO	COLUMNA 1 CABLES ENTERRADOS DIRECTAMENTE B	COLUMNA 2 TUBO (CONDUIT) O RTRC, PVC Y HDPE C	COLUMNA 3 TUBO (CONDUIT) METÁLICO RÍGIDO Y TUBO (CONDUIT) METÁLICO INTERMEDIO	COLUMNA 4 CANALIZACIONES BAJO EDIFICIOS O LOSAS DE CONCRETO EXTERIORES, CON ESPESOR MÍNIMO DE 100 MM D	COLUMNA 5 CABLES EN CANALIZACIONES DE AEROPUERTOS O ÁREAS ADYACENTES DONDE SE PROHÍBE EL PASO	COLUMNA 6 ÁREAS SOMETIDAS A TRÁFICO VEHICULAR, TALES COMO VÍAS PÚBLICAS O ÁREAS COMERCIALES PARA ESTACIONAMIENTO
	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts	Mts
Mayor de 1 kV hasta 22 kV	0.75	0.45	0.15	0.1	0.45	0.6
Mayor de 22 kV hasta 40 kV	0.9	0.6	0.15	0.1	0.45	0.6
Mayor de 40 kV	0.1	0.75	0.15	0.1	0.45	0.6

Notas:

a. Cubierta se define como la distancia más corta, en milímetros, medida entre un punto en la superficie superior de cualquier conductor, cable, tubo (conduit) u otra canalización enterrada directamente y la superficie superior del nivel terminado del suelo, concreto o cubierta similar.

b. La ubicación de cables subterráneos enterrados directamente, que sean desnudos o sin aislamiento ni están protegidos con concreto y que están enterrados a 0,75 m o más por debajo del nivel del suelo, se debe identificar con una cinta de advertencia que se coloca en la zanja, por lo menos a 0,3 m por encima de los cables.

c. Apto para enterramiento directo, sin aislamiento. Todos los otros sistemas no metálicos deben requerir 50 mm de concreto o su equivalente, sobre el tubo (conduit), adicionales a la profundidad que se indica en la tabla.

d. La losa debe sobresalir de la instalación subterránea un mínimo de 0,15 m, y se debe colocar una cinta de advertencia u otro medio eficaz y adecuado para las condiciones existentes sobre la instalación subterránea.

Nota 1. Se permite profundidades menores donde se requiera que los conductores o los cables asciendan hacia terminales o empalmes o donde se requiera tener acceso de alguna otra manera.

Nota 2. Donde la roca sólida evite el cumplimiento con las profundidades de la cubierta especificadas en esta tabla, el alambrado se debe instalar en una canalización metálica o no metálica, permitida para enterramiento directo. Las canalizaciones deben estar cubiertas con un mínimo de 5 cm de concreto que se extienda hasta la roca.

Nota 3. En establecimientos industriales, donde las condiciones de mantenimiento y supervisión garanticen que personas calificadas atenderán la instalación, debe permitirse que los requisitos mínimos de la cubierta, para conductores diferentes de conductores metálicos rígidos y conductores metálicos intermedios, se reduzcan 0.15 m por cada 5 cm de concreto o equivalente, colocado totalmente dentro de la zanja, por encima de la instalación subterránea.

Fuente: NTC2050 segunda actualización, artículo 300, tabla 300.50.

3.1.3. Ductos de reserva

El número de ductos en un banco debe ser mayor al número de ductos ocupados según el diseño de la red, el cual debe considerar la posibilidad de futuras expansiones en el sector a servir. Los ductos de reserva deben tener el mismo diámetro que los ductos ocupados. A continuación, se presenta **tabla 3.3**.

Tabla 3.3. Cantidad de ductos de reserva para una canalización.

DUCTOS OCUPADOS	DUCTOS DE RESERVA
De 1 a 3	$D_r = 1$
Entre 4 y 6	$D_r = \frac{D_{oc}}{2}$
> 6	$D_r = \frac{D_{oc}}{2} - 2$

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Donde,

Dr: Ductos de reserva

Doc: Ductos ocupados

En el caso de obtener un número con decimales, de ductos ocupados, el número de ductos de reserva se aproximará al entero superior. Los ductos de reserva deben taponarse a fin de mantenerlos libres de basura, tierra, etc.

Nota: Para nuevas construcciones, en caso de que la ubicación del proyecto no posea redes de telecomunicaciones existentes, se deberá contemplar la construcción de al menos un ducto adicional de reserva para tal fin.

3.1.4. Excavaciones

3.1.4.1. Dimensión de la excavación:

- La dimensión de la excavación se debe calcular con la cantidad de capas de ductos, que deben quedar mínimo a 9 cm de las paredes de la excavación. También se debe tener en cuenta las distancias de las bandas de señalización a los ductos y al piso terminado.
- La cantidad máxima de ductos horizontales será 4 ductos.
- Si la zanja se realiza con equipo mecánico, los últimos 20 cm de la excavación se deberán ejecutar en forma manual para preservar la integridad del material de fondo.

3.1.4.2. Relleno de Canalizaciones:

La excavación terminada se debe compactar y nivelar. Para asentar los ductos a lo largo de la excavación se debe construir una base de arenilla de un espesor mínimo de 5 cm.

La arenilla es un suelo granular según la clasificación unificada de los suelos y se utiliza usualmente para llenados estructurales y de protección. Para su utilización, se requiere que la arenilla esté libre de material orgánica, arcilla, sales y de todo tipo de partículas despreciables.

La arenilla debe encontrarse a la humedad adecuada para obtener la densidad requerida. De manera general, el material deberá cumplir con la siguiente granulometría.

Tabla 3.4. Granulometría Arenilla– Cimentación ductos.

PORCENTAJE QUE PASA	
TAMIZ	ARENILLA
3/8"	100
No. 4	95- 100
No. 8	80- 100
No. 16	50- 85
No. 30	25- 60
No. 50	10- 30
No. 100	2- 10
No. 200	0- 5

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Si en el fondo de la excavación se encuentra material de mala calidad como arcillas expansivas, por ejemplo, se deben extraer y hacer sobre excavación entre 30cm y 40cm y al finalizarla se debe compactar el fondo y rellenar con recebo compactado.

Los ductos más profundos deben descansar uniformemente sobre lechos uniformes, nivelados y compactados y se debe mantener la separación entre ductos requerida.

Las uniones de ductos dentro del tendido de la ductería deben quedar traslapadas, nunca deben quedar una sobre la otra, y los espacios entre ductos deben ser llenados exclusivamente con arena de peña compactada, libre de piedras.

Una vez instalados los ductos, las zanjas deben ser rellenadas y compactadas acorde a la situación (calzada, andén, zona verde), empleando afirmado para la compactación a realizar sobre la arenilla.

Nota: ver norma anexa ECRS-25, ECRS-26

3.1.4.3. Trazado de la canalización:

En el trazado de la canalización las redes secundarias o de nivel de tensión 1 son las más próximas de las edificaciones y las de Nivel 2 y Nivel 3 deben ser las más próximas al borde de la acera.

3.1.4.4. Sentido:

En lo posible se deben evitar las canalizaciones en el sentido longitudinal de las vías.

3.1.4.5. Cruce de vías:

El cruce de vías se debe hacer perpendicular a estas y los ductos deben quedar embebidos en concreto con una resistencia mínima de 21 MPa que debe cubrir a los ductos mínimo 10 cm.

3.1.4.6. Restablecimiento de vías:

Se deben restablecer las vías a su condición original de acuerdo con las especificaciones de la secretaría de obras públicas, en el caso de las aceras con acabados especiales se deben reconstruir para que queden como estaban.

3.1.5. Condiciones del material

El color de la tubería eléctrica PVC tipo TDP debe ser verde, según exigencia de la Superintendencia de Industria y Comercio (Resolución 224 de 2000).

Por la condición natural del material del ducto, no se le debe aplicar una curvatura superior a la permitida por este, ni generarle esfuerzos indebidos. Si los ductos cruzan por alguna fuente de calor, será indispensable una barrera térmica. Los ductos para energía deben ser independientes de los ductos de los otros sistemas o estructuras (teléfono y operadores telemáticos).

Cuando, excepcionalmente, se instalen ductos de diferentes materiales, deberá haber cámaras en cada uno de los puntos de cambio. En general las canalizaciones o ductos deben ser de material sintético, metálico u otros que no sean higroscópicos, garantizando que no rasguen o deterioren el aislamiento de los conductores, que ofrezcan un grado de protección adecuado al uso y con bajo coeficiente de fricción. Las uniones de ductos deberán traslaparse.

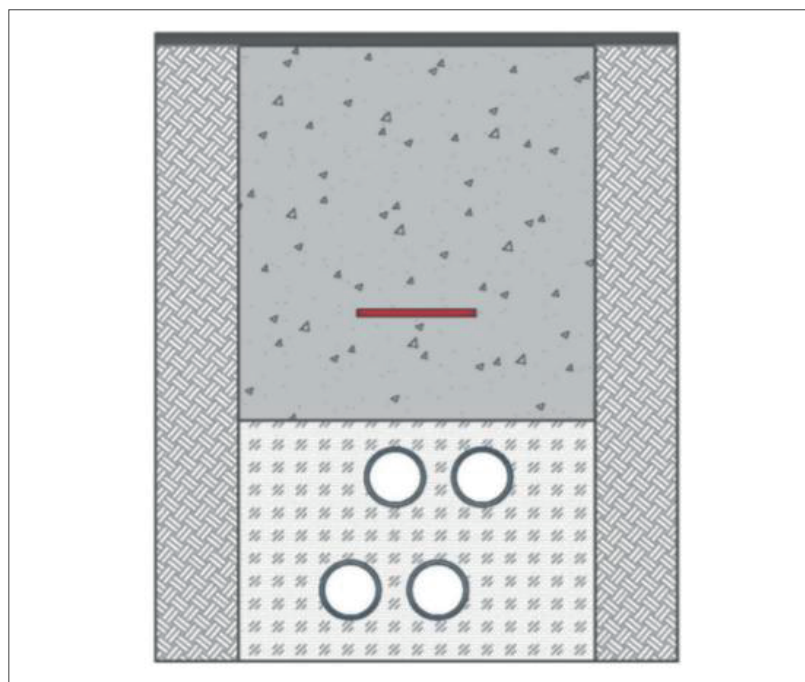
3.1.6. Disposición de los ductos

Para el uso de bancos de ductos se tendrá en cuenta en primer lugar los niveles de tensión, siendo el nivel de tensión más alto el que se disponga en la parte inferior del banco de ductos, adicionalmente la utilización del banco de ductos se hará desde el tendido más bajo hacia arriba, tratando de dejar los ductos de reserva en la parte superior.

Las uniones de los ductos dentro del tendido de ductos deben quedar traslapadas, nunca deben quedar una sobre otra. Los espacios entre ductos deben ser llenados con arena de peña compactada, libre de piedras y se deberá instalar separadores poliméricos.

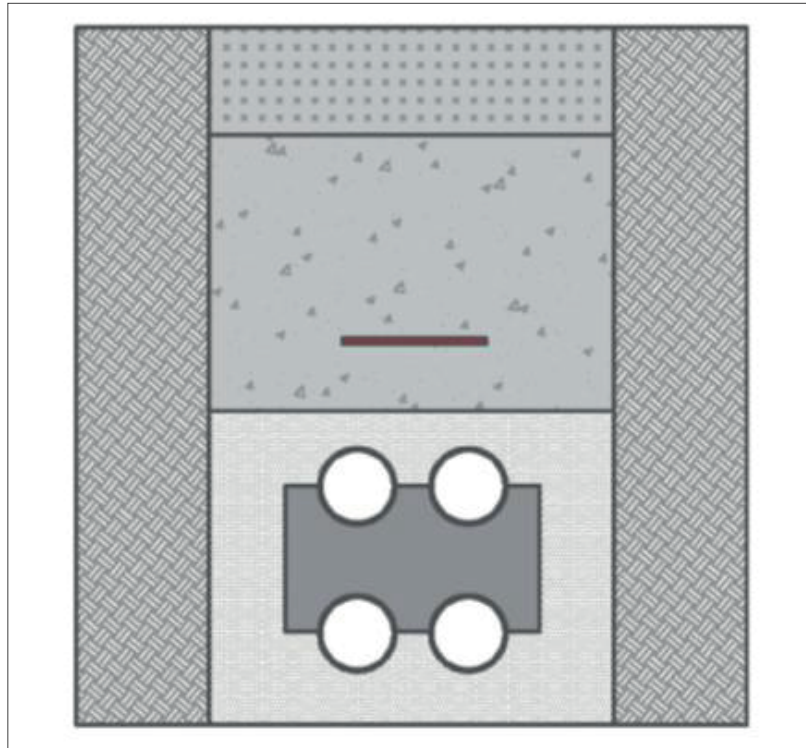
Nota: para más detalle de los aspectos constructivos consultar normas ECRS-01A, ECRS-01B, ECRS-01C, ECRS-01D y ECRS-01E.

Ilustración 3.1. Banco de ductos para redes de BT y MT bajo zona verde.



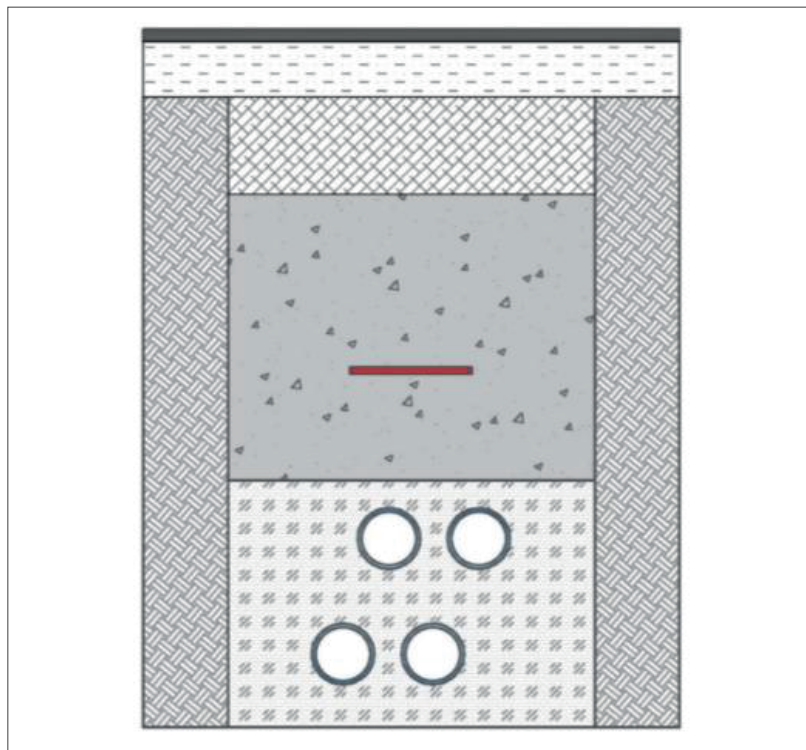
Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 3.2. Banco de ductos para redes de baja tensión bajo afirmado (BT y MT).



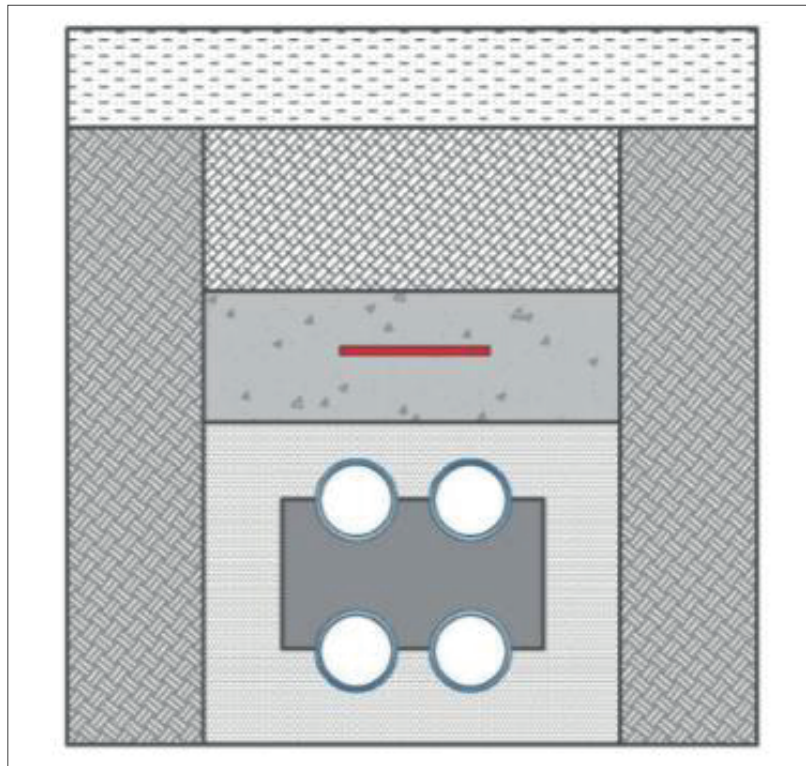
Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 3.3. Banco de ductos para redes de BT y MT bajo zona verde.



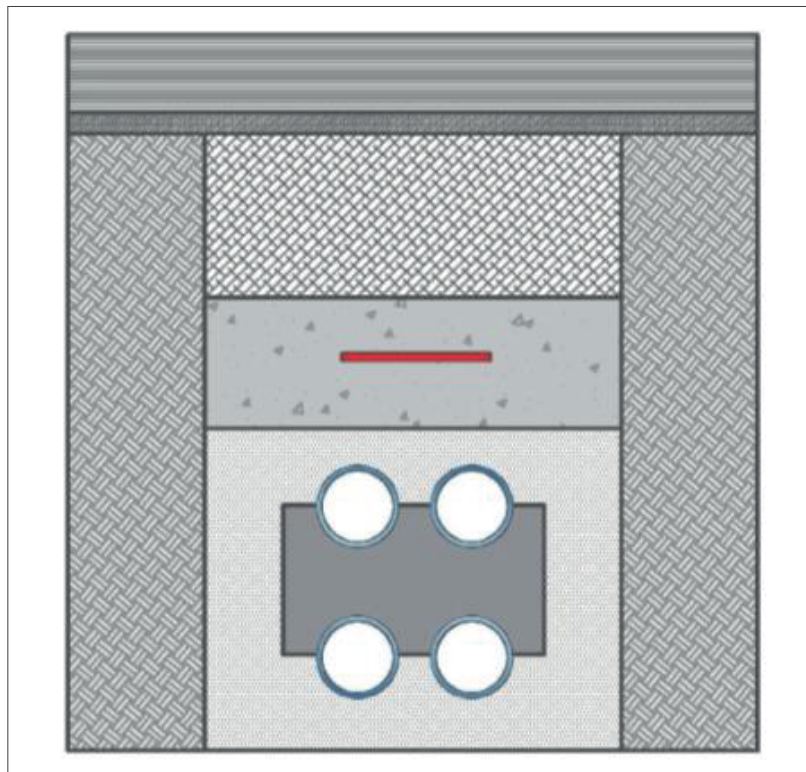
Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 3.4. Banco de ductos para redes de BT y MT bajo calzada rígida.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 3.5. Banco de ductos para redes de BT y MT bajo carpeta asfáltica.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

3.1.7. Soldadura para tuberías de PVC

Para todos los ductos subterráneos, es obligatorio utilizar soldadura certificada por el fabricante para tuberías de PVC destinadas a uso subterráneo, para garantizar la integridad y durabilidad de la instalación.

Se recomienda cemento solvente de alta resistencia.

3.1.8. Aviso de seguridad y marcación

Para alertar sobre la presencia de ductos que alojen conductores sometidos a cualquier tensión, ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. exige que, a unos 15 cm por encima del ducto, aproximadamente, se coloque paralelo a él una cinta de seguridad señalizada según la especificación ECRS-02 Cinta de señalización; esto con el fin de salvaguardar la seguridad de las personas que excavan y proteger los ductos.

3.1.9. Dimensiones y ocupación

En la **Tabla 3.5** se muestra la ductería a utilizar para canalización y transición, según el nivel de tensión y calibre de conductores adoptados por ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.

Tabla 3.5. Ductos y tubería metálica para emplear en las canalizaciones y transiciones.

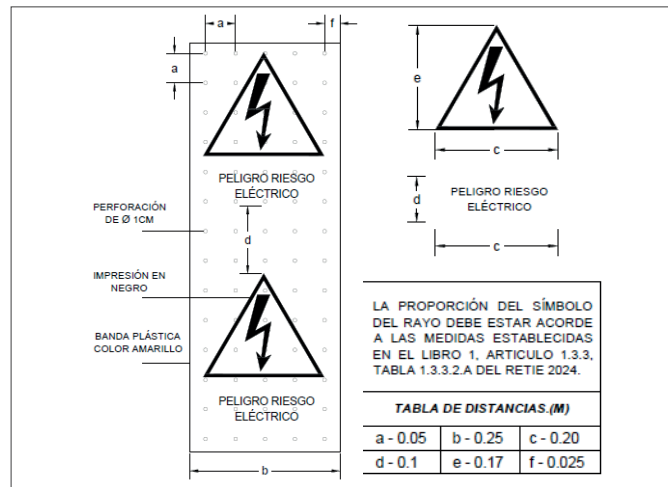
CALIBRE DEL CONDUCTOR (AWG O KCMIL)	TENSIÓN (KV)	DUCTO PARA CANALIZACIÓN	TRANSICIÓN
1/0, 2/0, 4/0, 250, 350, 500	34.5	4" y 6"	4" y 6"
2, 1/0, 2/0, 4/0, 250, 350, 500	13,2	4" y 6"	4" y 6"
4, 2, 1/0, 2/0, 3/0, 4/0	0,22	3" y 4"	3" y 4"
6, 4, 2, 1/0	0,220 (Alumbrado Público)	3"	3"

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

El diámetro del ducto PVC o del tubo galvanizado (**Tabla 3.5**) estará determinado por el número y calibre de los conductores que habrá de alojar, dejándose siempre una superficie libre de al menos, el 60% del área de aquellos. Cada ducto o tubo galvanizado sólo podrá contener un alimentador trifásico, aun cuando exista capacidad para albergar más conductores. Es preciso aclarar que, para media tensión, se recomienda que por cada ducto de seis pulgadas (6") se albergue un (1) circuito trifásico y por cada ducto de cuatro pulgadas (4") se albergue un conductor, pero para todos los casos dependerá del calibre y número de conductores.

La máxima ocupación de la canalización deberá ser calculada según lo establecido en el Capítulo 9, Tabla 1, notas 1 a 10 de la Norma NTC 2050.

Ilustración 3.6. Detalle cinta de señalización para bancos de ductos subterráneos.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

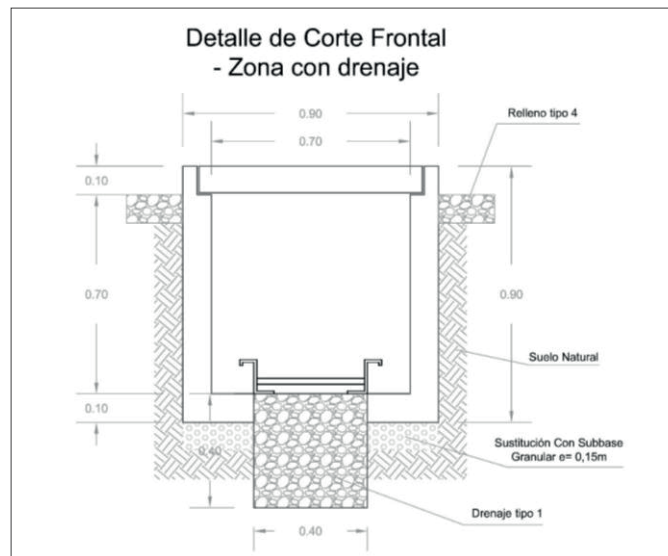
Nota: Para más detalle ver anexo ECRS-02

3.1.10. Cárcamos

Los cárcamos consisten en excavaciones o trincheras con losa de piso, paredes fundidas en concreto y tapas removibles en concreto, metálicas o poliméricas. Su uso está indicado especialmente para patios de subestaciones.

Las especificaciones para su construcción se encuentran definidas por las normas ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P, que se muestran a continuación:

Ilustración 3.7. Detalle constructivo cárcamo baja y media tensión.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

3.1.10.1. Aspectos y generalidades eléctricas de los cárcamos:

Los cárcamos son canalizaciones subterráneas, útiles en instalaciones que requieren alojar gran número de conductores.

Tendrán bandejas o soportes horizontales, debidamente localizados y asegurados, en los cuales se instalarán los conductores para evitar su contacto con el suelo.

Las principales ventajas de los cárcamos son: la facilidad de localización rápida de fallos, una muy buena disipación de calor y obvias facilidades para el mantenimiento de los conductores y sus elementos adicionales.

Para consultar con más detalle las disposiciones de cárcamos para subestaciones tipo patio, definidas por ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P, se muestra la **Tabla 3.6**, del presente documento.

Tabla 3.6. Normas para redes subterráneas: Cárcamos.

NORMAS PARA CÁRCAMOS	
ECRS- 10A ECRS- 10B	Cárcamo para subestación tipo patio
ECRS- 11	Tapas para cárcamo de subestación tipo patio

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

3.1.10.2. Características civiles generales de los cárcamos:

Los cárcamos para subestaciones, típicamente, tendrán dimensiones internas libres de 70 cm de ancho y 70 cm de altura. El espesor de la losa inferior y los muros laterales será de 10 cm. En caso de requerir una configuración geométrica diferente para el cárcamo, debe quedar sometido a la verificación por parte de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.

Deben ser construidos utilizando concreto con una resistencia mínima a la compresión de $f'c=28$ MPa.

Deben ser capaces de resistir las fuerzas a las que estarán sometidos durante toda su vida útil.

Deben resistir las fuerzas a las que estarán sometidos (siguiendo prácticas civiles).

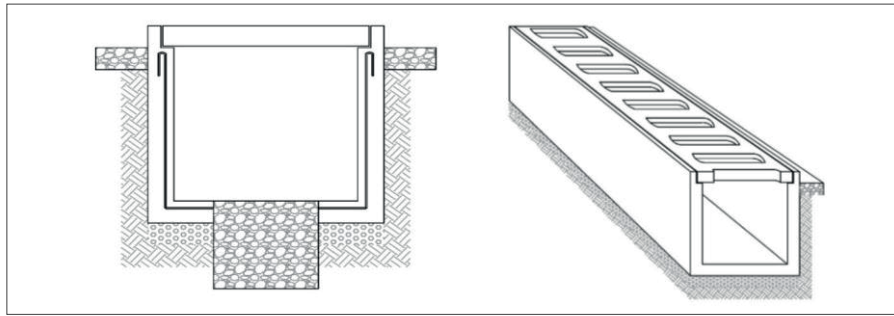
Deben incluir algún sistema de drenado para evitar la inundación del cárcamo (ducto de 4" o 6" conectado a la red de alcantarillado).

Los sistemas para la evacuación del agua deben ser incluidos en los cárcamos, de acuerdo con lo especificado en la norma ECRS-10.

Los cárcamos deben estar equipados con tapas removibles de concreto, para cárcamos exteriores, o metálicas o poliméricas, para cárcamos interiores, con huella antideslizante conforme a la norma ECRS-11. La tapa debe poder adaptarse, en cuanto a su ancho, a las dimensiones requeridas del cárcamo.

Nota: Para detalles constructivos, ver norma ECRS-10A- ECRS10B.

Ilustración 3.8. Imágenes de referencia para construcción Cárcamo.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

3.2. Objetivo y aplicación de la norma

Especificar las condiciones técnicas y requisitos bajo las cuales se debe dimensionar la construcción de redes subterráneas, así como también los detalles constructivos que permiten cumplir con las necesidades de la operación y mantenimiento de estas mismas.

3.3. Alcance de la norma

En el presente capítulo encontraremos las condiciones técnicas por medio de las cuales se debe de generar la construcción de redes subterráneas, tomando como base las disposiciones contempladas en la Resolución CREG 070 de 1998, el RETIE 2024, Reglamento de distribución de energía eléctrica y las leyes 142 y 143 de 1994.

De esta manera se establecen lineamientos completos, por medio de los cuales, se permite autorizar la conexión de las redes eléctricas subterráneas 34,5kV 13.8/13.2 kV (trifásica y monofásica), 220/127 V (trifásica) y 240/120V (monofásicas), de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P.

3.4. Documentos de Referencia

Los reglamentos, las normas técnicas nacionales e internacionales, las guías técnicas y demás documentos empleados como referencia, deben ser considerados en su última versión.

- ICONTEC. (1998). NTC 2050 / Código eléctrico colombiano.
- Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE (2024)/ libros 1 al 4.
- National Electrical Safety Code (NESC) C2 Tabla 441-6 “Factor de corrección por altitud”.
- Norma Técnica Empresa de Energía del Quindío EDEQ - CAPÍTULO 3.1 REDES SUBTERRÁNEAS – OBRA CIVIL.
- Norma técnica EPM - RA8_026_RED_SUBTERRANEA_SECUNDARIA.

3.5. Redes subterráneas de media tensión (MT)

3.5.1. Generalidades

Los criterios para el diseño de las redes eléctricas subterráneas de media tensión comprenden aspectos como la elección del conductor, conexiones y protecciones eléctricas, afloramientos e

instalación de conductores en ductos, entre otros.

Adicionalmente, de acuerdo con el libro 3, capítulo 4 título 20, artículo 3.20.6, del RETIE 2024, no se admite la instalación de conductores sobre el nivel del “suelo terminado”, que es aquel transitado habitualmente por las personas.

3.5.2. Tendido de ductos

Los ductos para utilizar para las redes subterráneas de media tensión deben ser ductos corrugados de PVC de doble pared tipo TDP (polietileno de alta densidad).

Todos los ductos utilizados para las redes subterráneas de media tensión deben ser para enterramiento directo DB (tipo pesado), los cuales no requieren revestimientos de concreto u otros materiales.

3.5.3. Cámaras para redes y equipos de media tensión

3.5.3.1. Cámara Sencilla ECRS-08:

Será una caja de 1.3 x 1.3 m y una profundidad de 1.3 m para una capacidad máxima de seis ductos.

Nota: Se debe consultar la norma ECRS-08 y para el detalle de la tapa, la norma ECRS-12.

3.5.3.2. Cámara Doble ECRS-05:

Esta caja tendrá unas dimensiones de 1.54 x 1.0 m y una profundidad de 1.43 m y se utilizarán para cuando haya un giro o cambio de dirección del conductor.

Principalmente para instalación en zonas verdes y andenes.

Nota: Se debe consultar la norma ECRS-05 y para el detalle de la tapa, la norma ECRS-12.

3.5.3.3. Cámara Triple ECRS-04:

Esta cámara tendrá unas dimensiones de 2.38 x 1.0 m, y una profundidad de 1.43 m, y se utilizará para la llegada y salida de cables en barrajes.

Principalmente para instalación en zonas verdes y andenes.

Nota: Se debe consultar la norma ECRS-04 y para el detalle de la tapa, la norma ECRS-12.

3.5.3.4. Cámaras Tipo Transformador ECRS-13:

Esta cámara tendrá unas dimensiones de 4.3 x 2.4 m, y una profundidad de 2.75 m, y se utilizará para barrajes, seccionador de maniobra y transformador.

Principalmente para instalación en zonas verdes y andenes.

Nota: Se debe consultar la norma ECRS-13 y para el detalle de la tapa, la norma ECRS-12.

3.5.3.5. Cámara Tipo Barraje:

Esta cámara tendrá unas dimensiones de 2.3 x 1.6 m, y una profundidad de 1.92 m, y se utilizará para seccionador de maniobra sumergible.

Principalmente para instalación en zonas verdes y andenes

Nota: Se debe consultar la norma ECRS-03 y para el detalle de la tapa, la norma ECRS-12.

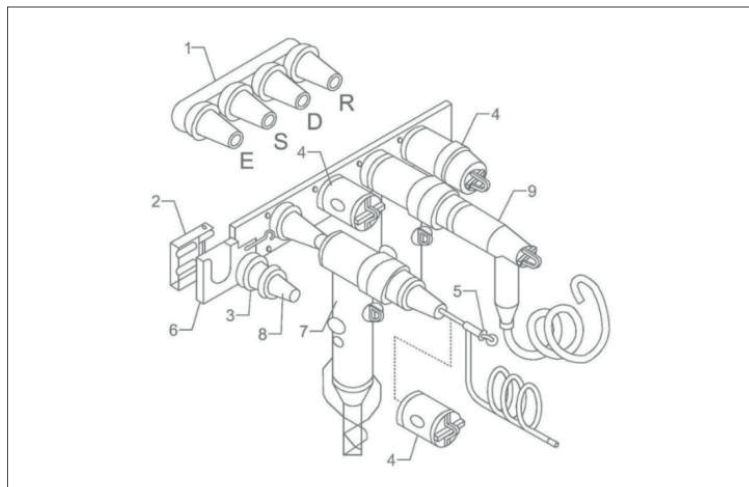
3.5.4. Instalación de barrajes

La instalación de los barrajes de media tensión para derivaciones de circuitos y empalmes de líneas subterráneas se realizará de la siguiente forma:

- E:** Entrada.
- S:** Salida.
- D:** Derivación o alimentación.
- R:** Reserva.

Como se puede notar en la **Figura 3.2.3.**

Ilustración 3.9. Detalles barrajes en media tensión.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Tabla 3.7. Elementos del barraje preformado para MT.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
(1)	Barraje preformado
(2)	Soporte del Montaje
(3)	Buje receptáculo de parqueo
(4)	Tapón protector para bujes operables con carga
(5)	Punta de prueba
(6)	Base
(7)	Terminal tipo codo
(8)	protector de polvo
(9)	Terminal tipo codo para puesta a tierra

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Tabla 3.8. Características eléctricas y de aislamiento del barraje.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Tensión Nominal	kV	15
Corriente Nominal	A	600
Color		Negro
Material/ Aislamiento		EPDM
Temperatura máxima de operación	°C	- 40 a +65

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Es importante considerar que la cámara a utilizar para la instalación de barrajes de media tensión deberá ser la ECRS-03 Cámara tipo barraje.

3.5.5. Montaje de equipos de maniobra y protección

3.5.5.1. Protección Contra Sobreintensidades:

Se utilizarán cortacircuitos fusibles de expulsión/seccionadores accionables por pértiga con una intensidad nominal acorde con las necesidades de la instalación, auto seccionadores o reconectores en las transiciones de red aérea a subterránea y en la red subterránea, seccionadores sumergibles de dos y tres vías con capacidad de protección de sobrecorriente, caja de maniobra tipo pedestal.

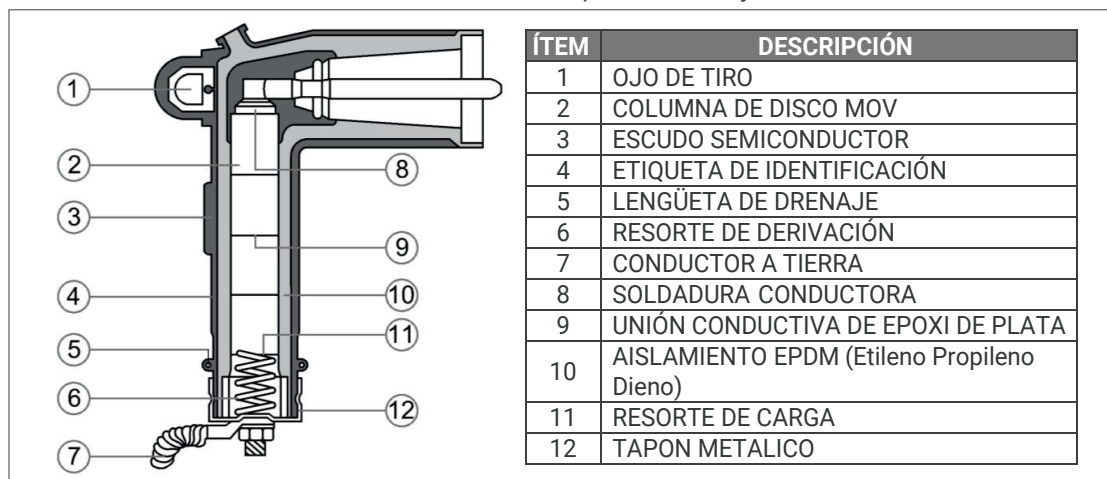
Para más detalle de protecciones ver la sección “4.5 Protección y seguridad” del capítulo 4 del presente documento.

3.5.5.2. Protección Contra Sobretensiones:

La protección contra sobretensiones se realizará mediante la instalación de descargadores de sobretensión en los sitios de transición. Se colocará un juego de descargadores de sobretensión en la línea aérea, en el mismo herraje que los terminales del conductor a proteger y según se indica en la norma ECRS-30

En los transformadores ubicados en las cámaras subterráneas se instalarán juegos de DPS tipo codo.

Ilustración 3.10. Detalles DPS tipo codo 34.5 y 13.8/13.2 kV.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

3.5.6. Tipos de conductores para instalaciones subterráneas en media tensión

Para redes de distribución primaria de 34.5 kV, se permiten únicamente conductores de cobre aislados a 35 kV certificado para instalaciones subterráneas. Los conductores pueden ser monopoles o tripolares. El aislamiento debe ser XLPE o EPR.

Para las redes de distribución primarias de 13.2 kV se permiten únicamente conductores de cobre, aislados a 15 kV certificados para instalación subterránea. Los conductores pueden ser monopoles o tripolares. El aislamiento debe ser XLPE (Polietileno de cadena cruzada (cross-linked polyethylene) o EPR (caucho de etileno propileno (ethylene propylene Rubber). Si las redes subterráneas son susceptibles de inundaciones, debido a la vulnerabilidad de los conductores con aislamiento XLPE a la humedad, entonces se debe utilizar aislamiento tipo ERP.

Tabla 3.9. Calibres mínimos y máximos permitidos para redes subterráneas en Media Tensión.

CALIBRES PERMITIDO PARA REDES SUBTERRÁNEAS		
NIVEL DE TENSIÓN	CALIBRE MÍNIMO PERMITIDO	CALIBRE MÁXIMO PERMITIDO
34,5 kV	4/0 AWG	500 KCMIL
13,2 kV	2 AWG	4/0 AWG

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Tabla 3.10. Características eléctricas de conductores monopoles de cobre para media tensión, con nivel de aislamiento 100%, polietileno reticulado (90°) - (1).

CALIBRE (AWG/MCM)	DIÁMETRO mm ²	I (AMPERIOS)	
		CABLE 15 kV	CABLE 35 kV
2	39,25	172	168
1/0	53,5	225	218
2/0	67,44	256	248
3/0	85,02	297	282
4/0	107,21	343	237
350	177,4	471	428
500	253,4	488	470

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Tabla 3.11. Características físicas y mecánicas de conductores monopoles de cobre para media tensión, con nivel de aislamiento 100%, polietileno reticulado (90°) - (1).

CALIBRE CONDUCTOR DE COBRE MM ² (AWG-KCM)	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)		SECCIÓN CONDUCTOR (mm ²)		PESO (kg/km)	
	CABLE 15 kV	CABLE 35 kV	CABLE 15 kV	CABLE 35 kV	CABLE 15 kV	CABLE 35 kV
39.25 (2)	23.8		33.63	--	820.5	
53.50 (1/0)	25.7	34.3	53.46	53.46	1059	1468

67.44 (2/0)	26.8	35.4	67.44	67.44	1224	1643
85.02 (3/0)	28.1	36.7	85.02	85.02	1439.9	1860
107.21 (4/0)	293	37.9	107.22	107.22	1682.5	2112
177.4 (350)	32.8	41.4	177.31	177.31	2451	2903
253.4 (500)	36	46.1	253.35	253.35	3234	3874

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

(1) Estos datos son aproximados.

3.5.7. Cálculo eléctrico media tensión

3.5.7.1. Capacidad de corriente de los conductores de Media Tensión:

Según la NTC 2050, Tabla 310.60(C)(77) (para conductores de cobre) y la Tabla 310.60(C)(78) (para conductores de aluminio), se tiene la capacidad de corriente (ampacidad) de tres conductores, individualmente aislados, en ductos eléctricos subterráneos.

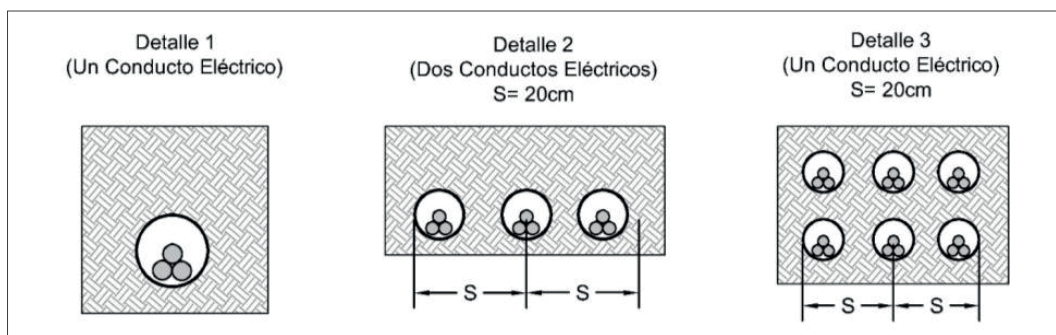
Tabla 3.12. Capacidades de corriente, en amperios, para conductores monopoles subterráneos en media tensión.

CALIBRE DEL CONDUCTOR (AWG o kcmil)	MATERIAL	UN CIRCUITO (VER Ilustración 3.11 DETALLE 1) 90°C	TRES CIRCUITOS (VER Ilustración 3.11 DETALLE 2) 90°C	SEIS CIRCUITOS (VER Ilustración 3.11 DETALLE 3) 90°C
2	Cu	155	130	105
1/0	Cu	200	165	135
2/0	Cu	230	185	150
4/0	Cu	295	240	190
250	Cu	325	260	210
350	CU	390	310	245
500	CU	465	370	290

Fuente: Tomado de NTC 2050 Tabla 310.60(C)(77) y Tabla 310.60(C)(78).

Las capacidades de corriente pueden variar según la configuración y disposición del conductor, se muestran los detalles de bancos de ductos mencionados en la Figura 310.60 de la NTC 2050, segunda actualización.

Ilustración 3.11. Detalles de bancos de ductos eléctricos.



Fuente: Tomada de Figura 310.60.de la NTC 2050 segunda actualización, Dimensiones para la instalación del cable para el uso con la Tabla 310.60(C)(77) a Tabla 310.60(C)(86).

La temperatura del conductor aumenta de manera normal hasta tanto la tasa de disipación de calor esté balanceada con respecto a las pérdidas por calor generadas en él, debido al paso de la corriente eléctrica. Antes de que el conductor se derrita, habrá otros daños permanentes en sus características; la constante de tiempo del fenómeno es del orden de algunos minutos y entonces transcurrirá bastante tiempo antes de que se presenten daños permanentes.

3.5.7.2. Verificación de la ampacidad:

Para el caso en que se requiera la verificación de la capacidad de corriente de los conductores de media tensión, se deberá emplear lo recomendado por la IEEE 835 y se tomarán en cuenta las Corrientes indicadas en la tabla 310.15(B)(16) (Antes Tabla 310.16), dela NTC 2050. y aplicando los factores de corrección, respecto a la temperatura del conductor, temperatura ambiente, resistencia de corriente continua, pérdidas del dieléctrico por aumento de la temperatura, resistencia térmica efectiva y componente de resistencia de corriente alterna.

3.5.7.3. Factores de corrección para la capacidad de corriente en Media Tensión:

Siempre que la longitud de la instalación bajo ducto no exceda los 15 metros, no se aplican factores de corrección con respecto a la intensidad admisible. Cuando la longitud del conducto supere los 15 metros, se tomará la Tabla 3.12 para la aplicación de los siguientes factores de corrección:

3.5.7.3.1. Factor de corrección por profundidad de enterramiento:

Cuando se modifica la profundidad de enterramiento, de circuitos en bancos de ductos eléctricos, en relación con los valores presentados en la Tabla 3.13, se permite modificar las capacidades de corriente tal como se indica a continuación:

- Si la profundidad de enterramiento es mayor que la indicada en la Tabla 3.13, a la capacidad de corriente se le debe aplicar un factor de corrección del 6 % por cada 0,3 m de aumento en la profundidad.
- Si aumenta la profundidad de enterramiento en partes de un tramo del ducto eléctrico existente, no es necesario reducir la capacidad de corriente de los conductores, siempre que la longitud total de las partes del tendido del ducto en que se aumenta la profundidad sea menor al 25% de la longitud total de tendido.

Tabla 3.13. Profundidad de enterramiento para ductos en redes subterráneas de media tensión.

TENSIÓN FASE-FASE (V)	PROFUNDIDAD DEL DUCTO (m)
13200	0.75
34500	

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

3.5.7.3.2. Factor de corrección por temperatura:

En la **Tabla 3.14** se muestran los factores de corrección para las diferentes temperaturas del terreno.

Tabla 3.14. Factores de corrección por temperatura del terreno

TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	60 °C	75 °C	90 °C
21–25	1.08	1.05	1.04
26–30	1.00	1.00	1.00
31–35	0.91	0.94	0.96
36–40	0.82	0.88	0.91
41–45	0.71	0.82	0.82
46–50	0.58	0.75	0.76
51–55	0.41	0.67	0.71
56–60	–	0.58	0.65

Fuente: Tomada de la NTC 2050- segunda versión, Tabla 310.15(B)(2)(a) Factores de corrección de temperatura ambiente basada en 30 °C.

Nota: Límites de temperatura de los conductores. Ningún conductor se debe utilizar, de modo que su temperatura de funcionamiento supere la al que pertenezca. Tomado de la NTC 2050 segunda actualización, artículo 310, 310.15 (A-3).

Tabla 3.15. Factores de corrección por agrupamiento de Conductores.

CANTIDAD DE CONDUCTORES	PORCENTAJE DE LOS VALORES DE LAS TABLAS 310.15(B)(16) HASTA 310.15(B)(19) AJUSTADOS PARA LA TEMPERATURA AMBIENTE, SI FUERA NECESARIO
4-6	80%
7-9	70%
10-20	50%
21-30	45%
31 - 40	40%
41 y más	35%

Nota: La cantidad de conductores es la cantidad total de conductores en la canalización o cable, incluidos los conductores de reserva. El recuento debe ser ajustado de acuerdo con lo establecido en las secciones 310.15(B)(5) y (6). El recuento no debe incluir conductores que estén conectados a componentes eléctricos, pero que no puedan ser energizados simultáneamente

Fuente: Tomada de la NTC 2050- segunda versión, Tabla 310.15(B)(3)(a) Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente.

3.5.7.4. Cálculo de potencia de transporte:

La potencia que puede ser transportada por una línea trifásica equilibrada está limitada por la intensidad máxima.

Por lo tanto, la potencia máxima será:

$$P_{\max} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\max} \cdot \cos\theta \quad \text{Ecuación 1}$$

P_{max}: Potencia máxima de transporte (kW).

U: Tensión fase-fase (kV).

I_{max}: Intensidad máxima (A).

Cos θ: Factor de potencia.

Ejemplo práctico de cálculo

Para calcular la potencia de transporte en un sistema eléctrico, es necesario conocer ciertos parámetros del sistema.

$$U = 13.2 \text{ kV}$$

$$I_{\max} = 50 \text{ A}$$

$$\cos \theta = 0.9$$

Reemplazando los datos en la formula, se tiene lo siguiente:

$$P_{\max} = \sqrt{3} * 13.2 \text{ kV} * 50\text{A} * 0.9$$

$$P_{\max} = 1028.8 \text{ W}$$

$$P_{\max} = 1.028 \text{ KW}$$

3.5.7.5. Cálculo de Porcentaje de pérdidas de potencia:

El porcentaje de pérdidas de potencia en circuitos trifásicos se calcula con la siguiente fórmula:

$$p = 3 * i * R * l * F_{\text{perdidas}} \quad \text{Ecuación 2}$$

El porcentaje de pérdidas de potencia en circuitos monofásicos trifilares se calcula con la siguiente fórmula:

$$p = \frac{3}{2} * i^2 * R * l * F_{\text{perdidas}} \quad \text{Ecuación 3}$$

El porcentaje de pérdidas de potencia en circuitos monofásicos bifilares se calcula con la siguiente fórmula:

$$p = 2 * i^2 * R * l * F_{\text{perdidas}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

p: Pérdida de potencia activa [W] .

i: Corriente nominal por el conductor [A].

R: Resistencia del conductor [Ohm/km].

l: Longitud del tramo considerado [km].

F_{perdidas} : Factor de pérdidas.

$$F_{\text{perdidas}} = 0.7 F_c^2 + 0.3 F_c \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

F_{Carga} : Factor de carga

$$F_c = \frac{\text{Potencia _ Promedio (KVA)}}{\text{Potencia _ Maxima (KVA)}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Para detalle de los porcentajes de perdidas ver sección “2.1.2.1.1 Factores de perdidas reconocidas por la CREG”, del capítulo 2 “Redes Aéreas”, del presente documento.

3.5.7.6. Regulación de tensión, constante k de redes subterráneas:

Para determinar la regulación de tensión en las redes subterráneas, se deben tomar las constantes K, del anexo: Constantes de regulación del presente documento, y se calcula teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$\% \Delta V = K * P * L \quad \text{Ecuación 7}$$

Dónde:

L: Longitud del tramo analizado, [metros].

P: Potencia de la carga concentrada para el tramo [kVA].

3.5.8. Transiciones aéreo a subterráneo

En toda transición, ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. exige terminales premoldeados certificados y adecuados para el calibre de conductor. Para los extremos de los conductores monopoles de media tensión, debidamente instalados con todos los elementos que los proveedores recomiendan.

Según las condiciones, a juicio de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P., los terminales serán de tipo interior o exterior, seleccionados adecuadamente para la tensión y el calibre del conductor. La utilización de los terminales permite reducir los esfuerzos eléctricos a los cuales es sometido el aislamiento del conductor monopolar de media tensión una vez se interrumpe y retira la pantalla metálica; proporciona, además, la distancia de fuga apropiada y da hermeticidad al conductor en el punto de transición (frontera).

Las acometidas subterráneas de media tensión que se deriven de redes aéreas incluirán en la transición las características incluidas en la siguiente tabla:

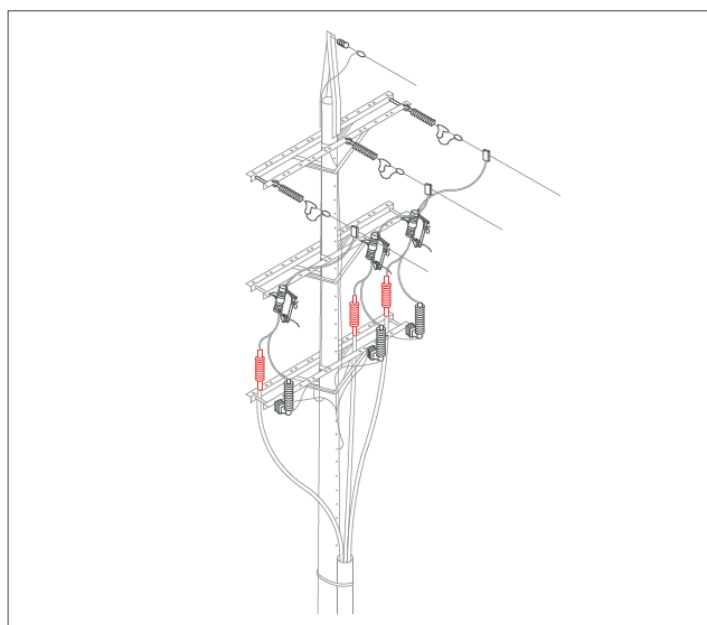
Tabla 3.16. Requisitos mínimos para transiciones aérea subterránea.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
Dispositivos de Protección contra Sobretensiones Transitorias (DPS) de óxido de zinc y cortacircuitos	Los bajantes a tierra de los DPS deberán conectarse sólidamente al electrodo mediante conector o soldadura.
Terminal (juego completo). Premoldeado tipo exterior	Seleccionado según la tensión de la red y el calibre del conductor monopolar de media tensión.

Capacete metálico / Espuma de poliuretano / Bota termocontráctil.	Elemento para evitar entrada de agua
Bajante en tubería IMC	asegurada al poste con collarines o con cinta metálica y hebillas de acero inoxidable.
Transición aérea subterránea	Se debe instalar un ducto de reserva desde la cámara al poste en curva de gran radio (90°) PVC, con salida del ducto protegida con un dado en concreto de mínimo 10 cm de altura, y sellado con resina epóxica. Y asegurado al poste y se borra de arriba
Puesta a tierra	Materiales del libro 3, capítulo 1, Tabla 3.12.2.2.a. del RETIE 2024: "Constantes de Materiales" y aceptados por ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P., y varilla de cobre de 16 mm (5/8") x 2,40 m de longitud.
Ducto expuesto IMC	Debidamente marcado con la franja de color naranja de mínimo 10 cm, conforme al RETIE, libro 3, artículo 3.17.6 literal a.

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 3.12. Detalles transición aérea subterránea



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Nota: Para mayor detalle ver norma anexa ECSR-30

3.6. Redes subterráneas de baja tensión (BT)

3.6.1. Cámaras y cajas para Redes de baja tensión

3.6.1.1. Aspectos y generalidades civiles de las cámaras:

Las cámaras son estructuras construidas inmediatamente bajo el nivel del piso (andén, césped o calzada) que cuentan con una tapa (En material concreto, acero o polimérico) que permite el acceso para realizar labores de tendido, mantenimiento y supervisión de los conductores, ductos y demás componentes de las redes subterráneas. Se deben construir en concreto con resistencia mínima de 28 MPa.

Las cámaras, dependiendo de su uso, podrán ser de paso o inspección, de derivación, o para instalación de equipos de maniobra y transformadores subterráneos.

Los criterios de obra civil para la proyección de las cámaras normalizadas por ELECTROCAQUETÁ serán los siguientes:

- Todas las cámaras deberán tener fácil acceso para inspección y mantenimiento.
- Las cámaras se ubicarán preferiblemente en andenes o zonas verdes. La máxima distancia entre cámaras será de 40 m, pero, dependiendo de las condiciones específicas, ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. permitirá su modificación dependiendo del análisis técnico y con las recomendaciones del caso.
- La construcción de las cámaras tipo vehiculares, se realizará únicamente después de llevar a cabo un respectivo análisis que concluya que no es posible su construcción en ubicaciones de andén o zona verde.
- Las cámaras de inspección en lo posible deben quedar localizadas en los linderos de los predios, con el fin de evitar que queden ubicadas en zonas de ingreso de vehículos.
- De manera general, no se permite la construcción de cámaras en sitios donde pueda haber inundaciones o acumulación de material por escorrentía o sedimentación. En el caso que no se tenga otra alternativa, se deberán implementar las medidas necesarias para garantizar la no llegada o ingreso de estos materiales y/o líquidos a la cámara.

Las tapas deben tener mecanismos de sujeción a las cámaras para evitar el ingreso de personas no autorizadas, evitar accidentes peatonales y vehiculares.

Las cámaras en las redes subterráneas de ELECTROCAQUETÁ S.A. E.S.P. se pueden categorizar según su nivel de tensión de la siguiente manera:

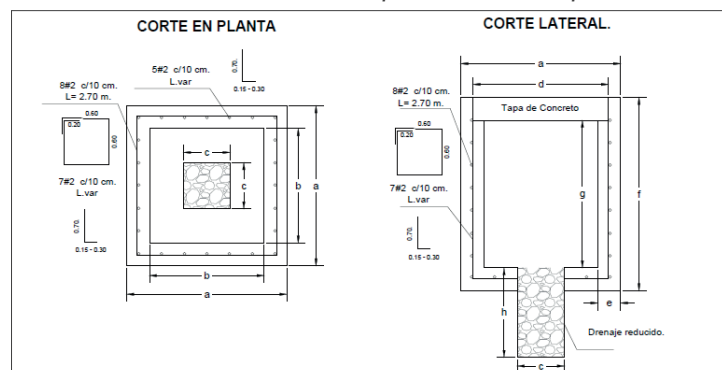
3.6.1.1.1. Cámara para alumbrado público:

Esta cámara tendrá unas dimensiones de 0.7 x 0.7 m, y una profundidad de 0.8 m, y se utilizará para redes de alumbrado público.

Principalmente para instalación en zonas verdes y andenes.

Nota: para mayor detalle consultar la norma ECRS-07.

Ilustración 3.13. Cámara para alumbrado público.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

3.6.1.1.2. Cámaras para nivel de tensión 1:

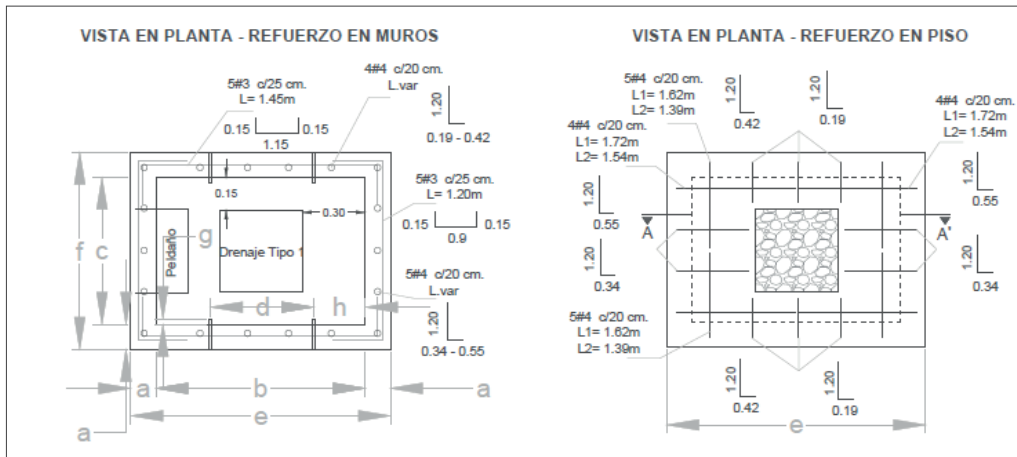
Cámara Sencilla ECRS-06

Esta caja tendrá unas dimensiones de 1.0 x 0.7 m y una profundidad de 1.15 m, se utilizarán en redes de baja tensión.

Principalmente para instalación en zonas verdes y andenes

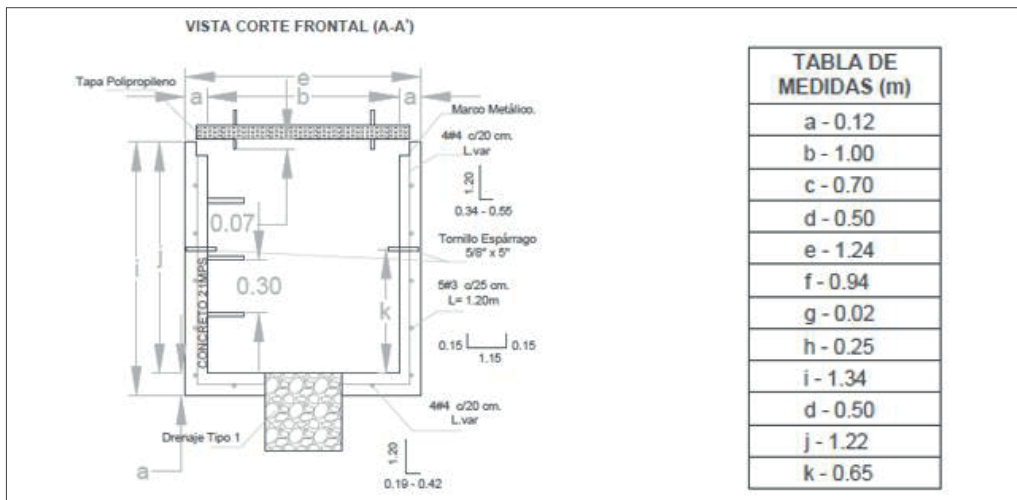
Nota: Para mayor detalle consultar la norma ECRS-06

Ilustración 3.14. Vista en planta cámara sencilla ECRS-06.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

Ilustración 3.15. Vista corte frontal cámara sencilla ECRS-06.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

3.6.2. Tipos de conductores para instalaciones subterráneas en baja tensión

Para las redes de distribución secundarias se permiten conductores de cobre o aluminio serie 8000 aislado a 600V certificado para instalación subterránea. El aislamiento puede ser PVC y deben soportar ambientes húmedos.

Si las redes subterráneas son susceptibles a inundaciones, debido a la vulnerabilidad de los conductores con aislamiento XLPE a la humedad, se debe utilizar aislamiento tipo EPR.

Nota: En ningún caso se permite la instalación de conductores que no sean aptos para redes subterráneas, como los conductores trenzados o similares, los cuales están destinados exclusivamente para instalaciones aéreas.

A continuación, se presenta una tabla con los valores típicos de tendido y halado para conductores subterráneos desde 6 AWG hasta 4/0 AWG. Estos valores incluyen el diámetro del conductor, la fuerza máxima de halado, el radio mínimo de curvatura, y la velocidad máxima de halado.

Tabla 3.17. Valores típicos de tendido y halado de conductores, para redes subterráneas.

TAMAÑO DEL CONDUCTOR (AWG)	DIÁMETRO DEL CONDUCTOR (mm)	FUERZA MÁXIMA DE HALADO (N)	RADIO MÍNIMO DE CURVATURA (mm)	VELOCIDAD MÁXIMA DE HALADO (m/min)
6 AWG	4.11	600	41	10
4 AWG	5.19	800	52	10
2 AWG	6.54	1000	65	10
1/0 AWG	8.25	1500	83	10
2/0 AWG	9.27	1800	93	10
3/0 AWG	10.40	2100	104	10
4/0 AWG	11.68	2400	117	10

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

3.6.3. Disposiciones generales

Los calibres de los conductores se deben seleccionar de acuerdo con la corriente nominal que conducirán. La capacidad nominal de los circuitos no debe ser menor al 125% veces la carga de operación.

Se deben tener en cuenta los factores de ajuste por temperatura de operación de los conductores, así como el número de conductores en una canalización.

Los conductores no deben operar a una temperatura mayor a la de diseño del elemento asociado al circuito eléctrico (canalizaciones, accesorios, dispositivos o equipos conectados) que soporte la menor temperatura, la cual en la mayoría de los equipos o aparatos no supera los 60°C, de acuerdo con el artículo 338.10 (4)(a) de la NTC 2050 segunda actualización.

Todos los conductores empleados en redes subterráneas cumplirán las Normas: NTC-1332: “Cables y alambres aislados con material termoplástico”; NTC-2186: “Electrotecnia. Alambres y cables aislados con polietileno reticular termoestable para transmisión y distribución de energía eléctrica”, y la NTC-2187: “Conductores de cobre redondos. Cableado concéntrico compactado”.

Todos los conductores de baja tensión deben ir identificados en donde hallan barrajes y puntos de conexión con el código de colores, de acuerdo con libro 3, título 5, tabla 3.5.a del RETIE 2024.

Tabla 3.18. Características físicas y mecánicas de los conductores.

MATERIAL	SECCIÓN (mm ²)	CALIB. COND. AWG	DIÁMETRO (mm)		PESO (Kg/Km)		I (AMPERIOS)
			DESNUDO	AISLADO	DESNUDO	AISLADO	
Aluminio	21.14	4	5.89	7.48	58	79	75
	33.62	2	7.42	9.82	72	131	100
	53.50	1/0	9.35	12.56	147	208	135
	67.44	2/0	10.52	13.70	184	253	150
	85.02	3/0	11.79	14.99	234	313	175
	107.21	4/0	13.26	16.46	295	386	205
Cobre	8.36	8	3.70	6.90		117	55
	13.29	6	4.66	7.86		169	75
	21.14	4	5.88	9.08		252	95
	33.62	2	7.42	10.62		382	130
	53.50	1/0	9.46	13.46		609	170
	107.21	2/0	13.40	17.40		1150	195

* **Nota:** Estos datos son aproximados.

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

3.6.4. Transformadores sumergibles y semi-sumergibles

Toda subestación eléctrica alojada en cuartos, sótanos, debe contar con los elementos de drenaje o bombeo que impida la inundación; en caso de que esta condición no se pueda garantizar, el equipo debe ser tipo sumergible.

Los transformadores sumergibles deben cumplir la norma ANSI C57.12.24.,

- Sus potencias normalizadas son 75 kVA, 150 kVA, 225 kVA, 300 kVA, 500 kVA, 750 kVA, 1000 kVA, 1500 kVA, 2000 kVA y 2500 kVA. El tanque deberá ser fabricado de acero inoxidable tipo 304.
- Se permite la conexión de estos transformadores hasta 400KVA en nivel de tensión 13.2KV, para potencias mayores se debe realizar la conexión a 34.5KV.
- Las potencias hasta 400 KVA con relación de transformación 13,2/0.22-0.127 kV, a partir de 500 KVA, la relación de transformación será 34.5/13.8kV.

Su construcción requiere de una cámara subterránea para albergar el transformador y los equipos de protección y seccionamiento, los cuales deberán funcionar en condiciones de inundación, en algunos casos, al igual que en las subestaciones tipo pedestal, el equipo de protección y seccionamiento viene unido al transformador.

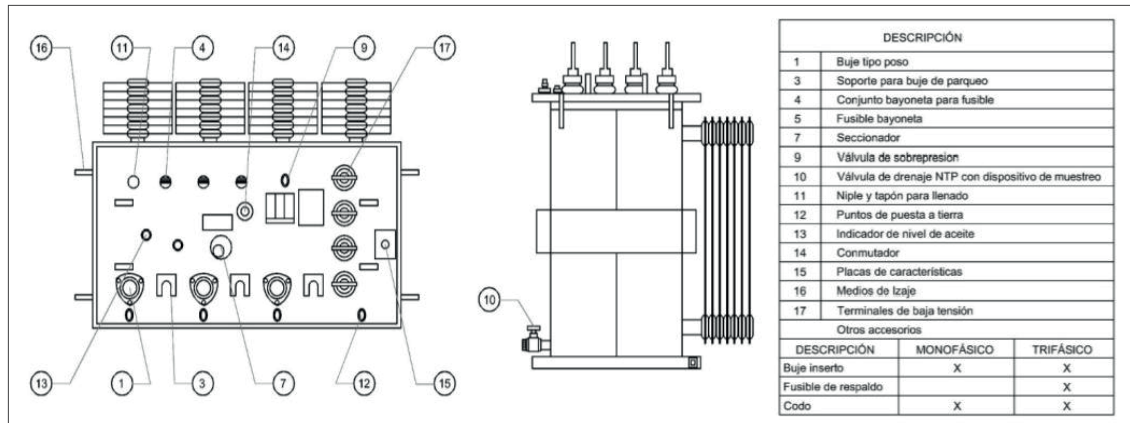
Existen dos tipos de subestación subterránea:

- Parcialmente sumergibles, ocasionalmente pueden funcionar bajo condiciones de inundación en la cámara, el equipo debe de estar protegido a una inmersión temporal IP X7 (protegida contra los efectos de la inmersión) y la bóveda o cámara debe garantizar el drenaje ante una inundación en un tiempo menor al soportado por el equipo.

- Sumergibles, pueden permanecer sumergidas durante largos periodos de tiempo, tanto el transformador como los equipos asociados a la maniobra deben de ser de tipo IP X8 (protegida contra los efectos de la inmersión prolongada).

Nota: Para más detalle ver NORMA ECRS-31

Ilustración 3.16. Detalles transformadores sumergibles y semi-sumergibles.



Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

En las subestaciones subterráneas las conexiones eléctricas no deberán poseer partes vivas expuestas (frente muerto) tanto en media como en baja tensión; cuando el equipo de protección y seccionamiento no es incorporado al transformador, se dispondrá de una caja de maniobra o seccionador en aceite mineral, vegetal o en vacío, tipo sumergible y con palanca exterior para la operación bajo carga. El seccionador que se implemente deberá permitir la apertura bajo carga.

Las partes metálicas no conductoras de todos los equipos eléctricos estarán debidamente conectadas al sistema de puesta a tierra.

3.6.5. Barrajes para baja tensión

El barraje estará compuesto por un cuerpo hecho de materiales sintéticos, ya sea de polipropileno o de EPDM (caucho de etileno propileno dieno), aislante que garanticen la resistencia a los rayos UV, al impacto, a los ambientes agresivos, a las perforaciones, a los agentes químicos dañinos y a la corrosión.

El barraje BT debe ser de la calidad suficiente para cumplir las propiedades químicas, propiedades mecánicas, propiedades eléctricas y dimensionales señaladas en esta especificación.

El barraje contará con los puertos de entrada de cables que se requieran a la hora de la instalación y admitirán rangos de calibres de conductores desde # 6 AWG a 500 MCM.

El barraje debe garantizar la buena fijación del cable al mismo, con sus respectivos tapones protectores que sellen herméticamente al conector y el cable para evitar el ingreso de oxígeno, humedad y agentes químicos que conlleven al deterioro del barraje.

El barraje debe contar con los medios que sirvan de soporte para su sujeción en pared por medio de chazos con un material que garantice la completa resistencia a los esfuerzos a los que pueda ser sometido dependiendo del número de conductores que sean conectados. El soporte en caso

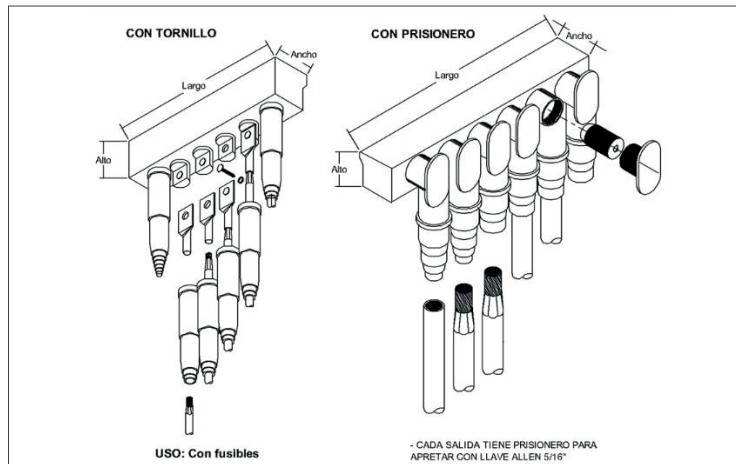
de ser metálico debe ser de acero inoxidable, los tornillos independientemente del material con el que sea construido el soporte deberán ser de acero inoxidable debido a su función adicional de ser sumergibles.

Tabla 3.19. Características eléctricas y de aislamiento del barraje.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Tensión Nominal	V	600
corriente Nominal	A	500
Color		Negro
Espesor	mm	3,453
Elongación de Rotura	%	635
Temperatura Máxima De operación	°C	90

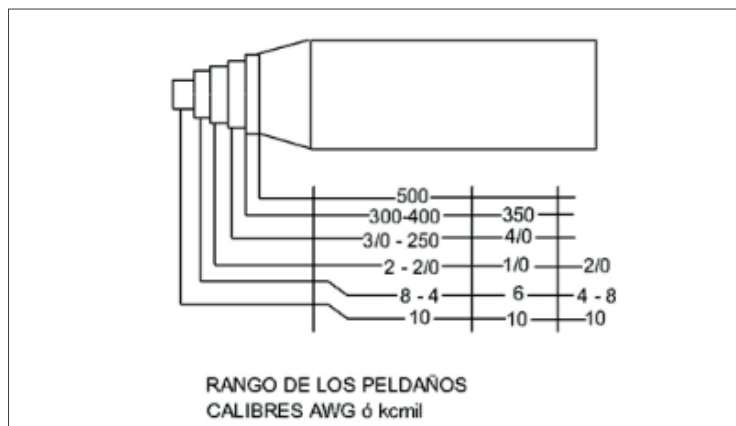
Fuente: Norma Técnica IPSE.

Ilustración 3.17. Imágenes de referencia: Detalles barrajes en baja tensión.



Fuente: Norma Técnica IPSE.

Ilustración 3.18. Rango de los peldaños barrajes para baja tensión.



Fuente: Norma Técnica IPSE.

En las redes subterráneas de distribución eléctrica, cada fase debe cumplir rigurosamente con el código de colores establecido por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE 2024,

libro 3, título 5, tabla 3.5.a. Este reglamento exige que se utilicen colores específicos para identificar cada fase, garantizando así la correcta identificación y seguridad durante la instalación, mantenimiento y operación de los sistemas eléctricos.

3.7. Puesta a tierra

En los sistemas de distribución subterránea, los conductores y equipos o elementos no están expuestos a descargas atmosféricas ni condiciones de falla a tierra como si es el caso para los sistemas de distribución en aire, de acuerdo con esto la puesta a tierra para las redes subterráneas deberá garantizar la seguridad de las personas y el correcto funcionamiento de los equipos y elementos en las instalaciones brindando equipotencialidad al sistema.

Para las redes en baja y media tensión, se debe instalar sistema de puesta a tierra en las cámaras y cajas donde se instalen barrajes y en los terminales de circuitos, para baja tensión el conductor a tierra debe ser calibre #8 en cobre, para media tensión el conductor mínimo debe ser #4 en cobre.

3.7.1. Puesta a tierra de pantalla

En el recorrido del conductor la pantalla metálica se debe conectar a tierra a la salida de la subestación y en cada punto de corte del conductor. Las tres pantallas se deben unir mediante un conector y con un conductor de tierra se debe hacer la conexión al sistema de puesta a tierra (Malla, varilla).

Si el extremo del circuito subterráneo definido para la conexión a tierra de las pantallas no está dentro de una subestación, se deberá diseñar una malla de puesta a tierra considerando las características del sitio y haciendo uso de configuraciones que implementen electrodos de puesta a tierra y/o contrapesos.

3.7.2. Pantalla - Neutro concéntrico

Para los circuitos de distribución en media tensión donde las corrientes de fase no estén completamente balanceadas, se deberá implementar un conductor monopolar con pantalla neutro concéntrico. Este tipo de pantalla corresponde a un conjunto de hilos de cobre que además de ejecutar la función de blindaje actúan como conductor de neutro en el sistema. Dicho conductor monopolar se deberá seleccionar con Neutro Concéntrico al 33% que significa que los hilos de la pantalla suman un área equivalente a 1/3 (un tercio) del área del conductor de fase y que en conjunto con las dos fases restantes del sistema suma un área de neutro equivalente al área de la sección transversal del conductor de fase. Para sistemas monofásicos se utilizará el Neutro Concéntrico 100% que significa que los hilos de la pantalla suman un área equivalente al área de la sección transversal del conductor.

3.7.2.1. Elementos del sistema de puesta a tierra para sistemas de distribución subterráneo:

3.7.2.1.1. Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias (DPS):

Toda subestación (transformador) y toda transición de línea aérea a conductor aislado de media tensión deben disponer de DPS. Para su instalación se debe tener en cuenta que la distancia entre sus bornes y los del equipo a proteger debe ser lo más corta posible, de tal manera que la inductancia sea mínima.

Se permite instalar DPS en interiores o exteriores, pero deben ser inaccesibles para personas no

calificadas. La capacidad de cortocircuito del DPS debe estar coordinada con la capacidad de falla en el nodo donde va a quedar instalado.

En media tensión los conductores de puesta a tierra, que acompañe el circuito no deben ser calibre inferior a 4 AWG, y el conductor del electrodo debe ser mínimo calibre #8.

3.7.2.1.2. Electrodo o varillas de puesta a tierra:

Se deberán fabricar con una base de acero recubierto de cobre del grado y calidad adecuada con los requisitos que establece la norma NTC 2206. El acero de la barra será de acuerdo con la norma ASTM A370.

El recubrimiento se realizará con cobre puro o aleación de cobre, la cual contendrá al menos un 80% de cobre, además de ser adecuado para penetrar en tierra y que sea resistente a los efectos corrosivos del suelo húmedo.

La sección transversal de la varilla será circular, esta forma cilíndrica será lisa sin sufrideras ni manguitos. La longitud de la varilla será de 8' (2438 mm) con una tolerancia de 0 a 16 mm. El diámetro estará de acuerdo con lo establecido en la norma NEMA GR-1.

3.7.2.1.3. Conectores:

El conector de cobre estañado debe ser para uso principal en cobre, por lo tanto, debe ser fabricado en cobre o aleación de cobre electrolítico de alta pureza 99.9 %, con recubrimiento de estaño electrolítico.

El material del conector bimetálico debe ser para uso indiferente de aluminio ó cobre, por lo tanto, debe ser fabricado en un material que garantice su uso bimetálico. Para los conectores bimetálicos se exige que se suministren con las ranuras para el alojamiento de los conductores cubiertos con una capa de grasa conductora inhibidora de la corrosión (grasa de contactos). Así mismo para evitar la pérdida de esta grasa debe llevar un tapón plástico. La grasa conductora inhibidora de la corrosión deberá ser neutra, con un punto de escurrimiento, en más de 110° C y responder a lo indicado en la norma ASTM D 566 o similar.

Tabla 3.20. Características de conectores típicos para sistemas de puesta a tierra.

TIPO DE CONECTOR	MATERIAL	TAMAÑO DE VARILLA COMPATIBLE	TAMAÑO DE CONDUCTOR COMPATIBLE	REVESTIMIENTO	RESISTENCIA A LA CORROSIÓN	MÉTODO DE INSTALACIÓN
Tipo U	Cobre	1/2" a 5/8"	6 AWG - 4/0 AWG	Estaño	Alta	Tornillo de Ajuste
Tipo C	Bronce	1/2" a 3/4"	8 AWG - 250 kcmil	Ninguno	Alta	Tornillo de Ajuste
Tipo H	Cobre	5/8" a 1"	4 AWG - 500 kcmil	Estaño	Alta	Tornillo de Ajuste
Tipo Split Bolt	Latón	1/2" a 1"	6 AWG - 350 kcmil	Ninguno	Media	Llave Inglesa
Tipo Mecánico	Acero	1/2" a 1"	8 AWG - 750 kcmil	Galvanizado	Alta	Tornillo de Ajuste
Tipo de Presión	Cobre	1/2" a 3/4"	6 AWG - 300 kcmil	Estaño	Alta	Herramienta Especial
Tipo de Empalme	Bronce	1/2" a 1"	4 AWG - 500 kcmil	Ninguno	Alta	Herramienta Especial

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.



3.7.2.1.4. Sistema para conexiones con soldadura exotérmica:

Este sistema se utilizará para realizar la conexión eléctrica entre dos conductores o entre un conductor y la varilla de puesta a tierra manteniendo la conductividad y evitando la corrosión en los puntos de unión de la malla de puesta a tierra.

La calidad de la conexión debe ser de características tales, que pueda ser considerada eléctricamente como si se tratara de un elemento continuo. Las conexiones deben ser permanentes, no deben aflojarse o corroerse (unión molecular permanente), deben soportar corrientes de falla sin dañarse y conducir corriente igual a los elementos continuos. Para realizarla conexión no debe requerirse de una fuente externa de poder o de calor, por lo tanto, el sistema debe traer su propia fuente de encendido.

La siguiente tabla muestra las conexiones más típicas, usando soldadura exotérmica.

Tabla 3.21. Tipos de conexiones para SPT usando soldadura exotérmica

TIPOS DE CONEXIÓN CON SOLDADURA EXOTÉRMICA			
			
CONEXIÓN LINEAL	CONEXIÓN EN TEE	CONEXIÓN EN EQUIS	CONEXIÓN PASANTE EN EQUIS
			
CONEXIÓN PASANTE DOBLE	CONEXIÓN CON DERIVACIÓN A TOPE	CONEXIÓN PASANTE CON DERIVACION	CONEXIÓN CON DERIVACIÓN A TOPE
			
CONEXIÓN PASANTE POR TOPE	CONEXIÓN CON DERIVACIÓN ELEVADA	CONEXIÓN CON DERIVACIÓN ELEVADA	CONEXIÓN HORIZONTAL CABLE PASANTE A BARRA

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

La selección de los gramos de soldadura exotérmica para un sistema de puesta a tierra depende de varios factores, incluidos los materiales y el tamaño de los conductores a conectar, el tipo de conexión, y las especificaciones del fabricante del material de soldadura.

Tabla 3.22. Características técnicas para selección de soldadura exotérmica

TIPO DE CONEXIÓN	TAMAÑO DEL CONDUCTOR	TAMAÑO DE LA VARILLA	GRAMOS DE SOLDADURA
Cable a Varilla	2/0 AWG	5/8"	200 g
Cable a Cable	4/0 AWG	4/0 AWG	250 g
Cable a Placa	4/0 AWG	4" x 4"	200 g
Varilla a Varilla	5/8"	5/8"	150 g

Fuente: Electrocaquetá S.A. E.S.P.

*Valores de referencia.

Nota: la selección de los gramos de soldadura a utilizar debe ser verificada, teniendo en cuenta las características propias.

3.7.2.1.5. Consideraciones generales para el sistema de puesta a tierra:

Los elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas no podrán ser incluidos como parte de los conductores del sistema de puesta a tierra. Esto no los excluye de ser conectados a tierra.

Las conexiones que van bajo el nivel del suelo deberán ser realizadas con soldadura exotérmica o conector certificado para enterramiento directo conforme a la norma IEEE 837 o la norma NTC 2206.

Los conductores del sistema de puesta a tierra deben ser continuos, interruptores o medios de desconexión y cuando se empalmen, deben quedar mecánica y eléctricamente seguros mediante soldadura o conectores certificados para tal uso.

Los conductores de los cableados de puesta a tierra que por disposición de la instalación se requieran aislar, deben ser de aislamiento color verde, verde con rayas amarillas o identificados con marcas verdes en los puntos de inspección y extremos.

3.8. Cálculo eléctrico redes subterráneas media tensión

3.8.1. Capacidad de corriente de los conductores de Media Tensión

Ejemplo: Se debe alimentar un transformador trifásico de 400 KVA, relación de transformación 13200/220-127V, mediante una red en media tensión subterránea.

Para calcular la **corriente nominal** en el lado primario de un transformador trifásico de 400 kVA con una tensión de línea de **13,200 V** y un **factor de seguridad de 1.25**, seguimos los pasos a continuación:

Fórmula para corriente trifásica:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V} \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

- I:** Corriente en amperios (A).
- P:** Potencia nominal del transformador (en VA o kVA).
- V:** Voltaje de línea en el lado primario (en volts).

Paso 1: Cálculo sin factor de seguridad

La potencia del transformador es 400 kVA y el voltaje es 13,200 V.

$$I = \frac{400000}{\sqrt{3} * 13200} \approx 17.5 \text{ A}$$

3.8.2. Factor de seguridad

El factor de seguridad es 1.25. Por lo tanto, la corriente ajustada sería:

$$I_{\text{ajustada}} = 17.5 * 1.25 = 21.88 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta la **Tabla 3.9. Calibres mínimos y máximos permitidos para redes subterráneas en Media Tensión** del presente documento, se selecciona conductor No. 2 XLPE AWG, en cobre Aislado para 15 kV, ya que es el conductor mínimo permitido para redes 13.2 K

3.8.3. Factor de Corrección por temperatura

- Corriente nominal del conductor No. 2 AWG a 20°C: 155A
- Temperatura ambiente del sitio de instalación: 35°C

De la **Tabla 3.14 Factores de corrección por temperatura del terreno**, se toma el factor correspondiente para la temperatura del sitio de instalación del conductor; para este caso, el factor será: 0.96.

Aplicando el Factor de corrección por temperatura, para el conductor seleccionado, se tiene:

$$I_{\text{ajustada}} = 155 * 0.96 = 148.8 \text{ A}$$

La nueva corriente nominal del conductor para temperatura ambiente de 35°C será 148.8 Amperios.

Paso 4: Factores de corrección por agrupamiento de Conductores

Para el caso del ejemplo no se hace ajuste de corriente por agrupamiento de conductores, ya que solo se considera un circuito trifásico, compuesto por tres conductores, para el caso de un número mayor de conductores en un ducto, se deben tomar los porcentajes indicados en la **Tabla 3.15** del presente documento.