
	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 1 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

## Redes de Distribución Urbana


# **NTR-04** **REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -** **ASPECTOS ELÉCTRICOS**

ESSA – Área de Proyectos – Equipo CET




 ESSA Grupo epm	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 2 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

<b>CONTROL DE CAMBIOS</b>				
<b>Fecha</b>	<b>Naturaleza del cambio</b>	<b>Elaboró</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>
2021-04-15	Elaboración	Equipo CET – Área de Proyectos	Equipo CET – Área de Proyectos	Comité técnico ESSA
Grupo Homologación y Normalización CET: Adriana Marcela Ortiz Roa, Fredy Antonio Pico Sánchez, Álvaro Ayala Rodríguez, Gema Liliana Carvajal Jiménez				

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 3 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04


## CONTENIDO

1. OBJETIVO .....	6
2. ALCANCE .....	6
3. DEFINICIONES.....	6
4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	8
5. GENERALIDADES.....	8
6. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.....	9
7. CONDUCTORES .....	10
7.1. CONDUCTORES PERMITIDOS .....	10
7.2. INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLES EN LOS CONDUCTORES .....	11
7.3. CAÍDA DE TENSIÓN.....	11
7.4. PÉRDIDA DE POTENCIA .....	12
7.5. FACTORES DE CORRECCIÓN.....	13
7.5.1. FACTOR DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA.....	13
7.5.2. FACTOR DE CORRECCIÓN PARA MÁS DE 3 CONDUCTORES .....	13
7.6. MARCACIÓN DE CONDUCTORES.....	14
8. CONEXIONES ELÉCTRICAS .....	15
8.1. EMPALMES .....	16
8.2. BARRAJE PREFORMADO PARA BAJA TENSIÓN .....	16
8.3. TRANSFORMADOR DE POTENCIA .....	19
9. INSTALACIÓN DE CONDUCTORES EN DUCTOS .....	20
10. CAJAS DE INSPECCIÓN.....	22
11. PUESTA A TIERRA .....	23

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 4 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04


## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Documentos de referencia. ....	8
Tabla 2. Constantes de regulación para cables de aluminio y cobre .....	12
Tabla 3. Factores de corrección por temperatura .....	13
Tabla 4. Factores de corrección para más de 3 conductores .....	13
Tabla 5. Código de colores para conductores. ....	14
Tabla 6. Cantidad de ductos de reserva para una canalización .....	22
Tabla 7. Cajas de inspección .....	23
Tabla 8. Caja para tráfico vehicular .....	23
Tabla 9. Impedancias de puesta a tierra .....	23

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 5 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Leyenda general para marcación de conductores .....	15
Figura 2. Barraje de 4 vías .....	16
Figura 3. Caja y barraje de derivaciones .....	17
Figura 4. Barraje de derivaciones de 8 vías .....	17
Figura 5. Instalación de barraje de derivaciones en caja subterránea .....	18
Figura 6. Instalación barrajes secundarios de derivación (3x4) en caja.....	18
Figura 7. Instalación de barrajes secundarios de derivación (4x8) en caja.....	19
Figura 8. Transformador Pad Mounted, alimentación red secundaria subterránea.....	19
Figura 9. Llegada de ductos a cajas.....	21

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 6 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

## 1. OBJETIVO

Establecer los requisitos mínimos para el diseño eléctrico de redes subterráneas de baja tensión, cumpliendo con lo dispuesto en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).

## 2. ALCANCE

Esta norma tiene como alcance establecer los parámetros para el diseño de las redes subterráneas de baja tensión para atender la demanda de los usuarios finales de ESSA, de manera que se garantice una excelente calidad técnica y operativa.

Esta norma aplica a todas las instalaciones eléctricas nuevas, ampliaciones y remodelaciones que se realicen en redes de distribución.

## 3. DEFINICIONES

**Acometida:** derivación de la red local del servicio público correspondiente, que llega hasta el elemento de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el elemento de corte general.

**Alambre:** hilo o filamento de metal, trefilado o laminado, que se usa para conducir corriente eléctrica.

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


**Baja tensión (B.T):** Nivel de tensión menor o igual a 1000 V.

**Barraje de derivación:** barra de conexión de múltiples derivaciones, aislada para 600V, permite conexiones entre conductores de aluminio – aluminio y aluminio – cobre y diseñado para aplicaciones que requieran inmersión parcial o total en agua. El número de vías o derivaciones típicas son: 4, 6 y 8

**Cable aislado:** conjunto de alambres con aislamiento y entorchado por medio de capas concéntricas.

**Capacidad o potencia instalada:** también conocida como carga conectada, es la sumatoria de las cargas en kVA continuas y no continuas previstas para una instalación de uso final. Igualmente, es la potencia nominal de una central de generación, subestación, línea de transmisión o circuito de la red de distribución.

**Carga:** la potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 7 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

**Circuito:** conjunto de elementos, dispositivos y equipos eléctricos, interconectados entre sí, alimentados por la misma fuente de energía y con las mismas protecciones contra sobretensiones y sobrecorrientes. Los cableados internos de equipos no se toman como circuitos.

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

**Factor de carga:** razón de la demanda promedio en un cierto periodo a la demanda máxima durante ese periodo.

**Factor de pérdidas:** o factor de carga de las pérdidas: Razón de las pérdidas promedio de potencia a las pérdidas máximas de potencia del sistema, en un periodo determinado.

**Factor de potencia:** razón entre la potencia activa (kW) y la potencia de dimensionamiento (kVA).

**Fase:** designación de un conductor, un grupo de conductores, un terminal, un devanado o cualquier otro elemento de un sistema polifásico que va a estar energizado durante el servicio normal.

**Instalación eléctrica:** conjunto de aparatos eléctricos y de circuitos asociados, previstos para un fin particular: generación, transmisión, transformación, rectificación, conversión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

**Interruptor automático:** dispositivo diseñado para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada, sin destrucción de ninguna de sus partes.

**Momento eléctrico:** Producto de la longitud de un tramo de red por la potencia que circula por la misma.


**Neutro:** conductor activo equipotencializado con respecto a varias fases normalmente puesto a tierra, bien sólidamente o a través de una impedancia limitadora.

**Puesta a tierra:** grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

**Radio mínimo de curvatura:** es el máximo doblado que se le puede dar a un cable garantizando que las propiedades eléctricas y mecánicas de sus componentes no se alteren, es decir sin producir daños en el cable.

**Red de distribución:** conjunto de conductores que llevan energía desde una subestación a toda el área de consumo.

**Red de uso general:** redes públicas que no forman parte de acometidas o instalaciones internas.

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 8 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

**Red pública:** aquella que utilizan dos o más personas naturales o jurídicas independiente de la propiedad de la red.

**Regulación:** Razón en porcentaje (%) entre la diferencia de magnitudes de la tensión en el receptor en vacío y a plena carga, con respecto a la magnitud de la tensión en el receptor a plena carga.

**RETIE:** Acrónimo del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas adoptado por Colombia.

**Sistema de distribución:** Conjunto de las instalaciones cuyo propósito es el transporte de electricidad a usuarios situados en un área, a niveles de media y/o baja tensión.

**Sistema de puesta a tierra (SPT):** Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interruptores ni fusibles, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y el cableado puesto a tierra.

**Usuario:** persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se le denomina también consumidor.

#### 4. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Los reglamentos, las normas técnicas nacionales e internacionales y demás documentos empleados como referencia en esta norma de construcción, deben ser considerados en su versión más reciente.

**Tabla 1. Documentos de referencia.**


DOCUMENTO	NOMBRE
ET-TD-ME01-02	Especificación técnica para cables de aluminio aislados AAC
ET-TD-ME01-13	Especificación técnica para cable de aluminio AA8000 monopolar aislados
NTC 2050	Código Eléctrico Colombiano
RA8-026	Red subterránea secundaria
RA8-035	Conexiones bimetálicas y uniones pernadas
RETIE	Resolución 90708 por la cual se expide el nuevo Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE.

#### 5. GENERALIDADES

Los criterios para el diseño de las redes eléctricas subterráneas de baja tensión comprenden aspectos como la selección del conductor, conexiones y protecciones eléctricas, afloramientos e instalación de conductores en ductos, entre otros.

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.



	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 9 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

Adicionalmente, de acuerdo con el RETIE no se admite la instalación de cables sobre el nivel del “suelo terminado”, que es aquel pisado habitualmente por las personas.

En la actualidad los conductores de aluminio en la red de distribución de ESSA son usados principalmente para la construcción de redes aéreas, sin embargo, se hace necesario el uso de estos conductores en la construcción de redes subterráneas debido a que el RETIE habilitó su instalación y los fabricantes de conductores en el país pueden suministrar estos elementos certificados para uso en redes subterráneas.

La construcción de redes secundarias subterráneas se ha ido desarrollando en los siguientes casos de proyectos particulares:

• **Caso 1: Parcelaciones**

Características generales de la instalación:

- El transformador de potencia es tipo pedestal o en poste.
- Las redes secundarias son subterráneas.
- Los inmuebles pueden estar terminados o simplemente se tiene la constitución del lote.
- Equipo de medida instalado en pedestal.

• **Caso 2: Conjuntos residenciales o urbanizaciones**

Características generales de la instalación:

- El transformador de potencia es tipo pedestal o en poste.
- Las redes secundarias son subterráneas
- Los inmuebles pueden estar agrupados en edificios, casas o una combinación de estos.

• **Caso 3: Zonas comerciales o bodega**


Características generales de la instalación:

- El transformador de potencia es tipo pedestal o en poste.
- Las redes secundarias son subterráneas
- Subestación tipo interior.
- Gabinetes de medida centralizada.

## 6. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

El sistema de distribución eléctrico de ESSA por lo general tendrá las siguientes características técnicas:

- Tensión secundaria (B.T.) sistema monofásico trifilar: 120/240 V.
- Tensión secundaria (B.T.) sistema trifásico tetrafilar: 3X120/208 V.

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 10 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

Nota: tensiones que no sean típicas deberán adoptar para el diseño y construcción, una tensión normalizada inmediatamente mayor a la requerida.

## 7. CONDUCTORES

Se permite el uso de conductores de cobre y aluminio para instalación de redes subterráneas, no obstante, para el caso del uso de aluminio se permite siempre que el cable este certificado para uso subterráneo, sea instalado por profesionales competentes y se cumpla una norma técnica internacional, de reconocimiento internacional o NTC, tanto del producto como en la instalación.

Los cables subterráneos de baja tensión deben cumplir con las siguientes características mínimas:


- Los conductores serán unipolares, protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno en el que se instalen.
- Deben estar identificados para la tensión y condiciones en las que vayan a ser instalados.
- Deben poseer la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a los que estén sometidos.
- Los empalmes y conexiones de los conductores subterráneos se efectuarán siguiendo métodos o sistemas que garanticen una perfecta continuidad del conductor y de su aislamiento.
- La sección del conductor neutro será la misma que la de los conductores de fase.
- Siempre se debe garantizar que las tensiones de paso, contacto y transferidas en caso de una falla a tierra no superen las máximas permitidas establecidas en el RETIE.

### 7.1. Conductores permitidos

La red de distribución secundaria debe construirse en Cable AAC o Cable AA8000 monopolar de aluminio con aislamiento XLPE 600 V 90°C y bloqueo contra migración longitudinal del agua, de acuerdo con la especificación técnica ET-TD-ME01-02 y ET-TD-ME01-13.

Para proyectos realizados por usuarios particulares, la red de distribución secundaria también podrá construirse en conductores de cobre monopolar con aislamiento XLPE 600 V 90°C.

Las corrientes de los conductores subterráneos de baja tensión varían dependiendo del número de cables que se aloje en un ducto y también del número de circuitos que vaya por una canalización.

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 11 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

## 7.2. Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores

Es la intensidad que no provoca ninguna disminución de las características de aislamiento de los conductores, incluso después de un número elevado de cortocircuitos.

Se calcula admitiendo que el calentamiento de los conductores se realiza en un sistema adiabático (a calor constante) y para una temperatura máxima admitida por el aislamiento de 250 °C. La intensidad máxima de cortocircuito para un conductor de sección S, viene dada por:

$$I_{cc} = K * S * \sqrt{\frac{1}{t}} \quad [A]$$

Donde:

I<sub>cc</sub>: Intensidad máxima de cortocircuito (A).

K: Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor, del aislamiento y de sus temperaturas al principio y al final del cortocircuito. En este caso se toman como valores 143 para el cobre y 93 para el aluminio.

S: Sección del conductor (mm<sup>2</sup>).

t: Tiempo de duración del cortocircuito (s).

## 7.3. Caída de tensión

Dadas las características particulares de distribución será necesario tener en cuenta la caída de tensión que se produce en la línea, debido a la propia impedancia de los conductores.

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

La caída de tensión máxima permitida en las redes secundarias de ESSA es del 3%.

Para obtener valores normalizados, se aplicará para el cálculo de regulación de tensión el método de momento eléctrico calculado tramo a tramo, el cual se describe brevemente a continuación:

$$R\% = kVA * l * K$$


Donde,

R%: Porcentaje de regulación

kVA: Demanda del tramo

l: Longitud del tramo en metros

K: Constante de regulación

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 12 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

$$K = ((r \cos\theta + X_L \text{sen}\theta) / 10 V_L^2)$$

Donde,

**r** = Resistencia por unidad de longitud del conductor a una temperatura determinada (Ohm/m).

**θ** = Angulo del factor de potencia de la carga.

**X<sub>L</sub>** = Reactancia inductiva por unidad de longitud del conductor (Ohm/m).

**V<sub>L</sub>** = Voltaje de línea en kV.

Las constantes de regulación para redes subterráneas en B.T utilizadas en el cálculo de regulación de tensión se dan en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Constantes de regulación para cables de aluminio y cobre**


Calibre	Cable monopolar de Aluminio			Cable monopolar de Cobre		
	CosΦ FP	K 3Φ, 4 hilos 120/208 [V]	K 1Φ, 3 hilos 120/208 [V]	CosΦ FP	K 3Φ, 4 hilos 120/208 [V]	K 1Φ, 3 hilos 120/208 [V]
2 AWG	1	2,546E-03	3,189E-03	1	1,442E-03	2,163E-03
	0,95	2,500E-03	3,750E-03	0,95	1,477E-03	2,215E-03
	0,9	2,405E-03	3,607E-03	0,9	1,447E-03	2,171E-03
	0,85	2,301E-03	3,451E-03	0,85	1,406E-03	2,109E-03
	0,8	2,193E-03	3,289E-03	0,8	1,359E-03	2,039E-03
1/0 AWG	1	1,602E-03	2,403E-03	1	9,120E-03	1,368E-03
	0,95	1,601E-03	2,401E-03	0,95	9,705E-03	1,456E-03
	0,9	1,552E-03	2,327E-03	0,9	9,661E-03	1,449E-03
	0,85	1,494E-03	2,242E-03	0,85	9,508E-03	1,426E-03
	0,8	1,433E-03	2,149E-03	0,8	9,296E-03	1,394E-03
2/0 AWG	1	1,211E-03	1,816E-03	1	7,593E-03	1,139E-03
	0,95	1,227E-03	1,841E-03	0,95	8,232E-03	1,235E-03
	0,9	1,198E-03	1,796E-03	0,9	8,256E-03	1,238E-03
	0,85	1,160E-03	1,739E-03	0,85	8,173E-03	1,226E-03
	0,8	1,117E-03	1,676E-03	0,8	8,032E-03	1,205E-03
4/0 AWG	1	7,616E-04	1,142E-04	1	4,699E-04	7,049E-04
	0,95	7,979E-04	1,197E-04	0,95	5,440E-04	8,160E-04
	0,9	7,893E-04	1,184E-04	0,9	5,591E-04	8,387E-04
	0,85	7,729E-04	1,159E-04	0,85	5,640E-04	8,461E-04
	0,8	7,523E-04	1,128E-04	0,8	5,634E-04	8,451E-04

Nota: En la tabla 2 las constantes de regulación para sistemas monofásicos tienen aplicado un factor de corrección por 2

#### 7.4. Pérdida de potencia

La fórmula para calcular la pérdida de potencia en porcentaje para líneas trifásicas equilibradas es la siguiente:

$$\Delta P\% = P * L * \frac{R}{10 * U^2 * \cos^2\phi}$$

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 13 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

Siendo:

P: Potencia (kW).

U: Tensión de línea (kV).

Cos  $\phi$ : Factor de potencia.

Nota: en los conductores de las redes secundarias de ESSA, las pérdidas técnicas no deben superar el **1.96%** y el porcentaje máximo admitido de pérdidas técnicas en las redes secundarias desde el transformador hasta el medidor es de **5.22%**.

## 7.5. Factores de corrección

Se deben aplicar factores de corrección para temperaturas ambientales diferentes a 30 °C y por número de conductores cuando el número de portadores de corriente en un mismo ducto pase de tres.

### 7.5.1. Factor de corrección por temperatura

De acuerdo con la temperatura de trabajo se deben corregir los valores de corriente con los factores presentados en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Factores de corrección por temperatura**


Temperatura Ambiente °C	Temperatura del conductor		
	60 °C TW	75 °C THW	90 °C XLP
21-25	1,08	1,05	1,04
26-30	1	1	1
31-35	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76
56-60	-	0,58	0,71
61-70	-	0,33	0,58
71-80	-	-	0,41

### 7.5.2. Factor de corrección para más de 3 conductores

Cuando el número de conductores portadores de corriente en un cable o canalización pase de tres, la capacidad de corriente se debe reducir como se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Factores de corrección para más de 3 conductores**

Número de conductores	Porcentaje de los valores de tabla
4 a 6	80
7 a 9	70

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 14 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

10 a 20	50
21 a 30	45
31 a 40	40
>41	35

## 7.6. Marcación de conductores


Con el objetivo de evitar accidentes por errónea interpretación del nivel de tensión y tipo de sistema utilizado, se debe cumplir con el código de colores para conductores aislados de potencia. Se tomará como válido el color propio del acabado exterior del conductor o una marcación clara en las partes visibles, con pintura, con cinta o rótulos adhesivos del color respectivo de acuerdo con la tabla 5.

**Tabla 5. Código de colores para conductores.**

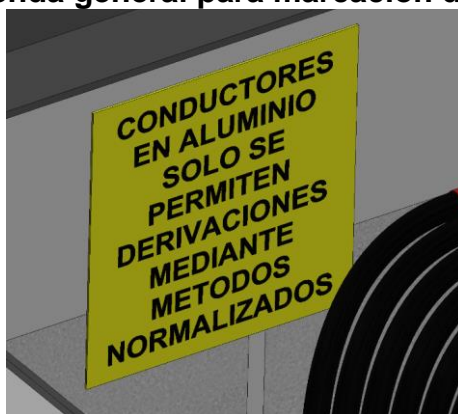
Sistema c.a.	1Φ	1Φ	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ-	3ΦY	3ΦY	3ΦΔ	3ΦΔ	3ΦY
<b>Tensión nominal (voltios)</b>	120	240/120	208/120	240	240/208/120	308/220	480/277	480-440	Más de 1000V	Más de 1000V
<b>Conductor activo</b>	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases	3 fases
<b>Fase</b>	Color fase o negro	Color fases o 1 negro	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo	Amarillo Violeta Rojo
<b>Neutro</b>	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco o Gris	No aplica	No aplica	No aplica
<b>Tierra de protección</b>	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	No aplica
<b>Tierra aislada</b>	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/Amarillo	Verde o Verde/Amarillo	No aplica	Verde o Verde/amarillo	Verde o Verde/amarillo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

Los conductores deben ser marcados de acuerdo con el código de colores definido en el RETIE. Todos los conductores de baja tensión deben ir identificados en donde se hallan barrajes y puntos de conexión con el código de colores.

El uso de conductores de aluminio requiere de una marcación clara que advierta sobre sus características y condiciones de uso. Por tanto, se debe instalar en cada caja de distribución un aviso o placa de 250mm x 200mm x 4mm, con la siguiente leyenda “Conductores en aluminio solo se permite derivaciones mediante métodos normalizados”. Esta placa o aviso se debe asegurar firmemente a la pared de la caja de distribución. Ver Figura 1

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 15 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

**Figura 1. Leyenda general para marcación de conductores**



Los elementos de marcación empleados deben ser plásticos o acrílicos. Los números y letras deben tener una altura mínima de 5mm, ser indelebles en alto o bajo relieve. Es responsabilidad del instalador garantizar los requisitos anteriores. No se permiten elementos de marcación atornillados, hechos con rotuladora, pintura, cinta, marcador o similar (NTC 2050 art. 110-22).


En cada una de las cajas de inspección se debe instalar una placa de identificación con el número del transformador del cual se alimenta la red, circuito del transformador, nivel de tensión, tipo y calibre del conductor, capacidad instalada y fecha. El material de la placa debe ser de acrílico resistente al medio ambiente en donde vaya a ser instalada, con fondo negro y letras blancas y el texto de la placa debe ir en bajo relieve. Las medidas de la placa serán 25 cm de ancho por 15 cm de largo. Esta placa se fijará a los conductores de la red usando amarres plásticos.

## 8. CONEXIONES ELÉCTRICAS

Deben emplearse barrajes de conexión para la realización de empalmes de los cables o para derivaciones de la red secundaria, utilizando una vía por acometida. La aceptación de otros sistemas de conexión estará sujeta a la aprobación de ESSA.

Se tomarán en consideración los avances tecnológicos, pero se deberá garantizar hermeticidad en la conexión y funcionamiento normal ante situaciones adversas como inundaciones temporales en las cámaras o cajas.

Debido a las distintas características de metales disímiles, los dispositivos como terminales a presión o conectores a presión y lengüetas soldadas se deben identificar en cuanto al material del conductor y deben estar bien instalados y utilizados. No se deben mezclar en un terminal o en un conector de empalme, conductores de metales distintos cuando se produzcan contactos físicos entre ellos (por ejemplo, cobre y aluminio, cobre y aluminio revestido de cobre o aluminio y aluminio revestido de cobre), a no ser que el dispositivo esté identificado para ese fin y condiciones de uso. Si se utilizan materiales como compuestos para soldar, fundentes, inhibidores y restringentes, deben ser adecuados para el uso y deben ser de un tipo que no deteriore a los conductores, a la instalación o a los equipos.

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 16 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

## 8.1. Empalmes

Los conectores o medios de empalme de los cables en conductores que van en instalaciones subterráneas deben estar certificados para cada uno de estos usos.

Una vez empalmados los conductores conservarán su completa capacidad de carga (corriente máxima para la que están calculados), así como la resistencia a la tracción mecánica requerida. El aislamiento del empalme debe resistir la tensión eléctrica para la cual está diseñado el cable, así como los esfuerzos y descargas tangenciales motivadas por la terminación del empalme.

Las características del empalme guardarán compatibilidad con los cables a empalmar.

En ningún caso se aceptarán empalmes dentro de los ductos.

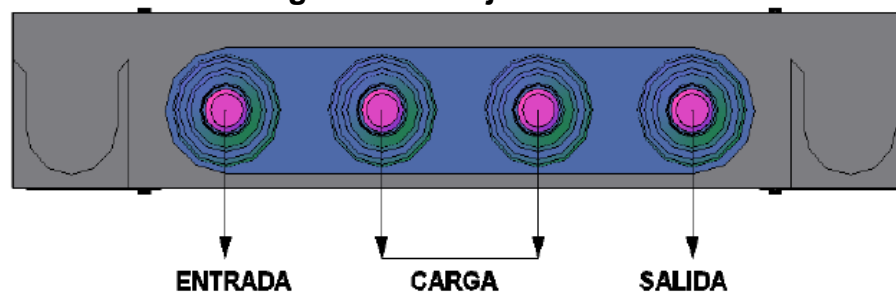
Antes y después de instalar un tramo de cable y proceder a empalmarlo, se verificará que las puntas de este tengan un sello hermético que impida el acceso del agua.

## 8.2. Barraje preformado para baja tensión


Pueden ser instalados en cajas diseñadas para tal efecto ya sea construidas en el sitio o prefabricadas o fijados mediante soportes adecuados directamente a las paredes de las cámaras/cajas. Los barrajes podrán ser de 4, 6 u 8 puestos y se deben instalar con soportes de alta resistencia.

El barraje será especialmente diseñado para distribución y acometidas subterráneas para un voltaje de operación de 600 V. Estos barrajes son de 500 A para conductores desde calibre No 8 hasta 500 MCM. Los barrajes deben ser resistentes al agua, rotura, abrasión y envejecimiento, con una resistencia dieléctrica entre 5 °C y 90 °C, fabricados en aleación de aluminio estañado que permita la conexión de conductores de aluminio y cobre, de acuerdo con la especificación técnica ET-TD-ME011-16.

**Figura 2. Barraje de 4 vías**





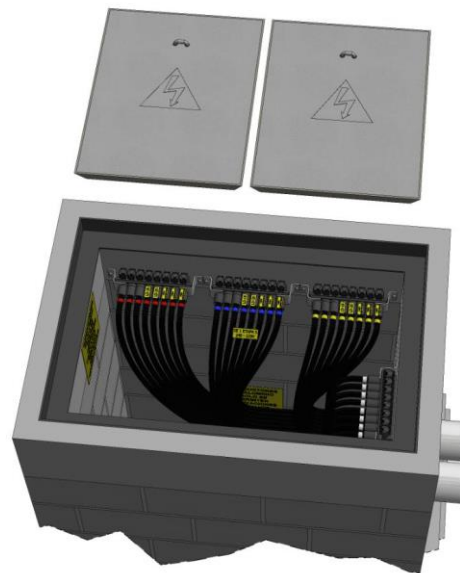
	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 17 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

Se debe tener en cuenta que la entrada de la alimentación subterránea siempre se hará por el lado izquierdo y la salida por el lado derecho, viendo el barraje de frente, los bornes del medio serán derivaciones.

En la etapa de diseño, se recomienda el uso de la denominación (MxN) asociado al tipo de caja, donde M indica el número de barrajes y N el número de vías de cada barraje.

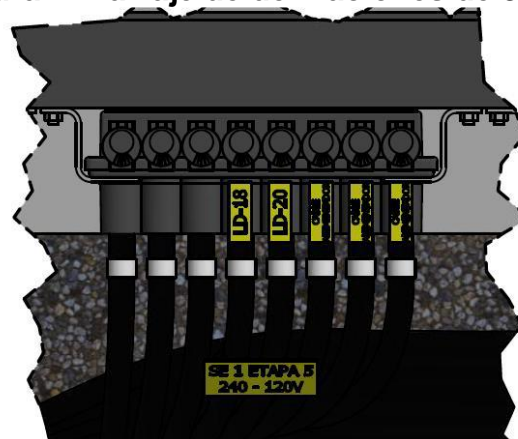
Los conductores dentro de las cajas de distribución se deben instalar dispuestos de tal forma que cumplan con los radios de curvatura definidos en la NTC 2050 para estos. Los radios de curvatura se deben conservar incluso cuando personal de mantenimiento se encuentre al interior de la caja. Ver Figura 3.


**Figura 3. Caja y barraje de derivaciones**



La selección del barraje secundario debe ser de acuerdo con el calibre de los conductores y el número de vías requeridas (entradas/salidas). Ver Figura 4.

**Figura 4. Barraje de derivaciones de 8 vías**



	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 18 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

Las vías que no sean utilizadas deben permanecer selladas de acuerdo con las recomendaciones del fabricante del barraje.

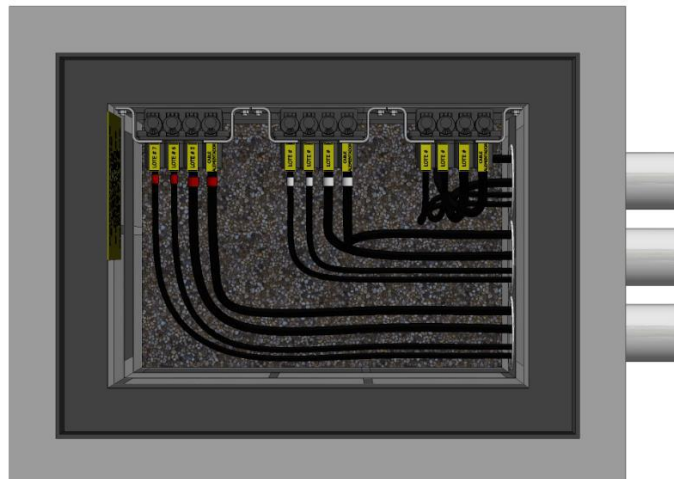
El torque de apriete utilizado para la instalación debe ser el recomendado por el fabricante. La instalación de los barrajes secundarios se debe hacer a 5 cm del borde superior de la caja y adosado a las paredes de esta, como se muestra en la Figura 5:


**Figura 5. Instalación de barraje de derivaciones en caja subterránea**



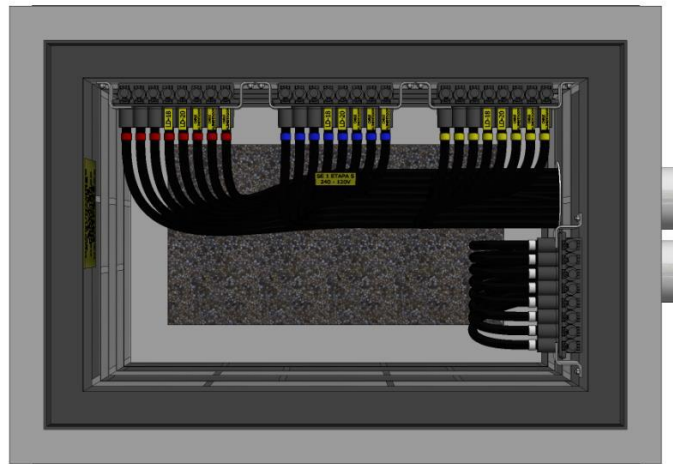
La fijación del barraje de derivación a la pared de la caja se debe hacer por medio de pernos expansivos de 5/8 x 2" fabricados en acero inoxidable o acero galvanizado en caliente o por medio de fijación definido y suministrado por el fabricante como parte integral del barraje secundario de derivación. Los barrajes de derivación se deben instalar de forma horizontal, verificando su nivelación, ubicados sobre la cara larga de la caja. Ver Figuras 6 y 7.

**Figura 6. Instalación barrajes secundarios de derivación (3x4) en caja**



	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 19 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

**Figura 7. Instalación de barrajes secundarios de derivación (4x8) en caja**

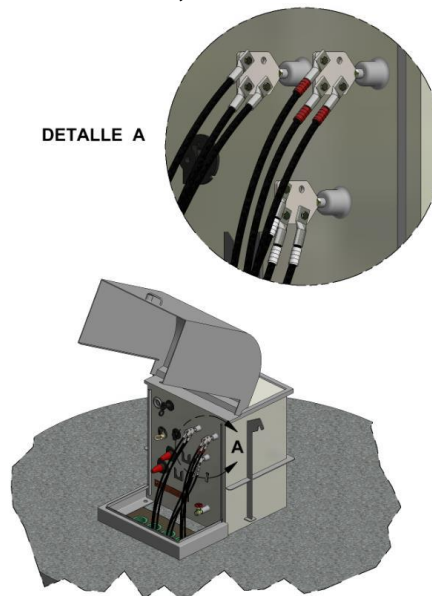



El gel retardante a la oxidación debe aplicarse a todos los conductores previo a su instalación y aseguramiento al barraje secundario de derivación, tal como se indica en la norma RA8-035 del Grupo EPM.

### 8.3. Transformador de potencia

El transformador de potencia para las redes subterráneas podrá ser de tipo pad mounted o tipo poste, sin perjuicio de lo dispuesto en el ordenamiento urbano y de medio ambiente de cada municipio. Para los transformadores pad mounted es obligatorio contar con terminales secundarios tipo pala, con el objetivo de realizar la adecuada unión pernada como se aprecia en la figura 8.

**Figura 8. Transformador Pad Mounted, alimentación red secundaria subterránea**



	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 20 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

## 9. INSTALACIÓN DE CONDUCTORES EN DUCTOS

Para la instalación de los cables se deben seguir unas recomendaciones básicas, las cuales dependen del tipo de instalación de estos. Es importante tener en consideración las recomendaciones dadas por los fabricantes. Los cables pueden resultar afectados, si en el momento de la instalación, se sobrepasan los límites tolerados por el diseño y los componentes de este.

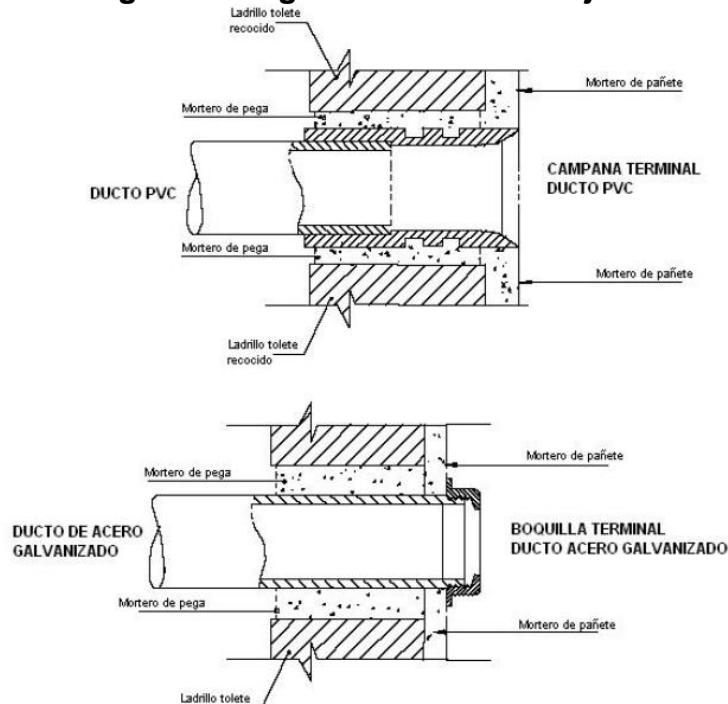
Para todos los servicios tales como redes de baja tensión, cables de telecomunicación, agua, alcantarillado, vapor y gas, deberán cumplir con una distancia mínima entre ellos de 20 cm. Cuando no sea posible conseguir esta distancia, se deben separar en forma efectiva las instalaciones a través de una hilera cerrada de ladrillos o concreto, resistentes al fuego y al arco eléctrico de por lo menos 5cm de espesor, como lo establece el RETIE en el literal c del artículo 25.7.2 capítulo 7.

En ningún caso se canalizarán paralelamente por encima o por debajo de cualquier otra instalación, con excepción de las líneas eléctricas, siempre y cuando estas sean de propiedad de ESSA. En el proceso de instalación de los conductores, con cualquier sistema que se utilice para esta labor, se debe evitar que los conductores formen entorches, dobladuras, torceduras, desgastes o carrujas. En caso de presentarse tal hecho, con deterioro del conductor, se cortará este y se hará un empalme o se reemplazará por otro.

Para las redes de distribución de baja tensión se utilizará tubería plástica tipo TDP corrugado con diámetro mínimo de 3" y para las acometidas de baja tensión la tubería a utilizar será de tipo lisa tipo DB de 60 mm con diámetro mínimo de 1". El área libre del ducto no será inferior en ningún caso al 60% del área total útil.

El tendido de los ductos se ha de hacer lo más recto posible. Al llegar a las cajas los ductos deberán estar provistos de campanas (Ductos en PVC) o de boquillas terminales (Ductos de acero galvanizado), ver figura 9.

**Figura 9. Llegada de ductos a cajas**




La ductería alojará redes de un mismo nivel de tensión; en ningún caso se podrán llevar por un mismo ducto redes de baja y de media tensión. Así mismo, no se permitirá alojar dentro de un mismo ducto redes eléctricas con componentes de otros sistemas (por ejemplo: comunicaciones, televisión, acueducto, gas, alcantarillado etc.).

Todos los conductores de un circuito subterráneo que pasen a través de una canalización deben ir por el mismo ducto. Si por las dimensiones del ducto no caben todos los conductores del circuito, se deberán utilizar ductos paralelos, siempre que estén cercanos y no sean de materiales conductores de la electricidad. En ductos metálicos o conductores todo el circuito debe ir en el mismo ducto, ya que circuitos incompletos inducen corrientes que calientan el ducto, comprometiendo la seguridad.

Los ductos se colocarán, con pendiente mínima del 0,1% hacia las cámaras de inspección, en una zanja de profundidad suficiente que permita el recubrimiento de relleno sobre el ducto. La pendiente máxima que se debe presentar en los bancos de ductos es de 30%.

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

Las canalizaciones en cruces de vía, en lo posible, y salvo casos muy excepcionales y debidamente documentados y justificados, deberá ser perpendicular al eje de la vía, buscando con ello que el ducto invada lo menos posible la calzada, para evitar inconvenientes futuros con otro tipo de canalizaciones (acueducto, saneamiento, telecomunicaciones.)

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 22 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

Debe dejarse como mínimo un ducto de reserva por banco del mismo diámetro del ducto principal, estos ductos de reserva deben taponarse a fin de mantenerlos libres de basura, tierra, etc. Como señal preventiva de presencia de ductos eléctricos instalados, se debe colocar una banda plástica adecuada para la identificación de los ductos, a lo largo de la zanja a una profundidad de 30 cm de la superficie de relleno.

En la totalidad de casos, el número de ductos de un banco debe ser superior al número de ductos ocupados determinado por el diseño de la red, el cual debió prever si el sector a servir es factible de futuras expansiones. A continuación, se suministra una tabla que marca las recomendaciones para determinar la cantidad de ductos a utilizar por cada nivel de tensión.

**Tabla 6. Cantidad de ductos de reserva para una canalización**

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

Nota: 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.

Dónde:

$Dr$  = 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.

En las transiciones de red aérea a subterránea y viceversa se instalarán ductos metálicos galvanizados tipo IMC con sus respectivos accesorios.

## 10. CAJAS DE INSPECCIÓN

Las canalizaciones subterráneas en ductos deben tener cámaras de registro o de paso. En un tramo de línea subterránea éstas deben quedar a una distancia no mayor de 40 m, salvo que existan causas justificadas que exijan una distancia mayor. Para estos casos se deberá justificar los cálculos de tensión de halado y deberá quedar asentado en la memoria de cálculo del proyecto específico.

Las cajas de inspección deben quedar localizadas en andenes o zonas verdes y no podrán tener ningún elemento sobre ellos que impida la libre apertura de la tapa. Cuando una caja de

	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 23 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

inspección se encuentre instalada en una zona de tráfico vehicular, la caja de inspección debe ser construida acorde a lo especificado en la norma RS3-004 de EPM.

En la transición de redes aéreas a subterráneas, se debe instalar una caja de inspección cerca de la base del poste.

Las cajas para baja tensión se han clasificado así:

**Tabla 7. Cajas de inspección**

CAJAS PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN		
Norma	N° Acometidas	Dimensiones Internas
RS3-002	De 1 - 3	516 x 516 x 750 mm
RS3-003	De 4 - 6	680 x 460 x 750 mm
RS3-005	>6	1095 x 680 x 1295 mm

**Tabla 8. Caja para tráfico vehicular**

CAJAS PARA LA RED DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	
Norma	Dimensiones Internas
RS3-004	680 X 460 X 1000 mm

En general, las características de las cajas de inspección se seleccionarán de acuerdo con lo establecido en la norma ESSA: NTR-05 REDES SUBTERRÁNEAS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN – ASPECTOS CIVILES.

## 11. PUESTA A TIERRA

Se deberá dar cumplimiento a los valores de resistencia de puesta a tierra mostrados en la tabla 9, pero esto no exime al diseñador y al constructor de garantizar que las tensiones de paso, contacto, y transferidas aplicadas al ser humano, en caso de una falla a tierra, no superen las máximas permitidas por el RETIE.


**Tabla 9. Impedancias de puesta a tierra**

Descripción	Z máxima ( $\Omega$ )
Subestaciones de media tensión	10
Punto neutro de acometidas en baja tensión	25

Nota: La medida de puesta a tierra de las acometidas no debe ser menor que la de las redes de baja tensión.

Las medidas para verificar la resistencia de puesta a tierra deberán ser realizadas de acuerdo con lo prescrito en el RETIE. Se debe verificar que las características del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red cumplan con el reglamento en mención y se deben dejar puntos de conexión accesibles e inspeccionarles al momento de la medición.



	MACROPROCESO PLANEACIÓN EMPRESARIAL	Versión No.: 01
	PROCESO PLANEACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA	Página: 24 de 24
	REDES SUBTERRÁNEAS DE BAJA TENSIÓN -ASPECTOS ELÉCTRICOS	Código: NTR-04

Para los casos en que la fuente de alimentación sea un transformador aéreo, el neutro en baja tensión se aterrizará en el apoyo de ubicación del transformador, cuando el apoyo no cuente con el ducto embebido para esta aplicación o no sea práctico acceder a él, el bajante será asegurado con cinta de acero inoxidable mínimo en tres puntos y se protegerá con tubo galvanizado metálico IMC de ½" y de mínimo 3 m de longitud.

Para el conductor de puesta a tierra del neutro de la red de baja tensión, y del transformador de distribución, se recomienda alambre de acero galvanizado en caliente, o acero recubierto de cobre; y para zonas rurales, se podrá optar también por el uso del fleje en acero austenítico en la presentación de "kit de puesta a tierra" como bajante de puesta a tierra. Ver norma "RA6-010 Norma técnica para puesta a tierra de redes de distribución eléctrica".

Las conexiones que van bajo el nivel del suelo (puesta a tierra), deben ser realizadas con soldadura exotérmica o conector certificado para enterramiento directo conforme a la norma IEEE 837 o la norma NTC 2206. Para efectos de la presente norma, los electrodos de puesta a tierra deben cumplir los requisitos establecidos en el RETIE.