



**EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN
ESP**

Unidad Centro de Excelencia Técnica Normalización
y Laboratorios

RA6-010

**Norma Técnica: Puesta a tierra de redes de
distribución eléctrica**

EPM-UCET-NYL-RA6-010

Octubre de 2021

Elaboración, Revisión y Aprobación

Actividad	Tema	Nombre
Elaboró	Norma Técnica: Puesta a tierra de redes de distribución eléctrica	Consultoría Colombiana S.A
	Revisó	José Daniel Acosta Moreno
	Aprobó	Mónica Rueda Aguilar

Requeridores

Destinatario	Cargo	No. de Copias
Johan Sebastián Higuera Higuera	Profesional Gestión Proyectos e Ingeniería	1
Gabriel Jaime Romero Choperena	Profesional Gestión Proyectos e Ingeniería	1

Revisiones

Revisión	Fecha dd/mm/aaaa	Descripción de la revisión
01	27/09/2019	Versión inicial
02	20/10/2021	Ajustes tabla 4

© Copyright: Empresas Públicas de Medellín ESP. No está permitida su reproducción por ningún medio impreso, fotostático, electrónico o similar, sin la previa autorización escrita del titular de los derechos reservados.

CONTENIDO

1OBJETO.....	6
2ALCANCE.....	6
3DOCUMENTOS DE REFERENCIA	6
4GUÍA Y NORMAS ASOCIADAS.....	7
5SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA	8
5.1CONSIDERACIONES BÁSICAS.....	8
5.1.1Resistencia de puesta a tierra.....	8
5.1.2Corrientes a tierra en redes de distribución	8
5.1.3Configuraciones básicas de los sistemas de puesta a tierra.....	12
6EQUIPOTENCIALIZACIÓN BÁSICA DE LAS ESTRUCTURAS.....	21
6.1BAJANTE DE PUESTA A TIERRA	21
6.2CABLE DE GUARDA.....	22
6.3CRUCETA METÁLICA	23
6.4TEMPLETES O VIENTOS.....	23
6.5POSTES (CONCRETO, METÁLICO, FIBRA DE VIDRIO).....	23
6.5.1Poste de concreto.....	23
6.5.2Poste de metálico	26
6.5.3Poste de fibra de vidrio.....	28
7RED SEMIAISLADA Y AISLADA	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Configuraciones del sistema de puesta a tierra tipo anillo en función de la resistividad del terreno.....	13
Tabla 2. Configuraciones del sistema de puesta a tierra tipo varilla en función de la resistividad del terreno.....	16
Tabla 3. Configuraciones del sistema de puesta a tierra tipo triada en función de la resistividad del terreno.....	18
Tabla 4. Bajante de puesta a tierra	21
Tabla 5. Cable de guarda	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Corrientes a tierra en una red trifásica de media tensión sin cable de guarda.....	10
Figura 2. Corrientes a tierra en un transformador conectado a una red trifásica de media tensión	11
Figura 3. Configuración del sistema de puesta a tierra para corrientes de falla elevadas	19
Figura 4. Adecuación de puesta a tierra para poste de concreto	24
Figura 5. Perno hembra y conector de puesta a tierra	24
Figura 6. Bajante de puesta a tierra de poste de concreto	25
Figura 7. Bajante de puesta a tierra de poste metálico	27

1 OBJETO

Determinar los requisitos básicos de un sistema de puesta a tierra que garantice la seguridad para las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética de acuerdo con las exigencias establecidas por el RETIE.

2 ALCANCE

Esta norma cubre los requisitos, criterios y recomendaciones para la definición, adecuación e instalación del sistema de puesta a tierra requeridos en las redes de distribución de energía en media y baja tensión.

Además, la norma establece las configuraciones básicas de puesta a tierra y los materiales a emplearse en el sistema con el fin de cumplir las exigencias del RETIE, en cuanto a garantizar la seguridad de las personas para obtener la resistencia de puesta a tierra y las tensiones de paso y de contacto adecuadas, de acuerdo con la resistividad que posea el terreno.

3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

[1] Ministerio de Minas y Energía, Resolución No 90708, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), Bogotá Colombia, 30 de agosto de 2013.

[2] National Electrical Safety Code -NESC- Edition 2017.

4 GUÍA Y NORMAS ASOCIADAS

El documento *GM-04 Guía metodológica: cálculo del sistema de puesta a tierra*, establece las definiciones y los fundamentos teóricos de los procesos que se deben llevar a cabo para diseñar un sistema de puesta a tierra. Así mismo, este documento incluye criterios y procedimientos normalizados para la medida de resistividad del suelo, el diseño de sistemas de puesta a tierra y la medición de la resistencia de un sistema instalado. Por lo tanto, esta guía se debe consultar y aplicar previo a la instalación de un sistema de puesta a tierra.

Para la aplicación de los criterios de seguridad de las personas se debe cumplir con lo dispuesto en el RETIE, tal como se indica en el documento *GM-04 Guía metodológica: cálculo del sistema de puesta a tierra*.

Para la medición de resistividad del suelo y de resistencia de puesta a tierra, se deber aplicar lo señalado en el documento *RA6-014 Norma técnica: mediciones para el sistema de puesta a tierra*.

5 SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA

5.1 CONSIDERACIONES BÁSICAS

Toda instalación eléctrica, excepto donde se indique expresamente lo contrario, tiene que disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), para evitar que personas en contacto con la misma, tanto en el interior como en el exterior, queden sometidas a tensiones de paso, de contacto o transferidas, que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano cuando se presente una falla.

La exigencia de puestas a tierra para instalaciones eléctricas cubre el sistema eléctrico como tal y los apoyos o estructuras metálicas que, ante una sobretensión temporal, puedan desencadenar una falla permanente a frecuencia industrial, entre la estructura puesta a tierra y la red.

5.1.1 Resistencia de puesta a tierra

Un buen diseño de puesta a tierra debe garantizar el control de las tensiones de paso, de contacto y transferidas. En razón a que la resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial, pueden tomarse como referencia los valores máximos de la Tabla 15.4 del RETIE. El cumplimiento de estos valores, no exonera al diseñador y 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.

De acuerdo con lo establecido dicha tabla, el valor de referencia de resistencia de puesta a tierra para subestaciones de media tensión y para protección contra rayos es de 10 Ohmios.

Si se presentan altos valores de resistividad del terreno, elevadas corrientes de falla a tierra o prolongados tiempos de despeje, se deben aplicar las medidas establecidas en el artículo 15.4 del RETIE para no exponer a las personas a tensiones que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano.

5.1.2 Corrientes a tierra en redes de distribución

En la red distribución de energía los sistemas de puesta a tierra deben disipar corrientes de dos fuentes: la corriente de fallas propias del sistema eléctrico y la corriente generada por descargas eléctricas atmosféricas.

La magnitud de la corriente a tierra en caso de falla se determina como se presenta en el capítulo correspondiente al cálculo de la corriente efectiva de falla del documento *GM-04 Guía metodológica: cálculo del sistema de puesta a tierra*, considerando que esta corriente varía de acuerdo con la topología de la red estudiada. De todas formas, el sistema de puesta a tierra se debe diseñar para mantener los valores de las tensiones de paso y contacto dentro de los límites tolerables, como lo describe la misma guía, conforme con lo estipulado en el RETIE.

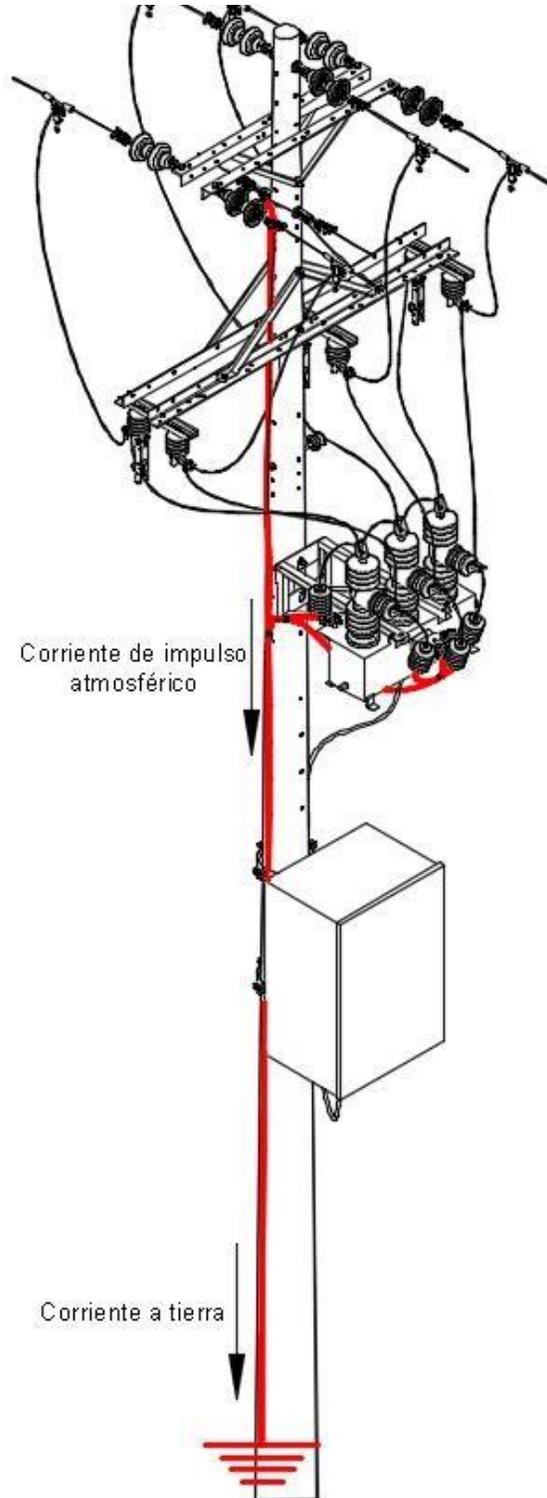
En el caso de las corrientes originadas por descargas eléctricas atmosféricas, debido a la característica transitoria del fenómeno, se debe garantizar un camino continuo de baja impedancia a tierra por medio de un sistema que térmicamente soporte las condiciones del impulso atmosférico. Tal es el caso de los DPS en redes de media tensión sin neutro y sin cable de guarda, donde se debe garantizar que se cumpla con el valor de referencia de

resistencia de puesta a tierra de 10 ohmios, calibre mínimo No 6 AWG, capacidad de cortocircuito, conexión de modo común, y demás requisitos de instalación recomendado por el RETIE.

Para el caso específico de sistemas eléctricos de media tensión sin neutro y sin cable de guarda, ante una descarga atmosférica se puede configurar una falla en el aislamiento que origine una falla a tierra y ante la ausencia de un neutro que distribuya la corriente de falla en el sistema, la magnitud de la corriente de falla local puede ser muy alta.

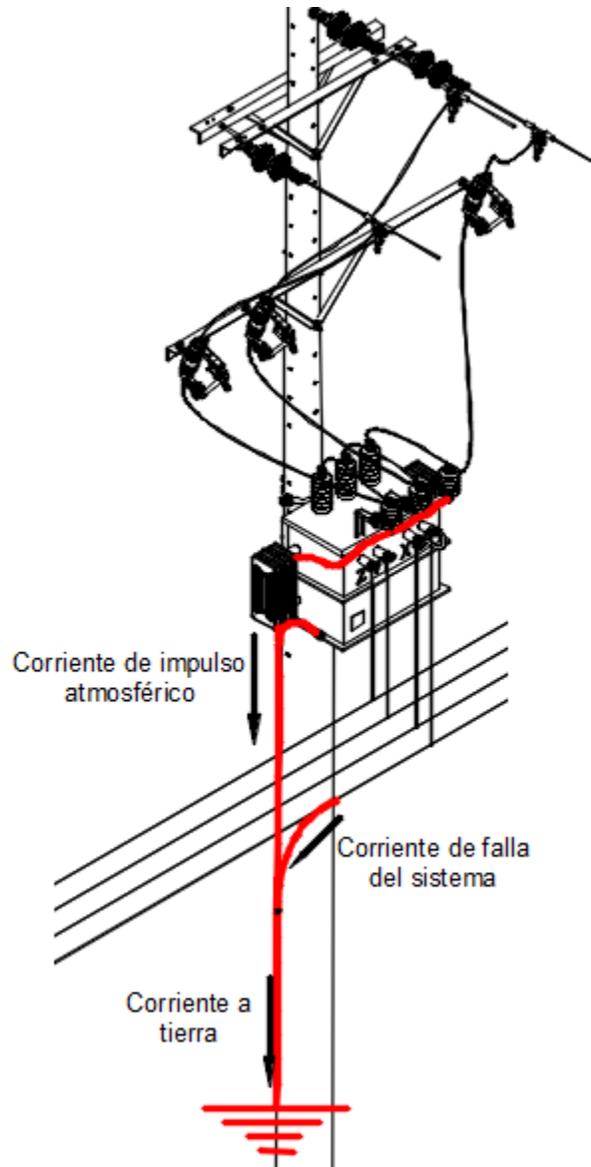
La Figura 1 ilustra el caso de una red de media tensión trifásica sin cable de guarda y sin redes de baja tensión (con neutro corrido y puesto a tierra a largo de la red) en cuyo caso el sistema de puesta a tierra deberá soportar y disipar las corrientes por descargas atmosféricas que circulan por los DPS y la corriente de una falla monofásica local.

Figura 1. Corrientes a tierra en una red trifásica de media tensión sin cable de guarda



En el caso de una estructura con redes de media y baja tensión, como se muestra en la Figura 2, el sistema de puesta a tierra considerado debe soportar y disipar tanto la corriente a tierra producida por una eventual falla en el lado de baja del transformador como las posibles corrientes por descargas atmosféricas que circulen por los DPS.

Figura 2. Corrientes a tierra en un transformador conectado a una red trifásica de media tensión



5.1.3 Configuraciones básicas de los sistemas de puesta a tierra

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas y sin eximir al diseñador de presentar el cálculo que justifique el diseño del sistema de puesta a tierra en cada proyecto específico, de acuerdo a los requerimientos del RETIE y de la normativa del Grupo EPM, a continuación, se presentan algunas configuraciones de puesta a tierra que satisfacen los criterios de seguridad ante tensiones de contacto y de paso bajo las condiciones de corriente a tierra y resistividad del terreno suministradas.

Para una correcta aplicación de las configuraciones propuestas en esta norma, inicialmente se deberá medir la resistividad del terreno conforme al procedimiento establecido en la *RA6-014 Norma técnica: mediciones para el sistema de puesta a tierra*. El valor de resistividad a verificar en las configuraciones 1, 2, 3 y 4, deberá ser el promedio de los valores obtenidos con los espaciamientos a 1, 2, 4 y 6 metros.

La corriente a tierra para seleccionar la configuración se debe estimar de acuerdo con el procedimiento establecido en el documento *GM-04 Guía metodológica: cálculo del sistema de puesta a tierra*.

Las configuraciones se deberán emplear en orden ascendente de acuerdo con el valor de resistividad obtenido de las medidas del terreno. En ningún caso se debe emplear una configuración superior al valor máximo de resistividad establecido en la tabla de referencia, ya que no se podrán garantizar las tensiones de contacto y de paso permisibles para el ser humano.

El valor de la intensidad que se presenta para cada configuración corresponde a la corriente a tierra máxima en la cual esta configuración operaría dentro de rangos de tensión de paso y contacto seguros durante una eventual falla.

Cuando se requiera poner a tierra las redes secundarias de baja tensión, se deberá emplear como mínimo el esquema número 1 de la configuración 2 para todo el rango de resistividades.

A nivel urbano, se deberá poner a tierra el neutro de la red de baja tensión en el poste de ubicación del transformador de distribución y en la vivienda de cada usuario a la llegada de la acometida.

A nivel rural, se deberá llevar a tierra el neutro de la red secundaria en el poste de ubicación del transformador de distribución, en los apoyos finales del circuito y, por último, en la vivienda de cada usuario a la llegada de la acometida.

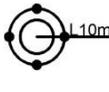
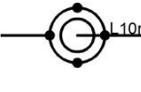
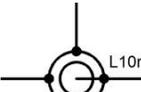
La configuración 1 tipo anillo se recomiendan para redes de distribución urbanas en media tensión

La configuración 2 tipo varilla se recomienda para poner a tierra las redes de distribución rurales en media tensión, mientras que la configuración 3 tipo triada se recomiendan para casos especiales en los cuales se requieran sistemas más robustos.

Si se requieren obtener bajos valores de resistencia de puesta a tierra, se deberá seleccionar la configuración de puesta a tierra que técnica y económicamente permita lograr el valor objetivo.

Tabla 1. Configuraciones del sistema de puesta a tierra tipo anillo en función de la resistividad del terreno

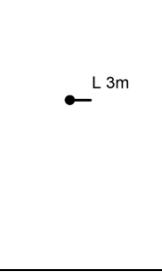
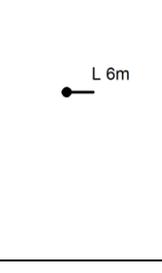
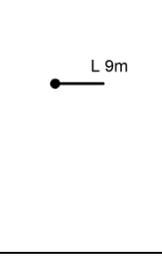
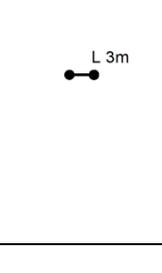
No.	Anillos Configuración	Resistividad (Ω -m)													
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1400	1500	1600
1		10 [Ω]	19 [Ω]												
		287 [A]	144 [A]												
2		9 [Ω]	18 [Ω]	26 [Ω]											
		341 [A]	171 [A]	115 [A]											
3		8 [Ω]	16 [Ω]	24 [Ω]	32 [Ω]	40 [Ω]	48 [Ω]								
		481 [A]	242 [A]	162 [A]	122 [A]	98 [A]	82 [A]								
4		8 [Ω]	15 [Ω]	22 [Ω]	29 [Ω]	36 [Ω]	44 [Ω]	51 [Ω]							
		187 [A]	94 [A]	62 [A]	47 [A]	38 [A]	32 [A]	27 [A]							
5		7 [Ω]	14 [Ω]	20 [Ω]	27 [Ω]	34 [Ω]	40 [Ω]	47 [Ω]	54 [Ω]	60 [Ω]					
		206 [A]	103 [A]	69 [A]	52 [A]	42 [A]	35 [A]	30 [A]	26 [A]	24 [A]					
6		7 [Ω]	13 [Ω]	19 [Ω]	25 [Ω]	31 [Ω]	38 [Ω]	44 [Ω]	50 [Ω]	56 [Ω]	62 [Ω]	69 [Ω]			

No.	Anillos Configuración	Resistividad (Ω -m)														
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1400	1500	1600	2000
		260 [A]	113 [A]	76 [A]	57 [A]	46 [A]	39 [A]	33 [A]	29 [A]	26 [A]	24 [A]	21 [A]				
7		6 [Ω]	12 [Ω]	18 [Ω]	24 [Ω]	30 [Ω]	35 [Ω]	41 [Ω]	47 [Ω]	53 [Ω]	59 [Ω]	65 [Ω]	82 [Ω]			
		247 [A]	124 [A]	83 [A]	62 [A]	50 [A]	42 [A]	36 [A]	32 [A]	28 [A]	26 [A]	23 [A]	19 [A]			
8		7 [Ω]	13 [Ω]	19 [Ω]	26 [Ω]	32 [Ω]	38 [Ω]	44 [Ω]	51 [Ω]							
		198 [A]	99 [A]	66 [A]	50 [A]	40 [A]	34 [A]	30 [A]	25 [A]							
9		6 [Ω]	11 [Ω]	16 [Ω]	21 [Ω]	27 [Ω]	31 [Ω]	37 [Ω]	42 [Ω]	48 [Ω]	53 [Ω]					
		242 [A]	122 [A]	81 [A]	61 [A]	50 [A]	41 [A]	36 [A]	31 [A]	28 [A]	25 [A]					
10		5 [Ω]	10 [Ω]	14 [Ω]	19 [Ω]	24 [Ω]	28 [Ω]	33 [Ω]	37 [Ω]	42 [Ω]	47 [Ω]	51 [Ω]	65 [Ω]			
		285 [A]	143 [A]	96 [A]	72 [A]	58 [A]	50 [A]	42 [A]	37 [A]	33 [A]	30 [A]	27 [A]	22 [A]			
11		5 [Ω]	9 [Ω]	13 [Ω]	17 [Ω]	21 [Ω]	25 [Ω]	29 [Ω]	34 [Ω]	38 [Ω]	42 [Ω]	46 [Ω]	58 [Ω]	63 [Ω]	67 [Ω]	83 [Ω]
		329 [A]	166 [A]	111 [A]	84 [A]	67 [A]	56 [A]	49 [A]	43 [A]	38 [A]	34 [A]	32 [A]	25 [A]	24 [A]	22 [A]	18 [A]

A continuación, se presentan las siguientes consideraciones asociadas a la Tabla 1:

- Círculo interno R1: 0,9 m desde la base del poste.
- Círculo externo R2: 1,5 metros desde la base del poste.
- L: corresponde a la longitud del contrapeso a utilizar.
- El cable o bajante de puesta a tierra se debe empalmar con el círculo interno (R1) así como con la varilla más próxima al punto donde se entierre.
- Los círculos internos (R1) y externo (R2) se deben empalmar en por lo menos dos puntos (separados 180°) por medio de soldadura exotérmica. La conexión se debe realizar para evitar la concentración de potenciales en el SPT.
- Para resistividades superiores a 2000 Ω -m se debe emplear la configuración No 11.

Tabla 2. Configuraciones del sistema de puesta a tierra tipo varilla en función de la resistividad del terreno

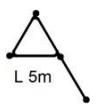
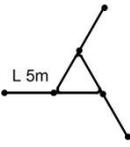
No.	Varillas Configuración	Resistividad (Ω -m)														
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1400	1500	1600	2000
1		19 [Ω]	37 [Ω]													
		47 [A]	24 [A]													
2		16 [Ω]	31 [Ω]	46 [Ω]												
		69 [A]	34 [A]	23 [A]												
3		13 [Ω]	25 [Ω]	38 [Ω]	50 [Ω]	62 [Ω]	75 [Ω]									
		83 [A]	41 [A]	28 [A]	21 [A]	17 [A]	14 [A]									
4		11 [Ω]	21 [Ω]	32 [Ω]	42 [Ω]	52 [Ω]	63 [Ω]	73 [Ω]								
		99 [A]	50 [A]	33 [A]	24 [A]	20 [A]	17 [A]	14 [A]								
5		11 [Ω]	22 [Ω]	33 [Ω]	44 [Ω]	55 [Ω]	65 [Ω]	76 [Ω]	87 [Ω]	98 [Ω]						
		146 [A]	73 [A]	49 [A]	37 [A]	30 [A]	25 [A]	22 [A]	19 [A]	17 [A]						

No.	Varillas Configuración	Resistividad (Ω -m)														
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1400	1500	1600	2000
6		10 [Ω]	19 [Ω]	28 [Ω]	37 [Ω]	46 [Ω]	56 [Ω]	65 [Ω]	74 [Ω]	83 [Ω]	92 [Ω]	101 [Ω]				
		172 [A]	86 [A]	58 [A]	43 [A]	35 [A]	29 [A]	26 [A]	22 [A]	20 [A]	18 [A]	16 [A]				
7		9 [Ω]	17 [Ω]	25 [Ω]	33 [Ω]	41 [Ω]	49 [Ω]	57 [Ω]	65 [Ω]	73 [Ω]	81 [Ω]	89 [Ω]	113 [Ω]			
		193 [A]	97 [A]	65 [A]	49 [A]	39 [A]	33 [A]	28 [A]	25 [A]	22 [A]	20 [A]	18 [A]	15 [A]			
8		9 [Ω]	17 [Ω]	25 [Ω]	36 [Ω]	41 [Ω]	49 [Ω]	57 [Ω]	66 [Ω]	74 [Ω]	82 [Ω]					
		214 [A]	108 [A]	72 [A]	54 [A]	44 [A]	36 [A]	31 [A]	28 [A]	25 [A]	22 [A]					
9		7 [Ω]	13 [Ω]	20 [Ω]	26 [Ω]	33 [Ω]	39 [Ω]	46 [Ω]	52 [Ω]	59 [Ω]	65 [Ω]	72 [Ω]	91 [Ω]			
		261 [A]	131 [A]	88 [A]	66 [A]	53 [A]	45 [A]	38 [A]	34 [A]	30 [A]	27 [A]	25 [A]	20 [A]			
10		6 [Ω]	11 [Ω]	17 [Ω]	22 [Ω]	28 [Ω]	33 [Ω]	39 [Ω]	44 [Ω]	50 [Ω]	55 [Ω]	61 [Ω]	77 [Ω]	83 [Ω]	88 [Ω]	110 [Ω]
		310 [A]	156 [A]	104 [A]	79 [A]	63 [A]	53 [A]	46 [A]	40 [A]	36 [A]	32 [A]	30 [A]	24 [A]	22 [A]	21 [A]	17 [A]

A continuación, se presentan las siguientes consideraciones asociadas a la Tabla 2:

- L: corresponde a la longitud del contrapeso a utilizar.
- El cable o bajante de puesta a tierra (sin la chaqueta) se debe empalmar con la varilla más próxima al punto donde se entierre.
- Para resistividades superiores a 2000 Ω -m se debe emplear la configuración No 10.

Tabla 3. Configuraciones del sistema de puesta a tierra tipo triada en función de la resistividad del terreno

No.	Triada Configuración	Resistividad (Ω -m)														
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1400	1500	1600	2000
1		8 [Ω]	15 [Ω]	22 [Ω]	29 [Ω]	36 [Ω]	43 [Ω]	50 [Ω]	58 [Ω]							
		384 [A]	193 [A]	129 [A]	98 [A]	78 [A]	66 [A]	57 [A]	50 [A]							
2		6 [Ω]	12 [Ω]	18 [Ω]	24 [Ω]	29 [Ω]	35 [Ω]	41 [Ω]	47 [Ω]	52 [Ω]	58 [Ω]					
		330 [A]	166 [A]	111 [A]	84 [A]	67 [A]	56 [A]	49 [A]	43 [A]	38 [A]	35 [A]					
3		5 [Ω]	10 [Ω]	15 [Ω]	20 [Ω]	25 [Ω]	30 [Ω]	35 [Ω]	40 [Ω]	45 [Ω]	50 [Ω]	54 [Ω]	69 [Ω]			
		406 [A]	204 [A]	137 [A]	103 [A]	83 [A]	70 [A]	60 [A]	53 [A]	47 [A]	43 [A]	39 [A]	31 [A]			
4		5 [Ω]	9 [Ω]	13 [Ω]	18 [Ω]	22 [Ω]	26 [Ω]	31 [Ω]	35 [Ω]	39 [Ω]	44 [Ω]	48 [Ω]	61 [Ω]	65 [Ω]	69 [Ω]	87 [Ω]
		486 [A]	244 [A]	164 [A]	124 [A]	99 [A]	83 [A]	72 [A]	63 [A]	56 [A]	51 [A]	47 [A]	37 [A]	35 [A]	33 [A]	27 [A]

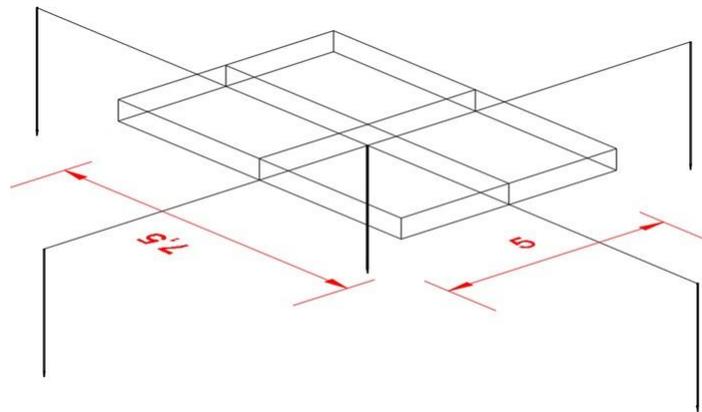
A continuación, se presentan las siguientes consideraciones asociadas a la Tabla 3:

- La longitud de los lados del triángulo es de 5 m.
- L: corresponde a la longitud del contrapeso a utilizar

Para resistividades superiores a 2000 Ω -m se debe emplear el esquema No 4.

Las configuraciones anteriormente expuestas funcionan para corrientes de falla relativamente bajas, en el caso de que estas corrientes sean más altas se deberán considerar configuraciones más robustas como la que se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Configuración del sistema de puesta a tierra para corrientes de falla elevadas



A continuación, se presentan las siguientes consideraciones asociadas a la Figura 3:

- La configuración propuesta corresponde a un rectángulo de 7,5 x 5 m.
- La longitud de los contrapesos es de 5 m.

El modelo presentado anteriormente se simuló para una corriente de falla de 2 kA, con un tiempo de despeje de falla de 0,12 segundos a 35 °C en un terreno con una resistividad uniforme de 45 Ω -m. El arreglo consiste en dos mallas rectangulares en una disposición de dos niveles a 0,7 m y 1,1 m de profundidad.

NOTAS GENERALES

Las siguientes características aplican para todas las configuraciones del sistema de puesta a tierra referidas anteriormente:

1. La selección del material a utilizar para el conductor que forma la malla de puesta a tierra de las diferentes configuraciones, incluido el conductor de los contrapesos, dependerá del nivel de agresividad (corrosión) del suelo en los sitios donde se instalen los apoyos. Para suelos con un valor de pH superior a 5.0 (suelos alcalinos y/o básicos) se recomienda utilizar acero galvanizado de calidad superior, y en suelos con un pH menor o igual a 5.0 (suelos neutros y ácidos) se recomienda utilizar acero inoxidable, o acero recubierto de cobre (Cooper-clad Steel) -Ver *GM-04 Guía metodológica: cálculo del sistema de puesta a tierra*.

2. Para zonas contaminadas con nivel de contaminación IV-Fuerte y V-Muy Fuerte (Ver RA8-022), los elementos de puesta a tierra, deben ser de acero inoxidable o acero recubierto de cobre.
3. Los electrodos de puesta a tierra empleados deberán ser de cobre macizo o acero recubierto de cobre, acero galvanizado en caliente, o acero inoxidable (Tabla 15.2-RETIE) con diámetro de 5/8" y con una longitud de 2,40 m.
4. La resistividad de la capa superficial (cascajo) es de 2500 Ω -m.
5. El espesor de la capa superficial es de 0,20 m.
6. La profundidad de enterramiento después de la capa superficial es de 0,50 m.
7. El cable o bajante de puesta a tierra se debe empalmar con la varilla más próxima al punto donde se entierre.
8. El cable bajante puede ser de acero recubierto de cobre, o acero galvanizado en caliente. Para las zonas de contaminación fuerte y muy fuerte, o costeras, se recomienda utilizar cable de acero inoxidable.
9. Debido a las composiciones de los suelos en Colombia, en sistema sin neutro y/o cable de guarda (con corrientes de falla elevadas) es probable que se requiera emplear algún método para tratar el terreno y así disminuir la resistencia del mismo, con el objeto de poder cumplir con las tensiones de paso y contacto tolerables. Los suelos artificiales son materiales que han producido las industrias con el fin de atender a la necesidad que hay de obtener resistencias de puesta a tierra bajas. Dentro de la variedad de estos suelos artificiales se encuentran: rellenos con sales o carbón, grafito, bentonita, y cemento conductor. Este último es el más recomendado, ya que ha demostrado un mejor comportamiento en el tiempo, y muy escaso o nulo mantenimiento.

6 EQUIPOTENCIALIZACIÓN BÁSICA DE LAS ESTRUCTURAS

Con el fin de garantizar la seguridad de las personas y la vida útil de todos los elementos que componen la vestida de los postes que soportan las redes de distribución de energía, el diseño o configuración de la puesta a tierra debe asegurar, en caso de falla, que las tensiones de paso y de contacto aplicadas al ser humano no superen las máximas permitidas.

6.1 BAJANTE DE PUESTA A TIERRA

Corresponde al conductor de la bajante del poste, o el cable que conecta a tierra el neutro del sistema, o conecta a tierra equipos, o conecta el cable de guarda para el apantallamiento contra impactos directos de descargas atmosféricas. Se debe cumplir con las exigencias para los materiales dadas en el RETIE, Tabla 16.1: Características de los terminales de captación y bajantes.

En general, en las redes de distribución del grupo EPM se utilizarán bajantes de acero galvanizado en caliente, o acero recubierto de cobre. 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 como se indica a continuación.

Las características que definen el bajante se explican en la siguiente tabla:

Tabla 4. Bajante de puesta a tierra

Denominación	Cable de acero recubierto de cobre No 4 AWG	Cable de acero galvanizado 3/8"	Fleje de acero austenítico (KIT de puesta a tierra) *
Sección Transversal (mm ²)	21.15	51.1	26.66
Dimensiones (mm)	Ø = 5.19	Ø = 9.52	1.2 x 22.22
Conductividad (%)	40	8,5	2.4
Intensidad de Coci Máx. Admisible (kA)	10.31	8.99	4.52

* KIT de puesta a tierra: conjunto de elementos para la conexión al sistema de puesta a tierra compuesto básicamente por el fleje en acero inoxidable, y los conectores mecánicos para el fleje y el electrodo o varilla.

En las estructuras donde corresponda llevar a tierra el bajante del cable de guarda o neutro de media tensión, el conductor debe ser cable de acero galvanizado 3/8" para cumplir con 50 mm² de sección transversal exigidos por el Retie para cables de guarda y bajante de cable de guarda. En los demás casos (PAT: DPS, neutro B.T, cuba de transformador, etc.), se puede utilizar cualquiera de las opciones indicadas en la table 4, garantizando una conductividad del 40% para el caso del cable de acero recubierto de cobre No. 4 AWG.

Cuando se utilice cable como bajante de puesta tierra en las redes aéreas del Grupo EPM, este debe ser instalado en el interior de los postes, con las excepciones contempladas en

el numeral 6.5 de la presente norma.

En las zonas rurales, cuando se utilice el fleje de acero austenítico, este se instalará externo al poste asegurado con cinta de acero inoxidable.

6.2 CABLE DE GUARDA

El cable de guarda, en montajes con bayoneta, debe ser de acero recubierto de aluminio 7x8 AWG, estar unidos a las estructuras con los herrajes apropiados y estar puestos a tierra cada tres estructuras, igualmente en las estructuras terminales, y en el poste donde se ubique el transformador de distribución. En caso de que el cable de guarda haga las veces también de neutro del sistema de distribución, se podrá utilizar este en ACSR (GA o AW).

En zona costera o de alta contaminación las características del conductor deberán estar de acuerdo al numeral 6.1 de la norma RA8-022.

Las diferentes configuraciones que puede adoptar el guarda y su material pueden observarse en la Tabla 5.

Tabla 5. Cable de guarda

Tipo de configuración	Nivel de tensión (kV)	Cable de acero recubierto de aluminio	Cable ACSR/GA	Cable ACSR/AW (4/3)
Solo Guarda (en bayoneta)	34.5	7 N° 8 AWG	-	-
	13.2	7 N° 8 AWG	-	-
Guarda y Neutro corrido	34.5	-	ver (*)	-
	13.2	-		-
Guarda y Mensajero (red compacta o red aislada)	34.5	7 N° 8 AWG	-	
	13.2	7 N° 8 AWG	-	
Guarda, Mensajero y neutro corrido (red compacta)	34.5		-	2/0 AWG
	13.2		-	1/0 AWG (ver**)

(*): Como cable neutro se utilizará 2 ACSR (GA o AW) para conductores de fase de calibre 2 AWG; 1/0 ACSR (GA o AW) para conductores de fase de calibre hasta 2/0 AWG, y para calibres de cables de fase superiores a 2/0 AWG se utilizará cable neutro de 2/0 ACSR (GA o AW).

(**): Como cable mensajero y neutro se utilizará 1/0 ACSR/AW (4/3) para los conductores de fase de calibre hasta 2/0 AWG. Para calibres superiores se utilizará el cable ACSR 2/0 (4/3) AW.

6.3 CRUCETA METÁLICA

Por considerarse un elemento de difícil acceso a las personas, además de ser una práctica constructiva y operativa constante - Ver NESC. 215C -, las crucetas metálicas no requieren ser equipotencializadas en los postes que soportan las redes de distribución de energía.

6.4 TEMPLETES O VIENTOS

Los templetes o vientos no requieren ser efectivamente aterrizados cuando se insertan en el templete uno o más aisladores tipo tensor debidamente especificados.

Los aisladores del templete deben ser posicionados de manera que se limite la probabilidad de que cualquier parte del templete se energice dentro de 2.45 m (8 ft) sobre el nivel del suelo en caso de que el templete se afloje –Ver NESC. 215C.

6.5 POSTES (CONCRETO, METÁLICO, FIBRA DE VIDRIO)

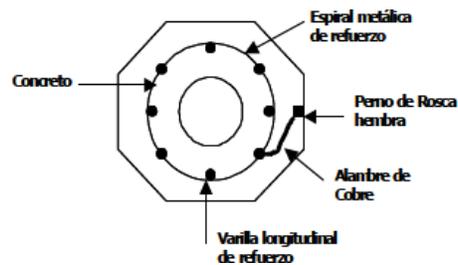
6.5.1 Poste de concreto

De acuerdo al RETIE, se les debe instalar una puesta a tierra a todos los postes o estructuras de concreto, excepto los destinados a baja tensión.

La estructura interna de refuerzo metálica del acero del poste de concreto pretensionado o postensionado, por diseño, debe estar firmemente unida y amarrada por medio de soldadura.

Cada poste de concreto debe tener la adecuación de puesta a tierra (perno de rosca hembra) colocada tanto en la parte superior como inferior del poste de concreto (ver Figura 5).

Figura 4. Adecuación de puesta a tierra para poste de concreto



Para evitar diferencias de potencial entre el refuerzo metálico y el cable de bajante de puesta a tierra, se debe realizar una conexión firme entre estos elementos mediante un conector de cobre tipo tornillo. El conector debe permitir conectar y/o sujetar alambres de cobre, acero recubierto de cobre, o acero galvanizado de 3/8".

La Figura 6 ilustra el perno hembra y el conector de puesta a tierra para la conexión con el cable de puesta a tierra (bajante).

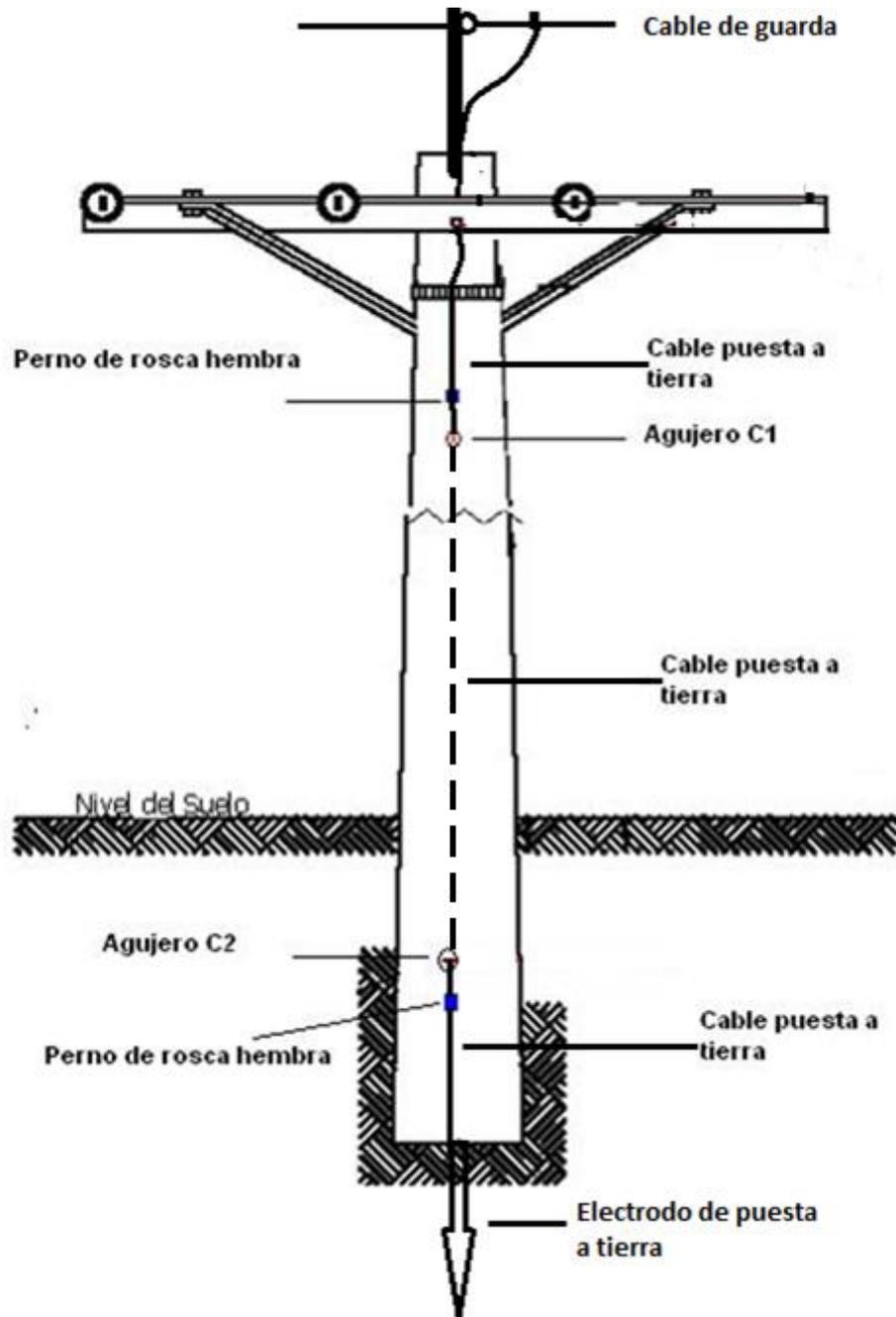
Figura 5. Perno hembra y conector de puesta a tierra



Una vez equipotencializada la estructura, el cable de bajante de puesta a tierra deberá ingresarse por el agujero C1 y salir por el agujero C2 para conectarse a la configuración de puesta a tierra (ver Figura 7).

En caso de no existir bajante, la conexión de puesta a tierra se efectuará solamente en la parte inferior del poste.

Figura 6. Bajante de puesta a tierra de poste de concreto



6.5.2 Poste de metálico

De acuerdo al RETIE, se les debe instalar una puesta a tierra a los postes o estructuras metálicas, excepto los destinados a baja tensión.

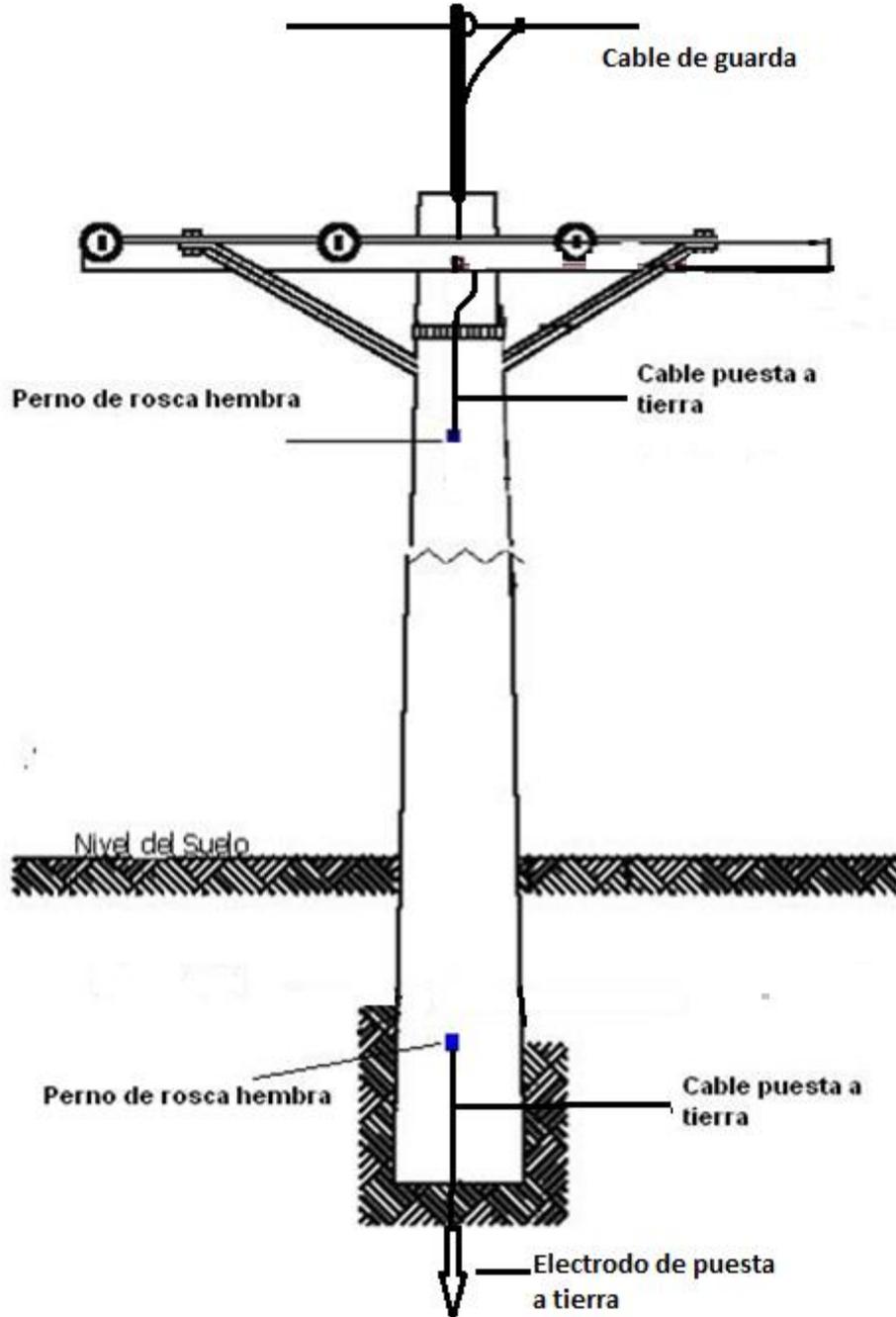
Para evitar diferencias de potencial entre la estructura metálica y el cable de bajante de puesta a tierra, se debe realizar una conexión firme entre estos elementos a través de los pernos de rosca hembra de conexión que tiene soldado el poste para tal fin.

El cable bajante se conectará al perno rosca hembra en la parte superior; luego el cuerpo metálico del poste se utilizará para generar un camino continuo para drenar las corrientes de falla, o de descarga atmosférica, y finalmente, el perno rosca de la parte inferior deberá conectarse al electrodo de puesta a tierra, tal como se muestra en la Figura 8.

El perno rosca hembra debe permitir conectar y/o sujetar cables acero recubierto de cobre, o acero galvanizado de 3/8”.

En caso de no existir cable de guarda, la conexión de puesta a tierra se efectuará solamente en la parte inferior del poste.

Figura 7. Bajante de puesta a tierra de poste metálico



6.5.3 Poste de fibra de vidrio

Dada las características constructivas (poliéster reforzado con fibra de vidrio- PRFV) que tiene este tipo de poste, no se requiere equipotencializar la estructura.

Cuando se requiera instalar el cable de bajante de puesta a tierra, este deberá ingresarse por el agujero C1 en la parte superior, y salir por el agujero C2 en la parte inferior del poste, para conectarse al electrodo según la configuración de puesta a tierra.

7 RED SEMIAISLADA Y AISLADA

En caso de que la red de distribución de media tensión sea del tipo semiaislada (compacta) con cable mensajero, la estructura, si es el caso, y el cable mensajero, deberán conectarse mediante un bajante de puesta a tierra cada tres (3) estructuras y en los postes terminales de línea; además, donde aparezcan elementos de corte, conexión y/o transformación.

En caso de que la red de distribución de media tensión sea del tipo red aislada, la conexión de la estructura, si es el caso, el cable mensajero, y la pantalla metálica del cable, deberán conectarse a un bajante de puesta a tierra en los puntos de transición de red aislada a desnuda y viceversa, y donde además aparezcan elementos de corte, conexión y/o transformación.