

**MANUAL DEL CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO (NTC 2050)
ALAMBRADO Y PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS
SECCIONES (250-280)**

DAVID SÁNCHEZ BOLAÑOS

DIEGO ALEXANDER CARDONA DUARTE

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
PEREIRA
2008**

**MANUAL DEL CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO (NTC 2050)
ALAMBRADO Y PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS
SECCIONES (250-280)**

**DAVID SÁNCHEZ BOLAÑOS
DIEGO ALEXANDER CARDONA DUARTE**

TRABAJO DE GRADO

**DIRECTOR
FABIO ANTONIO OCAMPO M.
INGENIERO ELECTRICISTA**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
PEREIRA
2008**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Pereira, 25 de Noviembre de 2008

A nuestros padres por depositar en nosotros todo su amor, confianza y fortaleza para afrontar todas las dificultades que se cruzan en el camino y por brindarnos la oportunidad de seguir afianzando nuestros conocimientos.

Dedicamos este trabajo a nuestras familias como muestra de agradecimiento por toda su dedicación y entrega durante todos estos años de nuestra vida.

AGRADECIMIENTOS

Les extendemos un sincero agradecimiento a todos los profesores del programa de Tecnología Eléctrica por su gran acompañamiento en la formación académica y personal a lo largo de toda la carrera. También les agradecemos a nuestras familias por el apoyo y dedicación en todo momento, de lo contrario no hubiera sido posible culminar con éxitos esta etapa de nuestras vidas.

A el ingeniero Fabio Antonio Ocampo M. un inmenso agradecimiento por su paciencia y comprensión, y por sus explicaciones que en todo momento sirvieron de ayuda para realizar este trabajo. Por último pero no menos importante un agradecimiento a todos los compañeros que compartieron con nosotros en cada una de las ámbitos de la vida universitaria.

RESUMEN

Este trabajo de grado tiene como finalidad principal el desarrollo de un manual del código eléctrico colombiano que permita entender y aplicar de manera más eficaz y sencilla el código eléctrico. Es importante tener en cuenta los reglamentos que debemos cumplir al pie de la letra para garantizar un buen y duradero funcionamiento de las instalaciones, es por eso que la finalidad del trabajo es brindar una herramienta que sea de gran utilidad para hacer correcto uso de la norma NTC 2050.

Este proyecto se ha desarrollado teniendo como base el texto completo de las secciones (250 y 280) del capítulo 2 de la NTC 2050 (ALAMBRADO Y PROTECCION DE LAS INSTALACIONES ELECTRICAS), cada una de estas secciones está dividida por artículos; los cuales tienen gran complejidad y poca claridad, por esta razón en gran parte de este manual se trató de explicar claramente cada uno de estos con comentarios, fotografías, dibujos y ejemplos numéricos.

La norma NTC 2050 tiene una gran dificultad en su interpretación, ya que hay algunos artículos que para su entendimiento citan otros que se encuentran en otras secciones y/o capítulos, lo que implica dirigirse de un lado a otro a través de toda la norma. En este manual no hay necesidad de buscar estos artículos ya que estos se explican seguido de donde se hace la citación y se encuentran textualmente como están en la norma; esto facilita su entendimiento.

Adicionalmente se realizaron una serie de anexos, los cuales contienen aspectos generales del RETIE, que son de obligatorio cumplimiento por las leyes colombianas.

INTRODUCCIÓN

Debido a la importancia que tienen los sistemas de puesta a tierra en todas las instalaciones eléctricas en cuanto a la seguridad que estos brindan a las personas, equipos eléctricos y electrónicos, ya que la norma NTC 2050 no se presta para una fácil interpretación y comprensión al abordar los temas en cada uno de los diferentes artículos. Surgió la necesidad de realizar este manual

Debido a que la Norma NTC 2050 está basada en una traducción del NEC (National Electrical Code) código eléctrico de los Estados Unidos, esta no se encuentra enfocada totalmente hacia el entorno colombiano lo que hace que se presenten confusiones y/o interpretaciones erróneas al momento de analizar estos temas.

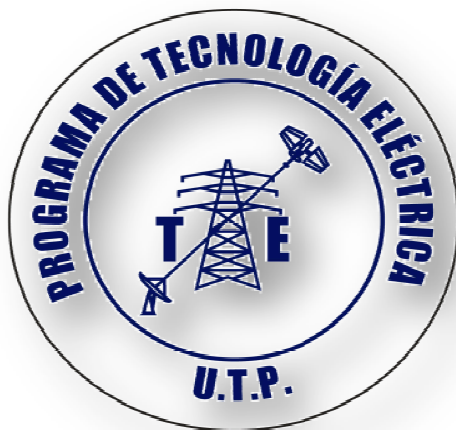
La característica principal de este manual es la de brindar una explicación clara y objetiva, ya sea por medio de explicaciones teóricas, gráficas o ejemplos numéricos a los artículos de estas secciones (250 y 280). Es así como se pretende dar posibles soluciones para aquellas personas que interactúen con este manual como lo son estudiantes, tecnólogos e ingenieros, encontrando en este, una ayuda a los diferentes problemas y situaciones que se presentan en un diario vivir.

La forma como se realizaron todas las explicaciones y aclaraciones de este trabajo se hicieron teniendo como base la experiencia adquirida a lo largo de la carrera por parte de los autores, con la colaboración de docentes de la escuela de Tecnología Eléctrica y teniendo como base las referencias bibliográficas citadas al término de este documento.

En el manual se utilizó el mismo formato de dos columnas de la norma NTC 2050 para evitar confusiones y hacer más fácil su interpretación, por esta razón no se aplicaron las normas ICONTEC.

008

**TO
ANO**



OLAÑOS

DONA DUARTE

**ALAMBRADO Y
PROTECCIÓN DE LAS
INSTALACIONES
ELÉCTRICAS.**

SECCIONES (250-280)

**MANUAL DEL CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO
NTC 2050**

**ALAMBRADO Y PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.
SECCIONES (250-280).**



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
2008**

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Explicar clara y objetivamente las secciones 250 y 280 de la Norma Técnica Colombiana NTC 20 50 (puesta a tierra y descargadores de sobretensiones).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender la norma NTC 20 50 en las respectivas secciones.
- Determinar los puntos de difícil comprensión.
- Explicar los puntos de difícil comprensión.
- Explicar por medio de gráficos y esquemas los puntos de mayor dificultad.
- Presentar un enfoque de las secciones según el entorno colombiano.

DEFINICIONES

A continuación se muestra algunos de los términos generales y técnicos que se utilizan a lo largo de este documento.

Accesible (referido a los equipos): equipo al que se puede acercar una persona: no está protegido por puerta con cerradura, por elevación ni por cualquier otro medio efectivo.

Acometida: derivación de la red local del servicio público domiciliario de energía eléctrica, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

Nota. Véase la *Ley 142 del 11 de julio de 1994*.

Acometida aérea: los conductores aéreos de acometida que van desde el último poste o soporte aéreo, incluidos los conectores de derivación, si los hay, hasta los conductores de entrada de acometida de la edificación u otra estructura.

Acometida subterránea: conductores subterráneos de la acometida desde la red de la calle, incluidos los tramos desde un poste o cualquier otra estructura o desde los transformadores, hasta el primer punto de conexión con los conductores de entrada de la acometida en el tablero general, tablero de medidores o cualquier otro tablero con espacio adecuado, dentro o fuera del muro de una edificación. Si no existe tablero general, tablero de medidores u otro con espacio adecuado, se debe considerar que el punto de conexión es el de entrada de los conductores de acometida al edificio.

Barraje de puesta a tierra (equipotencial): conductor de tierra colectiva, usualmente una barra de cobre o un cable de diámetro equivalente.

Clavija, enchufe: dispositivo introducido o retirado manualmente de un tomacorriente, el cual posee patas (contactos macho) que entran en contacto con los contactos hembra del tomacorriente.

Nota. Véase la norma *NTC 1650, Electrotecnia. Clavijas y tomacorrientes para uso general doméstico*.

Conductor de puesta a tierra (*Grounding conductor*): conductor utilizado para conectar los equipos o el circuito puesto a tierra de una instalación, al electrodo o electrodos de tierra de la instalación.

Conductor de puesta a tierra de los equipos: conductor utilizado para conectar las partes metálicas que no transportan corriente de los equipos, canalizaciones y otros encerramientos, al conductor puesto a tierra, al conductor del electrodo de tierra de la

instalación o a ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado independiente.

Conductor del electrodo de puesta a tierra: conductor utilizado para conectar el electrodo de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra de los equipos, al conductor puesto a tierra o a ambos, del circuito en los equipos de acometida o en punto de origen de un sistema derivado independiente.

Conductor desnudo: conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conductor puesto a tierra (*Grounded conductor*): conductor de una instalación o circuito conectado intencionalmente a tierra. Generalmente es el neutro de un sistema monofásico o de un sistema trifásico en estrella.

Conductores de acometida: conductores desde el punto de acometida hasta el dispositivo de desconexión de la acometida .

Conductores de aluminio recubierto de cobre: conductores hechos de una barra de aluminio recubierto de cobre en la que el cobre está metalúrgicamente unido a un alma de aluminio. El cobre forma un mínimo del 10 % de la sección transversal de un conductor sólido o de cada hilo de un conductor trenzado.

Conexión equipotencial (*Bonding*): unión permanente de partes metálicas para formar una trayectoria eléctricamente conductora, que asegure la continuidad eléctrica y la capacidad para conducir con seguridad cualquier corriente que pudiera pasar.

Cuadro de distribución (*Switchboard*): un panel sencillo, bastidor o conjunto de paneles, de tamaño grande, en los que se montan, por delante o por detrás o por los dos lados, interruptores, dispositivos de protección contra sobrecorriente, elementos de conexión y usualmente instrumentos. Los cuadros de distribución son accesibles generalmente por delante y por detrás y no necesariamente están destinados para instalarse dentro de armarios.

Electrodo de puesta a tierra: elemento o conjunto metálico conductor que se pone en contacto con la tierra física o suelo, ubicado lo más cerca posible del área de conexión del conductor de puesta a tierra al sistema. Puede ser una varilla destinada específicamente para ese uso o el elemento metálico de la estructura, la tubería metálica de agua en contacto directo con la tierra, un anillo o una malla formados por uno o más conductores desnudos destinados para este uso.

Equipo de corte de acometida: el equipo necesario que consiste generalmente en un interruptor automático, o interruptor y fusibles, con sus accesorios, situado cerca del punto de acometida de un edificio, otra estructura o en una zona definida, destinada para servir de control principal y de medio de desconexión del suministro.

Equipotencialidad: principio que debe ser aplicado ampliamente en sistemas de puesta a tierra. Indica que todos los puntos deben estar aproximadamente al mismo potencial. Véase definición de "Conexión equipotencial".

Interruptor de circuito contra fallas a tierra (GFCI): dispositivo diseñado para la protección de las personas, que funciona cortando el paso de corriente por un circuito o parte del mismo dentro de un determinado lapso, cuando la corriente a tierra supera un valor predeterminado, menor que el necesario para que funcione el dispositivo protector contra sobre corriente del circuito de suministro.

Lugares Húmedos: sitios parcialmente protegidos bajo aleros, marquesinas, porches cubiertos, como azoteas y lugares similares. También son considerados como lugares húmedos los lugares interiores sometidos a un grado moderado de humedad como algunos sótanos, graneros, establos y almacenes refrigerados.

Medio de desconexión: dispositivo o grupos de dispositivos u otro medio por el cual los conductores de un circuito se pueden desconectar de su fuente de alimentación.

Partes energizadas: conductores, barras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, que crean riesgo de descarga eléctrica.

Puente de conexión equipotencial: conductor confiable que asegura la conductividad eléctrica necesaria entre las partes metálicas que deben estar eléctricamente conectadas entre sí.

Puente de conexión equipotencial, equipo: conexión entre dos o más partes del conductor de puesta a tierra de un equipo.

Puente de conexión equipotencial, principal: conexión entre el conductor puesto a tierra del circuito y el conductor de puesta a tierra del equipo en la acometida.

Puesto a tierra (Grounded): conectado a tierra o a cualquier cuerpo conductor que pueda actuar como tierra.

Puesto a tierra eficazmente: conectado intencionalmente a tierra a través de una conexión o conexiones de tierra de impedancia suficientemente baja y con capacidad de circulación de corriente suficiente para evitar la aparición de tensiones que puedan provocar riesgos indebidos a las personas o a los equipos conectados.

Sistema derivado independiente: sistema de alambrado de un predio cuya energía procede de una batería, sistema solar fotovoltaico o del bobinado de un generador, transformador o convertidor y que no tiene conexión eléctrica directa, ni siquiera mediante un conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, para alimentar los conductores que proceden de otro sistema.

Tensión a tierra: en los circuitos puestos a tierra, es la tensión entre un conductor dado y el punto del conductor del circuito que está puesto a tierra; en los circuitos no puestos a tierra, es la mayor diferencia de tensión entre un conductor dado y cualquier otro conductor del circuito.

Tierra: conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el suelo tierra o con algún cuerpo conductor que pueda servir en lugar del suelo.

Tomacorriente con polo a tierra: tomacorriente con un contacto hembra que hace el primer contacto eléctrico a tierra con el contacto macho de una clavija al conectar un equipo. Hay de dos tipos: con el polo a tierra unido a la caja (molde) o con el polo a tierra aislado (para equipos sensibles).

COMO USAR ESTE MANUAL

Los comentarios en este manual están diseñados para ayudar a los usuarios a entender y aplicar la norma. Todos estos se encuentran con letra azul en recuadros azul claro.

Al comienzo de cada sección este manual cuenta con una tabla de contenido que dirige a la información específica.

Este documento contiene texto completo de las secciones 250 y 280 de la NTC 2050. Esta impreso en letra negra sobre fondo blanco.

Las tablas muestran de una forma organizada la información compleja en los artículos que la requieran.


Este manual contiene ejemplos numéricos que facilitan al usuario a realizar cálculos de acuerdo a las tablas.

Cuenta con más de 100 explicaciones entre ellas ilustraciones, fotografías y comentarios. Estas están demarcadas en recuadros azules y numeradas secuencialmente según la sección en que se encuentra

Artículo 250-43. Equipos Fijos o Conectados por métodos de Alambrado Permanente. 20

En el piso de los baños deben utilizar tomacorrientes GFCI que no se vean afectados por labores de limpieza.

En los tomacorrientes ubicados en los exteriores se deben instalar a una altura la cual la acumulación de agua no alcance las tapas o cubiertas de las salidas. Ver figura 250-39.



NO SE DEBE INSTALAR TOMACORRIENTES EN LA ZONA DEMARCADA, EXCEPTO QUE SEAN TOMACORRIENTES GFCI.

Figura 250-39. Tomacorrientes en lugares húmedos.

c) Contacto eléctrico. Cuando estén en contacto eléctrico con metales.

d) En lugares peligrosos (clasificados). Cuando estén en un lugar peligroso (clasificado) como se especifica en las Secciones 500 a 517.

Los lugares llamados "peligrosos" son aquellos donde pueda existir riesgo de explosión debido a la presencia de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras o partículas inflamables.

Sección transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo		Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra	
Cobre		Cobre	
mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
33,62 o menor	2 o menor	8,36	8

f) De más de 150 V a tierra. Cuando el equipo funcione con cualquiera de sus terminales a más de 150 V a tierra.

Excepciones:

- 1) Encerramientos de interruptores o de interruptores automáticos de circuito que se utilicen para fines distintos a los de encerrar un equipo de acometida y sean accesibles sólo personal calificado.

Ejemplo 1:
Si se tiene un sistema monofásico trifilar alimentado por una acometida, el calibre de las fases es No 2 AWG (Cobre), el calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra debe calcular según la tabla 250-94, y para este caso el calibre del conductor de puesta a tierra no debe ser menor a No 8 AWG (Cobre).

- 3) Equipos de distribución, como carcasas de transformadores y condensadores, mortados en postes de madera y a una altura superior a 2,40 m sobre la tierra o sobre el nivel del suelo.

No es necesario poner a tierra todas las partes metálicas expuestas de cornos como carcasas de transformadores, condensadores que estén ubicados en postes de madera y a una altura mayor a 2.4m. Ver figura 250-40.

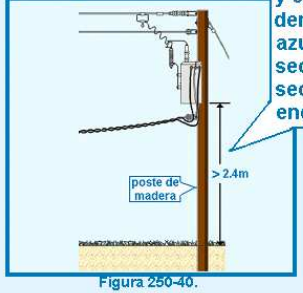


Figura 250-40.

Nota. Para la conexión equipotencial de los sistemas derivados independientes, véase el Artículo 250-80.a).

250-43. Equipos fijos o conectados por métodos de alambrado permanente. Casos Específicos. Independientemente de su tensión nominal, se deben poner a tierra las partes.

2008 Manual del Código Eléctrico Colombiano

SECCIÓN 250. PUESTA A TIERRA

A. DISPOSICIONES GENERALES.

250-1. Alcance

250-2. Aplicación de otras Secciones.

B. PUESTA A TIERRA DE CIRCUITOS Y SISTEMAS ELÉCTRICOS.

250-3. Sistemas de corriente continua (c.c.).

250-5. Circuitos y sistemas de corriente alterna (c.a.) que se deban poner a tierra.

250-6. Generadores portátiles y montados en vehículos.

250-7. Circuitos que no se deben poner a tierra.

C. UBICACIÓN DE LAS CONEXIONES DE PUESTA A TIERRA DE LOS SISTEMAS.

250-21. Corrientes indeseables en los conductores de puesta a tierra.

250-22. Punto de conexión de sistemas de corriente continua (c.c.).

250-23. Puesta a tierra de sistemas de c.a. alimentados desde una acometida.

250-24. Dos o más edificaciones o estructuras alimentadas desde una acometida común.

250-25. Conductor que se debe poner a tierra en sistemas de corriente alterna.

250-26. Puesta a tierra de sistemas derivados independientes de corriente alterna.

250-27. Conexiones de un sistema con neutro puesto a tierra a través de alta impedancia.

D. PUESTA A TIERRA DE ENCERRAMIENTOS Y CANALIZACIONES.

250-32. Encerramientos y canalizaciones de la acometida.

250-33. Otros encerramientos y canalizaciones para conductores.

E. PUESTA A TIERRA DE LOS EQUIPOS.

250-42. Equipos fijos o conectados por métodos de alambrado permanente.

250-43. Equipos fijos o conectados por métodos de alambrado permanente. Casos específicos.

250-44. Equipos no eléctricos.

250-45. Equipos conectados con cordón y clavija.

250-46. Separación con respecto a las bajantes de los pararrayos.

F. METODOS DE PUESTA A TIERRA.

250-50. Conexiones de los conductores de puesta a tierra de los equipos.

250-51. Camino efectivo de puesta a tierra.

250-53. Camino de puesta a tierra hasta el electrodo de puesta a tierra en acometidas.

250-54. Electrodo común de puesta a tierra.

250-55. Cable subterráneo de acometida.

250-56. Tramos cortos de una canalización.

250-57. Equipo fijo en sitio o conectado por método de alambrado permanente - puesta a tierra.

250-58. Equipos que se consideran puestos eficazmente a tierra.

250-59. Equipos conectados con cordón y clavija.

250-60. Carcasas de estufas y secadoras de ropa.

250-61. Uso del conductor puesto a tierra del circuito para la puesta a tierra de equipos.

250-62. Conexiones en circuitos múltiples.

G. CONEXIONES EQUIPOTENCIALES.

- 250-70. Generalidades.
- 250-71. Equipo de acometida.
- 250-72. Método de conexión equipotencial del equipo de acometida.
- 250-73. Cable de acometida con blindaje o cinta metálicos
- 250-74. Conexión del terminal de puesta a tierra de un tomacorriente en una caja.
- 250-75. Conexione equipotencial de otros encerramientos.
- 250-76. Conexión equipotencial de instalaciones a más de 250V.
- 250-77. Conexión equipotencial de canalizaciones metálicas con holguras.
- 250-78. Conexiones equipotenciales en lugares peligrosos (clasificados).
- 250-79. Puentes de conexión equipotencial principal y de equipos.
- 250-80. Conexión equipotencial de sistemas de tuberías y acero estructural expuesto.

H. INSTALACIÓN DEL ELECTRO DE PUESTA A TIERRA DEL SISTEMA.

- 250-81. Instalación del electrodo de puesta a tierra del sistema.
- 250-83. Electrodo fabricados y otros electrodos.
- 250-84. Resistencia de los electrodos fabricados.
- 250-86. Uso de la puesta a tierra de pararrayos.

J. CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA.

- 250-91. Materiales.
- 250-92. Instalación.
- 250-93. Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra para corriente continua.
- 250-94. Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra en instalaciones de corriente alterna.
- 250-95. Calibre de los conductores de puesta a tierra de los equipos.
- 250-97. Iluminación de contorno.
- 250- 99. Continuidad del conductor de puesta a tierra de equipos.

K. CONEXIONES DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA.

- 250-112. Con el electrodo de puesta a tierra.
- 250-113. Con los conductores y equipos.
- 250-114. Continuidad y conexión de los conectores de puesta tierra de los equipos a las cajas.
- 250-115. Conexión con los electrodos.
- 250-117. Protección de las fijaciones.
- 250-118. Superficies limpias.
- 250-119. Identificación de los terminales de los dispositivos de alambrado.

L. TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS, RELÉS, ETC.

250-121. Circuitos para transformadores de instrumentos.

250-122. Carcasas de los transformadores de instrumentos.

250-123. Carcasas de instrumentos, medidores y relés a menos de 1.000 V.

250-124. Carcasas de instrumentos, medidores y relés a 1kV y más.

250-125. Conductor de puesta a tierra de los instrumentos.

M. PUESTA A TIERRA DE INSTALACIONES Y CIRCUITOS DE ALTA TENSIÓN (1 KV O MÁS).

250-150. Generalidades.

250-151. Sistema con neutro derivado.

250-152. Sistemas con neutro sólidamente puesto a tierra.

250-153. Sistemas con neutro puesto a tierra a través de alta impedancia.

250-154. Puesta a tierra de sistemas de alimentación a equipos portátiles o móviles.

250-155. Puesta a tierra de los equipos.

SECCIÓN 280.

DESCARGADORES DE SOBRETENSION.

A. GENERALIDADES.

280-1. Alcance.

280-2. Definición.

280-3. Cantidad requerida.

280-4. Selección del descargador de sobretensiones.

B. INSTALACIÓN.

280-11. Ubicación

280-12. Tendido del conductor para los descargadores de sobretensiones.

C. CONEXIÓN DE LOS DESCARGADORES DE SOBRETENSIONES.

280-21. Instalados en acometidas en menos de 1.000 V.

280-22. Instalados en lado de la carga para acometidas de menos de 1.000 V.

280-23. Circuitos de 1 kV en adelante: conductores de los descargadores de sobretensiones.

280-24. Circuitos de 1 kV en adelante – interconexiones.

280-25. Puesta a tierra.

Lista de Figuras

LISTA DE FIGURAS		Pag.
Figura 250-1.	Sistemas de puesta a tierra.	1
Figura 250-2.	Sistemas de corriente continua < 50 V.	4
Figura 250-3.	Sistemas de corriente continua > 300 V.	4
Figura 250-4.	Sistemas de corriente continua derivado de un rectificador.	4
Figura 250-5.	Sistemas de corriente alterna > 150 V.	5
Figura 250-6.	Circuito transformador no puesto a tierra.	5
Figura 250-7.	Conductores aéreos.	5
Figura 250-8.	Sistema trifásico tetrafilar en estrella.	5
Figura 250-9.	Sistema trifásico tetrafilar en delta.	5
Figura 250-10.	Impedancia de puesta a tierra.	6
Figura 250-11.	Sistema derivado independiente.	7
Figura 250-12.	Sistema no derivado independiente.	7
Figura 250-13.	Generadores portátiles.	8
Figura 250-14.	Medios de desconexión.	9
Figura 250-15.	Puntos de conexión.	10
Figura 250-16.	Conexiones de puesta a tierra.	10

LISTA DE FIGURAS		Pag.
Figura 250-17.	Interconexión con el conductor puesto a tierra.	11
Figura 250-18.	Puente de conexión equipotencial.	11
Figura 250-19.	Uso del conductor de puesta a tierra.	12
Figura 250-20.	Conexión equipotencial.	12
Figura 250-21.	Puesta a tierra en edificaciones independientes.	13
Figura 250-22.	Sistemas no puestos a tierra.	14
Figura 250-23.	Conductores para lugares donde se alberga ganado.	14
Figura 250-24.	Medios de desconexión.	15
Figura 250-25.	Equipos no portadores de corriente.	15
Figura 250-26.	Instalación monofásica bifilar.	16
Figura 250-27.	Instalación monofásica trifilar.	16
Figura 250-28.	Instalación polifásica.	16
Figura 250-29.	Instalación polifásica con fase aterrizada.	16
Figura 250-30.	Instalación polifásica con neutro aterrizado.	16
Figura 250-31.	Tablero con puente de conexión equipotencial.	17

LISTA DE FIGURAS		Pag.
Figura 250-32.	Conductor del electrodo de puesta a tierra.	18
Figura 250-33.	Electrodo de puesta a tierra.	18
Figura 250-34.	Conexión del neutro del sistema.	19
Figura 250-35.	Ubicación del conductor del electrodo de puesta a tierra.	20
Figura 250-36.	Relé de protección.	20
Figura 250-37.	Canalizaciones de acometida.	20
Figura 250-38.	Distancias horizontales y verticales.	21
Figura 250-39.	Tomacorrientes en lugares húmedos.	21
Figura 250-40.	Altura para equipos de distribución.	22
Figura 250-41.	Cordón y clavija.	25
Figura 250-42.	Herramientas y artefactos.	25
Figura 250-43.	Doble aislamiento.	26
Figura 250-44.	Herramientas manuales de doble aislamiento.	26
Figura 250-45.	Separación del bajante del pararrayos con cajas metálicas.	26
Figura 250-46.	Puesta a tierra para pararrayos.	27

LISTA DE FIGURAS		Pag.
Figura 250-47.	Conexión equipotencial para equipos.	28
Figura 250-48.	Equipos no puestos a tierra.	28
Figura 250-49.	Puente de conexión equipotencial principal.	30
Figura 250-50.	Cables subterráneos de acometida.	30
Figura 250-51.	Conexiones monofásicas y trifásicas.	33
Figura 250-52.	Calibre de los conductores.	33
Figura 250-53.	Conexión equipotencial tomacorriente.	33
Figura 250-54.	Puesta a tierra para equipos de red de suministros.	34
Figura 250-55.	Conexión a tierra de sistemas de c.c.	34
Figura 250-56.	Conexión equipotencial con otro sistema.	35
Figura 250-57.	Cajas con bocados concéntricos o excéntricos.	37
Figura 250-58.	Calibre para las conexiones equipotenciales.	39
Figura 250-59.	Tuberías metálicas para agua.	39

LISTA DE FIGURAS		Pag.
Figura 250-60.	Puesta a tierra para estructuras metálicas.	40
Figura 250-61.	Anillo de puesta a tierra.	41
Figura 250-62.	Electrodo de puesta a tierra.	42
Figura 250-63.	Modos de instalación de puesta a tierra.	42
Figura 250-64.	Electrodos en paralelo.	43
Figura 250-65.	Puesta a tierra para pararrayos.	43
Figura 250-66.	Calibre del conductor de puesta a tierra.	48
Figura 250-67.	Capacidad de los conductores en paralelo.	48
Figura 250-68.	Conexiones exotérmicas.	51
Figura 250-69.	Proceso de aplicación de soldadura exotérmica.	51
Figura 250-70.	Tipos de conectores.	52
Figura 250-71.	Conectores de puesta a tierra.	52
Figura 250-72.	Conexión de conductores de puesta a tierra.	52
Figura 250-73.	Cajas no metálicas.	52
Figura 250-74.	Relés de protección.	53

LISTA DE FIGURAS		Pag.
Figura 250-75.	Impedancia a tierra.	55
Figura 250-76.	Equipos móviles o portátiles.	55
Figura 250-77.	Distancias entre electrodos.	56
Figura 280-1.	Descargador de sobre tensión.	57
Figura 280-2.	Instalación del conductor del pararrayo.	58

SECCIÓN 250. PUESTA A TIERRA

A. DISPOSICIONES GENERALES

250-1. Alcance. Esta Sección trata de los requisitos generales de puesta a tierra y de conexiones equipotenciales de las instalaciones eléctricas y de los requisitos específicos a) hasta f) que se indican a continuación:

- a) Sistemas, circuitos y equipos que se exige, se permite o no se permite que estén puestos a tierra.
- b) El conductor del circuito que deben ser puesto a tierra en los sistemas puestos a tierra.
- c) Ubicación de las conexiones de puesta a tierra.
- d) Tipos y calibres de los conductores de puesta a tierra, de los conductores de conexión equipotencial y de los electrodos de puesta a tierra.
- e) Métodos de puesta a tierra y de conexión equipotencial.
- f) Condiciones en las cuales los encerramientos de protección, distancias de seguridad eléctrica o aislamiento hacen que no se requiera puesta a tierra.

Notas:

- 1) **Requisitos de un sistema de puesta a tierra:**
 - a. **Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.**
 - b. **Presentar mínima variación de la resistencia debida a cambios ambientales.**
 - c. **Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.**
 - d. **Tener suficiente capacidad de conducción y disipación de corrientes de falla.**
 - e. **Evitar ruidos eléctricos.**
 - f. **Ser resistente a la corrosión.**
 - g. **Tener facilidad de mantenimiento.**
 - h. **Se deben tener en cuenta las normas técnicas NTC relacionadas con el tema.**
- 2) Los conductores de las instalaciones y circuitos se ponen a tierra para limitar las tensiones debidas a rayos, subidas de tensión en la red o contacto accidental con líneas de alta tensión y para estabilizar la tensión a tierra durante su funcionamiento normal. Los conductores de puesta a tierra de los equipos se conectan equipotencialmente al conductor del

sistema puesto a tierra de modo que ofrezcan un camino de baja impedancia para las corrientes de falla, que facilite el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra.

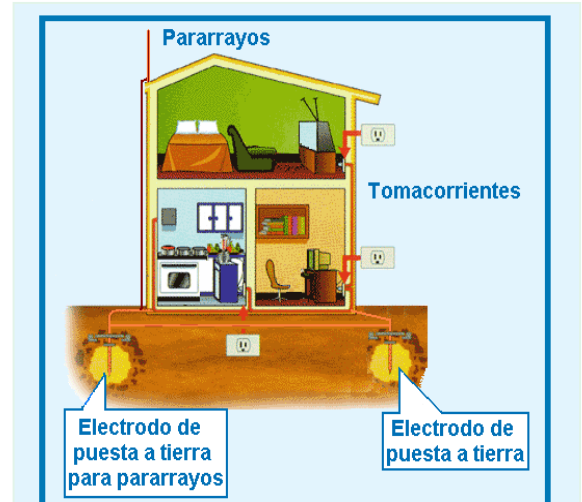


Figura 250-1.
Sistemas de puesta a tierra

Como se ve en la figura los tomacorrientes de la vivienda están conectados al electrodo de puesta a tierra de forma directa, con el fin de disipar a tierra las fallas en el caso de que ocurran.

Los pararrayos se utilizan para descargar las tensiones debidas a los rayos llevándolas directamente a tierra, sin dejar que estas intervengan con los circuitos internos del predio. Ver figura 250-1.

- 3) Los materiales conductores que rodean a conductores o equipos eléctricos o forman parte de dichos equipos, se conectan a tierra para limitar la tensión a tierra de esos materiales y se conectan equipotencialmente para facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente en caso de falla a tierra. Véase el Artículo 110-10.

Para la construcción de una instalación eléctrica es pertinente enfatizar en la necesidad de una coordinación entre los diferentes equipos y las protecciones del sistema, teniendo en cuenta los valores nominales de cada equipo de manera que se brinde seguridad para los equipos y personas cercanas a estas.

Artículo 110-10. Impedancia del circuito y otras características. Los dispositivos de protección contra sobrecorriente, la impedancia total, la capacidad nominal de cortocircuito de los componentes y otras características del circuito que debe proteger, se deben elegir y coordinar de modo que permitan que los dispositivos para protección del circuito utilizados para eliminar una falla, lo hagan sin causar daños extensivos a los otros componentes eléctricos del circuito.

Esta falla podrá ocurrir entre dos o más conductores del circuito o entre cualquier conductor del circuito y el conductor de puesta a tierra o la canalización metálica que lo contiene. Se considera que los productos certificados, aplicados de acuerdo con su certificación, cumplen con este artículo.

250-2. Aplicación de otras Secciones. En otras Secciones relativas a casos particulares de instalación de conductores y equipos, hay otros requisitos que son adicionales a los de esta Sección o modificaciones de los mismos:

	Sección	Artículo
Acometidas	230	
Anuncios eléctricos e iluminación de contorno	600	
Artefactos eléctricos		422-16
Ascensores, montacargas, escaleras y pasillos móviles; ascensores y elevadores para sillas de ruedas	620	
Bus de cables		365-9
Cajas de salida, de dispositivo, de paso y de empalme, conduletes y accesorios		370-4 370-25
Casas flotantes		553-8 553-10 553-11
Casas móviles y estacionamientos de casas móviles	550	
Celdas electrolíticas	668	
Circuitos de Clase 1, Clase 2 y Clase 3 de control remoto, de señalización y de potencia limitada		725-6
Circuitos de comunicaciones	800	
Circuitos ramales		210-5 210-6 210-7
Circuitos y equipos operando a más de 600 V, generalidades		710-4.b).1)
Circuitos y equipos que operan a menos de 50 V	720	
Computadores/equipo de procesamiento de datos		645-15
Condensadores		460-10 460-27
Conductores para alambrado general	310	
Cordones y cables flexibles		400-22 400-23
Cuadros de distribución y paneles de distribución		384-3.d) 384-11
Distribución de potencia en lazo cerrado y programada		780-3
Edificaciones agrícolas		547-8
Elementos de alumbrado, portabombillas, bombillas y tomacorrientes	410	
Elementos y equipos de alumbrado		410-17 410-18 410-19

3 capítulo 2. Alambrado y Protección de las Instalaciones Eléctricas

	Sección	Artículo
		410-21 410-105.b)
Equipo de acometida		230-63
Equipo de calefacción eléctrica fija de ambiente		424-14
Equipo de calefacción eléctrica fija de tuberías y recipientes		427-21 427-29 427-48
Equipo de calefacción por inducción y pérdidas en el dieléctrico	665	
Equipo de radio y televisión	810	
Equipo eléctrico exterior fijo de deshielo y fusión de la nieve		426-27
Equipos de grabación de sonido y similares		640-4
Equipos de rayos X	660	517-67
Estudios de cine y de televisión y lugares similares		530-20 530-66
Grúas y elevadores	610	
Instituciones de asistencia médica	517	
Interruptores		380-12
Lugares peligrosos (clasificados)	500 517	
Maquinaria industrial	670	
Máquinas de irrigación eléctricas o con mando eléctrico		675-11.c) 675-12 675-13 675-14 675-15
Motores, circuitos de motores y controladores	430	
Órganos eléctricos de tubos	650	
Paneles de distribución		384-20
Piscinas, fuentes e instalaciones similares	680	
Puertos y embarcaderos		555-7
Sistemas de distribución de antena comunal de radio y televisión		820-33 820-40 820-41
Sistemas de seguridad intrínseca		504-50
Sistemas de señalización de protección contra incendios		760-6
Sistemas solares fotovoltaicos		690-41 690-42 690-43 690-44
Teatros, zonas de espectadores en estudios cinematográficos y de televisión y lugares similares		520-81
Tomacorrientes y conectores de cordón		210-7
Tomacorrientes, adaptadores, conectores de cordón y clavijas del tipo con polo a tierra		410-58
Transformadores y bóvedas de transformadores		450-10
Uso e identificación de conductores puestos a tierra	200	
Vehículos recreacionales y parques de vehículos recreacionales	551	

B. PUESTA A TIERRA DE CIRCUITOS Y SISTEMAS ELÉCTRICOS

250-3. Sistemas de corriente continua (c.c.).

a) **Bifilares.** Los sistemas de c.c. bifilares que den suministro a los predios, se deben poner a tierra.

Excepciones:

- 1) *Un sistema equipado con un detector de puesta a tierra y que alimente sólo equipos industriales en áreas limitadas.*
- 2) *Un sistema que funcione a 50 V o menos entre conductores.*

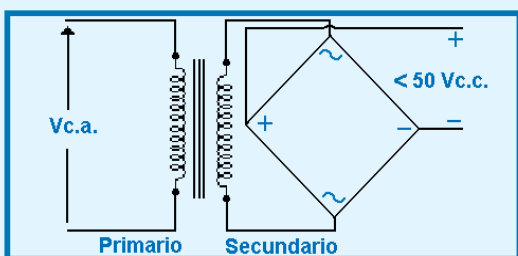


Figura 250-2.
Sistemas de corriente continua < 50V

3) *Un sistema que funcione a más de 300 V entre conductores.*

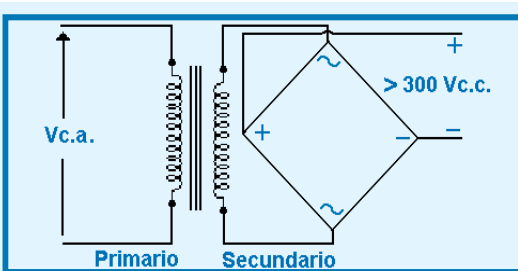


Figura 250-3.
Sistemas de corriente continua > 300V

4) *Un sistema de c.c. derivado de un rectificador y alimentado desde un sistema de c.a. que cumpla con el Artículo 250-5.*

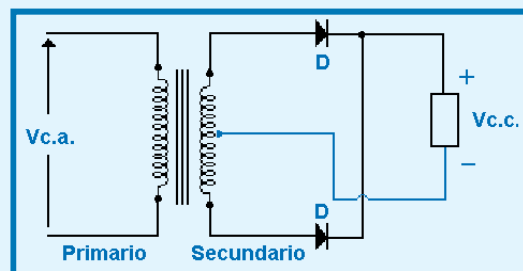


Figura 250-4.
Sistemas de c.c. derivado de un rectificador

5) *Los circuitos de c.c. de alarma contra incendios con una corriente máxima de 0,030 A, como se especifica en la Sección 760 Parte C.*

b) **Trifilares.** Se debe poner a tierra el conductor neutro de todos los sistemas de c.c. trifilares que alimenten a los predios.

Para prevenir accidentes en los sistemas trifilares el conductor de neutro se debe de poner a tierra de manera segura a través de un electrodo de puesta a tierra; evitando así posibles problemas que se presentan en el sistema, como lo puede ser una mala maniobra por parte de los operarios o una falla producida por una descarga atmosférica.

La razón principal de aterrizar estos sistemas eléctricos, es la de desviar la corriente en el momento que ocurra la falla hacia tierra, evitando en todo momento que la falla producida se dirija hacia las cargas que se encuentren conectadas al sistema.

250-5. Circuitos y sistemas de corriente alterna (c.a.) que se deben poner a tierra. Los circuitos e instalaciones de c.a. se deben poner a tierra según se establece en los siguientes apartados a), b), c) o d). Se permite poner a tierra otros circuitos y sistemas.

Nota. *Un ejemplo de sistema que se puede poner a tierra es un transformador en delta con la conexión de uno de sus extremos puesto a tierra. Para el conductor que se debe poner a tierra, véase el Artículo 250-25 .4).*

a) **Circuitos de corriente alterna de menos de 50 V.** Los circuitos de c.a. de menos de 50 V se deben poner a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

- 1) Cuando estén alimentados por transformadores, si el sistema de alimentación del transformador supera los 150 V a tierra.

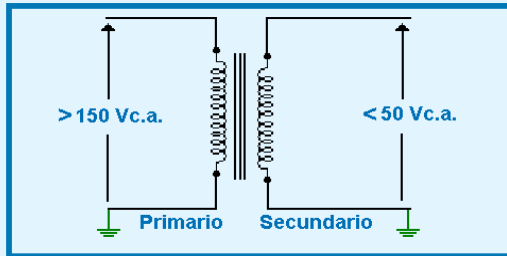


Figura 250-5.
Sistemas de corriente alterna > 150V

- 2) Cuando estén alimentados por transformadores si el sistema de alimentación del transformador no está puesto a tierra.

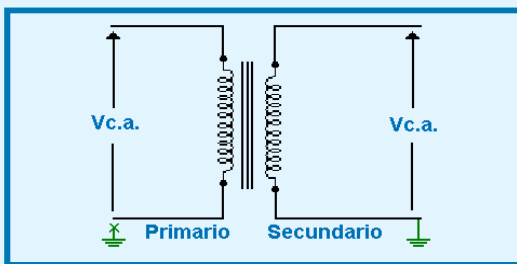


Figura 250-6.
Circuito transformador no puesto a tierra.

- 3) Cuando estén instalados como conductores aéreos fuera de las edificaciones.

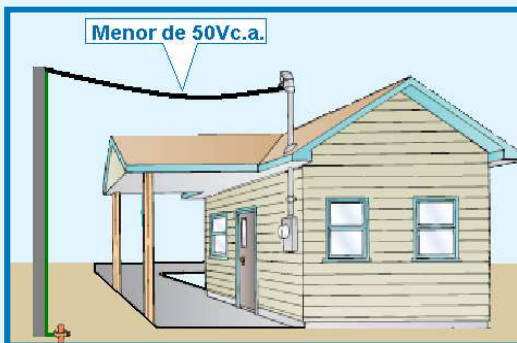


Figura 250-7.
Conductores aéreos.

- b) **Instalaciones de corriente alterna de 50 a 1.000 V.** Los sistemas de c.a. entre 50 y 1.000 V que alimenten alambrado de predios y sistemas de alambrado en predios, deben estar puestos a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

- 1) Cuando el sistema se pueda poner a tierra de modo que la tensión máxima a tierra de los conductores no puestos a tierra no supere los 150 V.

- 2) Cuando sea un sistema trifásico tetrafilar conectado en estrella en el que se utilice el neutro como conductor del circuito.

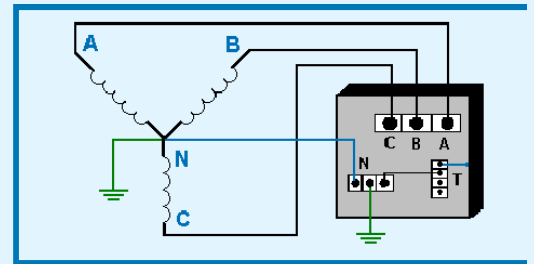


Figura 250-8.
Sistema trifásico tetrafilar en estrella.

- 3) Cuando el sistema sea trifásico tetrafilar conectado en delta en el que el punto medio del bobinado de una fase se utilice como un conductor del circuito.

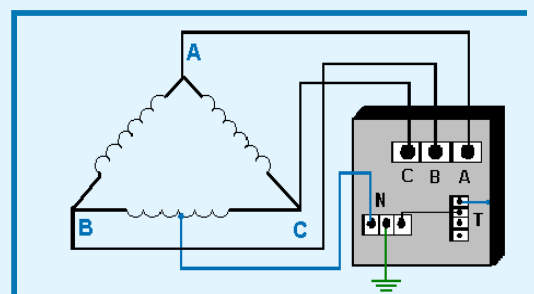


Figura 250-9.
Sistema trifásico tetrafilar en delta.

- 4) Cuando un conductor de acometida puesto a tierra no sea aislado, según las Excepciones a los Artículos 230-22, 230-30 y 230-41.

Se pueden colocar conductores que no estén aislados, siempre y cuando se encuentren al interior de un cable y que este se encuentren rodeado por otros conductores dentro del cable, ya que de esta forma el conductor desnudo se aísla por sí mismo.

Artículo 230-22. Aislamiento o cubierta. Los conductores de acometida deben soportar normalmente la exposición a los agentes atmosféricos y otras condiciones de uso sin que se produzcan fugas perjudiciales de corriente.

Los conductores individuales deben estar aislados o cubiertos con un material termoplástico extruido o aislante termoajustable.

Excepción: Está permitido que el conductor puesto a tierra de un cable de varios conductores esté desnudo.

230-30. Aislamiento. Los conductores de acometida subterránea deben soportar las condiciones atmosféricas y otras circunstancias de uso sin que se produzcan fugas perjudiciales de corriente. Los conductores de acometida subterránea deben estar aislados para la tensión correspondiente.

230-41. Aislamiento de los conductores de entrada de acometida. Los conductores de entrada de acometida deben soportar las condiciones atmosféricas y otras circunstancias de uso sin que se produzcan fugas perjudiciales de corriente. Los conductores de entrada de acometida que entren en un edificio o estructura o se vean en su exterior, deben estar aislados.

1) Los sistemas eléctricos utilizados exclusivamente para alimentar hornos eléctricos industriales de fusión, refinado, temple y similares.

2) Los sistemas derivados independientes utilizados exclusivamente para rectificadores que alimenten únicamente manejadores industriales de velocidad variable.

3) Los sistemas derivados independientes alimentados por transformadores cuya tensión nominal del primario sea menor a 1.000 V, siempre que se cumplan todas las siguientes condiciones:

a. Que el sistema se use exclusivamente para circuitos de control.

b. Que las condiciones de mantenimiento y supervisión garanticen que sólo atienden la instalación personas calificadas.

c. Que se requiera continuidad de la corriente de control.

d. Que el sistema de control tenga instalados detectores de falla a tierra.

4) Los sistemas aislados, tal como lo permiten o exigen las Secciones 517 y 668.

Nota. El uso apropiado de detectores adecuados de falla a tierra en instalaciones no puestas a tierra, puede ofrecer protección adicional.

5) Los sistemas con neutro puesto a tierra a través de alta impedancia, en los que la impedancia de puesta a tierra, generalmente una resistencia, limite al mínimo el valor de la corriente por falla a tierra. Se permiten sistemas con neutro puesto a tierra a través de alta impedancia en instalaciones trifásicas de c.a. de 480 V a 1.000 V, siempre que se cumplan todas las siguientes condiciones:

a. Que las condiciones de mantenimiento y supervisión garanticen que sólo personas calificadas atienden la instalación.

b. Que se requiera continuidad en el servicio.

c. Que el sistema tenga instalados detectores de falla a tierra.

d. Que el sistema no alimente cargas de línea a neutro.

Un sistema conectado a través de alta impedancia se utiliza para limitar las corrientes de falla cuando ocurra una falla a tierra. Estos sistemas se utilizan en lugares donde el servicio de energía no se pueda interrumpir por ejemplo un sistema de alarma que encaso de una falla de aviso y que no se interrumpa su funcionamiento. Ver figura 250-10.

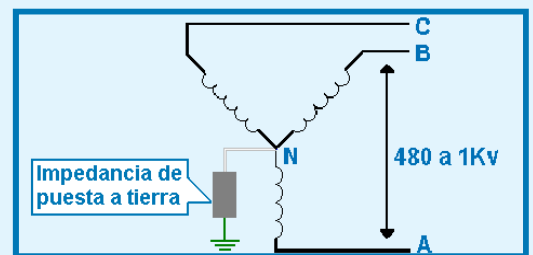


Figura 250-10.
Impedancia de puesta a tierra.

c) Instalaciones de corriente alterna de 1 kV y más. Los sistemas de c.a. que alimentan equipos móviles o portátiles, se deben poner a tierra como se especifica en el Artículo 250-154. Si alimentan a otros equipos que no sean los portátiles, se permite que tales sistemas se pongan a tierra. Cuando lo estén deben cumplir las disposiciones de esta Sección que les sean aplicables.

d) Sistemas derivados independientes. Un sistema de alambrado de un predio que esté alimentado por el devanado de un generador, transformador o convertidor y no tenga conexión eléctrica directa, ni siquiera con un conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, para alimentar conductores que arranquen de otro sistema, en caso que se requiera que esté puesto a tierra según los anteriores apartados a) o b), se debe conectar a tierra como se indica en el Artículo 250-26.

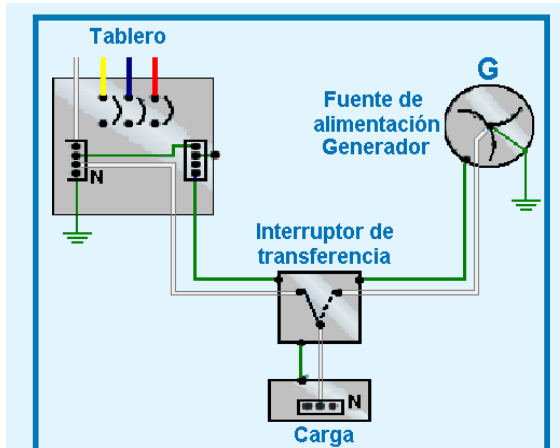


Figura 250-11.
Sistema derivado independiente.

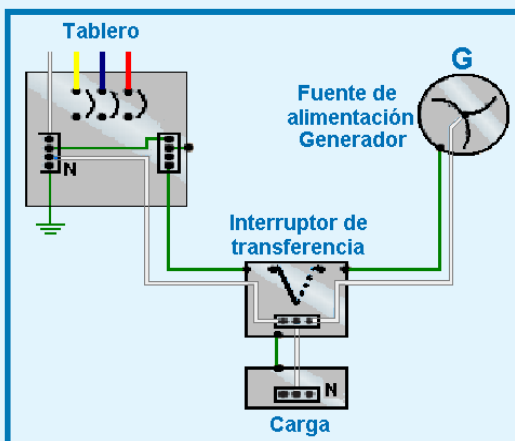


Figura 250-12.
Sistema no derivado independiente.

Un sistema derivado independiente es el que alimenta un predio ya sea un generador, transformador o un convertidor y que el neutro del sistema no esté conectado eléctricamente a conductor puesto a tierra del circuito que va alimentar, como se muestra en la figura 250-11.

Si los neutros se encuentran conectados físicamente, NO se considerara un sistema derivado independiente como en la figura 250-12.

Notas:

1) Una fuente de alimentación alternativa de c.a., como un generador, no es un sistema derivado independiente si el neutro está sólidamente interconectado al neutro del sistema que arranca de una acometida.

2) Para los sistemas que no sean derivados independientes y no se exija que estén puestos a tierra como especifica el Artículo 250-26, véase el Artículo 445-5 para el calibre mínimo de los conductores que deben transportar la corriente de falla.

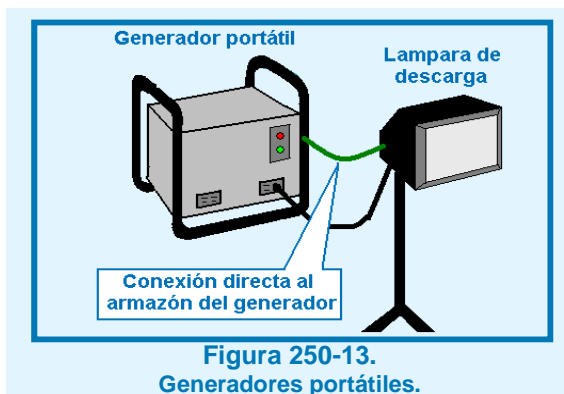
250-6. Generadores portátiles y montados en vehículos.

a) Generadores portátiles. No se exige que el armazón de un generador portátil se ponga a tierra y se permite que sirva como electrodo de puesta tierra de un sistema alimentado por el generador, con las siguientes condiciones 1) y 2):

1) Que el generador alimente solamente equipos montados en el propio generador o equipos conectados con cordón y clavija por medio de tomacorrientes montados en el generador, o ambas cosas.

2) Que las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos y los terminales del conductor de puesta a tierra de los equipos en los tomacorrientes se conecten equipotencialmente al armazón del generador.

b) Generadores montados en vehículos. Se permite que el chasis del vehículo sirva como electrodo de puesta a tierra del sistema alimentado por el generador montado en el vehículo, con las siguientes condiciones 1) hasta 4):



1) Que el armazón del generador esté conectado equipotencialmente al chasis del vehículo.

2) Que el generador alimente sólo a equipo montado en el vehículo o conectado a través de un cordón con clavija conectada a tomacorrientes montadas en el vehículo, o equipo montado en el vehículo y equipo conectado con cordón y clavija a través de tomacorrientes montados en el vehículo o en el generador.

3) Que las partes metálicas no energizadas del equipo y de los terminales del conductor de puesta a tierra de los tomacorrientes estén conectadas equipotencialmente al armazón del generador.

4) Que el sistema cumpla todas las demás disposiciones de esta Sección.

c) Conexión equipotencial del conductor neutro. Un conductor neutro se debe conectar equipotencialmente al armazón del generador cuando el generador sea parte de un sistema derivado independiente. No se exige la conexión equipotencial al armazón del generador de ningún otro conductor, excepto el neutro.

Nota. Para la puesta a tierra de generadores portátiles que alimentan instalaciones fijas, véase el Artículo 250-5.d).

250-7. Circuitos que no se deben poner a tierra. No se deben poner a tierra los siguientes circuitos:

a) Grúas. Los circuitos de grúas eléctricas que funcionen sobre fibras combustibles en lugares de Clase III, como establece el Artículo 503-13.

Artículo 503-13. Grúas, montacargas, elevadores eléctricos y equipos similares en lugares Clase III Divisiones 1 y 2. Las grúas móviles, montacargas y elevadores para la manipulación de materiales, limpiadoras móviles de maquinaria textil y equipos similares instalados para funcionar en ambientes con fibras combustibles o con acumulaciones de pelusas, deben cumplir las siguientes condiciones (a) a (d):

(a) Fuente de alimentación. La fuente de alimentación a los conductores de contacto o escobillas, debe estar aislada de todos los demás sistemas y estar equipada con un detector de puesta a tierra que emita una alarma y corte automáticamente la corriente a los conductores de contacto o escobillas en caso de falla a tierra o produzca una alarma visual y sonora la cual debe mantenerse hasta que los conductores se hayan desenergizado y se haya despejado la falla a tierra.

(b) Conductores de contacto o escobillas. Los conductores de contacto o escobillas deben estar ubicados y protegidos de modo que sean inaccesibles a personas no autorizadas y estén protegidos contra el contacto accidental con objetos extraños.

(c) Colectores. Los colectores en máquinas rotativas deben estar dispuestos o protegidos de modo que se produzca la menor cantidad de chispas posible, evitando la salida de estas o de partículas calientes. Para reducir las chispas, cada conductor de contacto debe estar dotado de dos o más superficies o contactos independientes. Debe haber medios adecuados para que los conductores y colectores de corriente se mantengan libres de acumulación de fibras o pelusa.

b) Instituciones de asistencia médica. Los circuitos que establece la Sección 517.

c) Celdas electrolíticas. Los circuitos que establece la Sección 668.

C. UBICACIÓN DE LAS CONEXIONES DE PUESTA A TIERRA DE LOS SISTEMAS

250-21. Corrientes indeseables en los conductores de puesta a tierra.

a) Arreglos para evitar corrientes indeseables. La puesta a tierra de instalaciones eléctricas, conductores de circuitos, pararrayos y materiales y equipos conductores no portadores de corriente, se debe instalar y disponer de modo que se evite el paso de corrientes indeseables por los conductores de puesta a tierra o por las trayectorias de la puesta a tierra.

También llamadas corrientes dispersas, geomagnéticas, estáticas o parasitas, son corrientes permanentes que se pueden presentar por diversas causas como por ejemplo: transformadores desbalanceados, asilamientos desgatados, cortocircuitos, tensiones inducidas. Sus efectos pueden ser tan nocivos para los equipos como mortales para quien no sepa las técnicas para medir correctamente una puesta a tierra. Ver figura 250-14.

b) Alteraciones para detener corrientes excesivas. Si el uso de varias conexiones de puesta a tierra produce un paso indeseable de corriente, se permite hacer una o más de las siguientes alteraciones, siempre que se cumplan los requisitos del Artículo 250-51:

1) Desconectar una o más de dichas conexiones de puesta a tierra, pero no todas.

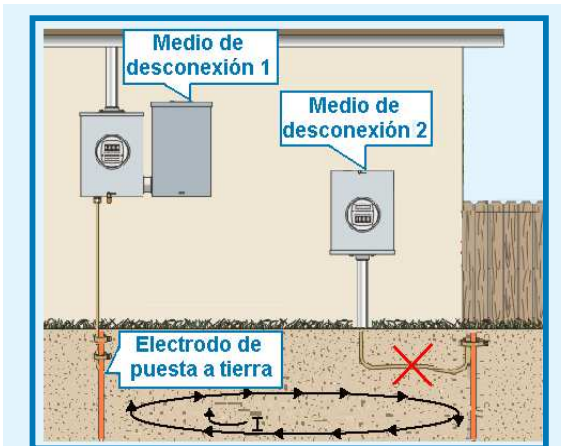


Figura 250-14.
Medios de desconexión.

Un problema que puede surgir se debe a que los electrodos de puesta a tierra se encuentren muy cercanos uno del otro y esto hace que se produzcan corrientes entre estos y no se tenga un punto de referencia a tierra (cero), por esta razón el medio de

desconexión 2 en esta figura 250-14, se encuentra interrumpido para evitar este fenómeno.

2) Cambiar la ubicación de las conexiones de puesta a tierra.

La ubicación de los electrodos de puesta a tierra se debe hacer teniendo en cuenta la resistividad del terreno donde estén enterrados ya que de ello depende en gran parte la conductividad y la óptima respuesta del sistema de puesta a tierra, en caso de que exista gran dificultad en trasladar un electrodo de puesta a tierra, se puede preparar el terreno con sales minerales, carbón, gravilla etc.

3) Interrumpir la continuidad del conductor o camino conductor que une las conexiones de puesta a tierra.

4) Tomar otra medida adecuada que sea satisfactoria para la autoridad competente.

c) Corrientes temporales que no se consideran indeseables. Para efectos de lo especificado en los anteriores apartados a) y b), no se consideran corrientes indeseables las corrientes temporales que se produzcan accidentalmente, como las debidas a fallas a tierra, y que se den sólo mientras los conductores de puesta a tierra cumplen sus funciones previstas de protección.

d) Límites a las alteraciones permitidas. Las disposiciones de este Artículo no se deben tomar como permiso de utilización de equipos electrónicos en sistemas o circuitos ramales de c.a. que no estén puestos a tierra como exige esta Sección. Las corrientes que causen ruidos o errores de datos en los equipos electrónicos no se consideran como corrientes indeseables de las que trata esta Artículo.

250-22. Punto de conexión de sistemas de corriente continua (c.c.). Los sistemas de c.c. que se deban poner a tierra deben tener la conexión de puesta a tierra en una o más de sus fuentes de alimentación. No se debe hacer conexión de puesta a tierra en las acometidas individuales ni en ningún otro punto de la instalación del predio.

En los sistemas de corriente continua (c.c.), la conexión de puesta a tierra se deberá de colocar en los bornes de la alimentación, o en los varios puntos de alimentación del sistema. En las derivaciones y circuitos ramales de la instalación no se debe de colocar una conexión de puesta a tierra. Ver figura 250-15.

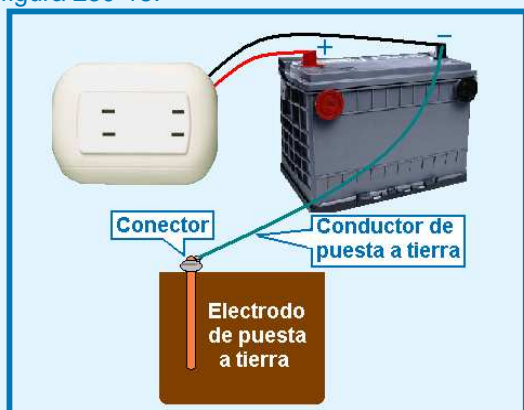


Figura 250-15.
Puntos de conexión.

Excepción: Cuando la fuente de alimentación del sistema de c.c. esté situada en los predios, se debe hacer una conexión de puesta a tierra así: 1) en la fuente de alimentación o en el primer medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente del sistema, o 2) mediante cualquier otro medio que ofrezca una protección equivalente al sistema y que utilice equipos certificados e identificados para ese uso.

250-23. Puesta a tierra de sistemas de c.a. alimentados desde una acometida.

a) Conexiones de puesta a tierra del sistema. El sistema de alambrado de un predio que arranque desde una acometida de c.a. puesta a tierra, debe tener en cada acometida un conductor del electrodo de puesta a tierra conectado a un electrodo de puesta a tierra que cumpla lo establecido en la Parte H de la Sección 250. El conductor del electrodo de puesta a tierra debe estar conectado al conductor de la acometida puesto a tierra en cualquier punto accesible entre el lado de la carga de la acometida aérea o subterránea y el terminal o el bus al que esté conectado el conductor de la acometida puesto a tierra en el medio de desconexión de la acometida, inclusive. Cuando el transformador de alimentación de la acometida esté situado fuera

de la edificación, se debe hacer como mínimo otra conexión de puesta a tierra desde el conductor de la acometida puesto a tierra hasta el electrodo de puesta a tierra, en el transformador o en cualquier otro punto fuera de la edificación. No se debe hacer ninguna conexión de puesta a tierra con ningún conductor del circuito puesto a tierra en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida.

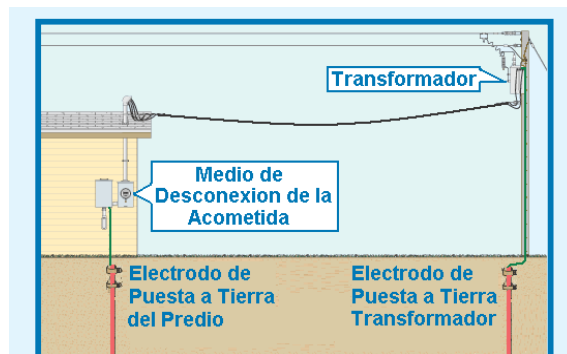


Figura 250-16.
Conexiones de puesta a tierra.

Como el transformador de alimentación del predio se encuentra fuera de la edificación este se debe conectar a un sistema de puesta a tierra independiente a el sistema de puesta a tierra del predio tal como se ve en la figura 250 -16.

Nota. Véanse en la Sección 100 las definiciones de "Acometida aérea" y "Acometida subterránea"; véase también el Artículo 230-21.

Artículo 230-21. Alimentación aérea. Los conductores aéreos de acometida hasta un edificio u otra estructura (como un poste) en los que se instale un medidor o medio de desconexión, se deben considerar acometida aérea y se deben instalar como tales.

Nota. Ejemplo, cargas en edificios agrícolas, Sección 220, Parte D.

Excepciones:

- 1) El conductor de un electrodo de puesta a tierra se debe conectar al conductor puesto a tierra de un sistema derivado independiente según lo establecido en el Artículo 250-26.b).
- 2) Se debe hacer una conexión al conductor de puesta a tierra en cada edificio independiente cuando lo requiera el Artículo 250-24.

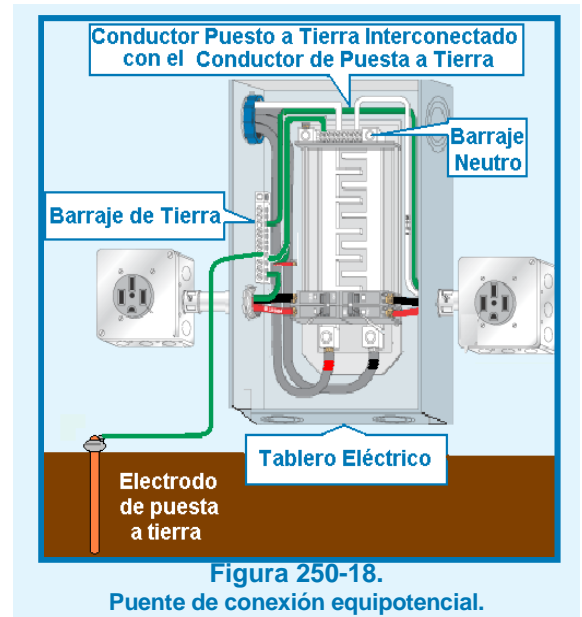
3) En las estufas, estufas en mostradores, hornos montados en la pared, secadoras de ropa y tableros de medidores, según permite el Artículo 250-61.



4) En las acometidas con doble alimentación a la red (doble terminación) en un encerramiento común o agrupadas en encerramientos distintos con una conexión al secundario, se permite una sola conexión al electrodo de puesta a tierra del punto de conexión de los conductores puestos a tierra de cada fuente de alimentación.

5) Cuando el puente de conexión equipotencial principal descrito en los Artículos 250-53.b) y 250-79 sea un alambre o barra instalado desde la barra o bus del neutro al terminal de puesta a tierra del equipo de la acometida, se permite que el conductor del electrodo de puesta a tierra se conecte al terminal de puesta a tierra del equipo al que vaya conectado el puente de conexión equipotencial.

Como se ve en la figura 250-18 los conductores de la acometida de alimentación del tablero, llegan a cada uno de sus puntos de interconexión, el barraje puesto a tierra está unido con el barraje de puesta a tierra a través del puente de conexión equipotencial, la conexión al electrodo de puesta a tierra se puede hacer desde este mismo barraje (de puesta a tierra) sin infringir con la norma y solo para esta excepción.



6) Lo que establece el Artículo 250-27 para conexiones a tierra de sistemas con neutro puesto a tierra a través de alta impedancia.

b) Conductor puesto a tierra llevado hasta el equipo de acometida. Cuando se ponga a tierra en cualquier punto un sistema de c.a. de menos de 1.000 V, el conductor puesto a tierra se debe llevar hasta cada medio de desconexión de la acometida y conectarlo equipotencialmente al armario de cada uno de ellos. Este conductor se debe llevar con los conductores de fase y no debe ser de calibre menor al conductor del electrodo de puesta a tierra requerido en la Tabla 250-94 y, además, para los conductores de fase de acometida de sección transversal superior a $557,37 \text{ mm}^2$ (1.100 kcmils) en cobre o $886,73 \text{ mm}^2$ (1.750 kcmils) en aluminio, el calibre del conductor puesto a tierra no debe ser menor al 12,5 % del área del mayor conductor de fase de acometida. Cuando los conductores de fase de acometida se conecten en paralelo, el calibre del conductor puesto a tierra se debe calcular sobre la base de una sección equivalente para conductores en paralelo, como se indica en este Artículo.

Ejemplo 1:

Si se tiene un sistema monofásico trifilar alimentado por una acometida, y el calibre de las fases es No 2 AWG (Cobre), el calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra se debe calcular según la tabla 250-94, y para este caso el calibre del conductor puesto a

tierra no debe ser menor a No 8 AWG (Cobre).

Sección transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo		Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra	
Cobre		Cobre	
mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
33,62 o menor	2 o menor	8,36	8

Ejemplo 2:

Si se tiene un sistema alimentado por una acometida con 3 conductores por fase y cada fase está compuesta por 3 conductores en paralelo, si se sabe que el área de un cada conductor es de 500 MCM, se tendrá por fase un área aproximadamente igual de 1500 MCM.

Para esta área el calibre a utilizar será 3/0, y teniendo en cuenta que para elegir el calibre del conductor puesto a tierra, este no debe ser menor al 12.5% del área del mayor conductor de fase, entonces;

Área del 3/0 = 1500 MCM

12.5% * 1500 = 187.5 MCM

Por lo tanto el calibre mínimo del conductor de puesta a tierra a utilizar es No 4/0.

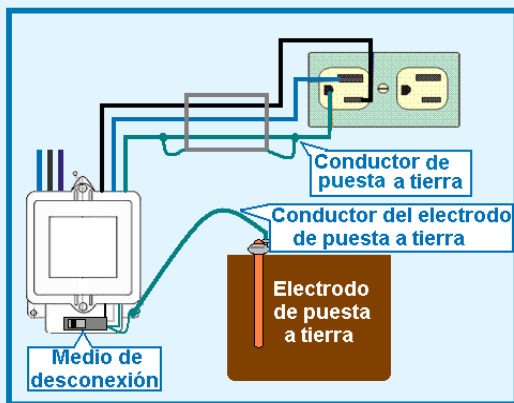


Figura 250-19.

Uso del conductor de puesta a tierra.

Para los sistemas de corriente alterna (c.a.), de menos de 1.000 V, el conductor de puesta a tierra se debe llevar hasta los puntos de desconexión y acometidas, cada uno de estos puntos se debe conectar equipotencialmente a la estructura donde se encuentra cada medio.

El conductor de puesta a tierra debe de ir con las fases y no debe de ser menor al calibre de las fases. Ver figura 250-19.

Nota. Para la puesta a tierra de conductores conectados en paralelo, véase el Artículo 310-4.

Artículo 310-4. Conductores en paralelo.

Los conductores de aluminio, aluminio recubierto de cobre o cobre de sección transversal 53,50 mm² (1/0 AWG) y mayor, que sean los conductores de fase, el neutro o el conductor puesto a tierra de un circuito, pueden ir conectados en paralelo (unidos eléctricamente en ambos extremos para formar un solo conductor).

Excepciones:

1) No se exige que el conductor puesto a tierra sea de mayor sección que la del mayor conductor de fase de acometida no puesto a tierra.

2) Lo que establece el Artículo 250-27 para sistemas con neutro puesto a tierra a través de alta impedancia.

3) Cuando haya más de un medio de desconexión de la acometida en un conjunto certificado para uso como equipo de acometida, debe llevarse un conductor puesto a tierra hasta ese conjunto y conectarse equipotencialmente a su armario.

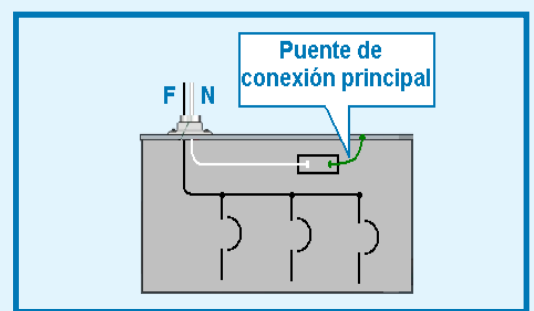


Figura 250-20.

Conexión equipotencial.

250-24. Dos o más edificaciones o estructuras alimentadas desde una acometida común.

a) **Sistemas puestos a tierra.** Cuando desde la misma acometida de c.a. se alimenten dos o más edificios o estructuras, el sistema puesto a

tierra en cada edificio o estructura debe tener un electrodo de puesta a tierra, como se describe en la Parte H, conectado al armario metálico del medio de desconexión de la edificación o estructura y al conductor puesto a tierra de la instalación de c.a., a la entrada del medio de desconexión de la edificación o estructura. Cuando el conductor de puesta a tierra del equipo, descrito en el Artículo 250-91.b), no vaya con los conductores del alimentador, el calibre del conductor puesto a tierra de la instalación de c.a. a la entrada del medio de desconexión no debe ser menor al calibre especificado en la Tabla 250-95 para los conductores de puesta a tierra de los equipos.

Donde las acometidas de corriente alterna (c.a.) alimenten dos o más cargas se deben instalar un sistema rígido de puesta a tierra independiente para cada carga con un electrodo de puesta a tierra o malla conectado al punto de desconexión de la carga. Ver figura 250-21.

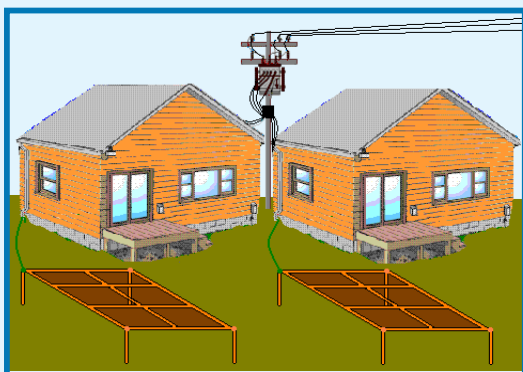


Figura 250-21.
Puesta a tierra en edificaciones independientes.

Excepciones:

- 1) No será necesario un electrodo de puesta a tierra en edificios o estructuras independientes cuando sólo tengan un circuito ramal y en la edificación o estructura no haya equipos que requieran de puesta a tierra.
- 2) No será necesario conectar el conductor puesto a tierra de un circuito al electrodo de puesta a tierra en un edificio o estructura independiente si se tiende un conductor de puesta a tierra de equipos junto con los conductores del circuito para poner a tierra cualquier equipo metálico no portador de corriente, sistemas interiores de tuberías

metálicas y estructuras metálicas de la edificación y si el conductor de puesta a tierra del equipo va conectado equipotencialmente al electrodo de puesta a tierra del medio de desconexión de otro edificio o estructura, como se describe en la Parte H. Si no hay electrodos y la edificación o estructura recibe el suministro de más de un circuito ramal, se debe instalar un electrodo de puesta a tierra que cumpla los requisitos de la Parte H. Cuando se albergue ganado, la parte del conductor de puesta a tierra del equipo que vaya subterránea hasta el medio de desconexión, debe ser de cobre aislado o forrado.

Nota. En cuanto a los requisitos especiales de puesta a tierra de edificaciones agrícolas, véase el Artículo 547-8.a), Excepción.

547-8. Puesta a tierra, conexión equipotencial y plano equipotencial.

(a) Puesta a tierra y conexión equipotencial. La puesta a tierra y las conexiones equipotenciales deben cumplir lo establecido en la Sección 250.

Excepción nº. 1: No es necesario un puente de conexión equipotencial en el panel de distribución o en edificios donde haya ganado o aves de corral, cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- a. Si el alambrado de todas las edificaciones y predios pertenecen al mismo propietario.
- b. Si existe un conductor de puesta a tierra de equipos junto con los conductores de suministro y tiene la misma sección transversal que el mayor de los conductores de suministro, si es del mismo material, o si está ajustado de acuerdo con la Tabla 250-95 cuando es de otro material.
- c. Si se proporciona medio de desconexión de la acometida en el punto de distribución para esas edificaciones.
- d. Si el conductor de puesta a tierra de los equipos está conectado equipotencialmente con el conductor del circuito puesto a tierra en el equipo de acometida o donde se inicia un sistema derivado independiente.
- e. Si existe un electrodo de puesta a tierra y está conectado al conductor de puesta a tierra de los equipos en el panel de distribución.

b) Sistemas no puestos a tierra. Cuando se suministre corriente a dos o más edificios o estructuras por una acometida común desde un sistema no puesto a tierra, cada edificio o estructura debe tener un electrodo de puesta a tierra como se describe en la Parte H, conectado al armario metálico del medio de desconexión de la edificación o estructura.

Excepciones:

1) No será necesario un electrodo de puesta a tierra en edificios o estructuras independientes cuando sólo tengan un circuito ramal y en la edificación o estructura no haya equipos que requieran de puesta a tierra.

2) No se requiere electrodo de puesta a tierra ni conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra con el armario metálico del medio de desconexión de la edificación o estructura, siempre que se cumplan todas las siguientes condiciones:

a. Que se instale un conductor de puesta a tierra de equipos con los conductores del circuito hasta el medio de desconexión de la edificación o estructura para poner a tierra cualquier equipo metálico que no lleve corriente, tuberías metálicas interiores y estructuras metálicas de la edificación.

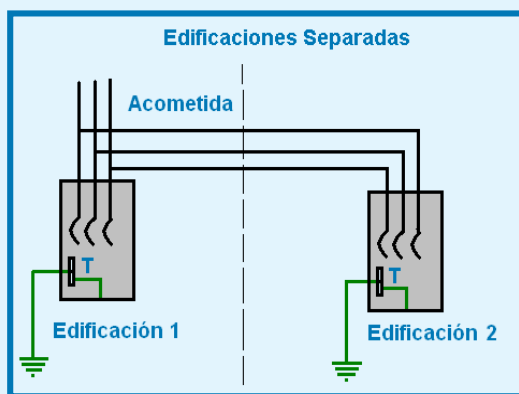


Figura 250-22.

Sistemas no puestos a tierra.

Así el sistema no este puesto a tierra se deben aterrizar las partes metálicas de los equipos. Ver figura 250-22.

b. Que no existan electrodos de puesta a tierra como se describen en la Parte H.

c. Que la edificación o estructura reciba corriente sólo de un circuito ramal.

d. Si hay ganado albergado, la parte del conductor de puesta a tierra del equipo que vaya subterránea hasta el medio de desconexión, debe ser de cobre aislado o forrado.

En los lugares donde se alberga ganado no se deben instalar conductores desnudos de puesta a tierra subterráneos, debido a que estos animales por su separación en sus extremidades, inducen una tensión de paso considerable que puede llegar a ser mortal en el momento que se presente una descarga. Ver figura 250-23.

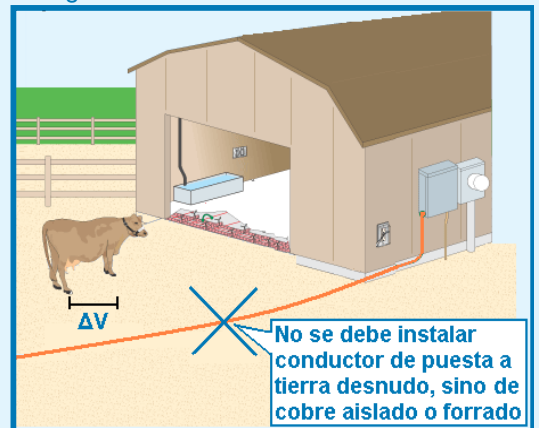


Figura 250-23.

Conductores para lugares donde se alberga ganado.

Nota. En cuanto a los requisitos especiales de puesta a tierra de edificios agrícolas, véase el Artículo 547-8.a), Excepción.

c) Medios de desconexión situados en edificaciones o estructuras separadas pero en el mismo predio. Cuando haya uno o más medios de desconexión que alimentan a uno o más edificios o estructuras bajo la misma propiedad y esos medios de desconexión estén situados lejos de esos edificios o estructuras según lo que establece el Artículo 225-8.b), Excepciones No. 1 y 2, se deben cumplir todas las siguientes condiciones:

En el mismo predio los dos tableros están alimentados por la misma acometida, cada uno de estos tableros debe estar aterrizado como se ve en la figura. Ver figura 250-24.

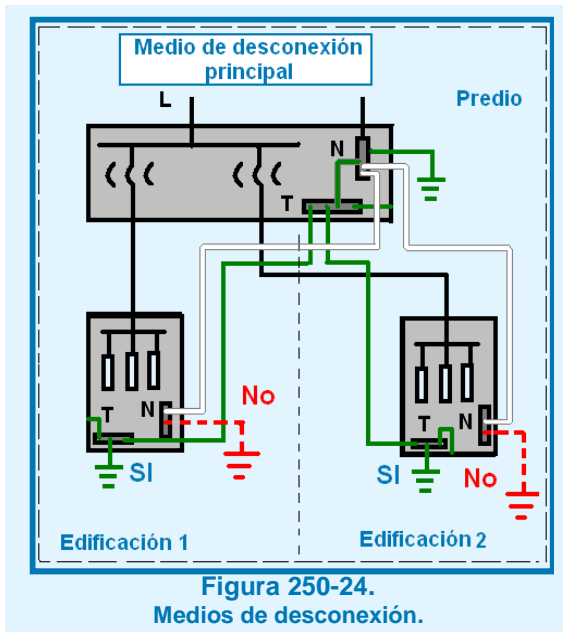
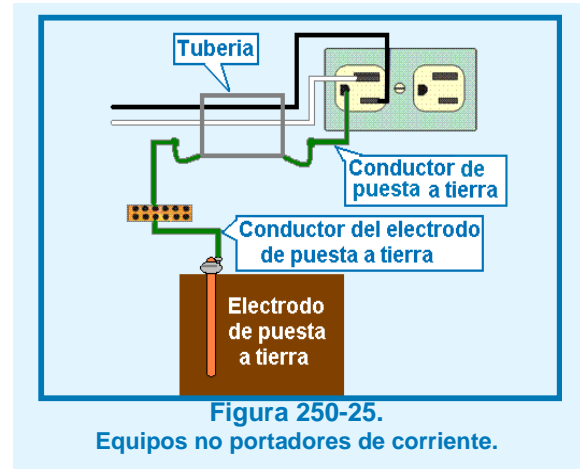


Figura 250-24.
Medios de desconexión.

1) No se debe conectar el conductor del circuito puesto a tierra con el electrodo de puesta a tierra de un edificio o estructura independiente.

2) Se debe instalar un conductor de puesta a tierra de equipos para poner a tierra cualquier equipo no portador de corriente, sistemas de tuberías metálicas interiores y estructuras metálicas de edificios, con los conductores del circuito hasta un edificio o estructura independiente y conectarlo equipotencialmente a los electrodos de puesta a tierra existentes descritos en la Parte H o, si no existieran esos electrodos, se debe instalar un electrodo de puesta a tierra que cumpla los requisitos de la Parte H cuando se suministre corriente desde un edificio o estructura independiente hasta más de un circuito ramal.

Será necesario instalar un conductor de puesta a tierra de equipos para poder aterrizar todos los equipos no portadores de corriente, como cajas metálicas y sistemas de tubería metálicas en estructuras independientes y conectarlos equipotencialmente a los electrodos de puesta a tierra existentes. Si no hay un electrodo de puesta a tierra se debe de instalar un electrodo independiente y conectarlos equipotencialmente con el conductor de puesta a tierra. Ver figura 250-25.



3) La conexión equipotencial del conductor de puesta a tierra del equipo al electrodo de puesta a tierra en un edificio o estructura independiente, se debe hacer en una caja de conexión, panel de distribución o encerramiento similar situado inmediatamente dentro o fuera del otro edificio o estructura.

Excepciones:

1) No será necesario un electrodo de puesta a tierra en edificios o estructuras independientes cuando sólo tengan un circuito ramal y en la edificación o estructura no haya equipos que requieran de puesta a tierra.

2) Si hay ganado albergado, la parte del conductor de puesta a tierra del equipo que vaya subterránea hasta el medio de desconexión, debe ser de cobre aislado o forrado.

d) **Conductor de puesta a tierra.** La sección transversal del conductor de puesta a tierra hasta el electrodo o electrodos de puesta a tierra no debe ser menor a la indicada en la Tabla 250-95 y su instalación debe cumplir lo establecido en el Artículo 250-92.a) y b).

Excepciones:

1) No se exige que el conductor de puesta a tierra tenga una sección transversal mayor que el mayor conductor de suministro no puesto a tierra.

2) Cuando se conecte a electrodos como indica el Artículo 250-83.c) o d), no se exige que la parte del conductor de puesta a tierra que constituya la única conexión entre el electrodo o electrodos y el conductor de puesta a tierra o puesto a tierra o el armario metálico

del medio de desconexión de la edificación, sea de sección transversal mayor que $13,29 \text{ mm}^2$ (6 AWG) en cobre o $21,14 \text{ mm}^2$ (4 AWG) en aluminio.

250-25. Conductor que se debe poner a tierra en sistemas de corriente alterna. En sistemas de alambado de c.a. en las propiedades, el conductor que se debe poner a tierra es el que se especifica en los siguientes apartados 1) hasta 5):

1) Instalaciones monofásicas bifilares: un conductor.

Una instalación monofásica bifilar consiste en dos conductores portadores de corriente donde su conexión es una fase y un neutro, y el neutro se debe poner a tierra. Ver figura 250-26.

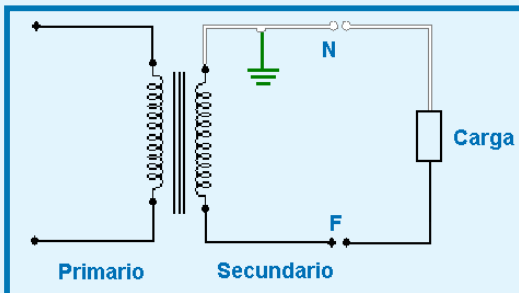


Figura 250-26.
Instalación monofásica bifilar.

2) Instalaciones monofásicas trifilares: el conductor de neutro.

Una instalación monofásica trifilar consiste en dos conductores portadores de corriente donde su conexión es dos fases y un neutro, el neutro se debe poner a tierra. Ver figura 250-27.

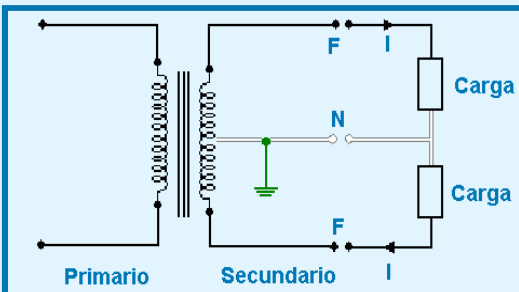


Figura 250-27.
Instalación monofásica trifilar.

3) Instalaciones polifásicas con un conductor común a todas las fases: el conductor común.

En las instalaciones con más de una fase el conductor común o neutro se debe poner directamente a tierra. Ver figura 250-28.

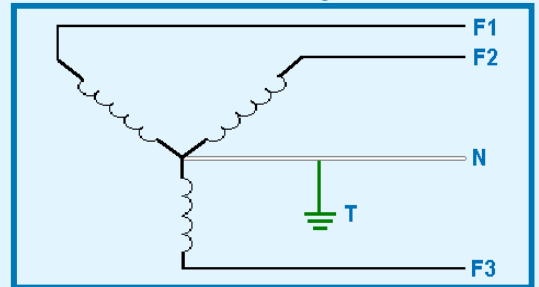


Figura 250-28.
Instalación polifásica.

4) Instalaciones polifásicas en las que se deba poner a tierra una fase: el conductor de una fase.

En una instalación con una o más fases, se debe poner directamente a tierra una fase del sistema. Ver figura 250-29.

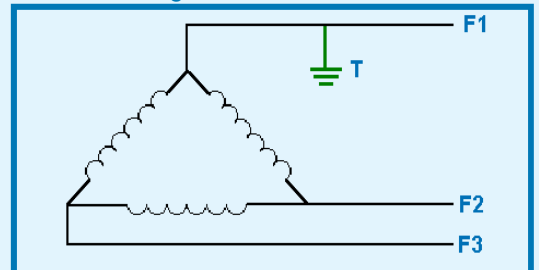


Figura 250-29.
Instalación polifásica con fase aterrizada.

5) Instalaciones polifásicas en las que una fase se utilice como se indica en 2) anterior: el conductor de neutro.

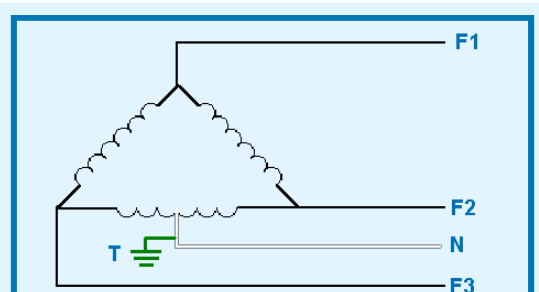


Figura 250-30.
Instalación polifásica con neutro aterrizado.

Una instalación polifásica consiste en una o más fases portadoras de corriente en la cual el neutro va conectado directamente a tierra. Ver figura 250-30.

Los conductores puestos a tierra se deben identificar como se especifica en la Sección 200.

250-26. Puesta a tierra de sistemas derivados independientes de corriente alterna. Una instalación de c.a. derivada independiente que se deba poner a tierra, se debe conectar según se especifica en los siguientes apartados a) hasta d).

a) Puente de conexión equipotencial. Se debe instalar un puente de conexión equipotencial de calibre que cumpla lo establecido en el Artículo 250-79 .d) para los conductores de fase derivados, para conectar los conductores de puesta a tierra del equipo de la instalación derivada al conductor puesto a tierra. Salvo si lo permiten las Excepciones No. 4 o 5 de el Artículo 250-23.a), esta conexión se debe hacer en cualquier punto del sistema derivado independiente, desde su arranque hasta el primer medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente de la instalación, o se debe hacer en el arranque del sistema derivado independiente que no tenga medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente.

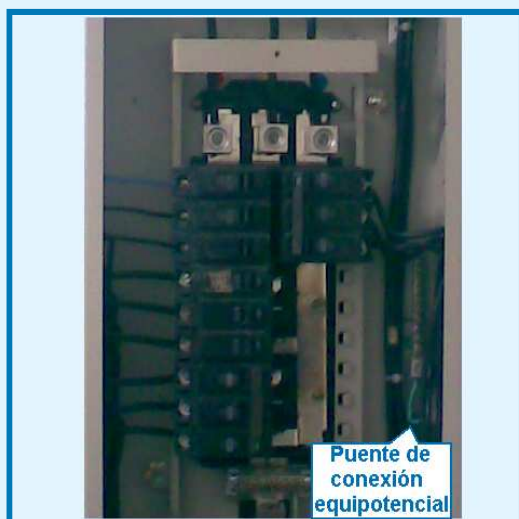


Figura 250-31.
Tablero con puente de conexión equipotencial.

Los puentes de conexión equipotencial están constituidos por conductores o uniones que ofrecen una conducción eléctrica con mínima resistencia eléctrica para asegurar la continuidad eléctrica necesaria entre las partes metálicas que deben estar eléctricamente conectadas entre sí. Ver figura 250-31.

Excepciones:

1) *La sección transversal del puente de conexión equipotencial de una instalación que suministre corriente a un circuito de Clase 1, Clase 2 o Clase 3 y se derive de un transformador de no más de 1.000 VA nominales, no debe ser menor a la de los conductores de la fase derivada y en ningún caso menor a 2,08 mm² (14 AWG) en cobre o 3,3 mm² (12 AWG) en aluminio.*

2) *Lo establecido en los Artículos 250-27, 250-153 y 250-5.b) Excepción 5) para los requisitos de puesta a tierra de instalaciones con neutro de alta impedancia puesta a tierra.*

b) Conductor del electrodo de puesta a tierra. Para conectar el conductor puesto a tierra del sistema derivado con el electrodo de puesta a tierra, como se especifica en c) a continuación, se debe emplear un conductor del electrodo de puesta a tierra cuyo calibre cumpla lo establecido en el Artículo 250-94 para los conductores de fase derivados. Excepto lo que permita el Artículo 250-23.a) Excepción 4), esta conexión se debe hacer en cualquier punto del sistema derivado independiente, desde su arranque hasta el primer medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente de la instalación, o en el arranque del sistema derivado independiente que no tenga medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente.

Es usado para conectar el punto neutro de la acometida a uno o varios electrodos de tierra. Garantizada la continuidad de puesta a tierra del sistema eléctrico se deberá hacer la conexión al electrodo de tierra.

El conductor del electrodo de puesta a tierra se deberá conectar entre la barra de neutro de la caja o armario de medidores y el electrodo de tierra, que normalmente consiste de una varilla de cobre o cobrizada de 5/8" x 2.4 m. Ver figura 250-32.



Figura 250-32.
Conductor del electrodo de puesta a tierra.

Excepciones:

1) *No es necesario un conductor del electrodo de puesta a tierra en una instalación que suministre corriente a circuitos de la Clase 1, Clase 2 o Clase 3 y se derive de un transformador de no más de 1.000 VA nominales, siempre que el conductor de la instalación puesto a tierra se conecte equipotencialmente a la estructura o caja del transformador mediante un puente de calibre de acuerdo con el Artículo 250-26 Excepción 1) para el anterior caso a) y la estructura o caja del transformador estén puestas a tierra por cualquiera de los medios especificados en el Artículo 250-57.*

Artículo 725-1. Alcance. Esta Sección trata de los circuitos de control remoto, de señalización y de potencia limitada que no forman parte integral de un dispositivo o artefacto eléctrico.

(NOTA): Los circuitos de los que trata esta Sección se caracterizan por el uso de potencia eléctrica limitada que los diferencian de los circuitos de alumbrado y de fuerza. Por tanto se les aplican requisitos respecto a la sección transversal mínima de los conductores, factores de corrección, protección contra sobrecorriente, aislamiento y métodos y materiales de alambrado distintos a los de los Capítulos 1 a 4.

725-2. Definiciones. A los fines de esta Sección, se aplican las siguientes definiciones:

Circuito de Clase 1: Parte del sistema de alambrado entre la salida del dispositivo de protección contra sobrecorriente o el suministro de potencia limitada y los equipos conectados. Las limitaciones de tensión y potencia de la fuente de alimentación están de acuerdo con el Artículo 725-21.

Circuito de Clase 2: Parte del sistema de alambrado entre el lado de la carga de una fuente de alimentación de Clase 2 y los equipos conectados. Debido a sus limitaciones de potencia, un circuito de Clase 2 se considera seguro desde el punto de vista de la iniciación del fuego y ofrece protección aceptable contra choque eléctrico.

Circuito de Clase 3: Parte del sistema de alambrado entre el lado de la carga de una fuente de alimentación de Clase 3 y los equipos conectados. Debido a sus limitaciones de potencia, un circuito de Clase 3 se considera seguro desde el punto de vista de la iniciación del fuego. Como en este circuito se permiten niveles de tensión y corriente mayor a los de Clase 2, debe tener medidas adicionales de seguridad que brinden protección contra el riesgo de choque eléctrico que pudiera encontrar.

2) *Lo establecido en los Artículos 250-27 y 250-5.b) Excepción 5) para los requisitos de puesta a tierra de instalaciones con neutro puesto a tierra a través de alta impedancia.*

c) Electrodo de puesta a tierra. El electrodo de puesta a tierra debe tener la máxima accesibilidad posible y estar preferiblemente en la misma zona que la conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra a la instalación. El electrodo de puesta a tierra debe ser 1) el miembro metálico de la estructura o edificio puesto eficazmente a tierra y que esté más cerca, o 2) la tubería metálica de agua puesta eficazmente a tierra que esté más cerca o 3) los electrodos especificados en los Artículos 250-81 y 250-83 cuando no se disponga de los electrodos especificados en los anteriores apartados 1) o 2),



Figura 250-33.
Electrodo de puesta a tierra.

El electrodo de puesta a tierra debe estar preferiblemente en la misma zona donde se va hacer la conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra.

El electrodo de puesta a tierra debe estar conectado eficazmente a la distribución del sistema puesta a tierra más cercana posible.

Los fabricantes de electrodos deben garantizar que la resistencia a la corrosión de cada electrodo sea por lo menos de 15 años a partir de la fecha de instalación.

Si el electrodo es tipo varilla, ésta debe tener una longitud mínima de 2.4 m y debe estar identificada con los datos del fabricante y sus dimensiones dentro de los 30 cm que quedan en la parte superior, como mínimo 15 cm. Ver figura 250-33.

Nota. Para la conexión equipotencial de los sistemas derivados independientes, véase el Artículo 250-80.a).

d) Métodos de puesta a tierra. En todos los demás aspectos, los métodos de puesta a tierra deben cumplir los requisitos establecidos en otras partes de este *Código*.

250-27. Conexiones de un sistema con neutro puesto a tierra a través de alta impedancia. Las instalaciones con neutro puesto a tierra a través de alta impedancia, tal como permite el Artículo 250-5.b) Excepción 5), deben cumplir las siguientes condiciones a) hasta f).

a) Ubicación de la impedancia de puesta a tierra. La impedancia de puesta a tierra debe instalarse entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y el neutro de la instalación. Cuando no haya neutro, la impedancia de puesta a tierra se debe instalar entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y el neutro derivado de un transformador de puesta a tierra.

b) Conductor de neutro. El conductor de neutro desde el punto neutro del transformador o generador hasta su punto de conexión con la impedancia de puesta a tierra, debe estar completamente aislado. El conductor neutro debe tener una capacidad de corriente no menor a la corriente máxima nominal de la impedancia

de puesta a tierra. En ningún caso el conductor de neutro debe ser de sección transversal menor a 8,36 mm² (8 AWG) en cobre o 13,29 mm² (6 AWG) en aluminio o aluminio recubierto de cobre.

c) Conexión del neutro del sistema. El neutro del sistema no se debe poner a tierra excepto a través de la impedancia de puesta a tierra.

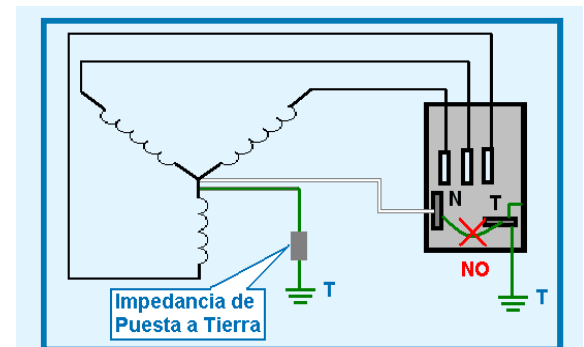


Figura 250-34.
Conexión del neutro del sistema.

Nota. La impedancia se elige normalmente para que limite la intensidad de una corriente de falla a tierra a un valor igual o ligeramente superior a la corriente de carga capacitiva del sistema. Ese valor de impedancia debe limitar también las sobretensiones a valores seguros. Para más orientación, véanse los criterios sobre limitación de sobretensiones en *Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems*, ANSI/IEEE 142-1991.

ANSI/IEEE 142-2007 IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems (IEEE Green Book). Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos / 30-Nov-2007 / 225 páginas.

d) Tendido del conductor de neutro. Se permite instalar el conductor que conecta el punto neutro de un transformador o generador a una impedancia de puesta a tierra en una canalización independiente. No es necesario que este conductor vaya con los conductores de fase hasta el primer medio de desconexión o dispositivo contra sobrecorriente de la instalación.

e) Puente de conexión equipotencial de los equipos. El puente de conexión equipotencial de los equipos (la conexión entre los conductores de puesta a tierra del equipo y la impedancia de puesta a tierra) debe ser un

conductor sin empalmes que vaya desde el primer medio de desconexión del sistema o dispositivo de protección contra sobrecorriente hasta el lado de puesta a tierra de la impedancia de puesta a tierra.

f) Ubicación del conductor del electrodo de puesta a tierra. El conductor del electrodo de puesta a tierra se debe conectar en cualquier punto desde el lado puesto a tierra de la impedancia de puesta a tierra hasta la conexión de puesta a tierra de los equipos en el equipo de la acometida o el primer medio de desconexión del sistema.

Como se ve en la figura el conductor del electrodo de puesta a tierra se interconecta con la impedancia de puesta a tierra y después se conecta con el barraje de puesta a tierra ubicado en el tablero de desconexión. Ver figura 250-35.

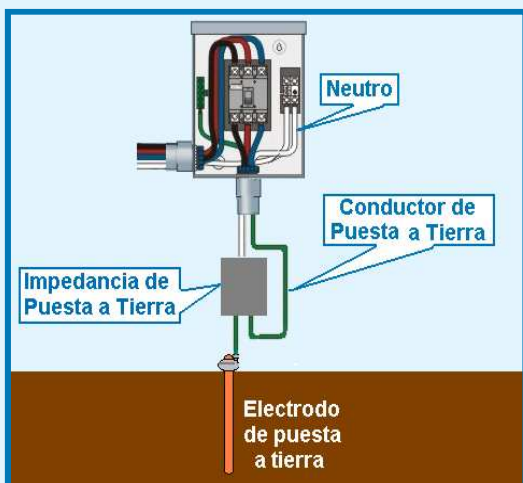


Figura 250-35.
Ubicación del conductor del electrodo de puesta a tierra.

g) Protección de falla a tierra. En estos sistemas se debe instalar un relé de protección de falla a tierra.



Figura 250-36.
Relé de protección.

El relé de falla a tierra está ideado para ser utilizado para la protección de fallas a tierra, ya sea como protección principal o de respaldo en sistemas de potencia puestos rígidamente a tierra a través de una resistencia de bajo valor. Ver figura 250-36.

D. PUESTA A TIERRA DE ENCERRAMIENTOS Y CANALIZACIONES

250-32. Encerramientos y canalizaciones de la acometida. Se deben poner a tierra los armarios y canalizaciones metálicos de los conductores de la acometida.

Excepción: Un codo metálico instalado en la parte subterránea de un tubo no metálico rígido y esté aislado de posibles contactos con cualquier parte del codo por una cubierta de mínimo de 460 mm.

Si el codo metálico está a menos de 460mm del nivel del suelo debe estar aterrizado. De lo contrario si encuentra a más profundidad no deberá estar aterrizado ya que si se presenta alguna falla en su interior no afectaría a equipos o personas por encima del suelo. Ver figura 250-37.

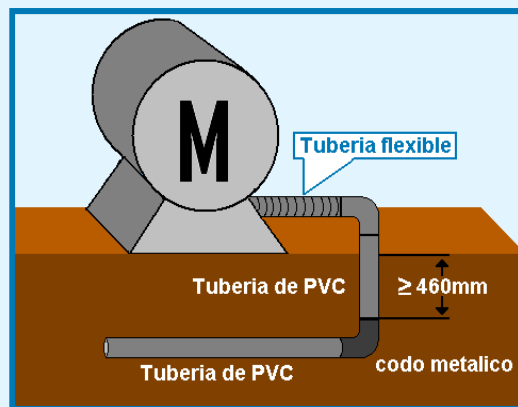


Figura 250-37.
Canalizaciones de acometida.

250-33. Otros encerramientos y canalizaciones para conductores. Se deben poner a tierra los encerramientos y canalizaciones metálicos para todos los demás conductores.

Excepciones:

1) No es necesario poner a tierra las canalizaciones y encerramientos metálicos de conductores que se añadan a instalaciones existentes de cables a la vista, o instalados sobre aisladores y los cables de forro no metálico que no constituyan contacto a tierra de equipos, si no tienen más de 8,0 m, si están libres de posibles contactos con tierra, metales puestos a tierra, rejillas metálicas u otro material conductor y si están resguardados del contacto con personas.

2) No es necesario poner a tierra las partes cortas de canalizaciones o encerramientos metálicos utilizados como apoyo o protección de cables contra daños físicos.

3) No es necesario poner a tierra los encerramientos cuando no lo exija el Artículo 250-43.i).

4) Un codo metálico instalado en la parte subterránea de un tubo no metálico rígido y aislado de posibles contactos por una cubierta de mínimo 460 mm.

E. PUESTA A TIERRA DE LOS EQUIPOS

250-42. Equipos fijos o conectados por métodos de alambrado permanente. Las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente de los equipos fijos que se puedan llegar a energizar, se deben poner a tierra si se da cualquiera de las siguientes condiciones de a) hasta f):

a) **Distancias horizontales y verticales.** Si están a menos de 2,40 m en vertical o de 1,50 m en horizontal de la tierra o de objetos metálicos puestos a tierra y que puedan entrar en contacto con las personas.

Como se ve en la figura 250-38, un motor para una puerta garaje se encuentra situado a 2.40m de altura, razón por la cual no se exige que las partes metálicas del motor se pongan a tierra, pero en la misma situación el motor se encuentra situado a menos de 1,5m de un altillo metálico y por esta razón si se debe poner a tierra las partes metálicas del motor.

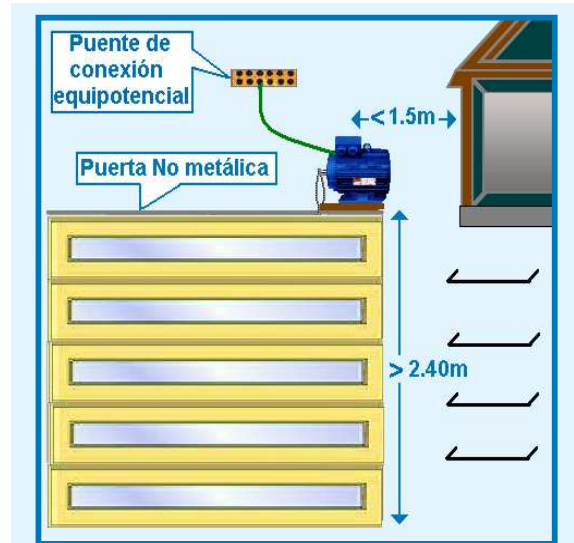


Figura 250-38.
Distancias horizontales y verticales.

b) **Lugares mojados o húmedos.** Cuando estén ubicadas en lugares mojados o húmedos y no estén aisladas.



Figura 250-39.
Tomacorrientes en lugares húmedos.

En lugares húmedos, mojados, duchas, pisos y exteriores se deben tener en cuenta las siguientes observaciones:

En lugares húmedos se debe utilizar tomacorrientes aptos para trabajar a la intemperie o tomacorrientes con tapa que también protejan de condiciones húmedas o de lluvia expuesta.

En bañeras y duchas se deben considerar las distancias restrictivas de la NTC 2050.

Los tomacorrientes instalados cerca al piso y en exteriores deben ser GFCI, y se deben instalar a una altura la cual, la acumulación de agua no alcance las tapas o cubiertas de las salidas de los tomacorrientes. Ver figura 250-39.

c) Contacto eléctrico. Cuando estén en contacto eléctrico con metales.

d) En lugares peligrosos (clasificados). Cuando estén en un lugar peligroso (clasificado) como se especifica en las Secciones 500 a 517.

Secciones 500 a 517

Sección 500 - lugares peligrosos (clasificados)

Sección 501 - lugares clase I

Sección 502 - lugares clase II **Error!**

Marcador no definido.

Sección 503 - lugares clase III

Sección 504 - sistemas de seguridad intrínseca

Sección 505 - lugares clase I, zonas 0, 1 y 2

Sección 510 - lugares peligrosos (clasificados) específicos

Sección 511 - garajes públicos y talleres de reparación

Sección 513 - hangares para aviones

Sección 514 - gasolineras y estaciones de servicio

Sección 515 - plantas de almacenamiento de combustibles a granel

Sección 516 - procesos de pintura por rociado, inmersión y aplicación

Sección 517 - instituciones de asistencia

Los lugares llamados "peligrosos" son aquellos donde pueda existir riesgo de explosión debido a la presencia de gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras o partículas inflamables.

e) Métodos de alambrado. Cuando estén alimentadas por cables de forro metálico, recubiertas de metal, en canalizaciones metálicas u otro método de alambrado que pueda actuar como tierra del equipo, excepto lo que permite el Artículo 250-33 para tramos cortos de encerramientos metálicos.

f) De más de 150 V a tierra. Cuando el equipo funcione con cualquiera de sus terminales a más de 150 V a tierra.

Excepciones:

1) Encerramientos de interruptores o de interruptores automáticos de circuito que se utilicen para fines distintos a los de encerrar el equipo de acometida y sean accesibles sólo a personal calificado.

2) Carcasas metálicas de artefactos calentados eléctricamente, exentas por permiso especial, en cuyo caso las carcasas deben estar permanente y eficazmente aisladas de tierra.

3) Equipos de distribución, como carcasas de transformadores y condensadores, montados en postes de madera y a una altura superior a 2,40 m sobre la tierra o sobre el nivel del suelo.

No es necesario poner a tierra todas las partes metálicas expuestas de corriente, como carcasas de transformadores y condensadores que estén ubicados en postes de madera y a una altura mayor de 2,4m. Ver figura 250-40.

En el entorno colombiano normalmente no está permitido el uso de postes de madera. Los postes aprobados por las electrificadoras son de ferroconcreto.

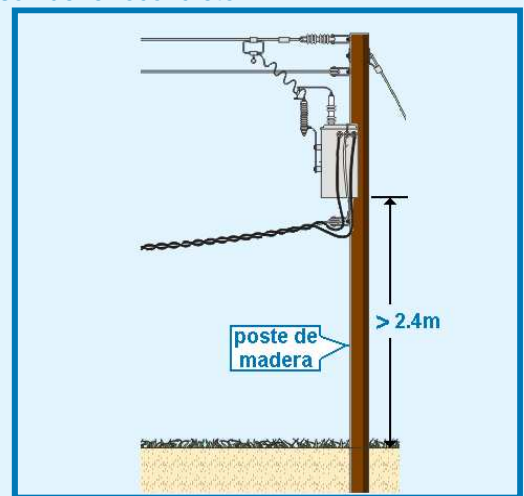


Figura 250-40.

Altura para equipos de distribución.

3) No es necesario poner a tierra los equipos certificados protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente rotulado.

250-43. Equipos fijos o conectados por métodos de alambrado permanente. Casos Específicos. Independientemente de su tensión

nominal, se deben poner a tierra las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente de los equipos descritos en a) hasta j) a continuación, lo mismo que las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos y encerramientos descritos en k) y l):

a) Marcos y estructuras de los cuadros de distribución. Los marcos y estructuras de los cuadros de distribución en los que haya instalados equipos de maniobra.

Excepción: Los marcos de cuadros de distribución de c.c. bifilares que estén eficazmente aislados de tierra.

b) Órganos eléctricos de tubos. Los marcos y carcasas de motores y generadores de órganos de tubos operados eléctricamente.

Excepción: Cuando el generador esté eficazmente aislado de tierra y del motor que lo maneja.

c) Carcasas de motores. Las carcasas de motores, como establece el Artículo 430-12.

430-12. Cajas para terminales de motores.

(a) Material. Cuando los motores estén dotados de cajas para los terminales, éstas deben estar hechas de metal y ser de construcción sólida.

Excepción: En lugares que no sean peligrosos (clasificados), se permite utilizar cajas no metálicas, sólidas e incombustibles, dotadas en su interior de un medio para puesta a tierra entre la carcasa del motor y la conexión de puesta tierra de los equipos.

(b) Dimensiones y espacio - Conexiones entre alambres. Cuando estas cajas de terminales contengan conexiones entre alambres, deben tener las dimensiones y el volumen útil mínimos establecidos en la Tabla 430-12(b)

(c) Dimensiones y espacio. Conexiones con terminales fijos. Cuando las cajas de los terminales contienen terminales de motores montados rígidamente, la caja debe ser de un tamaño suficiente para proporcionar el espacio mínimo para los terminales y volúmenes útiles de acuerdo con las Tablas 430-12(c)(1) y 430-12(c)(2).

(d) Alambres de gran calibre o conexiones de fábrica. Para los motores de gran potencia, con mayor número de terminales o mayor calibre de alambres, o cuando los motores están instalados formando parte de un equipo alambrado en fábrica, sin que se requieran conexiones adicionales en la caja de terminales del motor durante la instalación del equipo.

La caja de terminales debe ser de tamaño suficiente para hacer las conexiones, pero no se consideran aplicables las anteriores disposiciones de volumen para esas cajas.

(e) Conexiones de puesta a tierra de equipos. En las cajas de terminales de motores para conexiones entre alambres o con terminales fijos, debe haber instalado un medio de conexión para la terminación del conductor de puesta a tierra de equipos, de acuerdo con el Artículo 250-113. Se permite que dichos medios de conexión estén ubicados tanto por dentro como por fuera de la caja de terminales del motor.

Excepción: Cuando un motor esté instalado formando parte de un equipo alambrado en fábrica que haya que poner a tierra, sin que se requieran conexiones adicionales en la caja de terminales durante la instalación del equipo, no será necesario un medio independiente para la puesta a tierra del motor en dicha caja.

d) Encerramientos de controladores de motores. Los encerramientos de controladores de motores.

Excepciones:

- 1) Encerramientos conectados a equipos portátiles no puestos a tierra.
- 2) Las tapas forradas de los interruptores de acción rápida.

e) Grúas y elevadores. Los equipos eléctricos de grúas y elevadores.

f) Garajes, teatros y estudios cinematográficos. Los equipos eléctricos de los garajes comerciales, teatros y estudios cinematográficos.

Excepción: Los portabombillas colgantes alimentados desde circuitos de no más de 150 V a tierra.

g) Anuncios eléctricos. Los anuncios eléctricos, luces de contorno y equipos asociados, como establece la Sección 600.

h) Equipos de proyección de películas. Los equipos de proyección de películas.

i) Los circuitos de control remoto, señalización y alarma contra incendios de potencia limitada. Los equipos alimentados por circuitos de potencia limitada de Clase 1 y los de control remoto y señalización de Clase 1, Clase 2 y Clase 3 y por los circuitos de alarma contra incendios, se deben poner a tierra cuando así lo exija la Parte B de este Sección.

Para comprender los términos circuitos de potencia limitada clase 1, clase 2 y clase 3 Ver Artículo 250-26 (b).

j) Elementos de alumbrado. Los elementos de alumbrado, tal como establece la Parte E de la Sección 410.

410 parte E. Puesta a tierra

410-17. Generalidades. Los aparatos y equipos de alumbrado se deben poner a tierra de acuerdo con lo que establece la parte E de esta Sección.

410-18. Partes expuestas del aparato.

(a) Con partes conductoras expuestas. Se deben poner a tierra las partes conductoras expuestas de los aparatos y equipos de alumbrado directamente sujetos o alambrados a salidas alimentadas por un método de alambrado que proporcione una puesta a tierra de equipos.

(b) Hechos de material aislante. Los aparatos de alumbrado directamente sujetos o alambrados a salidas por un método de alambrado que no ofrezca un medio sencillo de puesta a tierra, deben estar hechos de material aislante y no presentar partes conductoras expuestas.

410-19. Equipos para más de 150 V a tierra.

(a) Aparatos metálicos, transformadores y encerramientos de transformadores. Se deben poner a tierra los aparatos metálicos, los transformadores y encerramientos de transformadores de los circuitos que funcionen a más de 150 V a tierra.

(b) Otras partes metálicas expuestas. Se deben poner a tierra otras partes metálicas expuestas o aislarse de tierra o de otras superficies conductoras e inaccesibles a personal no calificado.

Excepción: No es necesario poner a tierra los alambres de sujeción, tornillos de montaje, ganchos de presión y bandas decorativas de las lámparas de cristal que estén separados a una distancia no menor a 38 mm de los terminales de las lámparas.

410-20. Sujeción del conductor de puesta a tierra de equipos. Los aparatos de alumbrado con partes metálicas expuestas deben estar dotados de un medio para conexión de un conductor de puesta a tierra de equipos para esos aparatos.

410-21. Métodos de puesta a tierra. Se considerará que los aparatos y equipos de alumbrado están puestos a tierra cuando estén mecánicamente conectados a un conductor de puesta a tierra de equipos, tal como lo especifica el Artículo 250-91(b), dimensionado de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250-95.

k) Bombas de agua a motor. Las bombas de agua a motor, incluso las de tipo sumergible.

l) Carcasas metálicas de pozos. Cuando se use una bomba sumergible en una carcasa metálica dentro de un pozo, la carcasa se debe conectar equipotencialmente al conductor de puesta a tierra de los equipos del circuito de la bomba.

250-44. Equipos no eléctricos. Se deben poner a tierra las partes metálicas de los equipos no eléctricos que se describen en los siguientes apartados a) hasta .e).

a) Grúas y elevadores. Las estructuras y rieles metálicos de las grúas y elevadores.

b) Cabinas de Ascensores. Estructuras y cajas de cabinas de ascensores no eléctricos a las que vayan conectados conductores eléctricos.

c) Ascensores eléctricos. Los cables metálicos manuales de elevación de ascensores eléctricos.

d) Tabiques metálicos. Los tabiques, rejillas y otros elementos metálicos similares, alrededor de equipos de 1 kV y más, entre conductores, excepto en subestaciones o bóvedas que sean únicamente accesibles a la compañía suministradora del servicio.

e) Viviendas móviles y vehículos recreativos. Las viviendas móviles y los vehículos recreativos, como establecen las Secciones 550 y 551.

Nota. Cuando haya amplias partes metálicas en o sobre edificios que se puedan llegar a energizar y entrar en contacto con las personas, conexión equipotencial y puesta a tierra adecuadas ofrecen seguridad adicional.

250-45. Equipos conectados con cordón y clavija. Se deben poner a tierra las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente de equipos conectados con cordón y clavija y que se puedan llegar a energizar, para cualquiera de las condiciones recogidas en los siguientes apartados a) hasta d):

Exceptuando los aparatos con doble aislamiento o conectados mediante un transformador a no más de 50 V todas las partes metálicas que puedan llegar a estar energizadas de equipos conectados mediante cordón y clavija, se deben poner a tierra. Ver figura 250-41.



Figura 250-41.

a) En lugares peligrosos (clasificados). En los lugares peligrosos (clasificados) (véanse Secciones 500 a 517).

b) De más de 150 V a tierra. Cuando funcionen a más de 150 V a tierra.

Excepciones:

1) Los motores cuando estén protegidos.

2) Las carcasas metálicas de artefactos calentados eléctricamente, exentos por permiso especial, en cuyo caso las carcasas deben estar permanente y eficazmente aisladas de tierra.

3) No es necesario poner a tierra los equipos certificados protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente rotulado.

c) En ocupaciones residenciales. En las edificaciones residenciales: 1) los refrigeradores, congeladores y artefactos de aire acondicionado; 2) las lavadoras y secadoras de ropa, lavavajillas, trituradores de residuos de cocina, bombas de sumideros y equipos eléctricos de acuarios; 3) las herramientas manuales a motor, las herramientas fijas a motor, las herramientas ligeras industriales a motor; 4) los artefactos a motor de los siguientes tipos: recortabordes, cortacéspedes, esparcidores de nieve y lavadores portátiles; 5) las lámparas de mano portátiles.

Excepción: Las herramientas y artefactos certificados protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente rotulado.



Figura 250- 42.
Herramientas y artefactos.

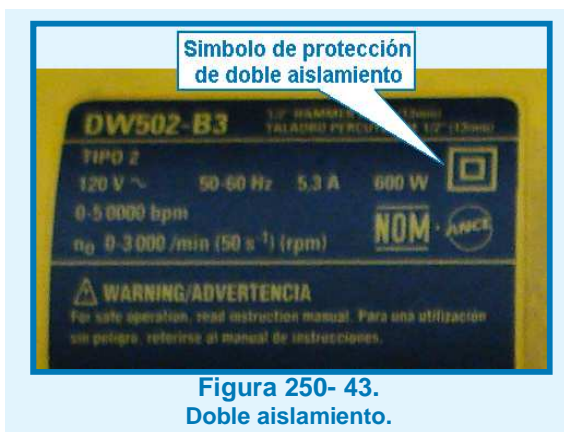


Figura 250-43. Doble aislamiento.



Figura 250-44. Herramientas manuales de doble aislamiento.

d) **En ocupaciones no residenciales.** En las edificaciones no residenciales: 1) los refrigeradores, congeladores y artefactos de aire acondicionado; 2) las lavadoras y secadoras de ropa, lavavajillas, computadores y equipos electrónicos de procesamiento de datos, bombas de sumideros y equipos eléctricos de acuarios; 3) las herramientas manuales a motor, las herramientas fijas a motor, las herramientas ligeras industriales a motor; 4) los artefactos a motor de los siguientes tipos: recortabordes, cortacéspedes, esparcidores de nieve y lavadores portátiles; 5) los artefactos conectados con cordón y clavija y utilizados en locales húmedos o mojados por personas que permanecen de pie sobre el suelo o sobre suelos metálicos o que trabajan dentro de depósitos o calderas metálicas; 6) las herramientas que se puedan utilizar en lugares mojados o conductores y 7) las lámparas de mano portátiles.

Excepciones:

- 1) *No es necesario que las herramientas y lámparas de mano portátiles que se puedan utilizar en lugares mojados o conductores se pongan a tierra cuando reciben corriente a través de un transformador de aislamiento con el secundario no puesto a tierra y de no más de 50 V.*
- 2) *Las herramientas manuales, herramientas a motor, herramientas fijas certificadas a motor, herramientas industriales ligeras y artefactos certificados protegidos por un sistema de doble aislamiento o equivalente. Cuando se utilicen estos sistemas, el equipo debe estar claramente rotulado.*

250-46. Separación con respecto a las bajantes de pararrayos. Los conductos, encerramientos, estructuras y otras partes metálicas de equipos eléctricos no portadores de corriente, se deben mantener alejados como mínimo a 1,80 m de los conductores de las bajantes de los pararrayos; cuando la distancia a los conductores de las bajantes sea menor a 1,80m, se deben conectar equipotencialmente a dichas bajantes.

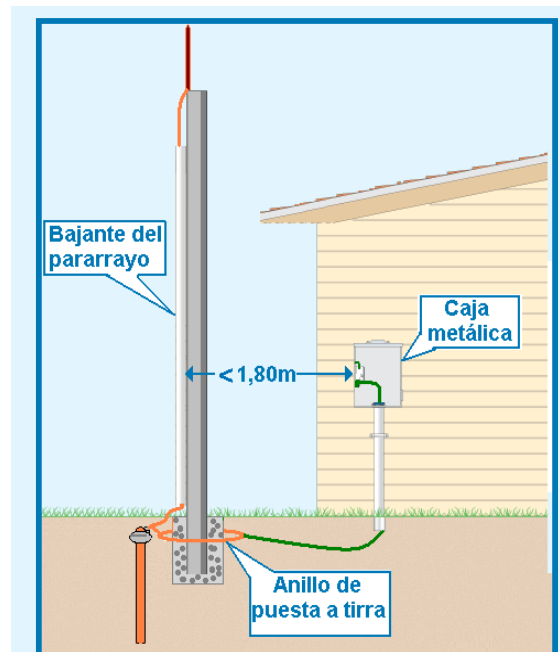


Figura 250-45. Separación del bajante de los pararrayos con cajas metálicas.

El objetivo de las bajantes es conducir las descargas eléctricas del elemento que la recibe hacia la tierra física sin riesgo alguno. Los bajantes se deberán instalar rectos y verticales para obtener el trayecto más corto y el más directo posible a tierra. Se debe evitar al máximo formar bucles y lazos en las trayectorias hacia la tierra. Ver figura 250-45.

Nota. Para el uso de la puesta a tierra de los pararrayos, véase el Artículo 250-86. En cuanto a la separación de los conductores de los pararrayos, véanse los Artículos 800-13 y 820-10.f.3). Para información adicional véase la Norma Técnica Colombiana referente a *Protección contra descargas eléctricas atmosféricas*.

800-13. Conductores de los pararrayos. Siempre que sea posible se debe dejar una separación mínima de 3,0 m entre los conductores a la vista de los sistemas de comunicaciones de un edificio y los conductores de los pararrayos.

820-10. Cables exteriores. Los cables coaxiales, antes del punto de puesta a tierra, como se define en el Artículo 820-33, deben cumplir lo establecido en los siguientes apartados (a) hasta (f):

(f) Sobre edificaciones. Los cables apoyados en edificios deben estar bien sujetos de modo que queden separados de otros conductores, como se indica a continuación:

(3) Conductores de pararrayos. Siempre que sea posible se debe dejar una distancia mínima de 1,8 m entre los cables coaxiales y los conductores de pararrayos.

Como se ve en la figura 250-46, los conductores de la antena de comunicaciones se encuentran separados del conductor del pararrayos a más de 3m, esta distancia se debe respetar para evitar problemas de interferencia, ruido y otros factores que afectan directamente los sistemas de comunicaciones.

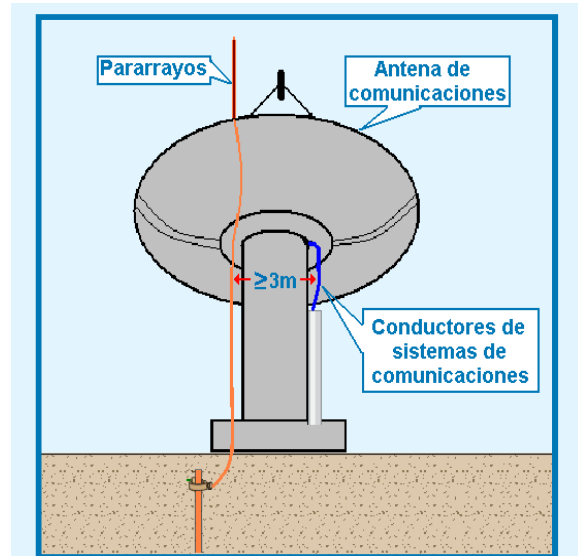


Figura 250-46.
Puesta a tierra para pararrayos.

F. MÉTODOS DE PUESTA A TIERRA

Nota. Véase la norma ANSI/IEEE Std.42 *Grounding of industrial and commercial power systems*.

250-50. Conexiones de los conductores de puesta a tierra de los equipos. Las conexiones de los conductores de puesta a tierra de los equipos en el lado del suministro de los sistemas derivados independientes, se deben hacer de acuerdo con el Artículo 250-26.a). Las conexiones de los conductores de puesta a tierra del equipo de la acometida se deben hacer según los siguientes apartados a) o b).

a) Para sistemas puestos a tierra. La conexión se debe hacer conectando equipotencialmente el conductor de puesta a tierra de los equipos al conductor de la acometida puesto a tierra y al conductor del electrodo de puesta a tierra.

Cuando se conecta un equipo, la conexión equipotencial se hace con el conductor de puesta a tierra del equipo al conductor puesto a tierra. Luego desde este punto se conecta el conductor del electrodo de puesta a tierra de la acometida en cada tomacorriente de la edificación. Ver figura 250-47.

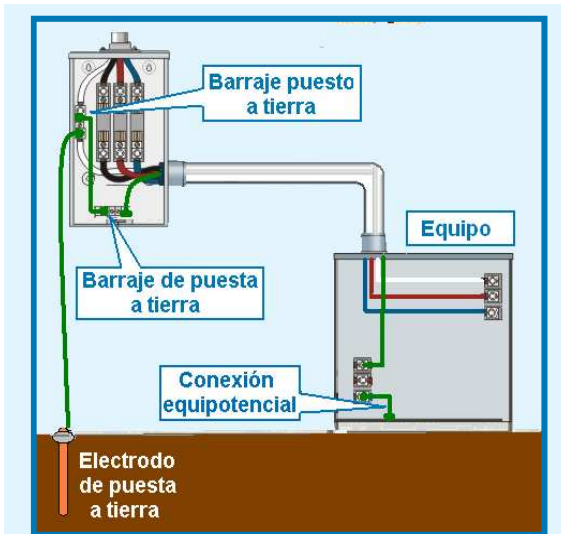


Figura 250-47.
Conexión equipotencial para equipos.

b) En sistemas no puestos a tierra. La conexión se debe hacer conectando equipotencialmente el conductor de puesta a tierra de los equipos al conductor del electrodo de puesta a tierra.

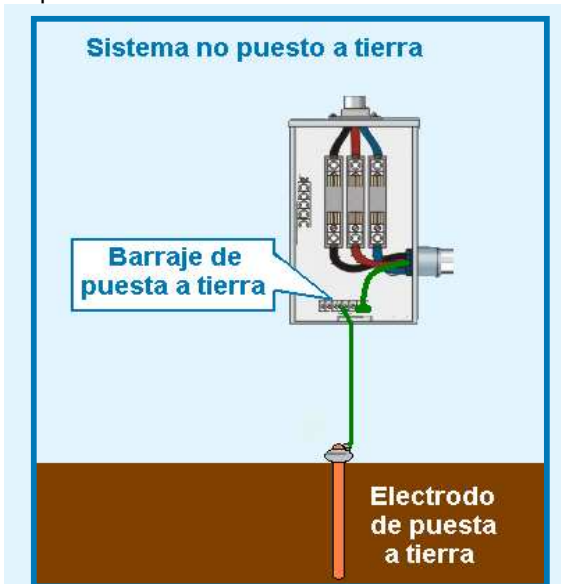


Figura 250-48.
Equipos no puestos a tierra.

Cuando los sistemas no posean conductor puesto a tierra, las conexiones para los equipos de puesta a tierra se pueden hacer conectando los equipos directamente al barraje de puesta a tierra, tal como se ve en la figura 250-48.

Excepción para a) y b): Para cambiar los tomacorrientes sin polo a tierra por otros tomacorrientes con polo a tierra y para ampliaciones de circuitos ramales sólo de instalaciones ya existentes que no tengan conductor de puesta a tierra de los equipos en el circuito ramal, se permite que el conductor de puesta a tierra de una salida para tomacorriente con polo a tierra se conecte a un punto accesible de la instalación del electrodo de puesta a tierra, como se indica en el Artículo 250-81, o a cualquier punto accesible del conductor del electrodo de puesta a tierra.

Es de importancia resaltar que para realizar conexiones de tomas con protección de falla a tierra (GFCI), estos se deben instalar en los exteriores de las edificaciones o lugares donde se pueda tener contacto con agua o humedad.

Los GFCI controlan la corriente que entra y que sale del tomacorriente. En una fracción de segundo en que este detecta un desequilibrio de la corriente, un GFCI debidamente instalado interrumpe el circuito. El tomacorriente con GFCI y todos los demás que lo sigan en el circuito estarán protegidos.

Los GFCI tienen botones de prueba y de reinicio. Una vez interrumpido el circuito, los tomacorrientes instalados en línea después del GFCI no funcionarán hasta que no se oprima el botón de reinicio.

Nota. Para el uso de tomacorrientes con interruptor automático de circuitos por falla a tierra, véase el Artículo 210-7.d).

210-7. Tomacorrientes y conectores para cordones.

d) Cambio de tomacorrientes. El cambio de los tomacorrientes debe cumplir las siguientes condiciones 1), .2) y 3) cuando proceda.

1) Cuando haya instalado un medio de puesta a tierra o un conductor de tierra en el encerramiento del tomacorriente, según la Excepción del Artículo 250-50.d), se deben utilizar tomacorrientes con polo a tierra y se deben conectar al conductor de tierra, según el Artículo 210-7.c) o con la Excepción del Artículo 250-50.b).

2) Cuando se cambien los tomacorrientes en salidas para las que cualquier Sección de este Código exija esta protección, los tomacorrientes que se cambien deben ir protegidos con interruptores de circuito de falla a tierra.

3) Cuando no haya medios de puesta a tierra en la caja del tomacorriente, la instalación debe cumplir con las siguientes condiciones a, b o c:

a. Está permitido sustituir el(los) tomacorriente(s) sin polo a tierra por otro(s) tomacorriente(s) sin polo a tierra.

b. Está permitido sustituir el(los) tomacorriente(s) sin polo a tierra por tomacorriente(s) del tipo interruptor de circuito por falla a tierra (GFCI). Estos tomacorrientes deben llevar un rótulo que diga "Sin puesta a tierra de equipos". No se debe conectar un conductor de puesta a tierra de los equipos desde el tomacorriente del tipo interruptor de circuito por falla a tierra (GFCI) hasta cualquier salida alimentada desde este tomacorriente.

c. Está permitido sustituir un tomacorriente o tomacorrientes sin polo a tierra por otro u otros con polo a tierra cuando estén alimentados desde un interruptor de circuito por falla a tierra (GFCI). Los tomacorrientes con polo a tierra servidos a través del interruptor de circuito por falla a tierra (GFCI) deben llevar las indicaciones "Protegido por interruptor de circuito de falla a tierra" (GFCI Protected) y "Sin puesta a tierra de equipos" (No Equipment Ground). Entre tomacorrientes con polo a tierra no se debe conectar un conductor de puesta a tierra de equipos.

camino a tierra desde los circuitos, equipos y encerramientos metálicos de conductores debe ser: 1) permanente y eléctricamente continuo, 2) de capacidad suficiente para conducir con seguridad cualquier corriente de falla que pueda producirse y 3) de una impedancia suficientemente baja como para limitar la tensión a tierra y facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección del circuito.

El camino efectivo de puesta a tierra es la trayectoria desde un equipo hasta la puesta a tierra, es decir, la longitud completa del conductor de puesta a tierra.

Este no debe tener empalmes ni derivaciones, la capacidad del conductor a tierra debe ser por lo mínimo igual a la capacidad de los conductores de fases. Por ejemplo, si un sistema eléctrico sus calibres de fases son No 14, el calibre del conductor de puesta a tierra será No 14 también.

La tierra no se debe utilizar como el único conductor de puesta a tierra de los equipos.

250-53. Camino de puesta a tierra hasta el electrodo de puesta a tierra en acometidas.

a) **Conductor del electrodo de puesta a tierra.** Se debe usar un conductor del electrodo de puesta a tierra para conectar los conductores de puesta a tierra de los equipos, los encerramientos de los equipos de acometida y, si el sistema está puesto a tierra, el conductor puesto a tierra de la acometida con el electrodo de puesta a tierra.

Excepción: Lo que establece el Artículo 250-27 para conexiones a instalaciones con neutro puesto a tierra de alta impedancia.

Nota. Para la puesta a tierra de los sistemas de corriente alterna, véase el Artículo 250-23.a).

b) **Puente de conexión equipotencial principal.** En un sistema puesto a tierra se debe usar un puente de conexión equipotencial principal, sin empalmes, para conectar el conductor de puesta a tierra de los equipos y el armario del dispositivo de desconexión de la acometida al conductor puesto a tierra del sistema en cada medio de desconexión de la acometida.

Según las normas vigentes, se deben hacer las conexiones equipotenciales pertinentes para asegurar la continuidad eléctrica y la capacidad de transporte de cualquier corriente de falla que se pueda producir. El puente de conexión equipotencial principal no debe ser de menor calibre que el establecido en la tabla 250-66 para el conductor del electrodo de puesta a tierra; el área total de los conductores de fase de la acometida excede el área máxima de la tabla 250-94, el puente equipotencial principal no debe ser menor que el 12,5% de los conductores de fase. Ver figura 250-49.

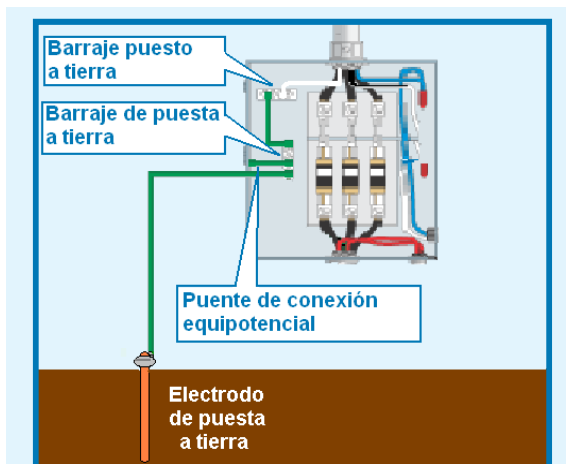


Figura 250-49.

Puente de conexión equipotencial principal.

Excepciones:

1) Cuando haya más de un medio de desconexión de la acometida en un equipo certificado para usar como equipo de acometida, es necesario instalar un conductor puesto a tierra hasta el equipo y conectarlo equipotencialmente al armario.

Todo equipo certificado para usar como equipo de acometida debe de ser conectado equipotencialmente al armario del equipo por medio del conductor puesto a tierra, tal como se ve en la figura 250- 21.

2) Lo que establecen los Artículos 250-27 y 250-153 para sistemas con neutro puesto a tierra.

250-54. Electrodo común de puesta a tierra.

Cuando se conecta una instalación de c.a. a un electrodo de puesta a tierra en una edificación, tal como se especifica en los Artículos 250-23 y 250-24, ese mismo electrodo se debe usar para poner a tierra los armarios y equipos dentro de la edificación o sobre ella. Cuando a la misma edificación lleguen dos acometidas independientes y haya que conectarlas a un electrodo de puesta a tierra, se debe usar el mismo electrodo de puesta a tierra. Dos o más electrodos de puesta a tierra unidos eficazmente entre sí, se deben considerar a este respecto como un solo electrodo de puesta a tierra.

250-55. Cable subterráneo de acometida.

Cuando un edificio reciba alimentación por una instalación subterránea continua de cables con

forro metálico, no es necesario poner a tierra el forro o blindaje del cable de acometida subterráneo que esté conectado metálicamente al sistema subterráneo o a un conducto de la acometida que contenga un cable con forro metálico conectado equipotencialmente. Se permite que el forro metálico esté aislado de los tubos conduit o tuberías interiores.

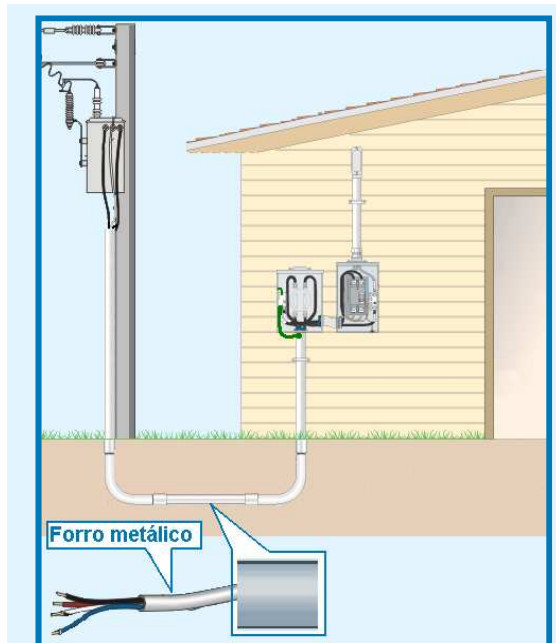


Figura 250-50.

Cables subterráneos de acometida.

Si la alimentación es subterránea y los conductores tienen forro metálico no es necesario poner a tierra el forro. Si el ducto es metálico se debe poner a tierra equipotencialmente al tablero de distribución. Ver figura 250-50.

250-56. Tramos cortos de una canalización.

Cuando haya que poner a tierra tramos aislados de una canalización metálica o del blindaje de un cable, se deberá hacer según el Artículo 250-57.

250-57. Equipo fijo en sitio o conectado por método de alambrado permanente - Puesta a tierra.

Cuando haya que poner a tierra las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos, canalizaciones u otros encerramientos, se debe hacer por uno de los siguientes métodos a) o b):

Excepción: Cuando el equipo, las canalizaciones y encerramientos estén puestos a tierra a través del conductor del circuito puesto a tierra, tal como permiten los Artículos 250-24, 250-60 y 250-61.

a) Tipos de conductor de puesta a tierra de los equipos. Mediante cualquiera de los conductores de puesta a tierra de equipos permitidos por el Artículo 250-91.b).

b) Con los conductores del circuito. Mediante el conductor de puesta a tierra de los equipos instalado dentro de la misma canalización, cable o cordón o de cualquier otro modo con los conductores del circuito. Los conductores de puesta a tierra de equipos se permiten desnudos, forrados o aislados. Los conductores de puesta a tierra forrados o aislados individualmente deben tener un acabado exterior continuo verde o verde con una o más rayas amarillas.

Excepciones:

1) *Se permite que, durante la instalación, un conductor aislado o forrado de calibre superior a 13,29 mm² (6 AWG), de cobre o aluminio, se identifique permanentemente como conductor de puesta a tierra en sus dos extremos y en todos los puntos en los que el conductor sea accesible. Esta identificación se debe hacer por alguno de los siguientes medios:*

a. Quitando el aislamiento o recubrimiento en toda la parte expuesta.

b. Pintando de verde el aislamiento o recubrimiento expuesto, o

c. Marcando el aislamiento o recubrimiento expuesto con una cinta adhesiva o con rótulos adhesivos de color verde.

2) *En los circuitos de corriente continua se permite que el conductor de puesta a tierra de los equipos discurra separadamente de los conductores del circuito.*

3) *Como se recoge en la Excepción a los Artículos 250-50.a) y b), se permite que el conductor de puesta a tierra de los equipos discurra separadamente de los conductores del circuito.*

4) *Cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que la instalación es*

atendida únicamente por personal calificado, se permite identificar permanentemente durante la instalación uno o más conductores aislados en un cable multifilar como conductor(es) de puesta a tierra de los equipos, en cada extremo y en todos los puntos en los que el conductor sea accesible, por los siguientes medios:

a. Quitando el aislamiento o recubrimiento en toda la parte expuesta.

b. Pintando de verde el aislamiento o recubrimiento expuesto, o

c. Marcando el aislamiento o recubrimiento expuesto con una cinta adhesiva o con rótulos adhesivos de color verde.

Notas:

1) Para los puentes de conexión equipotencial de los equipos, véase el Artículo 250-79.

2) Para el uso de cordones con equipos fijos, véase el Artículo 400-7.

400-7. Usos permitidos.

Usos. Los cables y cordones flexibles se deben utilizar sólo para (1) colgantes; (2) alambrado de aparatos; (3) conexión de bombillas o artefactos portátiles; (4) cables de ascensores; (5) alambrado de grúas y elevadores; (6) conexión de equipos fijos para facilitar sus cambios frecuentes; (7) evitar la transmisión de ruido o vibraciones; (8) artefactos cuyos medios de sujeción y conexiones mecánicas estén diseñados específicamente para permitir fácil desmonte para su mantenimiento y reparación y el artefacto esté destinado o identificado para conexión con cordón flexible; (9) proceso de datos, según permite el Artículo 645-5; (10) conexión de partes móviles u (11) alambrados temporales como se permite en los Artículos 305-4(b) y 305-4(c).

(b) Clavijas. Cuando se utilicen como permite en 400-7(a)(3), (6) y (8), los cordones flexibles deben estar equipados con una clavija y conectarse a una salida para tomacorriente.

Excepción: Lo permitido en el Artículo 364-8.

250-58. Equipos que se consideran puestos eficazmente a tierra. En las condiciones especificadas en los siguientes apartados a) y b), se considera que las partes metálicas no

portadoras de corriente de los equipos están puestas eficazmente a tierra.

a) Equipos sujetos a soportes metálicos puestos a tierra. El equipo eléctrico sujeto y en contacto eléctrico con un armazón o estructura metálica diseñados para su soporte y puestos a tierra por uno de los medios indicados en el Artículo 250-57. No se debe usar la estructura metálica de un edificio como conductor de puesta a tierra de equipos de c.a.

b) Estructura metálica de cabinas. Las estructuras metálicas de cabinas sujetas a cables metálicos que los elevan, y que están unidos o que circulan sobre carretes o tambores metálicos de la maquinaria de los ascensores puesta a tierra por alguno de los métodos indicados en el Artículo 250-57.

250-59. Equipos conectados con cordón y clavija. Cuando haya que conectarlas a tierra, las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos conectados con cordón y clavija se deben poner a tierra por alguno de los siguientes métodos a), b) o c).

a) A través del encerramiento metálico. A través del encerramiento metálico de los conductores que alimentan a dichos equipos, si van conectados mediante una clavija con polo a tierra fijo que se utiliza para poner a tierra el encerramiento metálico y si el encerramiento metálico de los conductores se sujeta a la clavija y al equipo mediante conectores aprobados.

Excepción: Se permite un contacto de puesta a tierra autoarmable en clavijas con polo a tierra utilizados en el extremo del cordón de herramientas o artefactos eléctricos portátiles, accionados o guiados a mano.

b) A través del conductor de puesta a tierra de los equipos. A través de un conductor de puesta a tierra de equipos instalado junto con los conductores de suministro en un cable o cordón flexible debidamente terminado en una clavija con polo a tierra, con el contacto del polo a tierra fijo. Se permite que haya un conductor de puesta a tierra sin aislar, pero, si se aísla por separado, el forro debe tener un acabado exterior continuo de color verde o verde con una o más rayas amarillas.

Excepción: Se permite un contacto de puesta a tierra autoarmable en clavijas con polo a tierra

utilizados en el extremo del cordón de herramientas o artefactos eléctricos portátiles, accionados o guiados a mano.

c) A través de alambre o banda flexible independiente. A través de un alambre o banda flexible independiente, desnudo o aislado, protegido en la medida de lo posible contra daños físicos, cuando forme parte del equipo.

250-60. Carcasas de estufas y secadoras de ropa. Esta Artículo se debe aplicar sólo a los circuitos ramales ya instalados. Los circuitos de nueva instalación deben cumplir lo establecido en los Artículos 250-57 y 250-59. Las carcasas de estufas eléctricas, hornos montados en la pared, estufas de sobreponer, secadoras de ropa y cajas de salida o cajas de unión que formen parte del circuito de esos artefactos, se deben poner a tierra según se especifica en los Artículos 250-57 o 250-59, o se puede poner a tierra al conductor de un circuito puesto a tierra (excepto en las viviendas móviles y vehículos recreativos), si se cumplen además todas las condiciones establecidas en los siguientes apartados a) hasta d):

Para los circuitos ya instalados, las carcasas de hornos, secadores, estufas eléctricas y cajas de salida o cajas de unión que estén en un mismo circuito se deben poner a tierra todas las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos. También se puede poner a tierra a través del conductor puesto a tierra del circuito.

Para los circuitos instalados en las viviendas móviles y vehículos recreativos, no se debe poner a tierra todos los equipos metálicos no portadores de corriente que estén conectados en el mismo circuito.

a) Que el alimentador sea monofásico trifilar a 120/240 V o sea una instalación de 208Y/120 V derivada de una conexión trifásica tetrafililar en estrella.

Que la instalación sea monofásico trifilar a 120/240 V o sea una instalación de 208Y/120 V derivada de una conexión trifásica tetrafililar en estrella. Ver figura 250-51.

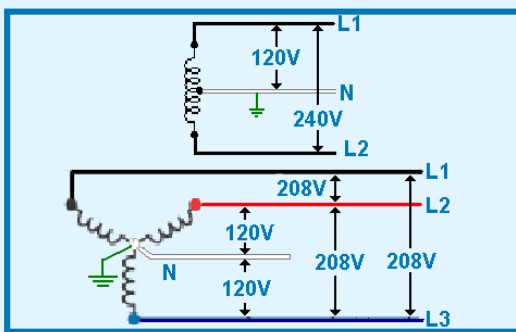


Figura 250-51.
Conexiones monofásicas y trifásicas.

b) Que el conductor puesto a tierra no sea menor a $5,25 \text{ mm}^2$ (10 AWG) en cobre o a $8,36 \text{ mm}^2$ (8 AWG) en aluminio.

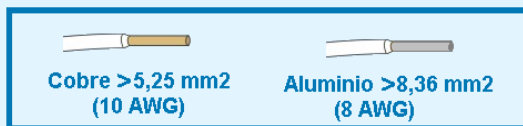


Figura 250-52.
Calibre de los conductores.

Que el calibre no sea menor a $5,25 \text{ mm}^2$ (10 AWG) en cobre o a $8,36 \text{ mm}^2$ (8 AWG) en aluminio. Ver figura 250-52.

c) Que el conductor puesto a tierra esté aislado o esté sin aislar y forme parte de un cable de acometida de Tipo SE y el circuito ramal arranque del equipo de la acometida.

Artículo 338-1. Definición. Un cable de acometida es un conjunto de uno o varios conductores con o sin cubierta general, utilizado fundamentalmente para acometidas.

La acometida tipo SE, se diferencia de una acometida común, en que esta posee recubrimiento con material retardante a la llama y resistente a la humedad.

d) Que los contactos de puesta a tierra de los tomacorrientes suministrados como parte del equipo estén conectados equipotencialmente al equipo.

En las instalaciones antiguas, que carezcan de conductor de puesta a tierra, la carcasa del equipo se debe conectar equipotencialmente al conductor puesto a tierra; en las instalaciones nuevas será al conductor de puesta a tierra. Ver figura 250-53.

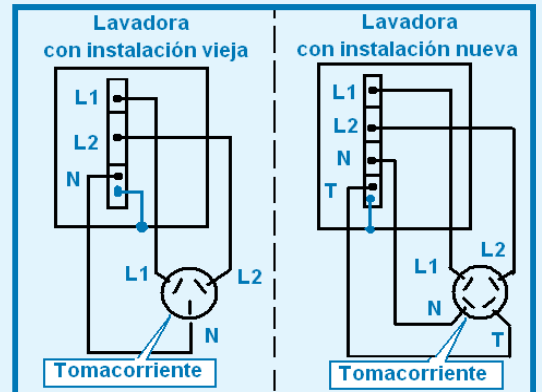


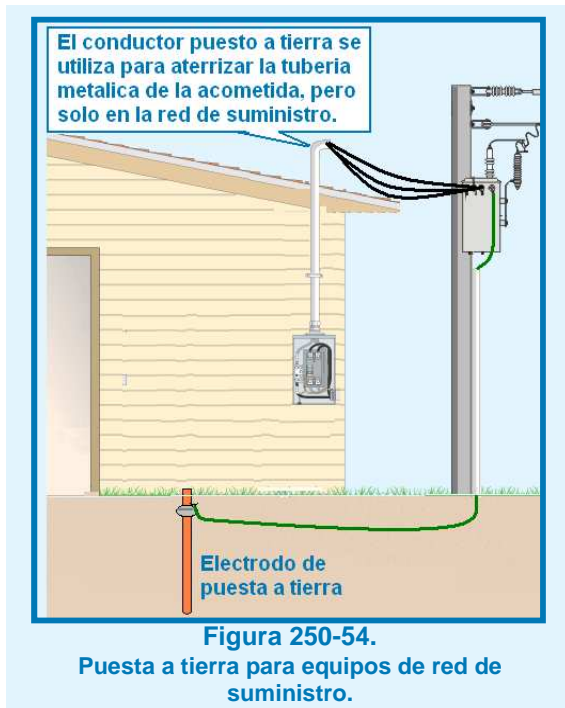
Figura 250-53.
Conexión equipotencial tomacorriente.

250-61. Uso del conductor puesto a tierra del circuito para la puesta a tierra de equipos.

a) **Equipos en el lado de la red de suministro.** Se permite que el conductor de un circuito puesto a tierra sirva para poner a tierra las partes metálicas no portadoras de corriente de equipos, canalizaciones y otros encerramientos en cualquiera de los siguientes lugares:

- 1) En lado de la red de suministro del medio de desconexión de la acometida.
- 2) En el lado de la red de suministro de los medios de desconexión de una acometida para edificaciones separadas, como se establece en el Artículo 250-24.
- 3) En el lado de la red de suministro del medio de desconexión o dispositivos de protección contra sobrecorriente de un sistema derivado independiente.

Solo en la red de suministro se permite que el conductor puesto a tierra se utilice para conectar a tierra las partes metálicas no portadoras de corriente, como se ve en la figura 250-54, se utiliza el conductor puesto a tierra para poner a tierra tuberías de la acometida, lo cual cumple con la condición de ser un elemento metálico no portador de corriente, pero que en una situación determinada puede llegar a energizarse.



b) Equipos en el lado de carga. El conductor de un circuito puesto a tierra no se debe usar para poner a tierra las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos que haya en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida o en el lado de la carga del medio de desconexión o del dispositivo de protección contra sobrecorriente de un sistema derivado independiente que no tenga un medio de desconexión principal.

Excepciones:

- 1) Las carcasas de estufas, hornos montados en la pared, estufas de sobrepone y secadoras de ropa en las condiciones permitidas por el Artículo 250-60 para instalaciones ya existentes.
- 2) Lo que permite el Artículo 250-24 para edificios independientes.
- 3) Se permite poner a tierra armarios de medidores conectando el conductor puesto a tierra del circuito en el lado de la carga del medio de desconexión de la acometida, si:
 - a. No hay instalado en la acometida un dispositivo de protección contra fallas a tierra.
 - b. Todos los armarios de medidores están situados cerca del medio de desconexión de la acometida.

c. El calibre de los conductores del circuito puesto a tierra no es menor al especificado en la Tabla 250-95 para los conductores de puesta a tierra de los equipos.

4) Lo que exigen los Artículos 710-72.e).1) y 710-74.

710-72. Requisitos del circuito ramal

(e) Conductor de neutro puesto a tierra. El conductor de neutro puesto a tierra debe:

- (1) Estar conectado al recipiente a presión que contiene los electrodos.

710-74. Puesta a tierra. Todas las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente de la caldera y otras estructuras o equipos asociados puestos a tierra se deben conectar equipotencialmente con el recipiente a presión o con el neutro conectado al recipiente, según lo establecido en el Artículo 250-79, excepto que la capacidad de corriente del puente de conexión equipotencial no deba ser menor a la del conductor de neutro.

5) Se permite poner a tierra los sistemas de c.c. del lado de la carga del medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente, según el Artículo 250-22, Excepción.

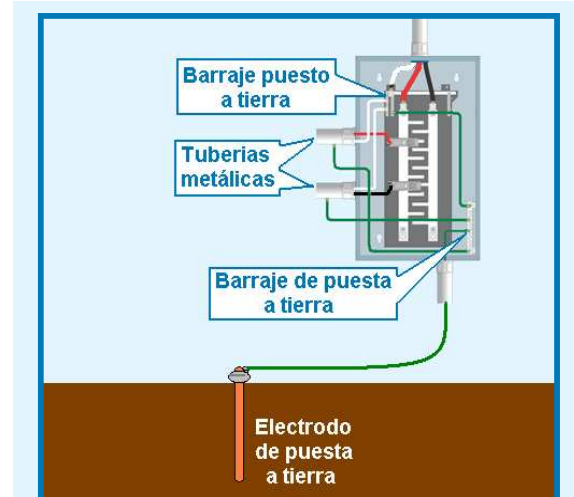


Figura 250-55.
Conexión a tierra de sistemas de c.c.

Solo en lado de la carga está permitido utilizar el conductor de puesta a tierra para aterrizar partes metálicas.

Como se ve en la figura 250-55, se debe aterrizar las dos tuberías metálicas que en cuyo interior están alojados conductores energizados, conectándolas directamente al barraje de puesta a tierra que esta interconectado con el barraje puesto a tierra.

250-62. Conexiones en circuitos múltiples.

Cuando haya que poner a tierra un equipo que esté alimentado mediante conexiones independientes a más de un circuito o a más de un sistema de puesta a tierra en un predio, debe haber un medio de puesta a tierra en cada una de esas conexiones, como se especifica en los Artículos 250-57 y 250-59.

G. CONEXIONES EQUIPOTENCIALES

250-70. Generalidades. Cuando sea necesario, se deben hacer las conexiones equipotenciales pertinentes para asegurar la continuidad eléctrica y la capacidad de transportar con seguridad cualquier corriente de falla que se pueda producir.

Una conexión equipotencial se utiliza para evitar la posible existencia de diferencia de potencial en distintas partes de una instalación eléctrica y se tenga el mismo nivel de potencial para que se pueda disipar una falla con facilidad en caso de que ello ocurra.

250-71. Equipo de acometida.

a) Conexiones equipotenciales del equipo de acometida. Las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos que se indican en los siguientes apartados 1), 2) y 3), se deben conectar equipotencialmente de forma eficaz:

- 1) Las canalizaciones de acometida, bandejas de cables, armaduras de los buses de cables o de los cables de acometidas o blindajes, excepto lo que permite el Artículo 250-55.
- 2) Todos los encerramientos de equipos de acometida que contengan conductores de acometida, accesorios de medidores, cajas o similares, interpuestos en la canalización o blindaje de acometida.
- 3) Todas las canalizaciones metálicas o blindajes por los que discurra un conductor del

electrodo de puesta a tierra, tal como lo permite el Artículo 250-92.a). La conexión equipotencial se debe hacer en cada extremo y en todas las canalizaciones, cajas y encerramientos que existan entre el equipo de acometida y el electrodo de puesta a tierra.

Es decir, que se deben de aterrizar todos los tramos de las canalizaciones por donde este alojado el conductor del electrodo de puesta a tierra, Aterrizándolas en los extremos de cada tramo de principio y fin del mismo.

b) Conexión equipotencial con otros sistemas.

En la acometida debe haber como mínimo un medio accesible fuera de los armarios o encerramientos para conectar los conductores de conexiones equipotenciales y de puesta a tierra de los sistemas, consistente en alguno de los siguientes elementos:

- 1) Canalizaciones metálicas expuestas de la acometida.
- 2) El conductor expuesto del electrodo de puesta a tierra
- 3) Un medio aprobado para la conexión externa de un conductor de conexión equipotencial o de puesta a tierra, de cobre o de otro material resistente a la corrosión, a la canalización o equipo de la acometida.

Con el propósito de proporcionar un medio accesible para la conexión equipotencial de los sistemas, se consideran equipos de acometida los medios de desconexión de un edificio o estructura independiente, tal como lo permite el Artículo 250-54, y los medios de desconexión de las viviendas móviles permitidos por el Artículo 550-23.a) Excepción 1).

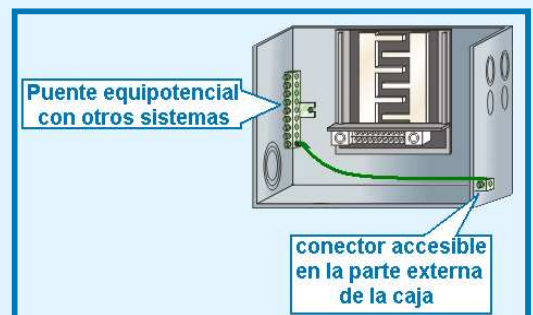


Figura 250-56.
Conexión equipotencial con otros sistemas.

Para conectar los conductores equipotencialmente al barraje de puesta a tierra, estos se pueden conectar en la parte exterior de cajas metálica solamente en un punto accesible que esté debidamente interconectado con el barraje de puesta a tierra. Ver figura 250-56.

Notas:

1) Un ejemplo de los medios aprobados de los que se menciona en el numeral 3) anterior, es un conductor de cobre de $13,29 \text{ mm}^2$ (6 AWG) con un extremo conectado equipotencialmente a la canalización o equipo de acometida y a 15 cm o más del otro extremo accesible por la parte exterior.

2) Para los requisitos de conexiones equipotenciales y puestas a tierra de circuitos de comunicaciones, radio, televisión y televisión por cable (CATV), véanse los Artículos 800-40, 810-21 y 820-40.

250-72. Método de conexión equipotencial del equipo de acometida. La continuidad eléctrica del equipo de acometida debe estar asegurada por uno de los métodos especificados en los siguientes apartados a) hasta e):

a) Conductor de acometida puesto a tierra. Conectando equipotencialmente el equipo al conductor de acometida puesto a tierra por alguno de los métodos del Artículo 250-113.

b) Conexiones roscadas. Cuando haya tubo metálico rígido o tubo metálico intermedio, las uniones mediante conexiones roscadas o tubos roscados en los armarios y encerramientos se deben apretar con llave.

c) Conexiones y conectores sin rosca. Apretando las conexiones y conectores sin rosca de tubo metálico rígido, tubo metálico intermedio y tubería metálica eléctrica hermética a los líquidos. No se deben usar tuercas ni pasacables estándar para las conexiones equipotenciales que requiere esta Artículo.

d) Puentes de conexión equipotencial. Los puentes de conexión equipotencial que cumplan los demás requisitos de esta Sección se deben usar alrededor de bocados concéntricos o excéntricos perforados o dispuestos de cualquier otra forma que impida la conexión eléctrica a tierra.

e) Otros dispositivos. Otros dispositivos aprobados, como tuercas y pasacables del tipo de conexión equipotencial.

250-73. Cable de acometida con blindaje o cinta metálicos. La cobertura metálica de un cable de acometida que tenga un conductor de acometida puesto a tierra y no aislado, en contacto eléctrico continuo con su blindaje o cinta metálicos, se debe considerar puesta a tierra.

250-74. Conexión del terminal de puesta a tierra de un tomacorriente a una caja. Para conectar el terminal de puesta a tierra de un tomacorriente, del tipo con polo a tierra, con una caja puesta a tierra se debe usar un puente de conexión equipotencial de equipos.

Excepciones:

1) Cuando la caja vaya montada en superficie con contacto metálico directo entre el soporte y la propia caja, se permite que la puesta a tierra del tomacorriente se haga a través de la caja. Esta excepción no se aplica a los tomacorrientes montados en las tapas, a no ser que la combinación de caja y tapa esté certificada como un medio satisfactorio que proporciona continuidad a tierra entre la caja y el tomacorriente.

2) Se permite que los dispositivos o soportes de contacto diseñados y certificados para este fin formen, junto con los tornillos que los sujetan, el circuito de puesta a tierra entre el soporte del dispositivo y las cajas de tipo empotrable.

3) Las cajas en el suelo diseñadas y certificadas para ofrecer una continuidad satisfactoria a tierra entre la caja y el dispositivo.

4) Cuando sea necesario reducir el ruido eléctrico (interferencias electromagnéticas) en el circuito de puesta a tierra, se permite un tomacorriente en el que el terminal de puesta a tierra esté aislado intencionalmente de los medios de montaje del tomacorriente. Se debe poner a tierra el terminal de puesta a tierra del tomacorriente por medio de un conductor de puesta a tierra de equipos aislado instalado con los conductores del circuito. Este conductor de puesta a tierra puede pasar a través de uno o más paneles de distribución sin necesidad de conectarlo a los terminales de puesta a tierra de dichos paneles, tal como permite el Artículo 384-20, Excepción, siempre que termine dentro del

mismo edificio o estructura directamente en el terminal de un conductor de puesta a tierra de equipos de la misma acometida o sistema derivado.

384-20. Puesta a tierra de los paneles de distribución. Los armarios y marcos de los paneles de distribución, si son metálicos, deben estar en contacto físico entre sí y ponerse a tierra según lo que establece la Sección 250 o el Artículo 384-3(c). Si se utiliza el panel de distribución con canalizaciones o cables no metálicos o si existen conductores de puesta a tierra independientes, se debe instalar dentro del armario una regleta terminal para esos conductores. La regleta se debe conectar equipotencialmente con el armario y el marco del panel de distribución, si son metálicos. Si no, se debe conectar al conductor de puesta a tierra que discurre junto con los conductores de suministro del panel de distribución.

Debido a que la norma NTC 2050 está basada en una traducción del NEC existe una mala traducción en el párrafo anterior.

Corrección: NO es, cable no metálico sino canalización no metálica.

Nota. El uso de un conductor de puesta a tierra aislado para equipos no exime del requisito de poner a tierra la canalización y la caja de salida.

250-75. Conexión equipotencial de otros encerramientos. Las canalizaciones metálicas, bandejas de cables, blindajes de cables, armaduras de cables, encerramientos, marcos, accesorios y otras partes metálicas no portadoras de corriente y que puedan servir como conductores de puesta a tierra con o sin conductores suplementarios de puesta a tierra de equipos, se deben conectar equipotencial y eficazmente cuando sea necesario para asegurar la continuidad eléctrica y la capacidad del circuito para soportar con seguridad cualquier corriente que pudiera producirse por cualquier falla en el mismo. Se deben quitar de las roscas, puntos y superficies de contacto todas las pinturas, barnices o recubrimientos similares no conductores o bien conectarlos por medio de accesorios diseñados de tal manera que hagan innecesaria dicha eliminación.

Excepción: Cuando sea necesario reducir el ruido eléctrico (interferencias electromagnéticas) en el circuito de puesta a tierra, se permite que

un armario de equipos, el cual se alimente desde un circuito ramal, esté aislado de una canalización que contenga circuitos que alimenten sólo a esos equipos, por medio de uno o más accesorios certificados para canalizaciones no metálicas situados en el punto de conexión de la canalización con el armario del equipo. La canalización metálica debe cumplir lo establecido en esta Sección y debe estar complementada por un conductor de puesta a tierra de equipos aislado interno, instalado de acuerdo con el Artículo 250-74, Excepción 4), para que sirva de conexión de puesta a tierra del armario del equipo.

Nota. El uso de un conductor de puesta a tierra aislado para equipos no exime del requisito de poner a tierra la canalización.

250-76. Conexión equipotencial de instalaciones a más de 250 V. En circuitos de más de 250 V a tierra, se debe asegurar la continuidad eléctrica de los conductos metálicos y cables con blindaje metálico que contengan conductores distintos de los de la acometida, por medio de uno o más de los métodos especificados para las acometidas en el Artículo 250-72.b) hasta e).

Excepción: Cuando no haya bocados de mayor tamaño, concéntricos o excéntricos, o cuando se hayan ensayado bocados concéntricos o excéntricos y la caja o el armario esté certificado para ese uso, se permiten los siguientes medios:

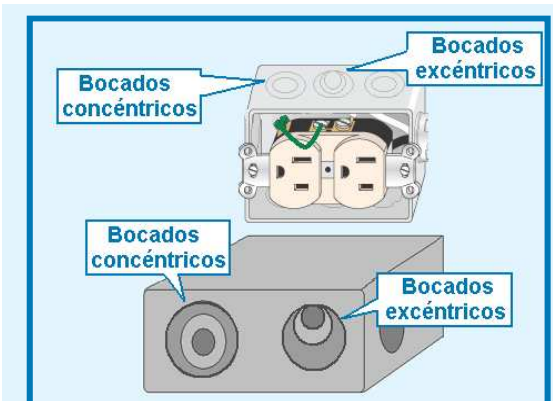


Figura 250-57.

Cajas con bocados concéntricos o excéntricos. Los bocados son agujeros de varios diámetros que se quitan para dejar pasar los cables y conductores al interior de las cajas eléctricas metálicas, realizando empalmes y/o conexiones al interior de estos.

La diferencia entre los bocados excéntricos y concéntricos radica simplemente en la ubicación del centro de la circunferencia de cada uno de estos. Ver figura 250-57.

- a. *Uniones y conectores sin rosca para cables con blindaje metálico.*
- b. *Dos tuercas en un conducto de metal rígido o intermedio, una dentro y otra fuera de la caja y armario.*
- c. *Accesorios con lengüetas que asienten bien en la caja o armario, como los conectores para tubería eléctrica metálica, para tubo metálico flexible y conectores de cables, con una tuerca dentro de la caja y armario.*
- d. *Otros accesorios certificados.*

250-77. Conexión equipotencial de canalizaciones metálicas con holguras. Las juntas de dilatación y las secciones telescópicas de las canalizaciones metálicas se deben hacer eléctricamente continuas mediante puentes de conexión equipotencial u otros medios.

250-78. Conexiones equipotenciales en lugares peligrosos (clasificados). Con independencia de la tensión de una instalación eléctrica, se debe asegurar la continuidad eléctrica de las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos, canalizaciones y otros encerramientos en los lugares peligrosos (clasificados) que define la Sección 500, por cualquiera de los medios especificados para las acometidas en el Artículo 250-72 y que estén aprobados para el método de instalación utilizado.

250-79. Puentes de conexión equipotencial principal y de equipos.

- a) **Material.** Los puentes de conexión equipotencial principal y de equipos deben ser de cobre u otro material resistente a la corrosión. Un puente de conexión equipotencial principal o según lo exigido por el Artículo 250-26.a), debe ser un alambre, barra conductora, tornillo o conductor adecuado similar.
- b) **Construcción.** Cuando el puente de conexión equipotencial principal sea un solo tornillo, éste se debe identificar mediante un color verde que sea bien visible una vez el tornillo esté instalado.

c) **Sujeción.** Los puentes de conexión equipotencial principal y de equipos se deben sujetar según lo que establecen las disposiciones pertinentes de el Artículo 250-113 para los circuitos y equipos y el Artículo 250-115 para los electrodos de puesta a tierra.

d) **Calibre de los puentes de conexión equipotencial de los equipos del lado de alimentación de la acometida y del principal.** El puente de conexión equipotencial no debe ser de menor calibre que el establecido en la Tabla 250-94 para los conductores del electrodo de puesta a tierra. Cuando los conductores de fase de acometida sean de más de 557,37 mm² (1.100 kcmils) en cobre o 886,73 mm² (1.750 kcmils) en aluminio, el puente de conexión equipotencial debe tener un calibre no menor al 12,5 % del calibre del mayor conductor de fase excepto que, cuando los conductores de fase y el puente de conexión equipotencial sean de distinto material (cobre o aluminio), el calibre mínimo del puente de conexión equipotencial se debe calcular sobre la hipótesis del uso de conductores de fase del mismo material que el puente y con una capacidad de corriente equivalente a la de los conductores de fase instalados. Cuando se monten conductores de acometida en paralelo en dos o más canalizaciones o cables, el puente de conexión equipotencial de los equipos, si discurre con esas canalizaciones o cables, debe instalarse en paralelo. El calibre del puente de conexión equipotencial de cada canalización o cable se debe calcular a partir del calibre de los conductores de acometida en cada cable o conducto. El puente de conexión equipotencial de la canalización o blindaje del cable del conductor del electrodo de puesta a tierra, como indica el Artículo 250-92.b), debe ser del mismo calibre o mayor que el correspondiente conductor del electrodo de puesta a tierra que vaya en el cable o canalización. En sistemas de corriente continua, el calibre del puente de conexión equipotencial no debe ser menor al del conductor de puesta a tierra del sistema, tal como lo especifica el Artículo 250-93.

El conductor del puente equipotencial debe ser de un calibre igual o mayor que el conductor de puesta a tierra. Ver figura 250-58.

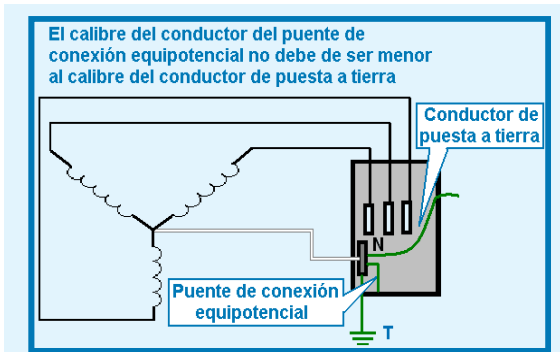


Figura 250-58.
Calibre para las conexiones equipotenciales.

e) **Calibre del puente de conexión equipotencial en el lado de la carga de la acometida.** El puente de conexión equipotencial de los equipos a la salida de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de la acometida debe tener un calibre no menor al que aparece en la Tabla 250-95. Se permite conectar con un solo puente de conexión equipotencial común continuo, dos o más canalizaciones o cables, si el puente tiene un calibre de acuerdo con la Tabla 250-95 para el mayor de los dispositivos de protección contra sobrecorriente que protege los circuitos conectados al mismo.

Excepción: No es necesario que el puente del equipo sea de mayor calibre que los conductores de los circuitos que lo alimentan, pero no debe ser menor a $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG).

f) **Instalación del puente de conexión equipotencial de los equipos.** Se permite instalar el puente de conexión equipotencial de los equipos dentro o fuera de una canalización o encerramiento. Si se instala fuera, la longitud del puente no debe superar 1,80 m y debe instalarse con la canalización o armario. Si se instala dentro de la canalización, el puente de conexión equipotencial de los equipos debe cumplir los requisitos de los Artículos 250-114 y 310-12.b).

Se permite instalar conductores de puesta a tierra desnudos, cubiertos o asilados. Los conductores de puesta a tierra cubiertos o asilados individualmente deben tener un acabado exterior continuo verde o verde con una o más rayas amarillas.

250-80. Conexión equipotencial de sistemas de tuberías y acero estructural expuesto.

a) **Tuberías metálicas para agua.** El sistema interior de tuberías metálicas para agua se debe conectar equipotencialmente al encerramiento del equipo de acometida, al conductor puesto a tierra de la acometida, al conductor del electrodo de puesta a tierra cuando sea de calibre suficiente, o a uno o más de los electrodos de puesta a tierra de la instalación. El puente de conexión equipotencial debe tener un calibre de acuerdo con la Tabla 250-94 y estar instalado según el Artículo 250-92.a) y b). Los puntos de conexión del puente deben estar accesibles.

Excepción: En edificios de ocupación múltiple en los que el sistema interior de tuberías metálicas para agua de cada ocupante esté aislado metálicamente de los demás mediante tuberías no metálicas, se permite que la tubería interior para agua de cada ocupante vaya conectada equipotencialmente al encerramiento del cuadro de distribución o panel de distribución de ese ocupante (distinto del equipo de acometida). El calibre del puente de conexión equipotencial debe ser como establece la Tabla 250-95.

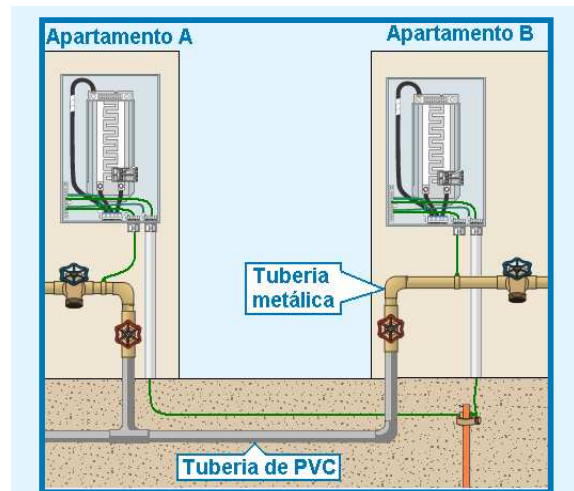


Figura 250-59.
Tuberías metálicas para agua.

En una edificación la distribución de tuberías para agua en los apartamentos puede ser tubería metálica y debe ser conectada equipotencialmente al tablero de distribución, la tubería que no está dentro de los apartamentos debe ser de un material no metálico (PVC). Ver figura 250-59.

En el entorno colombiano no está permitido el uso de tubería metálica para acueducto, la tubería aprobada para estos usos es la tubería plástica PVC.

Cuando haya un sistema derivado independiente con electrodo de puesta a tierra, como se especifica en el Artículo 250-26.c).3), el punto más cercano posible del sistema de tuberías metálicas interiores para agua de la zona a la que suministra corriente el sistema derivado independiente se debe conectar equipotencialmente al conductor de puesta a tierra de ese sistema. El puente de conexión equipotencial debe tener un calibre de acuerdo con la Tabla 250-94 y estar instalado según el Artículo 250-92.a) y b). Los puntos de conexión del puente deben estar accesibles.

b) Otras tuberías metálicas. Los demás sistemas de tuberías interiores metálicas que se puedan llegar a energizar se deben conectar equipotencialmente al encerramiento del equipo de acometida, al conductor puesto a tierra de acometida, al conductor del electrodo de puesta a tierra cuando tenga el calibre suficiente o a uno o más de los electrodos de puesta a tierra de la instalación. El puente de conexión equipotencial debe tener una sección transversal de acuerdo con la Tabla 250-95, según la corriente nominal del circuito que pueda energizar a las tuberías. Se permite utilizar como conexión equipotencial el conductor de puesta a tierra de los equipos para el circuito que pueda llegar a energizar a las tuberías.

Nota. La conexión equipotencial entre sí de todas las tuberías metálicas y conductos de aire de los predios proporcionará seguridad adicional.

c) Acero estructural. El acero estructural interior expuesto que está interconectado para formar la estructura de acero de un edificio, que no esté puesto intencionalmente a tierra y que se pueda llegar a energizar, se debe conectar equipotencialmente al encerramiento del equipo de acometida, al conductor puesto a tierra de la acometida, al conductor del electrodo de puesta a tierra cuando tenga el calibre suficiente o a uno o más de los electrodos de puesta a tierra de la instalación. El puente de conexión equipotencial debe tener un calibre de acuerdo con la Tabla 250-94 e instalarse de acuerdo con el Artículo 250-92.a) y b). Los puntos de conexión del puente deben estar accesibles.

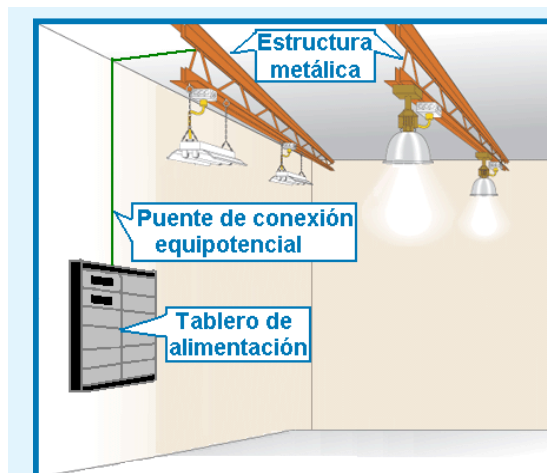


Figura 250-60.
Puesta a tierra para estructuras metálicas.

H. INSTALACIÓN DEL ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA DEL SISTEMA

250-81. Instalación del electrodo de puesta a tierra del sistema. Si en un predio, en cada edificio o estructura perteneciente al mismo, existen todos los elementos a) hasta d) que se indican a continuación y algún electrodo instalado de acuerdo con el Artículo 250-83.c) y d), se deben conectar equipotencialmente entre sí para formar la instalación del electrodo de puesta a tierra. El puente o puentes de conexión equipotencial se deben montar de acuerdo con los Artículos 250-92.a) y b) y deben tener un calibre según lo establecido en el Artículo 250-94 e ir conectados como se indica en el Artículo 250-115. Se permite que el conductor del electrodo de puesta a tierra sin empalmes llegue hasta cualquier electrodo de puesta a tierra del sistema convenientemente situado en la instalación. Debe tener un calibre suficiente tomando el mayor conductor del electrodo de puesta a tierra exigido entre todos los electrodos disponibles.

Excepciones:

1) Se permite empalmar el conductor del electrodo de puesta a tierra mediante conectores irreversibles a presión certificados para este fin o mediante proceso de soldadura exotérmica.

Las tuberías metálicas interiores para agua situadas a más de 1,50 m del punto de entrada a la edificación, no se deben utilizar como parte de la instalación del electrodo de puesta a tierra

o como conductor para interconectar electrodos que formen parte del sistema del electrodo de puesta a tierra.

2) *En las edificaciones industriales y comerciales, cuando sus condiciones de mantenimiento y supervisión garanticen que la instalación sólo sea atendida por personal calificado y la tubería metálica interior para agua que se vaya a utilizar como conductor esté expuesta en toda su longitud.*

Nota. Para requisitos especiales de conexión y puesta a tierra en edificaciones agrícolas, véase el Artículo 547-8.

a) Tuberías metálicas subterráneas de agua. Una tubería metálica subterránea para agua en contacto directo con la tierra a lo largo de 3,0 m o más (incluidos los forros metálicos de pozos efectivamente conectados equipotencialmente a la tubería) y con continuidad eléctrica (o hecha eléctricamente continua mediante la conexión equipotencial alrededor de juntas aislantes, o de secciones o tubería aislante) hasta los puntos de conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra y de los conductores de conexión equipotencial. La continuidad de la trayectoria de la puesta a tierra o de la conexión equipotencial a la tubería interior no se debe hacer a través de medidores de agua o filtros y equipos similares. Una tubería metálica subterránea para agua se debe complementar con un electrodo adicional del tipo especificado en los Artículos 250-81 o 250-83. Se permite que este electrodo complementario vaya conectado equipotencialmente al conductor del electrodo de puesta a tierra, al conductor de acometida puesto a tierra, a la canalización de la acometida puesta a tierra o a cualquier encerramiento de la acometida puesta a tierra. Cuando el electrodo complementario sea fabricado, como se establece en el Artículo 250-83.c) o d), no se requiere que la parte del puente de conexión equipotencial que constituya la única conexión con dicho electrodo complementario sea mayor que un alambre de cobre de 13,29 mm² (6 AWG) o aluminio de 21,14 mm² (4 AWG).

Excepción: Se permite que el electrodo complementario vaya conectado a la tubería metálica interior para agua en cualquier punto que resulte cómodo, como se explica en el Artículo 250-81 Excepción 2).

b) Estructura metálica de la edificación. La estructura metálica de la edificación, cuando esté eficazmente puesta a tierra.

La estructura metálica de los edificios puede ser usada siempre que esté bien puesta a tierra, es decir, que su impedancia a tierra sea baja. Para que sea baja la impedancia, se deben unir las columnas a las partes metálicas de la cimentación con conductores según los calibres de los conductores de puesta a tierra, en caso de haber sellos formados por películas plásticas, se deben puentear éstos.

c) Electrodo empotrado en concreto. Un electrodo empotrado como mínimo 50 mm en concreto, situado dentro y cerca del fondo de un cimiento o zapata de concreto que esté en contacto directo con la tierra y que consista como mínimo en una barra o varilla de 6 m de acero desnudo, galvanizado o revestido de cualquier otro recubrimiento eléctricamente conductor, de no menos de 12,7 mm (1/2 pulgada) de diámetro, o como mínimo en un conductor de cobre desnudo de 6 m y de calibre no menor a 21,14 mm² (4 AWG).

d) Anillo de puesta a tierra. Un anillo de puesta a tierra que rodee la edificación o estructura, en contacto directo con la tierra y a una profundidad bajo la superficie no menor a 0,75 m, que consista como mínimo en un conductor de cobre desnudo de 6 m y calibre no menor al 33,62 mm² (2 AWG).

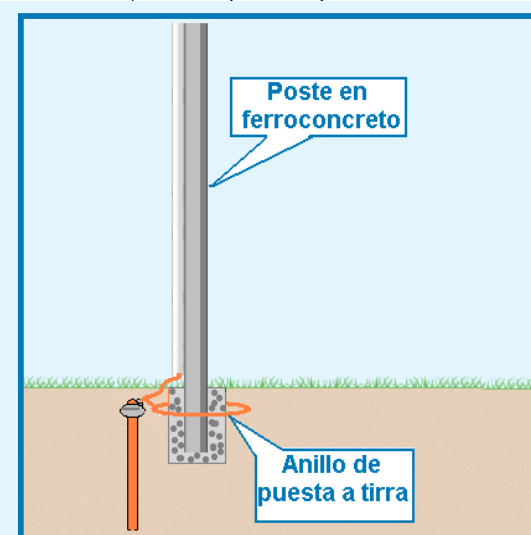


Figura 250-61.
Anillo de puesta a tierra

Un anillo de tierra consiste en un conductor de cobre desnudo, de sección transversal no menor al calibre 2 AWG (por resistencia mecánica) y de longitud no menor a 6 m enterrado a una profundidad de 800 mm y, que rodee al edificio o estructura.

Estos anillos de tierras se emplean frecuentemente circundando una fábrica o un sitio de comunicaciones, para proveer un plano equipotencial alrededor de edificios y equipos. Ver figura 250-61.

250-83. Electrodo fabricados y otros electrodo. Cuando no se disponga de ninguno de los electrodo especificados en el Artículo 250-81, se debe usar uno o más de los electrodo especificados en los apartados b) hasta d) a continuación. Cuando sea posible, los electrodo fabricados se deben enterrar por debajo del nivel de humedad permanente (nivel freático). Los electrodo fabricados deben estar libres de recubrimientos no conductores como pintura o esmalte. Cuando se use más de un electrodo para la instalación de puesta a tierra, ninguno de ellos (incluidos los que se utilicen como barras de pararrayos) debe estar a menos de 1,80 m de cualquier otro electrodo o sistema de puesta a tierra. Dos o más electrodo de puesta a tierra que estén eficazmente conectados equipotencialmente entre sí se deben considerar como un solo sistema de electrodo de puesta a tierra.

a) Instalación subterránea de tuberías metálicas de gas. No se debe usar como electrodo de puesta a tierra la instalación subterránea de tuberías metálicas de gas.

b) Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos. Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos, como tuberías y depósitos subterráneos.

c) Electrodo de barras y tuberías. Los electrodo de barras y tuberías no deben tener menos de 2,40 m de longitud, deben ser de los materiales que se especifican a continuación y estar instalados del siguiente modo:

1) Los electrodo consistentes en tuberías o conductos no deben tener una sección transversal menor al tamaño comercial de 19 mm (3/4 ") y, si son de hierro o acero, deben tener su superficie exterior galvanizada o

revestida de cualquier otro metal que los proteja contra la corrosión.

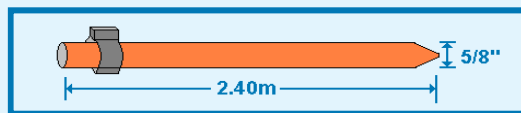


Figura 250-62.
Electrodo de puesta a tierra.

2) Los electrodo de barras de hierro o acero deben tener como mínimo un diámetro de 15,87 mm (5/8 de pulgada). Las barras de acero inoxidable deben ser de al menos 15,87 mm (5/8 de pulgada) de diámetro, las de metales no ferrosos o sus equivalentes, deben estar certificadas y tener un diámetro no menor a 12,7 mm (1/2 pulgada).

3) El electrodo se debe instalar de modo que tenga en contacto con el suelo como mínimo 2,40 m de su longitud. Se debe clavar a una profundidad no menor a 2,40 m, excepto si se encuentra roca, en cuyo caso el electrodo se debe clavar con un ángulo oblicuo que no forme más de 45° con la vertical o enterrarse horizontalmente en una zanja que tenga como mínimo 0,75 m de profundidad. El extremo superior del electrodo debe quedar al nivel del suelo o por debajo, excepto si el extremo superior del electrodo que quede por encima del suelo y la conexión con el conductor del electrodo de puesta a tierra están protegidos contra daños físicos como se especifica en el Artículo 250-117.

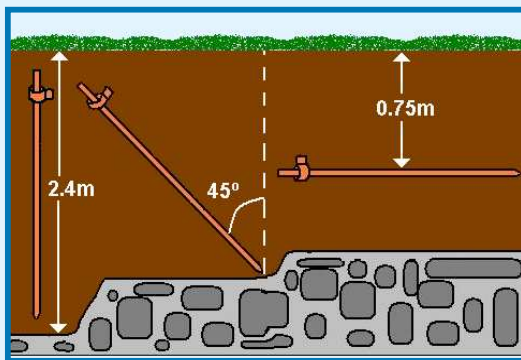


Figura 250-63.
Modos de instalación del electrodo de puesta a tierra.

d) **Electrodo de placa.** Los electrodo de placa deben tener un área mínima de 0,2 m² que esté en contacto directo con el suelo. Los electrodo de placas de hierro o acero deben tener un espesor mínimo de 6 mm. Los

electrodos de metales no ferrosos deben tener un espesor mínimo de 1,5 mm.

e) Electrodo de aluminio. No está permitido utilizar electrodos de aluminio.

El aluminio es un material que se corroe con mayor facilidad que el cobre, los compuestos químicos que se le adhieren a los electrodos de aluminio no son buenos conductores eléctricos, por esta razón su uso no es común.

250-84. Resistencia de los electrodos fabricados. Un electrodo único que consista en una barra o varilla, tubo o placa y que no tenga una resistencia a tierra de 25 ohmios o menos, se debe complementar con un electrodo adicional de cualquiera de los tipos especificados en los Artículos 250-81 o 250-83. Cuando se instalen varios electrodos de barras, tuberías o placas para cumplir los requisitos de este Artículo, deben tener entre sí una separación mínima de 1,80 m.

Nota. La eficiencia de la instalación en paralelo de barras de más de 2,40 m aumenta si se separan más de 1,80 m.

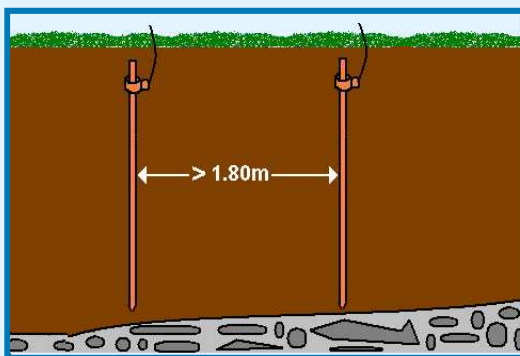


Figura 250-64.
Electrodos en paralelo.

250-86. Uso de la puesta a tierra de pararrayos. Para la puesta a tierra de los sistemas eléctricos y equipos no se debe usar la puesta a tierra de pararrayos. Esta disposición no impide la conexión equipotencial requerida de los electrodos de puesta a tierra de distintos sistemas.

La puesta a tierra de los pararrayos debe ser independiente de la puesta a tierra de otros sistemas que estén involucrados en la misma edificación o estructura. Ver figura 250-65.

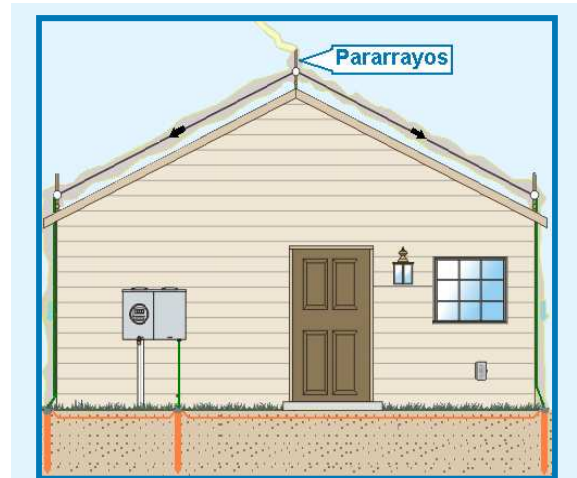


Figura 250-65.
Puesta a tierra para pararrayos.

Notas:

1) Para la separación de las bajantes de los pararrayos, véase el Artículo 250-46. Para la conexión equipotencial de electrodos, véanse los Artículos 800-40.d), 810-21.j) y 820-40.d).

2) Si se conectan equipotencialmente todos los electrodos de puesta a tierra de distintos sistemas, se limitará la diferencia de potencial entre ellos y entre sus sistemas de alambrado asociados.

800-40. Puesta a tierra del cable y del protector primario. El elemento o elementos metálicos del blindaje del cable, cuando lo exija el Artículo 800-33, y los protectores primarios se deben poner a tierra según se indica en los siguientes apartados (a) hasta (d):

- (a) Conductor de puesta a tierra.
- (b) Electrodo.
- (c) Conexión a los electrodos.
- (d) Conexión equipotencial de los electrodos.

810-21. Conductores de puesta a tierra - Estaciones receptoras. Los conductores de puesta a tierra deben cumplir lo establecido en los siguientes apartados (a) a (j):

- (a) Material.
- (b) Aislamiento.
- (c) Apoyos.
- (d) Protección mecánica.
- (e) Tramo en línea recta.
- (f) Electrodo.

- (g) Dentro o fuera de la edificación.
- (h) Sección transversal.
- (i) Tierra común.
- (j) Conexión equipotencial de los electrodos.

820-40. Puesta a tierra del cable. Cuando lo exija el Artículo 820-33, se debe poner a tierra el blindaje del cable coaxial como se indica en los siguientes apartados (a) a (d):

- (a) Conductor de puesta a tierra.
- (b) Electrodo.
- (c) Conexión a los electrodos.
- (d) Conexión equipotencial de los electrodos.

J. CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA

250-91. Materiales. Los materiales de los conductores de puesta a tierra se especifican en los siguientes apartados a), b) y c).

a) Conductor del electrodo de puesta a tierra. El conductor del electrodo de puesta a tierra debe ser de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre. El material elegido debe ser resistente a la corrosión que se pueda producir en la instalación o debe estar adecuadamente protegido contra ella. El conductor debe ser macizo o trenzado, aislado, forrado o desnudo y debe ser de un solo tramo continuo, sin empalmes ni uniones.

Excepciones:

- 1) Se permiten los empalmes en los conjuntos de barras.
- 2) Cuando haya una acometida con más de un encerramiento, como se permite en el Artículo 230-40 Excepción 2), está permitido conectar terminales o derivaciones al conductor del electrodo de puesta a tierra. Cada una de estas derivaciones debe llegar hasta el interior del encerramiento metálico. El calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra se debe dimensionar de acuerdo con el Artículo 250-94, pero los conductores de la derivación pueden tener una sección transversal de acuerdo con los conductores del electrodo de puesta a tierra especificados en el Artículo 250-94, para el conductor de mayor sección transversal que entre en los respectivos encerramientos. Los conductores de las

derivaciones se deben conectar al conductor del electrodo de puesta a tierra de modo que este conductor no contenga ningún empalme o unión.

3) Se permite empalmar el conductor del electrodo de puesta a tierra por medio de conectores irreversibles de presión certificados para ese fin o mediante un proceso de soldadura exotérmica.

Una de las causas de avería en una instalación, es la realización de un mal empalme, que puede dar origen a un calentamiento y, en consecuencia, a un trabajo defectuoso de la instalación, acompañado de los inconvenientes que de esto se deriva, como podría ser la posibilidad de formarse cortocircuitos, incendios u otros accidentes.

b) Tipos de conductores para la puesta a tierra de equipos. El conductor de puesta a tierra de equipos instalado con los conductores del circuito o encerrado con ellos, debe ser de uno de los siguientes tipos o una combinación de varios de ellos: 1) un conductor de cobre u otro material resistente a la corrosión. Este conductor debe ser macizo o trenzado, aislado, forrado o desnudo y formar un alambre o barra de cualquier forma; 2) un tubo conduit de metal rígido; 3) un tubo conduit metálico intermedio; 4) una tubería metálica eléctrica; 5) un tubo conduit de metal flexible, si tanto el tubo como sus accesorios están certificados para puesta a tierra; 6) la armadura de un cable de tipo AC; 7) el blindaje de cobre de un cable con recubrimiento metálico y aislamiento mineral; 8) el blindaje metálico o la combinación de blindaje metálico y conductores de puesta a tierra en cables de tipo MC; 9) las bandejas portacables, tal como se permiten en los Artículos 318-3.c) y 318-7; 10) las armaduras de los buses de cables tal como permite el Artículo 365-2.a); 11) otras canalizaciones metálicas con continuidad eléctrica, certificadas para puesta a tierra.

318-3. Usos permitidos. El uso de las bandejas portacables no se deben limitar a los establecimientos industriales.

(c) Conductores de puesta a tierra de los equipos. Se permite utilizar bandejas metálicas de cables como conductores de puesta a tierra de los equipos cuando su mantenimiento y supervisión continuos

aseguren que el sistema de bandejas sólo será atendido por personas calificadas y que la bandeja portacables cumple lo establecido en el Artículo 318-7.

318-7. Puesta a tierra.

(a) Bandejas portacables metálicas. Las bandejas portacables metálicas que soporten conductores eléctricos se deben poner a tierra como lo exige la Sección 250 para los encerramientos de conductores.

365-2. Uso

(a) A 600 V o menos. Se permite utilizar buses de cables aprobados a cualquier tensión o corriente para las que estén certificados los conductores y sólo en instalaciones expuestas. Los buses de cables instalados en exteriores o en lugares corrosivos, húmedos o mojados deben estar identificados para dicho uso. No se deben instalar buses de cables en huecos de ascensores ni en lugares peligrosos (clasificados) si no están específicamente aprobados para esos usos. Se permite utilizar buses de cables en alimentadores, circuitos ramales y acometidas. Se permite utilizar el armazón de un bus de cables como conductor de puesta a tierra de equipos en alimentadores y circuitos ramales, siempre que esté bien conectado equipotencialmente.

Excepciones:

1) *Cuando los conductores de un circuito contenidos en él estén protegidos por dispositivos de protección contra sobrecorriente de 20 A nominales o menos, se permiten como medios de puesta a tierra de esos circuitos los tubos metálicos flexibles certificados como canalizaciones pero no para servir como puesta a tierra y la tubería metálica flexible certificada y los tubos metálicos flexibles herméticos a los líquidos certificados de secciones comerciales entre 9,5 mm (3/8 de pulgada) y 31,8 mm (1 ¼ de pulgadas), siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:*

a. *Que la longitud combinada de tubo metálico flexible, tubería metálica flexible y tubo metálico flexible y hermético a los líquidos en el mismo tramo de retorno de puesta a tierra, no sea superior a 1,80 m.*

b. *Que los tubos conduit o tuberías terminen en accesorios certificados para puesta a tierra.*

2) *Cuando los conductores de un circuito contenidos en él estén protegidos por dispositivos de protección contra sobrecorriente de más de 20 A nominales pero que no superen los 60 A, se permite utilizar como medios de puesta a tierra de esos circuitos los tubos metálicos flexibles y herméticos a los líquidos certificados de secciones comerciales entre 19 mm (3/4 de pulgada) y 31,8 mm (1 ¼ pulgadas), siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:*

a. *Que la longitud total del tubo metálico flexible y hermético a los líquidos certificado en el mismo tramo de retorno de puesta a tierra no sea superior a 1,80 m.*

b. *Que no haya otro tubo metálico flexible, tubería metálica flexible o tubo metálico flexible y hermético a los líquidos de secciones comerciales entre 9,5 mm (3/8 de pulgada) a 12,5 mm (½ pulgada) que sirva como conductor de puesta a tierra de equipos en el mismo tramo de retorno de puesta a tierra.*

c. *Que el tubo termine en accesorios certificados para puesta a tierra.*

c) Puesta a tierra complementaria. Se permiten electrodos complementarios de puesta a tierra para aumentar los conductores de puesta a tierra de los equipos especificados en el Artículo 250-91.b), pero la tierra no se debe utilizar como el único conductor de puesta a tierra de los equipos.

250-92. Instalación. Los conductores de puesta tierra se deben instalar como se especifica en los siguientes apartados a), b) y c).

a) Conductor del electrodo de puesta a tierra. Un conductor del electrodo de puesta a tierra o su encerramiento deben sujetarse bien a la superficie sobre la que van instalados. Un conductor de cobre o aluminio de sección transversal 21,14 mm² (4 AWG) o superior se debe proteger si está expuesto a daños físicos graves. Se puede llevar un conductor de puesta a tierra de 13,29 mm² (6 AWG) que no esté expuesto a daños físicos, a lo largo de la superficie de la edificación sin tubería o protección metálica cuando esté bien sujeto al edificio; si no, debe ir en un tubo conduit metálico rígido, un tubo conduit metálico intermedio, un tubo conduit rígido no metálico, en tubería eléctrica metálica o en cable blindado.

Los conductores de puesta a tierra de sección menor a $13,29 \text{ mm}^2$ (6 AWG), deben ir en tubo conduit metálico rígido, tubo conduit metálico intermedio, tubo conduit rígido no metálicos, tubería eléctrica metálica o cable blindado.

No se deben usar como conductores de puesta a tierra conductores aislados o desnudos de aluminio o aluminio recubierto de cobre que estén en contacto directo con las paredes de mampostería o con tierra o si están sometidos a condiciones corrosivas. Cuando se utilicen en el exterior, los conductores de puesta a tierra de aluminio o aluminio recubierto de cobre no se deben instalar a menos de 0,5 m del suelo.

Un conductor de puesta a tierra de aluminio que este a la intemperie y entre más cercano se encuentre del suelo, va tener más influencia de humedad que un conductor de cobre ya que este es más resistente a la humedad que los conductores de aluminio.

Esto hace que la vida útil del conductor se afecte, y hace que su funcionamiento sea poco eficiente.

b) Encerramientos para conductores del electrodo de puesta a tierra. Los encerramientos metálicos de los conductores del electrodo de puesta a tierra deben ser eléctricamente continuos desde el punto de conexión en los gabinetes o equipos hasta el electrodo de puesta a tierra y deben estar bien sujetos a las abrazaderas o herrajes de puesta a tierra. Los encerramientos metálicos que no sean físicamente continuos desde el gabinete o equipo hasta el electrodo de puesta a tierra se deben hacer eléctricamente continuos mediante conexión equipotencial de sus dos extremos al conductor de puesta a tierra. Cuando se utilice una canalización como protección del conductor de puesta a tierra, su instalación debe cumplir los requisitos de la Sección correspondiente a las canalizaciones.

c) Conductor de puesta a tierra de los equipos. Un conductor de puesta a tierra de equipos se debe instalar como sigue:

1) Cuando consista en una canalización, bandeja de cables, blindaje o forro de cables o cuando sea un alambre dentro de una canalización o cable, se debe instalar cumpliendo las disposiciones aplicables de este

Código usando accesorios para uniones y terminaciones que estén aprobados para usarlos con el tipo de canalización o cable utilizados. Todas las conexiones, uniones y accesorios se deben apretar con los medios adecuados.

2) Cuando haya un conductor independiente de puesta a tierra de los equipos, como establece la Excepción del Artículo 250-50.a) y b) y el Artículo 250-57.b) Excepción 2), se debe instalar de acuerdo con el anterior apartado a) en lo que se refiere a las limitaciones del aluminio y a la posibilidad de daños físicos.

Excepción: No es necesario que los cables de calibre menor a $13,29 \text{ mm}^2$ (6 AWG) vayan metidos en una canalización o armadura cuando discurren por los espacios huecos de una pared o tabique o cuando vayan instalados de modo que no puedan sufrir daños físicos.

250-93. Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra para corriente continua. En los siguientes apartados a) hasta c) se fijan las secciones transversales de los conductores del electrodo de puesta a tierra de una instalación de c.c.

a) No debe ser de calibre menor al del neutro. Cuando el sistema de c.c. consista en un conjunto equilibrado trifilar o un bobinado equilibrado con protección contra sobrecorriente, como establece el Artículo 445-4.d), el conductor del electrodo de puesta a tierra no debe ser de calibre menor al del neutro.

b) No debe ser de calibre menor al del conductor más grande. En instalaciones de c.c. distintas a las del anterior apartado a), el conductor del electrodo de puesta a tierra no debe ser de calibre menor al del conductor de mayor calibre alimentado por la instalación.

c) No debe ser menor a $8,36 \text{ mm}^2$ (8 AWG). En ningún caso el conductor del electrodo de puesta a tierra debe ser menor a $8,36 \text{ mm}^2$ (8 AWG) si es de cobre o $13,29 \text{ mm}^2$ (6 AWG) si es de aluminio.

Independiente del sistema de corriente continua que se desee alimentar siempre que se escoja el calibre del conductor de puesta tierra se deberá escoger según los cálculos para dicho sistema pero no puede ser menor a (8 AWG) si es cobre, y (6 AWG) si es aluminio.

Excepciones a los anteriores a) hasta c):

a. Cuando esté conectado a electrodos fabricados como se indica en el Artículo 250-83.c) o d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo sea superior a 13,29 mm² (6 AWG) de cobre o 21,14 mm² (4 AWG) de aluminio.

b. Cuando esté conectado a un electrodo embebido en concreto, como se establece en el Artículo 250-81.c), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo sea superior a 21,14 mm² (4 AWG) de cobre.

c. Cuando esté conectado a un anillo de puesta a tierra como en el Artículo 250-81.d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo sea de mayor calibre que el conductor utilizado en el anillo de puesta a tierra.

250-94. Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra en instalaciones de corriente alterna. El calibre del conductor del

electrodo de puesta a tierra de una instalación de c.a. puesta o no a tierra, no debe ser menor a los especificados en la Tabla 250-94.

Excepción:

a. Cuando esté conectado a electrodos fabricados como se indica en el Artículo 250-83.c) o d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo sea superior a 13,29 mm² (6 AWG) de cobre o 21,14 mm² (4 AWG) de aluminio.

b. Cuando esté conectado a un electrodo embebido en concreto, como en el Artículo 250-81.c), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo sea superior a 13,29 mm² (6 AWG) de cobre o 21,14 mm² (4 AWG) de aluminio.

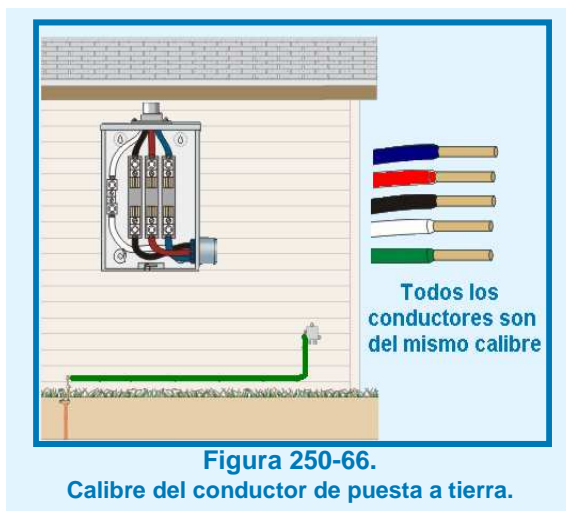
c. Cuando esté conectado a un anillo de puesta a tierra como en el Artículo 250-81.d), no es necesario que la parte del conductor del electrodo de puesta a tierra que constituya la única conexión con dicho electrodo sea de mayor calibre que el conductor utilizado en el anillo de puesta a tierra.

Tabla 250-94. Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de c.a.

Sección Transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo				Sección transversal (calibre) del conductor al electrodo de puesta a tierra			
Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre		Cobre		Aluminio o aluminio revestido de cobre *	
mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o Kcmils	mm ²	AWG o Kcmils	mm ²	AWG o Kcmils
33,62 o menor	2 o menor	53,5 o menor	1/0 o menor	8,36	8	13,29	6
42,2 o 53,5	1 o 1/0	67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	13,29	6	21,14	4
67,44 o 85,02	2/0 o 3/0	107,21 o 126,67	4/0 o 250 kcmil	21,14	4	33,62	2
107,21 hasta 177,34	4/0 hasta 350 kcmil	152,01 a 253,35	300 a 500 kcmil	33,62	2	53,50	1/0
202,68 a 304,02	400 a 600 kcmil	278,68 a 456,03	550 a 900 kcmil	53,50	1/0	85,02	3/0

329,35 a 557,37	650 a 1100 kcmil	506,70 a 886,73	1000 a 1750 kcmil	67,44	2/0	107,21	4/0
608,04 y más	1200 kcmil y más	912,06 y más	1800 y más kcmil	85,02	3/0	126,67	250 kcmil

Cuando se usen varios grupos de conductores de acometida, como permite el Artículo 230-40 Excepción 2), el calibre equivalente del mayor conductor de acometida se debe calcular por la mayor suma de las áreas de los conductores de cada grupo. Cuando no haya conductores de acometida, el calibre del conductor al electrodo de puesta a tierra se debe calcular por el calibre equivalente del mayor conductor de acometida de acuerdo con las cargas calculadas.



* Véanse las limitaciones de instalación en el Artículo 250-92.a).

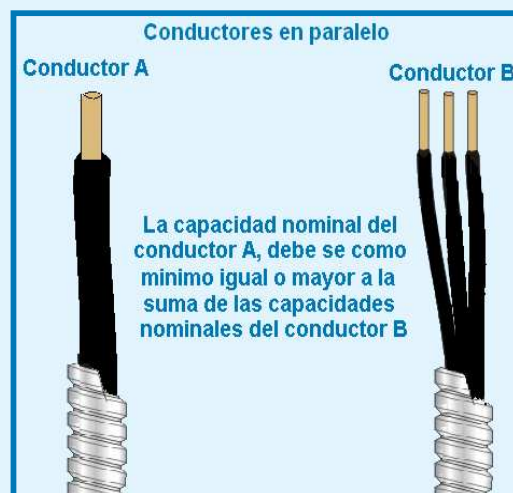
Nota. Para el calibre del conductor puesto a tierra de una instalación de c.a. conectado con el equipo de la acometida, véase el Artículo 250-23b).

250-95. Calibre de los conductores de puesta a tierra de los equipos. El calibre de los conductores de puesta a tierra de los equipos, de cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre, no debe ser menor al especificado en la Tabla 250-95. Cuando haya conductores en paralelo en varios conductos o cables, como lo permite el Artículo 310-4, el conductor de puesta a tierra de los equipos, cuando exista, debe estar instalado en paralelo. Cada conductor de puesta a tierra de equipos instalado en paralelo debe tener un calibre determinado sobre la base

de la corriente nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente que proteja los conductores del circuito en el conducto o cable, según la Tabla 250-95.

El uso de conductores en paralelo se emplea para dividir la carga por uno o varios conductores y no llevar un solo conductor de mayor volumen y por lo tanto su valor comercial también será mayor que si se emplean conductores en paralelo.

Cuando se utilicen conductores en paralelo se debe tener gran cuidado al momento de calcular los calibres de los conductores ya que juntos deben suplir la capacidad de la carga a la que vayan a ser conectados, es decir la suma de las capacidades nominales de cada uno de los conductores debe ser por lo menos igual o mayor a la capacidad de la carga a alimentar. Ver figura 250-67.



Cuando se instalen conductores de varios calibres para compensar caídas de tensión, los conductores de puesta a tierra de los equipos, cuando deban instalarse, se deberán ajustar proporcionalmente según su sección transversal.

Cuando un conductor sencillo de puesta a tierra de equipos vaya con circuitos múltiples en el mismo conducto o cable, su calibre se debe determinar de acuerdo con el mayor dispositivo de protección contra sobrecorriente que proteja a los conductores del mismo conducto o cable.

Si el dispositivo de protección contra sobrecorriente consiste en un interruptor automático de circuitos con disparo instantáneo o un protector de un motor contra cortocircuitos, como permite el Artículo 430-52, el calibre del conductor de puesta a tierra de los equipos se puede calcular de acuerdo con la corriente nominal del dispositivo de protección del motor contra sobrecarga, pero no debe ser menor al especificado en la Tabla 250-95.

Excepciones:

- 1) *Un conductor de puesta a tierra de equipos no menor a 0,82 mm² (18 AWG) de cobre ni menor que los conductores del circuito y que forme parte de cables o cordones de artefactos, según establece el Artículo 240-4.*
- 2) *No es necesario que el conductor de puesta a tierra de los equipos sea de mayor sección transversal que los conductores de los circuitos de suministro de los equipos.*
- 3) *Cuando se use como conductor de puesta a tierra de los equipos un conducto o armadura o blindaje de cable, como establecen los Artículos 250-51, 250-57.a) y 250-91.b)*

Tabla 250-95. Calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos

Corriente nominal o ajuste máximo del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, tubos conduit, etc. (A)	Sección Transversal			
	Alambre de cobre		Alambre de aluminio o de aluminio revestido de cobre *	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2,08	14	3,30	12
20	3,30	12	5,25	10
30	5,25	10	8,36	8
40	5,25	10	8,36	8
60	5,25	10	8,36	8
100	8,36	8	13,29	6
200	13,29	6	21,14	4
300	21,14	4	33,62	2
400	26,66	3	42,20	1
500	33,62	2	53,50	1/0
600	42,20	1	67,44	2/0
800	53,50	1/0	85,02	3/0
1.000	67,44	2/0	107,21	4/0
1.200	85,02	3/0	126,67	250 kcmil
1.600	107,21	4/0	177,34	350 kcmil
2.000	126,67	250 kcmil	202,68	400 kcmil
2.500	177,34	350 kcmil	304,02	600 kcmil
3.000	202,68	400 kcmil	304,02	600 kcmil
4.000	253,25	500 kcmil	405,36	800 kcmil
5.000	354,69	700 kcmil	608,04	1.200 kcmil
6.000	405,36	800 kcmil	608,04	1.200 kcmil

Artículo 240-4. Protección de los cordones flexibles y cables de artefactos.

Los cordones flexibles, incluidos los decorativos y las extensiones, se deben proteger contra sobrecorriente según su capacidad de corriente, tal como se establece en las Tablas 400-5.a) y 400-5.b). Los cables de artefactos eléctricos se deben proteger contra sobrecorriente de acuerdo con su capacidad de corriente, tal como se establece en la Tabla 402-5. Se permite, como medio aceptable para proporcionar esta protección, la protección suplementaria contra sobrecorriente que establece el Artículo 240-10.

Excepciones:

1) *Cuando un cordón flexible o decorativo aprobado y utilizado con un artefacto específico certificado o una lámpara portátil, se conecte a un circuito ramal de los establecidos en la Sección 210 de acuerdo con lo siguiente:*

Circuitos de 20 A, cordón decorativo o cordón de 0,82 mm² (18 AWG) y mayor.

Circuitos de 30 A, cordón de 1,31 mm² (16 AWG) y mayor.

Circuitos de 40 A, cordón de 20 A y mayor.

Circuitos de 50 A, cordón de 20 A y mayor.

2) *Cuando el cable del artefacto se conecte a un circuito ramal de 120 V o más según la Sección 210, de acuerdo con lo siguiente:*

Circuitos de 20 A, 0,82 mm² (18 AWG) hasta 15,0 m de largo.

Circuitos de 20 A, 1,31 mm² (16 AWG) hasta 30,0 m de largo.

Circuitos de 20 A, 2,08 mm² (14 AWG) y mayor.

Circuitos de 30 A, 2,08 mm² (14 AWG) y mayor.

Circuitos de 40 A, 3,3 mm² (12 AWG) y mayor.

Circuitos de 50 A, 3,3 mm² (12 AWG) y mayor.

3) *Cuando un cordón flexible usado con extensiones certificadas, se conecte a un circuito ramal de la Sección 210 según lo siguiente:*

Circuitos de 20 A de 1,31 mm² (16 AWG) y mayor.

* Véanse limitaciones a la instalación en el Artículo 250-92.a).

Nota: Para cumplir lo establecido en el Artículo 250-51, los conductores de puesta a tierra de los equipos podrían ser de mayor calibre que el especificado en esta Tabla.

250-97. Iluminación de contorno. Cuando se use como conductor de puesta a tierra de una instalación de este tipo un conductor que cumpla lo establecido en el Artículo 250-95, se permite que las partes metálicas aisladas no portadoras de corriente de las instalaciones de iluminación de contorno estén conectadas equipotencialmente mediante un conductor de sección transversal de 2,08 mm² (14 AWG) en cobre o 3,3 mm² (12 AWG) en aluminio protegido contra daños físicos.

250-99. Continuidad del conductor de puesta a tierra de equipos.

a) Conexiones separables. Para que el contacto de puesta a tierra sea el primero en hacerse y el último en desconectarse del conductor de puesta a tierra de los equipos, se pueden utilizar conexiones separables como las proporcionadas para los equipos extraíbles o clavijas con sus correspondientes conectores y tomacorrientes.

Excepción: Los equipos, clavijas, tomacorrientes y conectores enclavados que eviten la energización si no está conectada la puesta a tierra.

b) Interruptores. En el conductor de puesta a tierra de los equipos de la instalación de un predio, no se deben instalar interruptores automáticos ni cortacircuitos.

Excepción: Cuando la apertura del interruptor automático o cortacircuito desconecte todas las fuentes de alimentación.

K. CONEXIONES DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA

250-112. Con el electrodo de puesta a tierra. La conexión de un conductor del electrodo de puesta a tierra con el electrodo de puesta a tierra debe ser accesible y estar hecha de tal manera que garantice una puesta a tierra eficaz y permanente. Cuando sea necesario garantizar estas condiciones en una instalación de tuberías metálicas utilizadas como electrodo de puesta a tierra, se debe hacer una conexión equipotencial eficaz alrededor de las juntas y de las secciones aisladas y alrededor de cualquier equipo que se pueda desconectar para su reparación y sustitución. Los conductores de la conexión equipotencial deben ser lo suficientemente largos como para permitir el desmontaje de dichos equipos manteniendo la integridad de la conexión.

Excepción: No es necesario que sea accesible una conexión hecha a un electrodo de puesta a tierra que esté empotrado, hundido o enterrado en concreto.

250-113. Con los conductores y equipos. Los conductores de puesta a tierra y los cables de conexiones equipotenciales se deben conectar mediante soldadura exotérmica, conectores a presión certificados, abrazaderas u otros medios también certificados. No se deben utilizar dispositivos o accesorios de conexión que dependan exclusivamente de soldadura. Para conectar los conductores de puesta a tierra a los armarios o encerramientos no se deben usar tornillos para lámina metálica (golosos o autorroscantes).

La soldadura exotérmica, es el sistema más fiable pues evita discontinuidades por ser una unión a nivel molecular. Consiste en una reacción química en la que se reduce óxido de cobre mediante aluminio en polvo. Al combinarse el aluminio con el oxígeno se forma alúmina y se precipita cobre metálico en forma líquida debido al calor de la reacción. Se le llama soldadura exotérmica por el desprendimiento de calor. Ver figuras 250-68. 250-69.

Conectores aprobados ver figura 250-70.

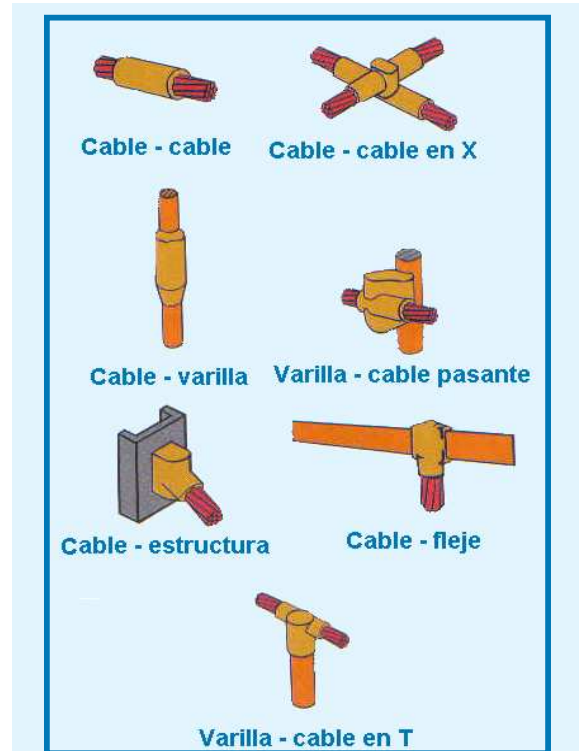


Figura 250- 68.
Conexiones exotérmicas.

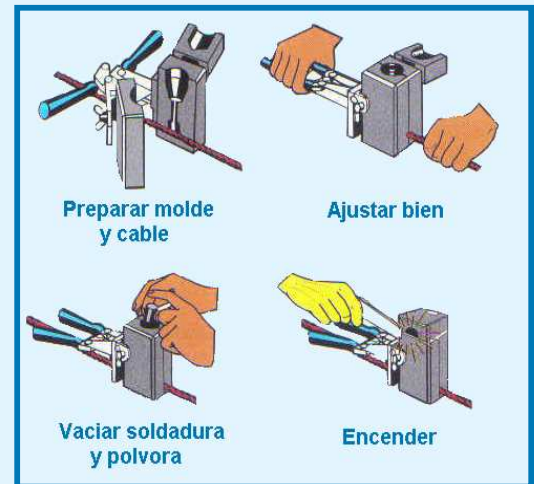


Figura 250-69.
Proceso de aplicación de soldadura exotérmica.



Figura 250- 70.
Tipos de conectores.

250-114. Continuidad y conexión de los conectores de puesta a tierra de los equipos a las cajas. Cuando entren en una caja dos o más conductores de puesta a tierra de equipos, todos esos conductores se deben empalmar o unir dentro de la caja o unir a la caja con herrajes adecuados para ese uso. No se deben hacer conexiones que dependan únicamente de soldadura. Los empalmes se deben hacer según el Artículo 110-14.b), excepto que no se requiera de aislamiento. La instalación de las conexiones de puesta a tierra se debe hacer de tal modo que la desconexión o desmontaje de un tomacorriente, accesorio u otro dispositivo alimentado desde la caja, no impida ni interrumpa la continuidad de la puesta a tierra.

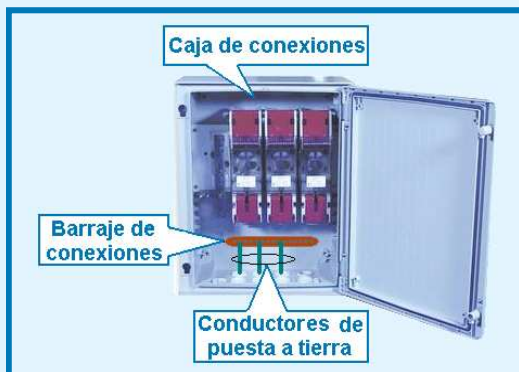


Figura 250-71.
Conectores de puesta a tierra.

Las conexiones de los conductores de puesta a tierra de equipos en una caja se deben hacer en un barraje donde el conductor este haciendo un buen contacto para que exista una buena continuidad, de modo que no interfiera con los demás elementos como tomacorrientes que estén ocupando la misma caja. Ver figura 250-71.

Excepción: No es necesario que el conductor de puesta a tierra de los equipos, tal como permite el Artículo 250-74 Excepción 4), esté conectado a otros conductores de puesta a tierra de los equipos ni a la caja.

a) Cajas metálicas. Se debe hacer una conexión entre el conductor o conductores de puesta a tierra de equipos y la caja metálica por medio de un tornillo de puesta a tierra, al que no se debe dar ningún otro uso, o de un dispositivo de puesta a tierra certificado.

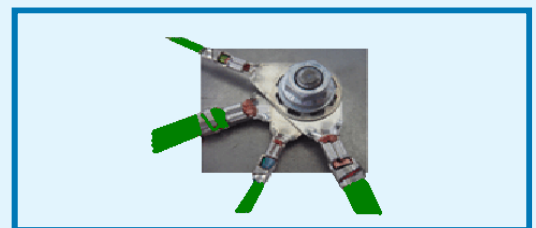


Figura 250-72.
Conexión de conductores de puesta a tierra.

b) Cajas no metálicas. Cuando uno o más conductores de puesta a tierra de equipos lleguen a una caja de salida no metálica, se deben instalar de manera que se puedan conectar a cualquier herraje o dispositivo dentro de la caja que se deba poner a tierra.

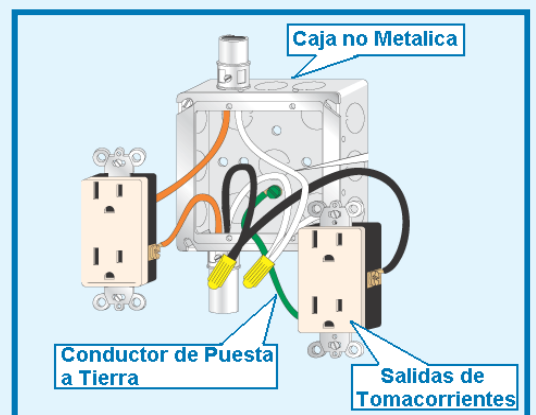


Figura 250-73.
Cajas no metálicas.

Como se ve en la figura 250-73 el conductor de puesta a tierra (conductor verde), debe ir conectado del tornillo del tomacorriente a una parte de la caja, así esta no sea metálica.

terminal del conductor de puesta a tierra no es visible, se debe rotular el orificio de entrada del conductor de puesta a tierra con la palabra "verde" ("green") o "tierra" ("ground"), con las letras "V" o "T" o con el símbolo de puesta a tierra (Figura 250119) o con las letras "G" o "GR" o identificado por un color verde visible.

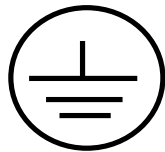


Figura 250-119. Símbolo de puesta a tierra.

L.TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS, RELÉS, ETC.

250-121. Circuitos para transformadores de instrumentos. Los circuitos secundarios de transformadores de corriente y tensión para instrumentos deben ponerse a tierra cuando el bobinado del primario vaya conectado a circuitos de 300 V o más a tierra y, en los cuadros de distribución, independientemente del valor de la tensión.

Excepción: Los circuitos en los que el bobinado del primario vaya conectado a circuitos de menos de 1.000 V sin partes energizadas o cables expuestos ni accesibles más que a personal calificado.

250-122. Carcasas de los transformadores de instrumentos. Las carcasas o armazones de transformadores de instrumentos se deben poner a tierra siempre que sean accesibles a personas no calificadas.

Excepción: Carcasas o armazones de transformadores de instrumentos cuyos primarios no tengan más de 150 V a tierra y que se utilicen exclusivamente para alimentar medidores.

250-123. Carcasas de instrumentos, medidores y relés a menos de 1.000 V. Los instrumentos, medidores y relés que funcionen con bobinas o partes a menos de 1.000 V, se deben poner a tierra como se especifica en los siguientes apartados a), b) o c).

a) No ubicados en cuadros de distribución. Los instrumentos, medidores y relés que no estén situados en cuadros de distribución y que funcionen con bobinas o partes a 300 V o más a tierra y accesibles a personal no calificado, deben tener puestas a tierra las carcasas y otras partes metálicas expuestas.

Cuando los instrumentos como medidores y relés que funcionen con bobinas u otras partes a 300 V o más a tierra y no estén dentro de cajas individuales y accesibles a personal no calificado, deben tener puestas a tierra las carcasas y partes metálicas de todos estos equipos. Ver figura 250-74.



Figura 250-74. Relés de protección.

b) En cuadros de distribución de frente muerto. Los instrumentos, medidores y relés, tanto si están alimentados por transformadores de corriente y tensión como si están conectados directamente al circuito, en cuadros de distribución que no tengan partes energizadas en la parte delantera de los paneles, deben tener sus carcasas puestas a tierra.

c) En cuadros de distribución de frente energizado. Los instrumentos, medidores y relés, sea que estén alimentados por transformadores de corriente y tensión o conectados directamente al circuito, en cuadros de distribución con partes energizadas expuestas en la parte delantera de los paneles, no deben tener sus carcasas puestas a tierra. Cuando la tensión a tierra supere los 150 V debe haber alfombras de goma u otro material aislante para las personas que manipulen el tablero.

250-124. Carcasas de instrumentos, medidores y relés a 1 kV y más. Cuando los instrumentos, medidores y relés tengan partes

portadoras de corriente de 1 kV y más a tierra, se deben aislar elevándolas o protegiéndolas mediante barreras, cajas metálicas puestas a tierra o tapas o protectores aislantes adecuados. Sus carcasas no se deben poner a tierra.

Excepción: Las carcasas de detectores electrostáticos de puesta a tierra cuando las partes internas del instrumento puestas a tierra vayan conectadas a la carcasa del instrumento y puestas a tierra y el detector de puesta a tierra esté aislado mediante elevación.

250-125. Conductor de puesta a tierra de los instrumentos. El conductor de puesta a tierra de los circuitos secundarios de transformadores de instrumentos y de las carcasas de los instrumentos no debe ser de calibre menor a 3,3 mm² (12 AWG) en cobre o 5,25 mm² (10 AWG) en aluminio. Se considera que las carcasas de transformadores de instrumentos, instrumentos, medidores y relés que vayan montados directamente sobre superficies o armarios metálicos puestas a tierra o paneles de instrumentos metálicos puestas a tierra, están también puestas a tierra y no se requiere usar un conductor adicional.

M. PUESTA A TIERRA DE INSTALACIONES Y CIRCUITOS DE ALTA TENSIÓN (1 KV O MÁS)

250-150. Generalidades. Cuando se pongan a tierra instalaciones de alta tensión, deben cumplir todas las disposiciones aplicables de los anteriores Artículos de esta Sección y los siguientes Artículos, en cuanto complementen y modifiquen a los anteriores.

250-151. Sistema con neutro derivado. Se permite usar como puesta a tierra de sistemas de alta tensión el neutro de un sistema derivado de un transformador de puesta a tierra.

Un transformador de puesta a tierra es un transformador ideado principalmente con la finalidad de proporcionar un punto neutro a efectos de puesta a tierra. Puede ser una unidad de dos devanados con el devanado primario conectado en triángulo y el devanado secundario conectado en estrella, el cual proporciona el neutro a efectos de puesta a tierra o puede ser un autotransformador trifásico de un solo devanado con devanados en estrella interconectada, o sea en zig-zag.

250-152. Sistemas con neutro sólidamente puesto a tierra.

a) Conductor de neutro. El nivel mínimo de aislamiento de conductores de neutro para sistemas sólidamente puestas a tierra debe ser de 600 V.

Excepciones:

1) Se permite usar conductores de cobre desnudos como neutro de la acometida y de las partes directamente enterradas de los circuitos de alimentación.

2) Se permite usar conductores desnudos como neutro de las instalaciones aéreas.

Nota. Véase el Artículo 225-4 sobre recubrimiento de los conductores que estén a menos de 3,0 m de cualquier edificio o estructura.

225-4. Aislamiento de los conductores.

Cuando pasen a menos de 3,0 m en cualquier dirección de cualquier edificación u otra estructura, los conductores deben estar aislados o cubiertos. Los conductores de los cables o canalizaciones, excepto los cables de tipo MI, deben llevar cubierta de goma o de tipo termoplástico y en lugares mojados deben cumplir lo establecido en el Artículo 310-8. Los conductores para guirnaldas deben ser de cubierta de goma o de aislante termoplástico.

Excepción: Cuando esté permitido, los conductores de puesta a tierra de los equipos y los conductores de los circuitos puestas a tierra pueden estar desnudos o aislados según lo que establezcan otras disposiciones de este Código.

b) Puestas a tierra múltiples. Se permite que el neutro de un sistema con neutro sólidamente puesto a tierra esté puesto a tierra en más de un punto en el caso de:

- 1) Acometidas.
- 2) Partes directamente enterradas de alimentadores cuyo neutro sea de cobre desnudo.
- 3) Partes aéreas instaladas en el exterior.

c) Conductor de puesta a tierra del neutro. Se permite que el conductor de puesta a tierra del neutro sea un conductor desnudo si está

aislado de los conductores de fase y protegido contra daños físicos.

250-153. Sistemas con neutro puesto a tierra a través de impedancia. Los sistemas con neutro puesto a tierra por medio de impedancia deben cumplir lo establecido en los siguientes apartados a) hasta d).

a) Ubicación. La impedancia de puesta a tierra se debe intercalar en el conductor de puesta a tierra entre el electrodo de puesta a tierra del sistema de suministro y el punto neutro del transformador o generador de suministro.

b) Identificación y aislamiento. Cuando se emplee el conductor neutro de un sistema con neutro puesto a tierra por medio de impedancia, se debe identificar así y debe estar totalmente aislado con el mismo aislamiento que los conductores de fase.

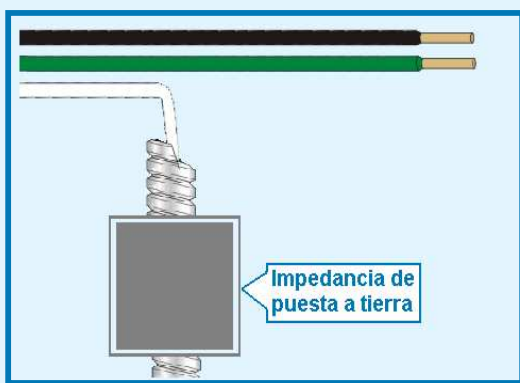


Figura 250-75.
Impedancia a tierra.

El conductor neutro puesto a tierra por medio de impedancia debe tener una identificación y debe tener su propio aislamiento como mínimo igual al aislamiento de los conductores de fase. Ver figura 250-75.

c) Conexión con el neutro del sistema. El neutro del sistema no se debe poner a tierra si no es a través de la impedancia de puesta a tierra del neutro.

d) Conductores de puesta a tierra de los equipos. Se permite que los conductores de puesta a tierra de los equipos sean cables desnudos y vayan conectados al cable de puesta a tierra y al conductor del electrodo de puesta a tierra del equipo de la acometida, prolongándolos hasta la tierra de la instalación.

250-154. Puesta a tierra de sistemas de alimentación a equipos portátiles o móviles.

Los sistemas que alimenten equipos portátiles o móviles de alta tensión, distintos de las subestaciones provisionales, deben cumplir los siguientes apartados a) hasta f).

a) Equipos móviles o portátiles. Los equipos móviles o portátiles de alta tensión se deben alimentar desde un sistema que tenga su neutro puesto a tierra a través de impedancia. Cuando se utilice una instalación de alta tensión conectada en delta para alimentar equipos móviles o portátiles, se debe hacer una derivación del neutro del sistema.

Los equipos que operan con una tensión alta se pueden alimentar desde un sistema de distribución siempre y cuando el neutro este puesto a tierra a través de la impedancia a tierra.

Si la alimentación está conectada en delta se debe derivar el neutro del sistema para poder ser conectado al equipo móvil o portable. Ver figura 250-76.

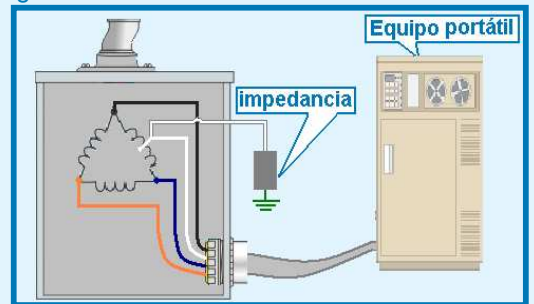


Figura 250-76.
Equipos móviles o portátiles.

b) Partes metálicas expuestas no portadoras de corriente. Las partes metálicas expuestas de los equipos móviles o portátiles por las que no pase corriente se deben conectar mediante un conductor de puesta a tierra de equipos al punto de puesta a tierra de la impedancia del neutro del sistema.

c) Corriente por falla a tierra. La tensión creada entre las partes metálicas de los equipos móviles o portátiles y tierra por el paso de corriente máxima de falla a tierra, no debe superar los 100 V.

d) Detección de fallas a tierra y relés de protección. Se deben instalar dispositivos de detección y relés de protección de falla a tierra que descarguen automáticamente cualquier componente de alta tensión del sistema en el

que se haya producido una falla a tierra. La continuidad del conductor de puesta a tierra del equipo se debe monitorear permanentemente, de manera que se desconecte automáticamente el alimentador de alta tensión del equipo portátil o móvil en el caso de pérdida de dicha continuidad.

e) Aislamiento. El electrodo de puesta a tierra al que vaya conectada la impedancia del neutro de la instalación de los equipos móviles o portátiles, debe ir aislado en el suelo y separado 6 m, como mínimo, de cualquier otro electrodo de puesta a tierra de los sistemas o equipos y no debe haber conexión directa entre los electrodos de puesta a tierra, como tuberías enterradas, cercas, etc.



Figura 250-77.
Distancias entre electrodos.

f) Cable portátil y acopladores. El cable portátil y los acopladores de alta tensión para conectar equipos móviles o portátiles, deben cumplir lo establecido en la Parte C de la Sección 400 (cable) y en el Artículo 710-45 (acopladores).

710-45. Conexiones del cable de fuerza a las máquinas móviles. En las máquinas móviles se debe instalar un encerramiento metálico para alojar los terminales del cable de fuerza. El encerramiento debe tener medios para una conexión sólida para el terminal del alambre o alambres de puesta a tierra con el fin de conectar eficazmente a tierra el bastidor de la máquina.

Los conductores no puestos a tierra se deben sujetar a aisladores o terminar en acopladores de cable aprobados para alta tensión (con conector para el alambre de puesta a tierra) de tensión y corriente nominales adecuados. El método de terminación del cable usado debe evitar cualquier esfuerzo mecánico sobre las conexiones eléctricas. El encerramiento debe tener cerradura para que sólo lo puedan abrir personas autorizadas y calificadas y se debe instalar un rótulo que indique "PELIGRO: ALTA TENSIÓN. MANTÉNGASE ALEJADO" ("DANGER - HIGH VOLTAGE - KEEP OUT").

250-155. Puesta a tierra de los equipos.

Todas las partes metálicas de equipos fijos, móviles o portátiles y de sus correspondientes cercas, alojamientos, encerramientos y estructuras de soporte por las que no pase corriente, se deben poner a tierra.

Excepciones:

- 1) Cuando las partes metálicas estén aisladas de tierra y ubicadas de modo que impidan que cualquier persona pueda entrar en contacto con tierra por contacto con dichas partes cuando el equipo se energice.
- 2) Los equipos de distribución montados en postes, como se establece por el Artículo 250-42, en la Excepción 3).

Los conductores de puesta a tierra que no formen parte integral de un cable no deben ser de calibre menor a 13,29 mm² (6 AWG) de cobre o 21,14 mm² (4 AWG) de aluminio.

Sección 280. DESCARGADORES DE SOBRETENSIONES

A. GENERALIDADES

280-1. Alcance. Esta Sección trata de los requisitos generales y de los requisitos de instalación y de conexión de descargadores de sobretensiones conectados en el sistema de alambrado de los predios.

280-2. Definición. Un descargador de sobretensiones es un dispositivo protector que limita las subidas transitorias de tensión, descargando o puentando la corriente producida y que evita el flujo continuo de la

corriente seguidora mientras conserva su capacidad para repetir estas funciones.

Cuando se produce una sobretensión se debe descargar a tierra lo más rápidamente posible por medio de los correspondientes dispositivos de protección, conformados por un sistema de puesta a tierra y los descargadores de sobretensión, los cuales se deben ajustar a un factor de sobretensión adecuado, evitando así que entren muchas veces en funcionamiento, provocando condiciones de inestabilidad en la instalación. Ver figura 280-1.

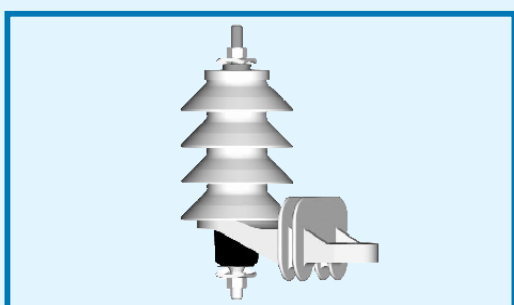


Figura 280-1.
Descargador de sobre tensión.

280-3. Cantidad requerida. Cuando se utilice en el punto sobre un circuito, se debe conectar un descargador de sobretensiones en cada uno de los conductores no puestos a tierra. Se permite que una sola instalación de descargadores de sobretensiones proteja distintos circuitos interconectados, siempre y cuando ningún circuito quede expuesto a subidas de tensión cuando esté desconectado del descargador de sobretensiones.

280-4. Selección del descargador de sobretensiones.

Para una acertada selección del descargador de sobretensión, se recomienda utilizar el siguiente procedimiento.

Determinar el voltaje de operación continuo del descargador, considerando el voltaje de operación más alto del sistema.

Determinar el voltaje nominal del descargador considerando los sobrevoltajes temporales del sistema.

Estimar la magnitud y la probabilidad de las corrientes esperadas que fluyen por el descargador debidas a descargas

atmosféricas, determinar los requisitos debidos a la descarga de la línea de transmisión y seleccionar la corriente de descarga nominal y la clase de descarga de línea del pararrayos.

Seleccionar la clase de liberación de presión del descargador, teniendo en cuenta la corriente de falla esperada.

a) Para circuitos de menos de 1.000 V. El valor nominal del descargador de sobretensiones debe ser igual o mayor que la máxima tensión continua de fase a tierra a la frecuencia de suministro que se pueda producir en el punto de aplicación. Los descargadores de sobretensiones instalados en circuitos de menos de 1.000 V deben estar certificados para ese fin.

b) En circuitos de 1 kV y más, tipo punta de carburo de silicio. El valor nominal de un descargador de sobretensiones tipo punta de carburo de silicio no debe ser menor al 125 % de la máxima tensión continua de fase a tierra en el punto de contacto.

Notas:

1) Para más información sobre los descargadores de sobretensiones, véanse: *NTC 2166 Electricidad, Descargadores de Sobretensiones (Pararrayos), Standard for Gapped Silicon-Carbide Surge Arresters for AC Power Circuits, ANSI/IEEE C62.1-1989; Guide for the Application of Gapped Silicon-Carbide Surge Arresters for Alternating-Current Systems, ANSI/IEEE C62.2-1987; Standard for Metal-Oxide Surge Arresters for AC Power Circuits, ANSI/IEEE C62.11-1993; y Guide for the Application of Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating-Current Systems, ANSI/IEEE C62.22-1991.*

La información de los descargadores de sobretensión se puede ver en la NTC 2166 Electricidad. Descargadores de sobretensiones (pararrayos), en los numerales siguientes numerales: 54, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63.

2) La elección de un descargador de sobretensiones adecuado de óxido metálico se debe basar en consideraciones de la tensión de operación máxima continua y del valor y duración de las sobretensiones en el lugar donde se vaya a instalar, y de cómo puedan afectar al descargador de sobretensiones las fallas de fase a tierra, las técnicas de puesta a

tierra de la instalación, las subidas de tensión por conmutación y otras causas. En cualquier caso, a la hora de instalar un descargador de sobretensiones en un lugar específico conviene consultar las instrucciones del fabricante.

B. INSTALACIÓN

280-11. Ubicación. Está permitido instalar los descargadores de sobretensiones en interiores o exteriores y deben ser inaccesibles a personas no calificadas.

Excepción: Los descargadores de sobretensiones certificados para su instalación en lugares accesibles.

280-12. Tendido del conductor para los descargadores de sobretensiones. El conductor utilizado para conectar el descargador de sobretensiones a la red o bus y a tierra, no debe ser más largo de lo necesario y se deben evitar curvas innecesarias.

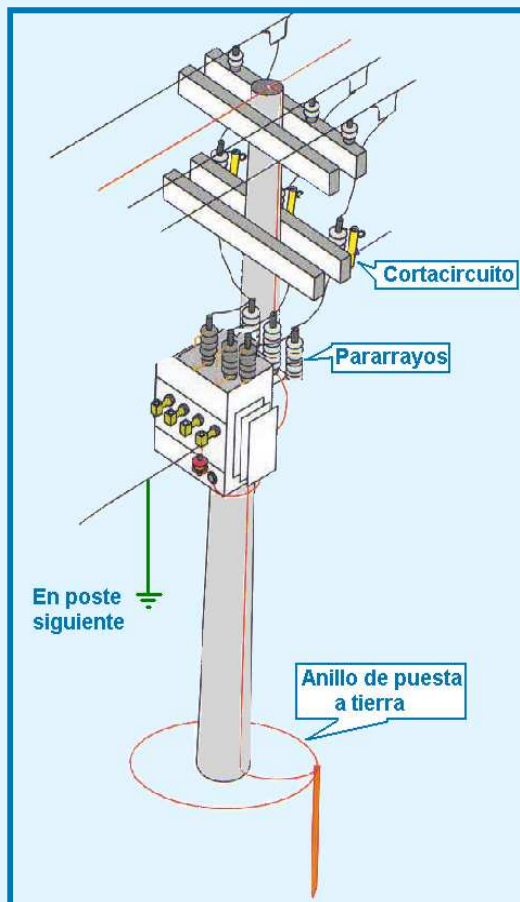


Figura 280-2.
Instalación del conductor del pararrayo.

El conductor del descargador de sobretensión que vaya desde el mismo, hasta el suelo, debe ser lo más recto posible y sin curvas ni añadiduras ya que de estas condiciones dependen los tiempos de respuesta de los dispositivos de protección. Ver figura 280-2.

C. CONEXIÓN DE LOS DESCARGADORES DE SOBRETENSIONES

280-21. Instalados en acometidas de menos de 1 000 V. Los conductores de conexión a la red y a tierra no deben ser de calibre menor a $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) en cobre o $3,3 \text{ mm}^2$ (12 AWG) en aluminio. El conductor de puesta a tierra del descargador de sobretensiones se debe conectar a uno de los siguientes elementos: 1) al conductor de la acometida puesto a tierra; 2) al conductor del electrodo de puesta a tierra; 3) al electrodo de puesta a tierra de la acometida o 4) al terminal de puesta a tierra de los equipos en el equipo de acometida.

280-22. Instalados en el lado de la carga para acometidas de menos de 1 000 V. Los conductores de conexión del descargador de sobretensiones a la red y a tierra no deben ser de calibre menor a $2,08 \text{ mm}^2$ (14 AWG) en cobre o $3,3 \text{ mm}^2$ (12 AWG) en aluminio. Se permite conectar un descargador de sobretensiones entre dos conductores cualesquiera (sin poner a tierra, puesto a tierra o conductor de puesta a tierra). El conductor de puesta a tierra y el puesto a tierra sólo se deben conectar entre sí cuando funcione el descargador de sobretensiones normalmente durante una sobretensión.

280-23. Circuitos de 1 kV en adelante: conductores de los descargadores de sobretensiones. Los conductores entre el descargador de sobretensiones y la red y entre el descargador de sobretensiones y la conexión de puesta a tierra, no deben ser menores a $13,29 \text{ mm}^2$ (6 AWG) en cobre o aluminio.

280-24. Circuitos de 1 kV en adelante-interconexiones. El conductor de puesta a tierra de un descargador de sobretensiones que proteja un transformador a cuyo secundario va conectado un circuito de distribución, se debe conectar como se indica en los siguientes apartados a), b) o c).

a) Conexiones metálicas. Se debe hacer una conexión metálica con el conductor del circuito secundario puesto a tierra o el conductor de puesta a tierra del circuito secundario, siempre que, además de la conexión directa a tierra del descargador de sobretensiones:

1) El conductor puesto a tierra del secundario tenga además una conexión de puesta a tierra con una tubería metálica continua enterrada para agua. No obstante, en zonas urbanas donde haya por lo menos cuatro conexiones con tuberías de agua el neutro y no menos de una conexión cada 400 m de longitud del neutro, se permite hacer la conexión metálica con el neutro del secundario, sin tener que hacer la conexión directa a tierra del descargador de sobretensiones ;

En el entorno colombiano no está permitido el uso de tubería metálica para acueducto, la tubería aprobada para estos usos es la tubería plástica PVC.

Por esta razón este artículo no tiene validez en Colombia.

2) El conductor del circuito secundario puesto a tierra forme parte de un sistema con varias puestas a tierra del neutro, cuyo neutro del primario tenga por lo menos una puesta a tierra por cada 400 m de longitud, además de la puesta a tierra de cada acometida.

b) A través de un explosor. Cuando el conductor de puesta a tierra del descargador de sobretensiones no esté conectado o cuando el secundario no esté puesto a tierra como se indicó anteriormente en a), pero sí como se indica en los Artículos 250-81 y 250-83, se debe hacer una conexión a través de un explosor u otro dispositivo certificado, como sigue:

1) En sistemas con primario no puesto a tierra o con una sola puesta a tierra, el explosor u otro dispositivo certificado debe tener una tensión de ruptura a 60 Hz como mínimo del doble de la tensión del circuito primario, pero no necesariamente más de 10 kV y debe haber como mínimo otra puesta a tierra del conductor de puesta a tierra del secundario, a una distancia no menor a 6,0 m del electrodo de puesta a tierra del descargador de sobretensiones.

2) En instalaciones cuyo neutro del primario tenga varias puestas a tierra, el explosor u otro

dispositivo certificado debe tener una tensión de ruptura a 60 Hz no superior a 3 kV y debe haber como mínimo otra puesta a tierra del conductor de puesta a tierra del secundario a una distancia no menor a 6,0 m del electrodo de puesta a tierra del descargador de sobretensiones.

El explosor de un pararrayos tiene una doble función, debe cebarse en caso de aparición de la sobretensión y, después, debe suprimir la corriente de fuga a su paso por cero, después del amortiguamiento de la onda de sobretensión, estas dos funciones las realiza a través de dos explosores uno de cebado y otro de extinción.

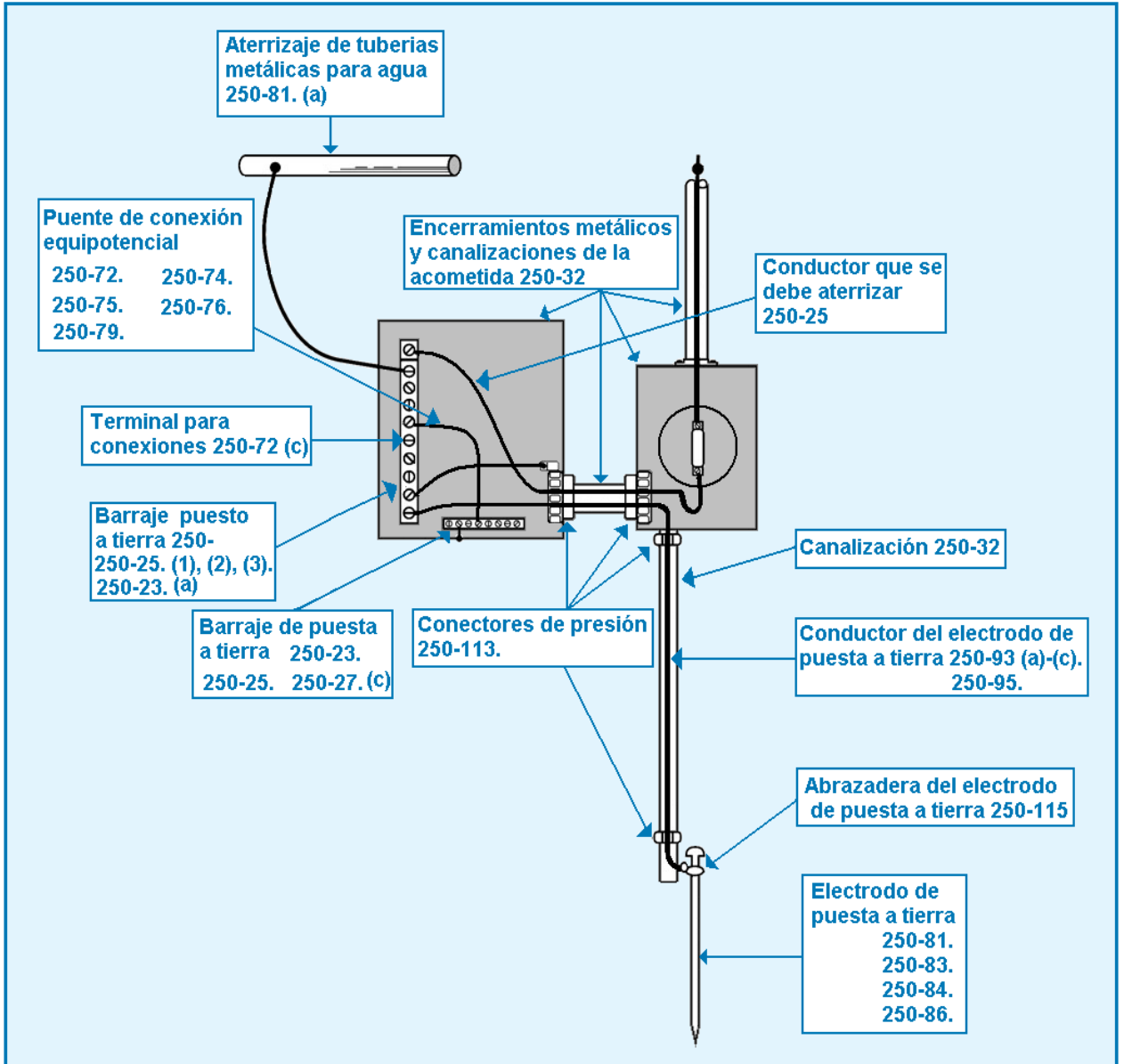
Explosor de cebado. Este explosor aísla de la línea los elementos del pararrayos para las tensiones normales de servicio, pero se ceba cuando aparece una sobretensión que sobrepasa cierto nivel.

Explosor de extinción. Está conformado por una serie de explosores, cuya separación entre electrodos está mantenida por anillos aislantes, tiene como función interrumpir la corriente de fuga a su primer paso por cero (esta corriente de fuga es la corriente a frecuencia industrial que tiende a mantenerse después del paso de la corriente de descarga), cerrando el camino conductor abierto por la corriente de descarga.

c) Con permiso especial. Cualquier interconexión entre la tierra del descargador de sobretensiones y el neutro del secundario, diferente de las indicadas en los anteriores a) y b), sólo se permite mediante permiso especial.

280-25. Puesta a tierra. Excepto lo indicado en esta Sección, las conexiones de puesta a tierra de los descargadores de sobretensiones se deben hacer como se indica en la Sección 250. Los conductores de puesta a tierra no deben ir en un conducto metálico a no ser que estén conectados equipotencialmente a ambos extremos de dicho conducto.

La siguiente grafica muestra el lugar donde se aplica cada articulo de esta seccion. Puesta a tierra.



CONCLUSIONES

La importancia en la aplicación de este manual yace en que por medio de este se puedan unificar criterios como son las definiciones, los requisitos y las disposiciones de los distintos artículos, en lo que tiene que ver con distancias, cantidades, magnitudes y materiales.

El fin de este manual es el de facilitar a las personas que lo utilicen, realizar las instalaciones eléctricas correctamente, en cuanto tiene que ver con los sistemas de puesta a tierra y descargadores de sobretensión.

Con la inclusión de los gráficos e ilustraciones, este manual aclara los artículos de difícil comprensión de manera clara, para así brindar a los usuarios una perspectiva objetiva al abordar un artículo en cuestión.

Es de vital importancia tener en cuenta que de él correcto uso de un sistema de puesta a tierra dependerá enormemente la seguridad y bienestar no solo de equipos eléctricos sino de las personas y seres vivos que se encuentren en un entorno eléctrico.

En la elaboración de este manual se tuvo dificultades en la comprensión de algunos artículos ya que la norma NTC 20 50 se basa en una traducción del NEC (National Electrical Code) y esta no se encuentra dirigida directamente a el entorno colombiano, por esta razón surgió la idea de realizar este trabajo, el cual se encuentra relacionado con el ámbito colombiano y facilita la interpretación de otros reglamentos como lo son el RETIE y la norma de la empresa de energía de Pereira que es la norma que se aplica en nuestra región.

En los sistemas de puesta a tierra existen diversas formas, técnicas y criterios de construcción que una persona con conocimientos básicos en electricidad puede llegar a no tener muy claros, por ende este manual ayuda a las personas a comprender de una forma más clara cada concepto del capítulo de puestas a tierras y descargadores de sobretensiones.

Todos los diseños de puesta a tierra deben asegurar, hasta donde la norma lo permita para evitar la elevación de potencial en el momento de la falla, entre más corto sea el tiempo de falla menos probabilidades hay de lesiones o daños.

Los sistemas de puesta son solo una parte de un diseño integral de protecciones. Por lo tanto debe ir estrechamente ligada con las protecciones internas, externas y las medidas de protección personal.

Los principales problemas que se presentan en el diseño de un sistema de puesta a tierra, son la caracterización del terreno, la determinación de la corriente que debe disipar la malla y el calculo de los potenciales de paso, contacto y transferidos.

BIBLIOGRAFÍA

USMA SILVA, Aura Sofía. Tesis de grado descargador de sobretensión, Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Pereira, 1998, Pereira, pg. 186.

CASAS OSPINA, Favio. Seminario de puestas a tierra, Escuela de Tecnología Eléctrica.

CASAS OSPINA, Favio. Tierras - Soporte de la seguridad eléctrica. Primera y tercera edición.

BLANDON, Jaime. Curso de puestas a tierra y armonicos, Universidad Tecnológica de Pereira Mayo de 1995.

González, Oscar Eduardo. Boletín técnico #2, Interamericana de Cables Ltda. pg. 12

CIDET, (centro de investigación y desarrollo tecnológico). Manual de Diseño y Construcción de Instalaciones Eléctricas. Medellín, edit. Pg. 114. julio 1995.

ARBOLEDA, Jorge Mario, HENAO, Luis, tesis sistemas de puesta a tierra Facultad Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Pereira, año 1993, Pereira, pg. 184

Reglamentos nacionales e internacionales para sistemas de puesta a tierra, disponible en: http://www.gzingeneria.com/ser_ene_normatividad.html

CODENSA, publicaciones de puesta a tierra disponible en: http://www.codensa.com.co/documentos/6_26_2007_2_48_23_PM_AE%20280.pdf

RETIE (reglamento técnico de instalaciones eléctricas) artículo 15 puestas a tierra.

ANEXOS

A. DOCUMENTO EXTRAÍDO DEL RETIE

ARTÍCULO 15º. PUESTAS A TIERRA

Toda instalación eléctrica cubierta por el presente Reglamento, excepto donde se indique expresamente lo contrario, debe disponer de un Sistema de Puesta a Tierra (SPT), de tal forma que cualquier punto del interior o exterior, normalmente accesible a personas que puedan transitar o permanecer allí, no estén sometidos 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 que ante una sobretensión temporal, puedan desencadenar una falla permanente a frecuencia industrial, entre la estructura puesta a tierra y la red.

Los objetivos de un sistema de puesta a tierra (SPT) son: La seguridad de las personas, la protección de las instalaciones y la compatibilidad electromagnética.

Continuación Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

- a. Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- b. Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas.
- c. Servir de referencia común al sistema eléctrico.
- d. Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de falla, electrostática y de rayo.
- e. Transmitir señales de RF en onda media y larga.
- f. Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

Se debe tener presente que el criterio fundamental para garantizar la seguridad de los seres humanos, es la máxima energía eléctrica que pueden soportar, debida a las tensiones de paso, de contacto o transferidas y no el valor de resistencia de puesta a tierra tomado aisladamente. Sin embargo, un bajo valor de la resistencia de puesta a tierra es siempre deseable para disminuir la máxima elevación de potencial GPR por sus siglas en inglés (Ground Potential Rise).

La máxima tensión de contacto aplicada al ser humano (o a una resistencia equivalente de 1000Ω), está dada en función del tiempo de despeje de la falla a tierra, de la resistividad del suelo y de la corriente de falla. Para efectos del presente Reglamento, la tensión máxima de contacto no debe superar los valores dados en la Tabla 22.

La columna **dos** aplica a sitios con acceso al público en general y fue obtenida a partir de la norma IEC

60479 y tomando la curva C1 de la Figura 1 de este reglamento (probabilidad de fibrilación del 5%). La columna **tres** aplica para instalaciones de media, alta y extra alta tensión, donde se tenga la presencia de personal que conoce el riesgo y está dotado de elementos de protección personal. Para el cálculo se tuvieron en cuenta los criterios establecidos en la IEEE 80, tomando como base la siguiente ecuación, para un ser humano de 50 kilos.

Máxima tensión de contacto $\frac{116}{\sqrt{t}}$ [v, c.a.]

Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEC para 95% de la población. (Público en general)	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEEE para 50 kg (Ocupacional)
Mayor a dos segundos	50 voltios	82 voltios
Un segundo	55 voltios	116 voltios
700 milisegundos	70 voltios	138 voltios
500 milisegundos	80 voltios	164 voltios
400 milisegundos	130 voltios	183 voltios
300 milisegundos	200 voltios	211 voltios
200 milisegundos	270 voltios	259 voltios
150 milisegundos	300 voltios	299 voltios
100 milisegundos	320 voltios	366 voltios
50 milisegundos	345 voltios	518 voltios

Tabla 22. Máxima tensión de contacto para un ser humano.

Los valores de la Tabla 22 se refieren a la tensión de contacto aplicada directamente a un ser humano en caso de falla a tierra, corresponden a valores máximos de soportabilidad del ser humano a la circulación de corriente y considera la resistencia o impedancia promedio netas del cuerpo humano entre mano y pie, sin que se presenten perforaciones en la piel y sin el efecto de las resistencias externas adicionalmente involucradas entre la persona y la estructura puesta a tierra o entre la persona y la superficie del terreno natural.

15.1 Diseño del sistema de puesta a tierra.

El diseñador de sistemas de puesta a tierra para centrales de generación, líneas de transmisión de alta y extra alta tensión y subestaciones, deberá comprobar mediante el empleo de un procedimiento de cálculo, reconocido por la práctica de la ingeniería actual, que los valores máximos de las tensiones de paso y de contacto a que puedan estar sometidos los seres humanos, no superen los umbrales de soportabilidad.

Para efectos del diseño de una puesta a tierra de subestaciones se deben calcular las tensiones máximas admisibles de paso, de contacto y transferidas, las cuales deben tomar como base una resistencia del cuerpo de 1000 Ω y cada pie como una placa de 200 cm² aplicando una fuerza de 250N.

El procedimiento básico sugerido es el siguiente:

- Investigar las características del suelo, especialmente la resistividad.
- Determinar la corriente máxima de falla a tierra, que debe ser entregada por el Operador de Red en media y alta tensión para cada caso particular.
- Determinar el tiempo máximo de despeje de la falla para efectos de simulación.
- Investigar del tipo de carga.

-
- e. Calcular preliminar de la resistencia de puesta a tierra.
 - f. Calcular de las tensiones de paso, contacto y transferidas en la instalación.
 - g. Evaluar el valor de las tensiones de paso, contacto y transferidas calculadas con respecto a la soportabilidad del ser humano.
 - h. Investigar las posibles tensiones transferidas al exterior, debidas a tuberías, mallas, conductores de neutro, blindaje de cables, circuitos de señalización, además del estudio de las formas de mitigación.
 - i. Ajustar y corregir el diseño inicial hasta que se cumpla los requerimientos de seguridad.
 - j. Presentar un diseño definitivo.

En instalaciones de uso final con subestación tipo poste el diseño de la puesta a tierra puede simplificarse, pero deben tenerse en cuenta los parámetros de resistividad del terreno, corrientes de falla que se puedan presentar y los tipos de cargas a instalar. En todo caso se deben controlar las tensiones de paso y contacto.

15.2 Requisitos Generales de las puestas a tierra.

Las puestas a tierra deben cumplir los siguientes requisitos:

- a. Los elementos metálicos que no forman parte de las instalaciones eléctricas, no podrán ser incluidos como parte de los conductores de puesta a tierra. Este requisito no excluye el hecho de que se deben conectar a tierra, en algunos casos.
- b. Los elementos metálicos principales que actúan como refuerzo estructural de una edificación deben tener una conexión eléctrica permanente con el sistema de puesta a tierra general.
- c. Las conexiones que van bajo el nivel del suelo en puestas a tierra, deben ser realizadas mediante soldadura exotérmica o conector certificado para enterramiento directo y demás condiciones de uso conforme a la guía norma IEEE 837 o la norma NTC 2206.
- d. Para verificar que las características del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red equipotencial cumplan con el presente Reglamento, se deben dejar puntos de conexión y medición accesibles e inspeccionables al momento de la medición. Cuando para este efecto se construyan cajas de inspección, sus dimensiones deben ser mínimo de 30 cm x 30 cm, o de 30 cm de diámetro si es circular y su tapa debe ser removible.
- e. No se permite el uso de aluminio en los electrodos de las puestas a tierra.
- f. En sistemas trifásicos de instalaciones de uso final con cargas no lineales, el conductor de neutro debe ser dimensionado con por lo menos el 173% de la capacidad de corriente de las cargas no lineales de diseño de las fases, para evitar sobrecargarlo.
- g. Cuando por requerimientos de un edificio existan varias puestas a tierra, todas ellas deben estar interconectadas eléctricamente, según criterio adoptado de IEC-61000-5-2, tal como aparece en la Figura 10.

Continuación Anexo General Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE

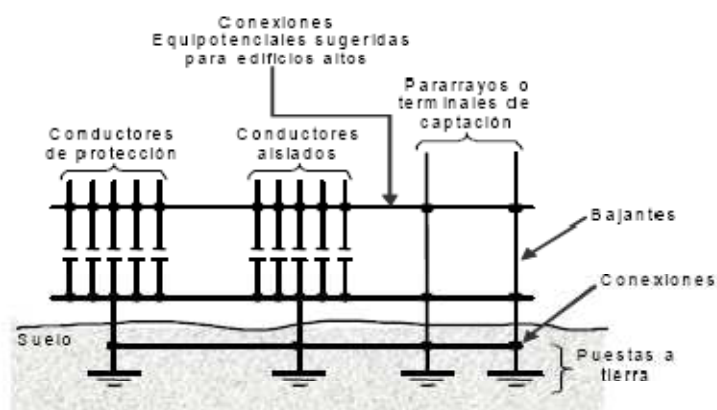


Figura 10. Sistemas con puestas a tierra dedicadas e interconectadas.

h. Igualmente, para un mismo edificio quedan expresamente prohibidos los sistemas de puesta a tierra que aparecen en las Figuras 11 y 12, según criterio adoptado de la IEC 61000-5-2.

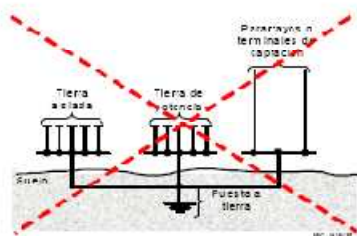


Figura 11. Una sola puesta a tierra para todas las necesidades

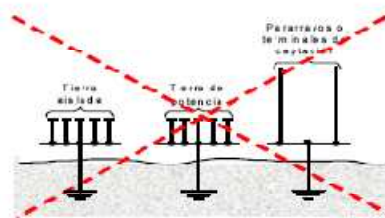


Figura 12. Puestas a tierra separadas o independientes

Las anteriores figuras aclaran que se deben interconectar todas las puestas a tierra de un edificio, es decir, aquellas componentes del sistema de puesta a tierra que están bajo el nivel del terreno y diseñadas para cada aplicación particular, tales como fallas a tierra de baja frecuencia, evacuación de electrostática, protección contra rayos o protección catódica. Este criterio está establecido igualmente en la NTC 2050. Esta interconexión puede hacerse por encima o por debajo del nivel del piso

15.3 Materiales de los sistemas de puesta a tierra.

Los materiales de puesta a tierra deberán ser certificados y cumplir los siguientes requisitos.

15.3.1 Electrodo de puesta a tierra.

Para efectos del presente Reglamento serán de obligatorio cumplimiento que los electrodos de puesta a tierra, cumplan los siguientes requisitos, adoptados de las normas IEC 60364-5-54, BS 7430, AS 1768, UL 467, UNESA 6501F y NTC 2050:

Tipo de Electrodo	Materiales	Dimensiones Mínimas			
		Diámetro mm	Área mm ²	Espesor mm	Recubrimiento μm
Varilla	Cobre	12,7			
	Acero inoxidable	10			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodepositado de cobre	14			100
	Acero con recubrimiento total en cobre	15			2000
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
Fleje	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		90	3	
	Cobre cincado		50	2	40
Cable	Cobre o cobre estañado	1,8 para	50		

		cada hilo			
	Acero galvanizado en caliente	1,8 para cada hilo	70		
Placa	Cobre		20000	1,5	
	Acero inoxidable		20000	5	

Tabla 23. Requisitos para electrodos de puesta a tierra.

a. La puesta a tierra debe estar constituida por uno o varios de los siguientes tipos de electrodos:

Varillas, tubos, placas, flejes o cables.

b. Se podrán utilizar electrodos de cable de acero galvanizado, siempre que se garanticen las condiciones de seguridad establecidas en este Reglamento.

c. Los fabricantes de electrodos de puesta a tierra deben garantizar que la resistencia a la corrosión del electrodo, sea de mínimo 15 años contados a partir de la fecha de instalación. Para certificar este requisito se podrá utilizar el método de la inmersión en cámara salina durante 1000 horas o usando muestras de suelo preparadas en laboratorio, utilizando arena lavada, greda limpia u otro medio uniforme conocido en electrolitos de solución ácida débil en concentración, que permita simular los suelos más corrosivos donde se prevea instalar los electrodos de acuerdo con la norma ASTM G 162 o la norma ASTM G 1.

d. El electrodo tipo varilla o tubo debe tener mínimo 2,4 m de longitud; además, debe estar identificado con la razón social o marca registrada del fabricante y sus dimensiones; esto debe hacerse dentro los primeros 30 cm desde la parte superior.

e. El espesor efectivo de los recubrimientos exigidos en la Tabla 23, en ningún punto debe ser inferior a los valores indicados.

f. Para la instalación de los electrodos se deben considerar los siguientes requisitos:

- El fabricante debe informar al usuario si existe algún procedimiento específico para su instalación y adecuada conservación.
- La unión entre el electrodo y el conductor de puesta a tierra, debe hacerse con soldadura exotérmica o con un conector certificado para enterramiento directo.
- Cada electrodo debe quedar enterrado en su totalidad.
- El punto de unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la puesta a tierra debe ser accesible y la parte superior del electrodo enterrado debe quedar a mínimo 15 cm de la superficie. Este ítem no aplica a electrodos enterrados en las bases de estructuras de líneas de transmisión ni a electrodos instalados horizontalmente.
- El electrodo puede ser instalado en forma vertical, horizontal o con una inclinación adecuada, siempre que garantice el cumplimiento de su objetivo, conforme al numeral 3 del literal c del de la sección 250-83 de la NTC 2050,

15.3.2 Conductor del electrodo de puesta a tierra o conductor a tierra.

Este conductor une la puesta a tierra con el barraje principal de puesta a tierra y para baja tensión, se debe seleccionar con base en la Tabla 250-94 de la NTC 2050 o con la ecuación de la IEC 60364-5-54

Como material para el conductor del electrodo de puesta a tierra, además del cobre, se pueden utilizar otros materiales conductores o combinación de ellos, siempre que se garantice su protección contra la corrosión durante la vida útil de la puesta a tierra y la resistencia del conductor no comprometa la efectividad de la puesta a tierra.

El conductor a tierra para media tensión, alta tensión y extra alta tensión, debe ser seleccionado con la siguiente fórmula, la cual fue adoptada de la norma ANSI/IEEE 80.

$$A_{mm^2} = \frac{IK_f \sqrt{t_c}}{1,9737}$$

En donde:

A mm

2 es la sección del conductor en mm².

I es la corriente de falla a tierra, suministrada por el OR (rms en kA).

K_f es la constante de la Tabla 25, para diferentes materiales y varios valores de T_m .

T_m es la temperatura de fusión o el límite de temperatura del conductor y una temperatura ambiente de 40 °C.

t_c es el tiempo de despeje de la falla a tierra.

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD (%)	T _m (°C)	K _F
Cobre blando	100	1083	7
Cobre duro cuando se utiliza soldadura exotérmica.	97	1084	7,06
Cobre duro cuando se utiliza conector mecánico.	97	250	11,78
Alambre de acero recubierto de cobre	40	1084	10,45
Alambre de acero recubierto de cobre	30	1084	14,64
Varilla de acero recubierta de cobre	20	1084	14,64
Aluminio grado EC	61	657	12,12
Aleación de aluminio 5005	53,5	652	12,41
Aleación de aluminio 6201	52,5	654	12,47
Alambre de acero recubierto de aluminio	20,3	657	17,2
Acero 1020	10,8	1510	15,95
Varilla de acero recubierta en acero inoxidable	9,8	1400	14,72
Varilla de acero con baño de cinc (galvanizado)	8,5	419	28,96
Acero inoxidable 304	2,4	1400	30,05

Tabla 24. Constantes de materiales.

(1) De acuerdo con las disposiciones del presente Reglamento no se debe utilizar aluminio enterrado.

(2) Se permite el uso de cables de acero galvanizado en sistemas de puestas a tierra en líneas de transmisión y redes de distribución, e instalaciones de uso final siempre que en condiciones de una descarga no se superen los niveles de soportabilidad del ser humano, para su cálculo podrá utilizar los parámetros de varilla de acero recubierta en cinc.

(3) El espesor del recubrimiento en cobre de la varilla de acero, no debe ser menor a 0,25 mm.

15.3.3 Conductor de protección o de puesta a tierra de equipos.

El conductor de protección, también llamado conductor de puesta a tierra de equipos, debe cumplir los siguientes requisitos:

a. El conductor para baja tensión, debe seleccionarse con la Tabla 250-95 de la NTC 2050.

b. El conductor para media tensión, alta tensión y extra alta tensión, debe seleccionarse de forma tal que la temperatura del conductor no supere la temperatura del aislamiento de los conductores activos alojados en misma canalización, tal como se establece en el capítulo 9 de la IEEE 242.

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

d. El conductor de puesta a tierra de equipos, debe acompañar los conductores activos durante todo su recorrido y por la misma canalización.

e. 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 identificadas con marcas verdes en los puntos de inspección y extremos.

15.4 Valores de 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 y controla las tensiones

transferidas, pueden tomarse como referencia los valores máximos de resistencia de puesta a tierra de la Tabla 25, adoptados de las normas técnicas IEC 60364-4-442, ANSI/IEEE 80, NTC 2050 y NTC 4552.

El cumplimiento de estos valores de resistencia de puesta a tierra no libera 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.

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras de líneas de transmisión o torrecillas metálicas de distribución con cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	1 Ω
Subestaciones de media tensión.	10 Ω
Protección contra rayos.	10 Ω
Neutro de acometida en baja tensión.	25 Ω

Tabla 25. Valores de referencia para resistencia de puesta a tierra.

Cuando existan altos valores de resistividad del terreno, elevadas corrientes de falla a tierra o prolongados tiempos de despeje de las mismas, se deberán tomar las siguientes medidas para no exponer a las personas a tensiones por encima de los umbrales de soportabilidad del ser humano:

- a. Hacer inaccesibles zonas donde se prevea la superación de los umbrales de soportabilidad para seres humanos y disponer de señalización en las zonas críticas.
- b. Instalar pisos o pavimentos de gran aislamiento.
- c. Aislar todos los dispositivos que puedan ser sujetados por una persona.
- d. Establecer conexiones equipotenciales en las zonas críticas.
- e. Aislar el conductor del electrodo de puesta a tierra a su entrada en el terreno.
- f. Disponer de señalización en las zonas críticas donde pueda actuar personal calificado, siempre que éste cuente con las instrucciones sobre el tipo de riesgo y esté dotado de los elementos de protección personal aislantes.

15.5 Mediciones.

15.5.1 Medición de resistividad aparente.

Existen diversas técnicas para medir la resistividad aparente del terreno. Para efectos del presente Reglamento, se puede aplicar el método tetraelectródico de Wenner, que es el más utilizado para aplicaciones eléctricas. En la Figura 13, se expone la disposición del montaje para su medición.

Igualmente, se podrán utilizar otros métodos debidamente reconocidos y documentados en las normas y prácticas de la ingeniería.

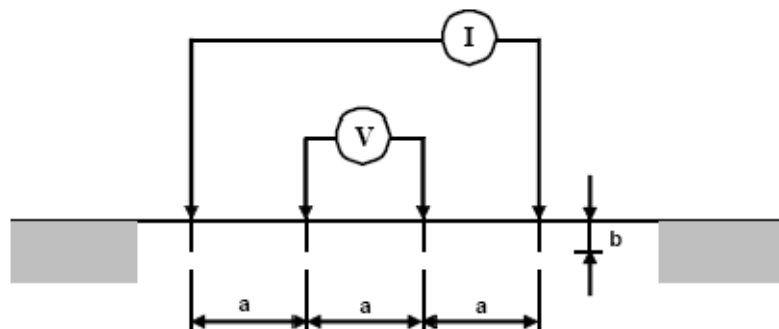


Figura 13. Esquema de medición de resistividad aparente.

La ecuación exacta para el cálculo es:

$$\rho = \frac{4\pi a R}{\left(1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}\right)}$$

ρ es la resistividad aparente del suelo en ohmios metro
 a es la distancia entre electrodos adyacentes en metros.
 b es la profundidad de enterramiento de los electrodos en metros.
 R es la resistencia eléctrica medida en ohmios, calculada como V/I

Cuando b es muy pequeño comparado con a , se tiene la siguiente expresión:

$$\rho = 2\pi a R$$

15.5.2 Medición de resistencia de puesta a tierra.

La resistencia de puesta a tierra debe ser medida antes de la puesta en funcionamiento de un sistema eléctrico, como parte de la rutina de mantenimiento o excepcionalmente como parte de la verificación de un sistema de puesta a tierra. Para su medición se puede aplicar la técnica de Caída de Potencial, cuya disposición de montaje se muestra en la Figura 14.

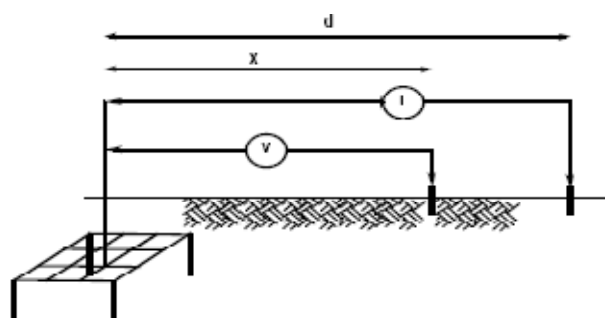


Figura 14 Esquema de medición de resistencia de puesta a tierra.

En donde,

d es la distancia de ubicación del electrodo auxiliar de corriente, la cual debe ser 6,5 veces la mayor dimensión de la puesta a tierra

a medir, para lograr una precisión del 95% (según IEEE 81).

x es la distancia del electrodo auxiliar de tensión.

RPT es la resistencia de puesta a tierra en ohmios, calculada como V/I .

El valor de resistencia de puesta a tierra que se debe tomar al aplicar este método, es cuando la disposición del electrodo auxiliar de tensión se encuentra al 61,8 % de la distancia del electrodo auxiliar de corriente, siempre que el terreno sea uniforme. Igualmente, se podrán utilizar otros métodos debidamente reconocidos y documentados en las normas y prácticas de la ingeniería.

En líneas de transmisión con cable de guarda, la medida debe hacerse desacoplando el cable de guarda o usando un Telurómetro de alta frecuencia (25 kHz).

15.5.3 Medición de tensiones de paso y contacto.

Las tensiones de paso y contacto calculadas deben comprobarse antes de la puesta en servicio de subestaciones de alta tensión y extra alta tensión, así como en las estructuras de transmisión localizadas en zonas urbanas o que estén a menos de 20 m de escuelas o viviendas, para verificar que se encuentren dentro de los límites admitidos. Para subestaciones deben comprobarse hasta un metro por fuera del encerramiento y en el caso de torres o postes a un metro de la estructura.

En la medición deben seguirse los siguientes criterios adoptados de la IEEE-81.2 o los de una norma técnica que le aplique, tal como la IEC 61936-1.

Las mediciones se harán preferiblemente en la periferia de la instalación de la puesta a tierra. Se emplearán fuentes de alimentación de potencia adecuada para simular la falla, de forma que la corriente inyectada sea suficientemente alta, a fin de evitar que las medidas queden falseadas como consecuencia de corrientes espurias o parásitas circulantes por el terreno.

Los electrodos de medida para simulación de los pies deberán tener cada uno una superficie de 200 cm² y ejercer sobre el suelo una fuerza de 250 N.

Consecuentemente, y a menos que se emplee un método de ensayo que elimine el efecto de dichas corrientes, por ejemplo, método de inversión de la polaridad, se procurará que la corriente inyectada sea del 1% de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación y preferiblemente no inferior a 50 amperios para centrales y subestaciones de alta tensión y 5 amperios para subestaciones de media tensión.

Los cálculos se harán suponiendo que existe proporcionalidad para determinar las tensiones máximas posibles.

Se podrán aceptar otros métodos de medición siempre y cuando estén avalados por normas técnicas internacionales, NTC, regionales o de reconocimiento internacional; en tales casos, quien utilice dicho método dejará constancia escrita del método utilizado y la norma aplicada.

15.6 Puestas a tierra temporales.

El objeto de un equipo de puesta a tierra temporal es limitar la corriente que puede pasar por el cuerpo humano. El montaje básico de las puestas a tierra temporales debe hacerse de tal manera que los pies del liniero queden al potencial de tierra, y que los conductores que se conectan a las líneas tengan la menor longitud e impedancia posible, tal como se muestra en la Figura 15, adoptada de la guía IEEE 1048.

La secuencia de montaje debe ser desde la tierra hasta la última fase y para desmontarlo debe hacerse desde las fases hasta la tierra.

En el evento que la línea esté o sea susceptible de interrumpirse en la estructura, se deberá conectar a tierra en ambos lados de la estructura.

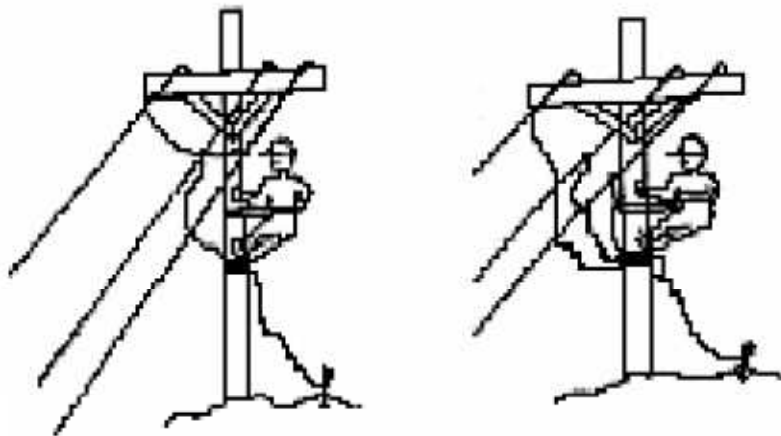


Figura 15. Montajes típicos de puestas a tierra temporales.

El equipo de puesta a tierra temporal debe cumplir las siguientes especificaciones mínimas, adaptadas de las normas IEC 61230 y ASTM F 855:

- a. Electrodo: Barreno de longitud mínima de 1,5 m.
- b. El fabricante debe entregar una guía de instalación, inspección y mantenimiento.
- c. Grapas o pinzas: El tipo de grapa debe ser el adecuado según la geometría del elemento a conectar (puede ser plana o con dientes).
- d. Cable en cobre extraflexible, cilíndrico y con cubierta transparente o translúcida que permita su inspección visual y cuyo calibre soporte una corriente de falla mínima de: En A.T. 40 kA; en M.T. 8 kA y en B.T. 3 kA eficaces en un segundo con temperatura final de 700 °C. A criterio del OR o del transmisor, se podrán utilizar cables de puestas a tierra de menor calibre, siempre que la corriente de falla calculada sea menor a los valores antes citados y el tiempo de despeje sea tal que la temperatura en el conductor no supere los 700 °C. Si la corriente de falla es superior a los valores indicados, se deberá usar un cable de capacidad suficiente para soportar dicha corriente.

B. TABLA ARTICULO 430-12

Tabla 430-12(b) Cajas de terminales para conexiones entre alambres. Motores de 28 centímetros (11 pulgadas) de diámetro o menos

kW	HP	Abertura de la tapa, dimensión mínima (cm)	Volumen útil mínimo (cm³)
Hasta 0,746 *	Hasta 1 *	5,7	172,1
1,119, 1,494 y 2,238 #	1 ½, 2 y 3 #	6,4	273,3
3,73 y 5,595	5 y 7 ½	7,2	367,1
7,46 y 11,19	10 y 15	8,9	596,5

En los motores hasta de 746 W (1 HP) con la caja de los terminales parcial o totalmente integrada en el armazón o extremo blindado del motor, el volumen de la caja de terminales no debe ser menor a 18,3 cm³ por conexiones entre alambres. No se especifica la dimensión mínima de la abertura de la tapa.

En los motores de 1,119, 1,494 y 2,238 kW (1 ½, 2 y 3 HP) nominales con la caja de los terminales parcial o totalmente integrada en el armazón o extremo blindado del motor, el volumen de la caja de terminales no debe ser menor a 22,9 cm³ para conexiones entre alambres. No se especifica la dimensión mínima de la abertura de la tapa.

Motores de corriente alterna con más de 28 centímetros (11 pulgadas) de diámetro.

Corriente máxima a plena carga de motores trifásicos con un máximo de 12 terminales	Dimensión mínima de la caja de terminales	Volumen útil mínimo	Potencia máxima típica (motores trifásicos)			
			230 V		460 V	
			kW	HP	kW	HP
(A)	(cm)	(cm³)				
45	8,9	596,5	20,1	15	40,2	30
70	11,7	1261,8	33,5	25	67,0	50
110	14,2	2294,2	53,6	40	100,5	75
160	17,8	4129,5	80,4	60	167,6	125
250	21,3	7374,2	134,0	100	268,1	200
400	24,9	13765,1	201,1	150	402,1	300
600	28,5	25236,1	335,1	250	670,2	500

Motores de corriente continua

Corriente máxima a plena carga para motores con un máximo de 6 terminales (A)	Dimensión mínima de la caja de terminales (cm)	Volumen útil mínimo (cm³)
68	6,4	426
105	8,4	901,3

165	10,2	1638,7
240	12,7	2949,7
375	15,2	5407,7
600	17,8	9832,2
900	20,3	18025,8

Los terminales auxiliares de elementos como frenos, termostatos, calefacción de ambiente, campos de excitación, etc., se pueden despreciar si su área portadora de corriente no supera el 25% de la de los terminales de fuerza de las máquinas.

(c) Dimensiones y espacio. Conexiones con terminales fijos. Cuando las cajas de los terminales contienen terminales de motores montados rígidamente, la caja debe ser de un tamaño suficiente para proporcionar el espacio mínimo para los terminales y volúmenes útiles de acuerdo con las Tablas 430-12(c) (1) y 430-12(c) (2).

Tabla 430-12(c) (1) Espaciamento para los terminales - Terminales fijos

Tensión nominal (V)	Espaciamento mínimo (mm)	
	Entre los terminales de línea	Entre los terminales de línea y otras partes metálicas sin aislar
240 o menos	6,5	6,5
De 250 a 600	10	10

Tabla 430-12(c) (2) Volúmenes útiles - Terminales fijos

Sección transversal del conductor de suministro		Volumen útil mínimo por cada conductor de suministro (cm ³)
mm ²	AWG	
2,08	14	16,4
3,30 y 5, 25	12 y 10	20,5
8,36 y 13,29	8 y 6	36,9