



## “TÉRMINOLOGÍA RELATIVA A LOS SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA”

Elaborado por: *Ing. Frank Amores Sánchez,  
Especialista PCI, APCI.*

### INTRODUCCIÓN

¿Por qué es tan difícil entender los sistemas de puesta a tierra? Una de las razones es que muchas personas no comprenden claramente las definiciones correspondientes a sus términos fundamentales. Así que, hagamos un repaso de un grupo de definiciones importantes.

El término “tierra” puede ser parecer ambiguo debido a que, solamente en el ámbito eléctrico, este puede significar cosas distintas para diferentes personas. He aquí algunos ejemplos:

- Pista de cobre de “0 V” de una tarjeta de circuito impreso.
- Conexión a tierra del suministro eléctrico.
- Contactos de tierra de la espiga del cordón de alimentación y del tomacorriente
- Negativo-común en los sistemas eléctricos de corriente continua.
- Plano de tierra de los elementos de radiación en los sistemas de radiocomunicaciones (formado por un conjunto de conductores radiales enterrados)
- Tierra del sistema de distribución eléctrica
- Borne de conexión a tierra de los SPDs
- Barra dentro de un panel o adosada a la pared de un local.
- Borne de conexión en el panel frontal o trasero de los equipos de prueba y medición.
- Varilla conductora hincada en el terreno.

A fin de evitar confusiones sobre los sistemas de puesta a tierra, considerados por muchos como “arte negro”, en este trabajo se da una explicación lo más clara posible y con base en la teórica de la electricidad de los términos más usados. Junto a éstos aparecen sus equivalentes en idioma inglés hablado en Norteamérica, donde se usa el vocablo “ground” como tierra. En el inglés hablado en el Reino Unido y otros países de Europa, para este mismo concepto, se utiliza la palabra “earth”.

### TÉRMINOS:

**Tierra (Ground):** Es el suelo conductor cuyo potencial eléctrico en cualquier punto se establece, por convención, igual a cero. Designa tanto a la tierra como lugar (por ejemplo: masa, chasis, carcasa, armazón, estructura y tubería de agua) como la tierra como material (por ejemplo: suelo, humus, arcilla, arena, grava y roca). La palabra

“masa” solo debe utilizarse para aquellos casos en que la superficie no es el suelo, como sucede en los aviones, los barcos, los automóviles y otros.

**Poner a tierra (Grounded):** Conectar intencional o accidentalmente un equipo o una parte conductora de una instalación eléctrica (neutro, centro de estrella de transformadores o generadores, carcasas, incluso una fase para sistemas en delta, entre otros), con la tierra mediante una instalación de puesta a tierra.

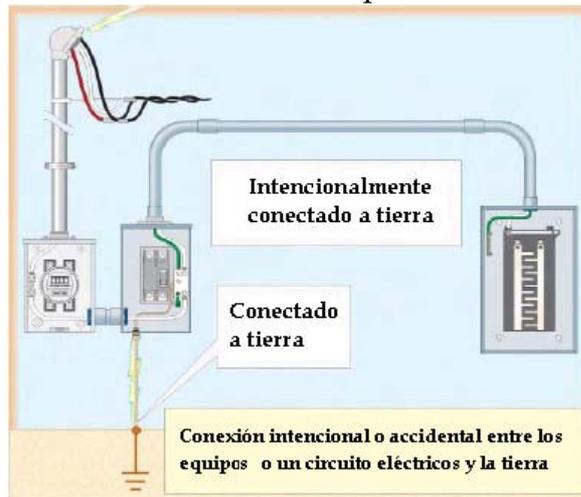
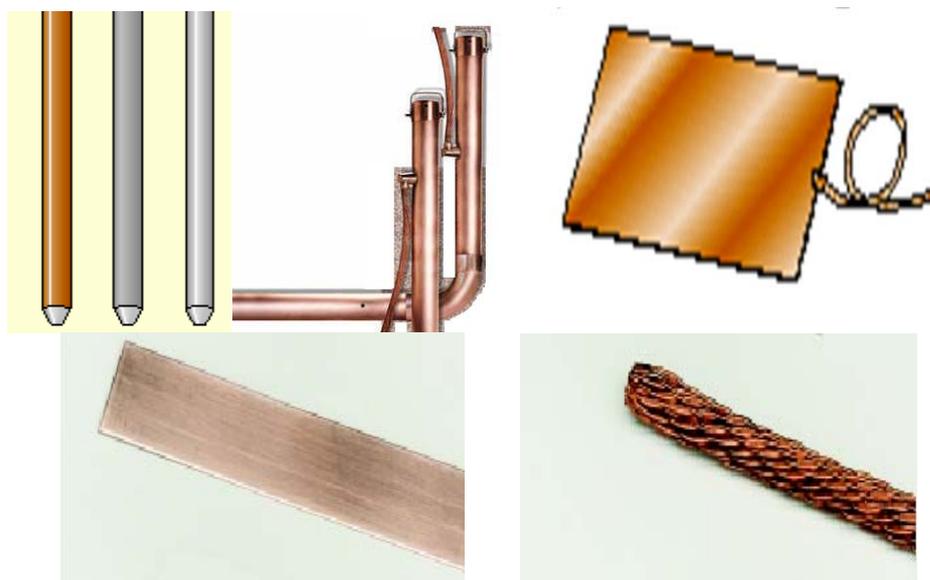
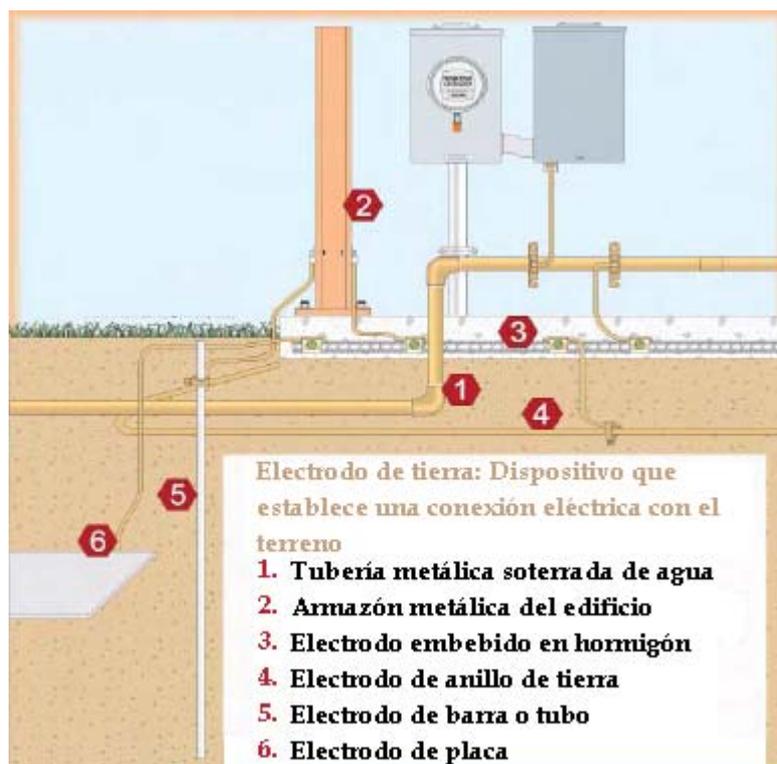


Fig. 1 Poner a tierra

**Tierra de referencia o remota (Reference or remote ground):** Es el lugar, espacio o región de tierra, especialmente la superficie de ésta fuera de la esfera de influencia de un electrodo de tierra o de una instalación eléctrica, donde no aparecen tensiones considerables procedentes de corriente de puesta a tierra entre dos puntos cualquiera y por convención se le atribuye un potencial igual a cero. Ver Figura 4.

**Tierra de protección contra rayo (Lightning protection grounding):** Es la parte del sistema externo de protección contra rayo que tiene la función de disipar las corrientes de rayo en la tierra.

**Electrodo de tierra (Grounding electrode):** Es el conjunto de elementos conductores en contacto íntimo (comúnmente enterrado) con la suelo de los tipos artificial (varilla, tubo, placa, cinta, cable, etc.) o natural (tuberías metálicas soterradas de agua y gas, etc.), que proporcionan una conexión eléctrica eficaz con éste o bien un conductor embebido en el hormigón (electrodo de cimentación) que tiene contacto con la tierra para dispersar la corriente no deseada en la suelo circundante a éste.



*Fig. 2 Electrodo artificial de tierra*

**Electrodo natural de tierra (Natural ground electrode):** Es un componente metálico en contacto con la tierra o con el agua, directamente o a través del hormigón, cuya función original no es como electrodo de tierra pero que actúa como tal (acero de refuerzo de las cimentaciones de hormigón, tuberías metálicas, etc.).

**Electrodo superficial de tierra (Surface ground electrode):** Es un electrodo de tierra colocado en el terreno generalmente a poca profundidad (menor que 1 m). Puede tener forma redonda (cable o barra) o plana (cinta) y estar dispuesto en configuraciones radial, anillo o malla o una combinación de estos.

**Electrodo vertical de tierra (Ground rod):** Es una barra generalmente clavada verticalmente a cierta profundidad que puede ser redonda o tener otro perfil.

**Electrodo profundo (Deep electrode):** Es un electrodo de tierra vertical colocado en el interior de un pozo o perforación de gran profundidad previamente practicada en el suelo y relleno con diversos materiales. Por su alto costo de instalación, primeramente deben explorarse otras alternativas. En estas se incluyen: electrodos verticales y horizontales, conexión a la cerca perimetral de seguridad, tratamiento del suelo con materiales de relleno artificial y irrigación de agua.

**Electrodo de tierra de cimentación (Foundation ground electrode):** Comprende uno o más conductores embebidos en el hormigón armado de una estructura en contacto con la tierra en un área extensa. Como el hormigón es alcalino e higroscópico por naturaleza, constituye un medio húmedo para crear un drenaje de tierra extensor y efectivo.

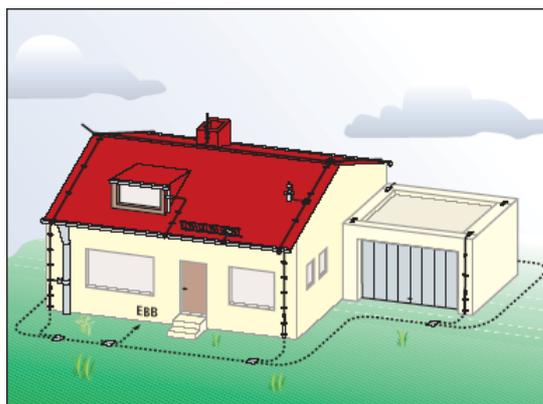


a) En hormigón no reforzado

b) En hormigón reforzado

*Fig. 3 Instalación de electrodo de tierra de cimentación*

**Electrodo de tierra de anillo (Ring ground electrode):** Es un electrodo de tierra por debajo o en la superficie de la tierra, que se tiende formando un anillo o lazo cerrado alrededor de la estructura.



*Fig. 4 Electrodo de tierra de anillo*

**Electrodo de tierra de control (Control ground electrode):** Es un electrodo de tierra cuya forma y disposición sirve más para controlar el potencial que para mantener un cierto valor de resistencia del electrodo de tierra.

**Instalación de electrodos de tierra (Grounding):** Es el conjunto de todos los elementos y medios conductores en contacto con el suelo o una masa metálica de referencia común que son instalados con el fin de establecer una conexión eléctrica de baja resistencia y distribuir las corrientes eléctricas de falla en éstos. Comprende los electrodos de tierra y sus interconexiones. También se le conoce como toma de tierra.

**Tipos de conectores de tierra:**

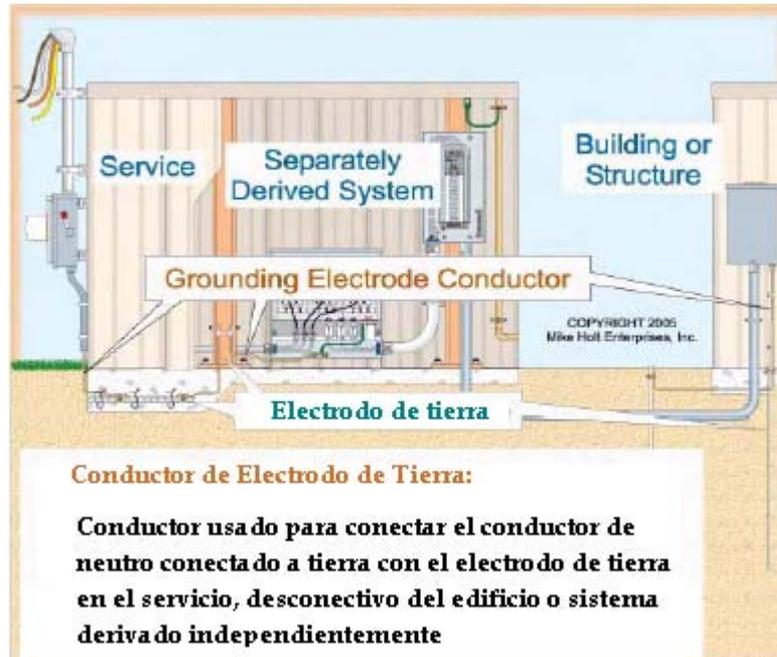
- a) Mecánica (como una abrazadera roscada)
- b) A presión (como una abrazadera de compresión)
- c) Térmica (como la soldadura CADWELD que produce una conexión exotérmica o molecular).

**Plano equipotencial (Equipotential plane):** Es el conjunto de mallas, placas y otras masas de material conductor que, al estar interconectadas entre sí, ofrecen una impedancia muy baja a la circulación de la corriente.

**Anillo halo de tierra:** Conductor de tierra de 35 mm<sup>2</sup> instalado alrededor de las cuatro paredes en el interior de un pequeño edificio a una altura aproximada de 15 cm por debajo del techo. Se instalan conductores desde el halo hasta los gabinetes de los equipos, a los puertos de guías de onda, a las bandejas interiores de cables, etc. El anillo halo sirve para permitir puntos de conexión para lograr referencia de tierra de los objetos metálicos en el interior. Estos, a su vez, se conectan a la barra de tierra principal.

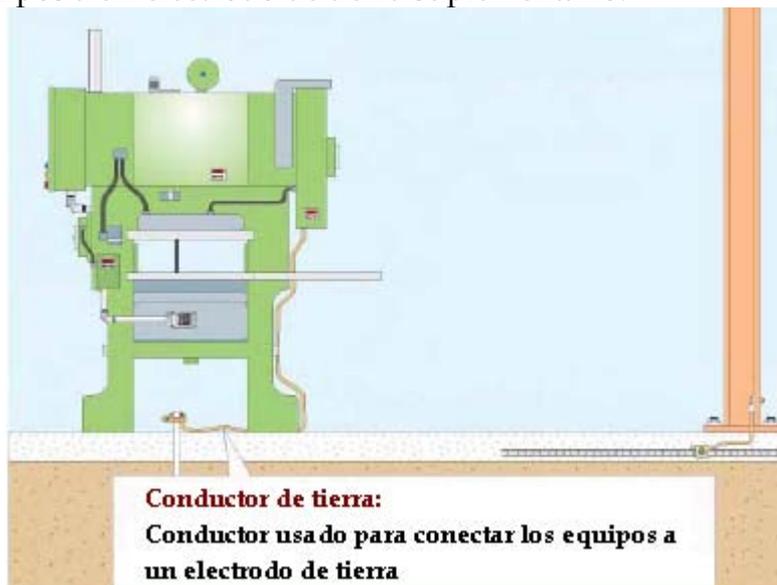
**Terminal principal de tierra (Main grounding bar):** Terminal o barra que permite la conexión a la instalación de electrodos de tierra de los conductores de protección (incluidos los conductores de unión equipotencial y, en su caso, los conductores para la puesta a tierra funcional), de la estructura, de las instalaciones metálicas, de los elementos conductores externos, de las líneas eléctricas y de telecomunicaciones, etc.

**Conductor de electrodo de tierra (Grounding electrode conductor):** Es el conductor que conecta intencionalmente el terminal principal de tierra (conductor de neutro conectado a tierra en los equipos de servicio, la envolvente del medio de desconexión del edificio o la envolvente de los sistemas obtenidos independientemente) a los electrodos de tierra.



*Fig. 5 Conductor de electrodo de tierra*

**Conductor de tierra (Grounding conductor):** Es el conductor que conecta los equipos con el suelo mediante un electrodo de tierra. Ejemplo sería el conductor usado para conectar los equipos a un electrodo de tierra suplementario.



*Fig. 6 Conductor de tierra*



APCI

**Conductor neutro [N] (Neutral conductor):** Conductor, conectado al punto neutro de un sistema, capaz de contribuir a la transmisión de energía eléctrica.

**Conductor de neutro conectado a tierra (Grounding neutral conductor):** Es el conductor que acaba en el terminal que está intencionalmente conectado a tierra.

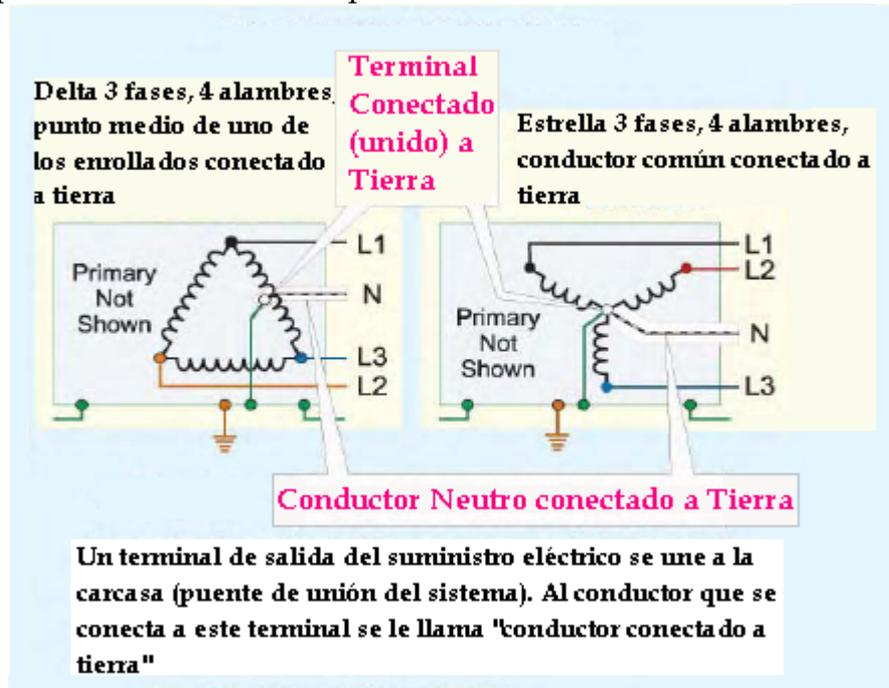


Fig. 7 Conductor de neutro conectado a tierra

**Conductor de tierra de protección [PE] (Protective earth conductor):** Conductor exigido por ciertas medidas de protección contra choques eléctricos, que conecta eléctricamente cualquiera de las partes siguientes:

- partes conductoras expuestas
- partes conductoras externas
- punto de tierra de los equipos

**Conductor de tierra de protección y neutro [PEN] (Protective earth and neutral conductor):** Conductor puesto a tierra que combina las funciones de conductor de protección y conductor neutro.

**Sistema de Puesta a Tierra (Grounding system):** Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que unen los equipos eléctricos con el suelo. Comprende la instalación de electrodos de tierra y todos los elementos de puesta a tierra (la estructura del edificio, los bastidores de equipos, gabinetes, conductos, cajas de unión, bandejas, tuberías, torres, soportes de antena y otros elementos metálicos que normalmente no portan corriente). Para su mejor comprensión suele dividirse en los siguientes subsistemas: de electrodos de tierra, de protección contra rayo, de referencia de señal, de protección contra falla y de tierra estática.

**Elementos de puesta a tierra:** es un conjunto localmente limitado de conductores conectados entre sí o de partes metálicas actuando de la misma manera (por ejemplo: montantes, armaduras, revestimientos metálicos de cables y conductores de puesta a tierra).

**Unión equipotencial (Equipotential bonding):** Conexión eléctrica de las instalaciones metálicas y los sistemas eléctricos al sistema de protección contra rayo -mediante conductores, descargadores de corriente de rayo o vías de chispa de aislamiento- que se establece para reducir significativamente las diferencias de potencial creadas por las corrientes de rayo.

**Conductor de unión equipotencial (Equipotential bonding conductor):** Conductor de utilizado para realizar la ecualización de potenciales, poniendo las diversas partes conductoras expuestas y las partes conductoras externas a un potencial prácticamente igual.

**Resistencia de puesta a tierra  $R_E$  (Grounding resistance):** Es la resistencia entre una instalación de puesta a tierra y la tierra de referencia.

**Resistencia de tierra equivalente (Equivalent gronding resistance):** Es la relación (*cociente*) entre los valores de cresta de la tensión y de la corriente del rayo en la puesta de tierra y que, en general, no aparecen simultáneamente. Esta relación se utiliza convencionalmente para medir la eficacia de la puesta a tierra ante rayos.

**Resistividad o resistencia específica del terreno  $\rho_E$  (Soil resistivity):** Es la resistencia eléctrica específica de un material, o sea, la relación entre la diferencia de potencial y la densidad de corriente que resulta en el mismo. Normalmente su magnitud se expresa en  $\Omega \cdot m$  y numéricamente representa la resistencia ofrecida por un cubo conductor de  $1m^3$  (1 m de longitud del lado) medida entre dos caras opuestas. Representa la resistencia específica del suelo a cierta profundidad o de un estrato del mismo. Se obtiene indirectamente al procesar un grupo de medidas de campo. Determina la magnitud de la resistencia  $R_A$  de un electrodo de tierra y es una función de la composición, humedad y temperatura del terreno.

**Resistencia de propagación  $R_A$  de un electrodo de tierra (Ground electrode resistance):** Es la resistencia de la tierra entre un electrodo de tierra y la tierra de referencia. La  $R_A$  es prácticamente una resistencia efectiva (el mismo significado que  $R_E$ ). Las prácticas de IEEE recomiendan proveer un valor de resistencia menor que 25  $\Omega$  para cualquier instalación eléctrica de baja tensión independientemente del tipo de electrodo de tierra artificial usado. Sin embargo, en otros códigos se piden valores de resistencia de 10  $\Omega$  o inferior. Valores inferiores, en el intervalo de 1 a 5  $\Omega$  pueden ser útiles únicamente para los sistemas de seguridad eléctrica a DC y 50/60 Hz.



**APCI**

**Resistencia de tierra a impulso  $R_{st}$  (Impulse ground resistance):** Es la resistencia que encuentra la corriente del rayo desde un punto del sistema de puesta a tierra hasta la tierra de referencia.

**Resistencia mutua de electrodos (Mutual resistance):** Fenómeno resistivo que aparece entre electrodos de tierra o puntos próximos en el suelo, mediante el cual la corriente que se dispersa a través de uno de éstos modifica el potencial del otro. Su unidad es el Ohm ( $\Omega$ ).

**Potencial eléctrico (Electric potential):** Es la diferencia de tensión entre un punto y alguna superficie equipotencial, generalmente la del suelo, la cual es seleccionada arbitrariamente como tierra de referencia o de potencial cero. Un punto que tiene un potencial más alto que el cero se llama de potencial positivo y en caso contrario de potencial negativo.

**Potencial de tierra  $U_E$  (Ground potential):** Es la diferencia de potencial entre la instalación de electrodos de tierra y la tierra de referencia ("tierra lejana") causada por la corriente del rayo. Ver Figura 4.

**Potencial de la superficie de la tierra  $\varphi$  (Potential of the ground surface):** Es la tensión entre un punto de la superficie de la tierra y la tierra de referencia.

**Tensión de contacto  $U_B$  (Touch or Contact voltage):** Es la parte del potencial de tierra que el hombre puede puentear con su cuerpo, aunque el recorrido de la corriente pasa de mano a pie (distancia horizontal de 1 m de la parte de contacto) o de una mano a otra. Ver Figura 4.

**Tensión de paso  $U_S$  (Step voltage):** Es la parte del potencial de la superficie de la tierra que el hombre puede puentear con un paso de 1 m de longitud, aunque el recorrido de la corriente por el cuerpo humano pasa de un pie al otro. Ver Figura 4.

**Control de potencial (Potential control):** Es el efecto de los electrodos de tierra sobre el potencial de tierra, particularmente el potencial de la superficie de la tierra.

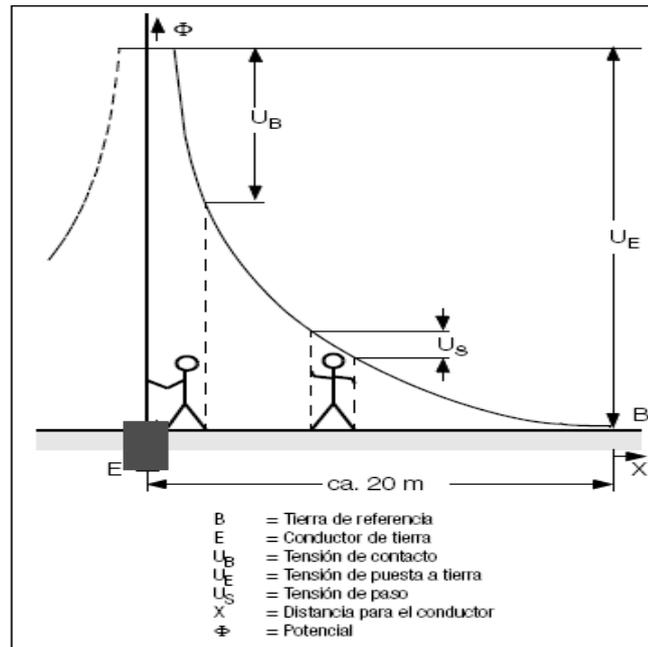


Fig. 8 Potencial de tierra y tensiones de contacto y de paso

**Unión (Bond):** Es la unión permanente entre todas las partes metálicas para formar una trayectoria eléctricamente conductora que tenga la capacidad de conducir de manera segura cualquier corriente se falla que tenga la probabilidad de circular por ésta. Se realiza mediante conductores, bandejas metálicas, conectores, acoplamientos, blindaje metálico de cables con fijaciones y otros dispositivos reconocidos para esta finalidad.

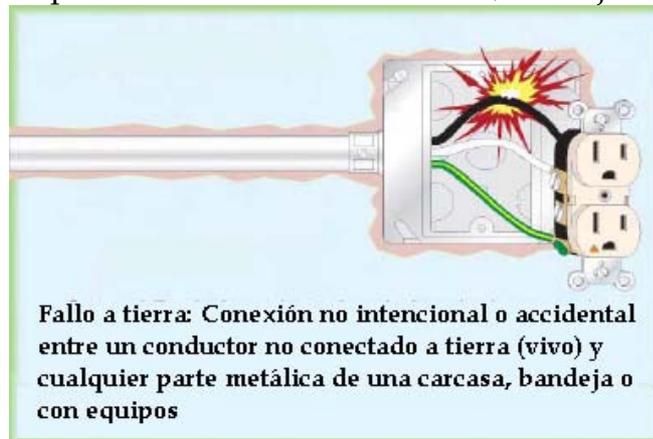
**Puente de unión (Bonding jumper):** Es un conductor adecuadamente dimensionado que asegure la conductividad eléctrica entre las partes metálicas de la instalación eléctrica.

**Puente de unión principal (Main bonding jumper):** Es un conductor, tornillo o cinta que une el conductor de tierra en los equipos de servicio al conductor neutro de servicio conectado a tierra.

**Puente de unión del sistema (System bonding jumper):** Es el conductor, tornillo o cinta que une las partes metálicas de un sistema obtenido independientemente a un devanado del sistema. Este puente brinda la trayectoria de corriente de falla de baja impedancia hacia la fuente de suministro eléctrico con el propósito de limpiar dicha falla.

**Sólidamente conectado a tierra (Solidly grounded):** Es la conexión eléctrica intencional de un terminal del sistema al conductor de tierra de equipos. La industria denomina "sistema sólidamente conectado a tierra" a aquel que tiene un terminal unido a su carcasa metálica.

**Falla a tierra (Ground fault):** Es la conexión no intencional entre un conductor no conectado a tierra y las partes metálicas de las carcasa, bandejas o equipos.



*Fig. 9 Ejemplo de falla a tierra*

**Trayectoria de corriente de falla a tierra (Ground-fault current path):** Es una trayectoria eléctricamente conductora desde una falla a tierra hasta la fuente de suministro eléctrico. Esta trayectoria no es hacia el suelo, sino hacia la fuente de suministro eléctrico, típicamente el terminal  $X_0$  del transformador. La trayectoria de corriente de falla a tierra estar constituida por bandejas metálicas, blindajes de cables, equipos eléctricos u otros materiales eléctricamente conductores, tales como tuberías metálicas de agua o gas, miembros de acero estructural, conductos metálicos, acero de refuerzo o los blindajes de los cables de comunicaciones.



*Fig. 10 Trayectoria de corriente de falla a tierra*

**Trayectoria efectiva de corriente de falla a tierra (Effective ground-fault current path):** Es una trayectoria conductora intencional, permanente y de baja impedancia diseñada para llevar la corriente de falla desde el punto del sistema eléctrico donde se produce la falla a tierra hasta la fuente de suministro eléctrico. Está pensada para ayudar a eliminar la peligrosa tensión debido a una falla a tierra mediante la apertura del dispositivo de protección contra sobreintensidad del circuito.

La diferencia entre una "trayectoria efectiva de corriente de falla a tierra" y una "trayectoria de corriente de falla" es que la primera es intencionalmente creada para brindar una trayectoria de baja impedancia a la corriente de falla hasta la fuente de suministro eléctrico con el propósito de limpiar la falla a tierra y la segunda es sencillamente todas las trayectorias conductoras disponibles por las cuales puede circular la corriente de falla en su retorno a la fuente de suministro eléctrico durante una falla a tierra.

**Conductor de tierra de equipos (Equipment Grounding Conductor):** Es la trayectoria de corriente de falla de baja impedancia usada para unir las partes metálicas de los equipos eléctricos, bandejas y carcasas a la trayectoria efectiva de corriente de falla a tierra en los equipos de servicio o la fuente de un sistema obtenido independientemente. La finalidad de este conductor es brindar una trayectoria de baja impedancia a la corriente de falla hasta la fuente de suministro eléctrico para facilitar la operación de los dispositivos de protección contra sobreintensidades con el objetivo de eliminar la peligrosa tensión de falla a tierra en las partes conductoras. ¡Los retornos de corriente de falla a la fuente de suministro eléctrico, no son tierra! Tiene que ser uno o una combinación de los siguientes:

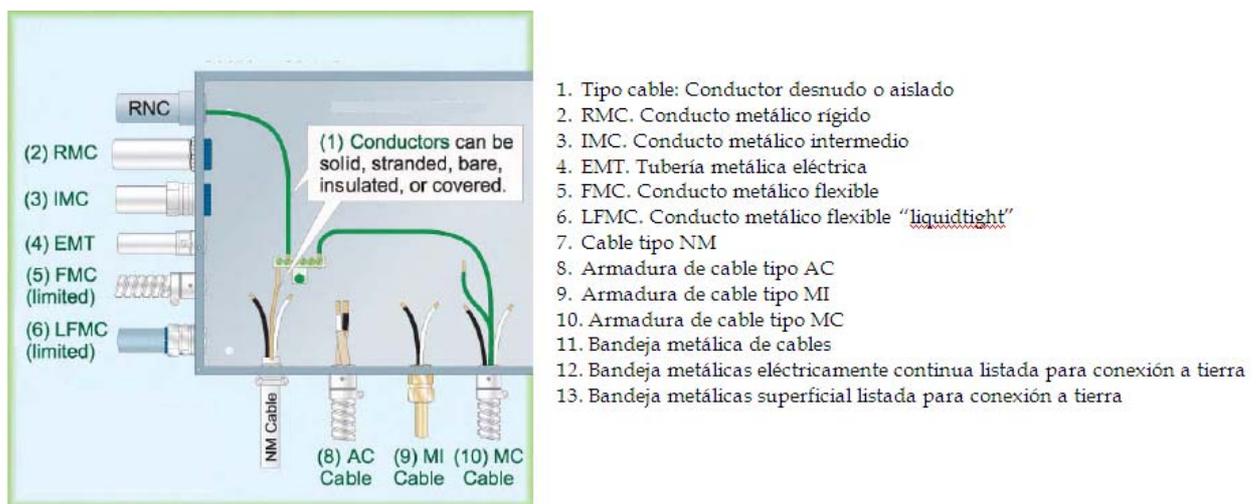


Fig. 11 Conductor de tierra de equipos

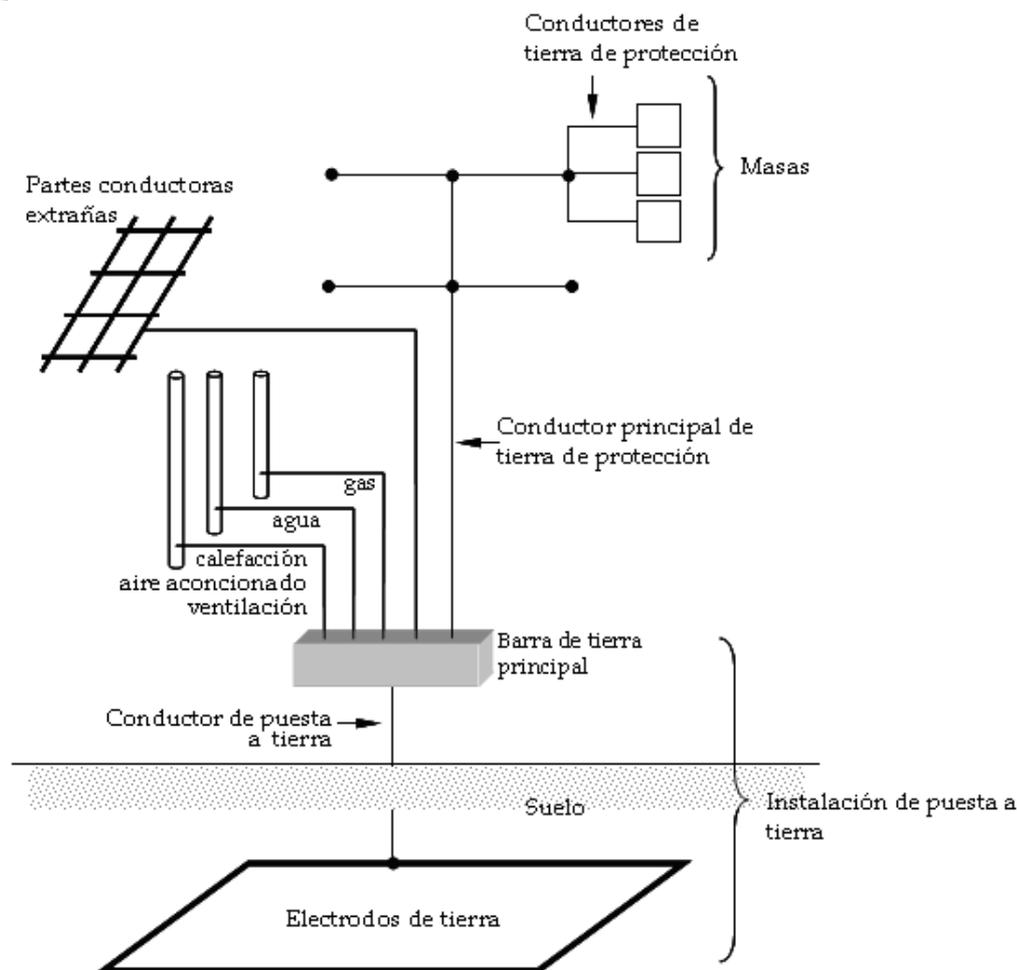


Fig. 12 Representación esquemática de un sistema de puesta a tierra

#### Referencias:

- Cuaderno Técnico No. 168 de la Biblioteca Técnica de "Schneider Electric".
- Manual de instrucciones del Medidor de resistencia a tierra GEOHM®C.
- Lightning protection guide DEHN 2006.
- Understanding the NEC: Top 101 Rules. Mike Holt Enterprises, Inc. 1.888.NEC.CODE.www.NECcode.com.
- IRAM 2184-1-1: 2000 "Protección de estructuras contra descargas eléctricas atmosféricas". Parte 1: Principios generales. Sección 1 - Guía A: "Elección de los niveles de protección para los sistemas de protección contra el rayo (SPCR)"