

Sistema de puesta a tierra

Parte 1.

Con este artículo inicia una serie de notas sobre la puesta a tierra, relacionada, por un lado, con la seguridad de las personas y sus bienes, y por otro, con la funcionalidad de los sistemas eléctricos. El objetivo es dar a los lectores una aproximación que provenga de la experiencia práctica, sin dejar de atender normas y reglamentaciones vigentes.



Alberto Luis Farina
www.ingenierofarina.com.ar

Habitualmente, este tema se refiere simplemente como “puesta a tierra” (PAT), pero dado que está formada por un conjunto de elementos distintos interconectados ordenadamente entre sí, cada uno con un objetivo bien definido, resulta más apropiado hablar de un “sistema”. Entonces, la denominación más conveniente es “sistema de puesta a tierra” (SPAT).

Importancia

Los sistemas de puesta a tierra son una parte indisoluble de todos los sistemas eléctricos y, por lo tanto, tienen un rol fundamental, tanto en la protección de los seres vivos, en los edificios, en las instalaciones eléctricas y en los equipos conectados a ellas, como en la funcionalidad de los sistemas de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

En cuanto al tratamiento de las instalaciones eléctricas propiamente dichas, se recomienda ver los aspectos que hacen a componentes, técnicas constructivas y mantenimiento en el libro *Instalaciones eléctricas de viviendas, locales y oficinas*, publicado por la Librería y Editorial Alsina de nuestro país.

En lo que se sigue, se tratarán primero los sistemas de puesta a tierra desde el punto de vista funcional, y luego, la tecnología necesaria para su materialización en los sistemas eléctricos de baja tensión.

Funciones

Un sistema de puesta a tierra debe poder cumplir algunas de las siguientes funciones en forma individual o combinada:

- » Proveer una baja resistencia de dispersión a tierra para:
 - a) descargadores, explosores, etc. usados para la protección contra sobretensiones atmosféricas o internas;
 - b) corriente de fallas de las redes;

- c) conexión a tierra del neutro de los sistemas con neutro a tierra;
 - d) conexión de las masas para la protección de las personas;
 - e) asegurar el rápido y eficaz funcionamiento de las protecciones contra sobrecorrientes, y
 - f) distintos tipos de estructuras metálicas de ET o sistemas productivos y de servicios.
- » Disipar y resistir repetidamente las corrientes eléctricas de falla y choque por descargas atmosféricas.
 - » Ser resistente a la corrosión en suelos de variadas composiciones químicas, para asegurar un buen comportamiento y continuo durante la vida útil del equipo que se protege.
 - » Poseer buena resistencia mecánica para que la instalación sufra el mínimo daño.
 - » Ser económico. en la medida de lo posible.

Para cumplimentar con estos puntos, en un sistema de puesta a tierra es necesario seleccionar adecuadamente los materiales y aplicar un criterio racional de diseño.

En un sistema de puesta a tierra es necesario seleccionar adecuadamente los materiales y aplicar un criterio racional de diseño.

Clasificación

En todos los sistemas eléctricos se emplean sistemas de puesta a tierra con formas constructivas acordes a las exigencias de cada uno de ellos.

Los sistemas de puesta a tierra pueden ser de seguridad o funcionales. Cada uno de ellos presenta características diferentes, aunque están necesariamente vinculados. En determinados casos, sus formas constructivas son muy similares.

La puesta a tierra de seguridad de las instalaciones eléctricas es fundamental para la protección de los seres humanos y de sus bienes.

La puesta a tierra funcional es básica para el buen desempeño de los sistemas de energía eléctrica.

La puesta a tierra funcional es básica para el buen desempeño de los sistemas de energía eléctrica, ya que es necesaria para obtener una correcta operatividad de las instalaciones eléctricas conectadas a ellos.

Los sistemas de puesta a tierra funcionales destinados a los sistemas de generación, transmisión, distribución, estaciones transformadoras y subestaciones transformadoras presentan características constructivas muy distintas a las que se emplean en los diversos sistemas de baja tensión.

Corrientes eléctricas en los sistemas de puesta a tierra

La importancia de los sistemas de puesta a tierra se puede entender mejor cuando se observa cuáles son los posibles orígenes de las corrientes eléctricas que van a circular por ellas:

- » circulación a través del cuerpo de una persona cuando hace contacto con un elemento con tensión;
- » contacto de una parte viva con una masa;
- » contacto de una parte viva de mayor tensión con otra de menor;
- » deterioro de un aislamiento de un componente de una instalación eléctrica o de un equipo conectado a ella;
- » descargas atmosféricas;
- » sobretensiones propias del sistema eléctrico.

Definición

Un sistema de puesta a tierra es una cierta disposición de elementos mecánicos interconectados entre sí que permite la circulación de una corriente eléctrica hacia la tierra propiamente dicha, o sea, es una conducción eléctrica que, como tal, se puede representar en forma de una cadena (ver figura 1) con elementos mecánicos conductores vinculados entre sí.

La solidez del vínculo mecánico entre los diversos componentes, más un valor adecuado de la resistencia eléctrica de todos los componentes darán la efectividad de un sistema de puesta a tierra.

La solidez del vínculo mecánico entre los diversos componentes, más un valor adecuado de la resistencia eléctrica de todos los componentes

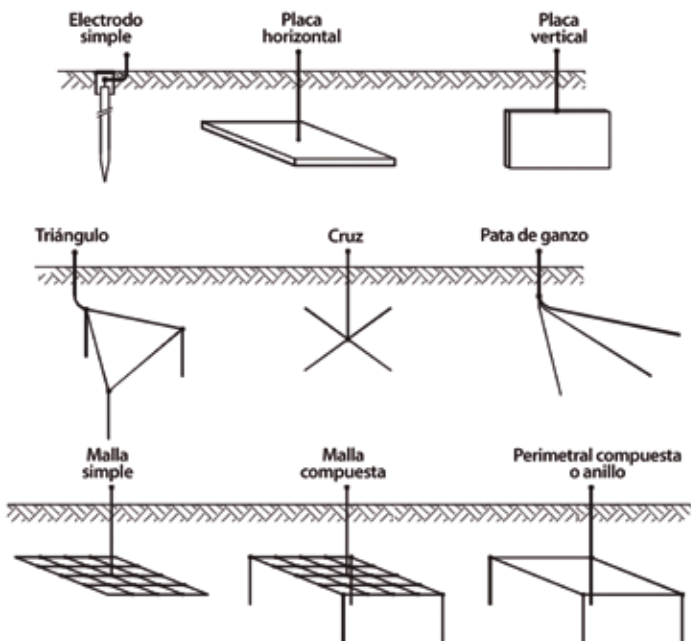


Figura 1. Distintas ejecuciones de una puesta a tierra

darán la efectividad de un sistema de puesta a tierra.

Falla de la instalación eléctrica

Una instalación eléctrica es un conjunto de elementos susceptibles de sufrir fallas a raíz de las cuales se pueden, aunque no en todos los casos, producir corrientes eléctricas a tierra. Estas últimas también pueden provenir del contacto de los seres vivos con partes con tensión, a las cuales englobaremos bajo la noción de “corriente eléctrica de falla a tierra”.

Mecánica del sistema de puesta a tierra

Producida la falla que establece una corriente eléctrica de falla, esta ingresa al sistema de puesta a tierra a través de una barra o bien de un borne de puesta a tierra. Mediante el cable de puesta a tierra, se conectan tales elementos a la tierra propiamente dicha.

El sistema puede presentar diversas formas constructivas, que van desde un simple y elemental electrodo, pica o jabalina, o bien alguna de las disposiciones mostradas en la figura 2. En cualquier caso, los elementos se conectan a un borne o barra de puesta a tierra determinada, como ser un tablero eléctrico, una barra repartidora o una barra equipotencializadora.

La conexión propiamente dicha del cable de puesta a tierra se hace con algún tipo de elemento apropiado (grapa especialmente diseñada o soldadura). En cualquier disposición adoptada, a través de su superficie lateral se logra un contacto íntimo con la tierra propiamente dicha.

Cada una de las uniones entre los distintos elementos componentes de un sistema de puesta a tierra presentará una cierta resistencia óhmica al paso de la corriente eléctrica de falla hacia la tierra propiamente dicha.

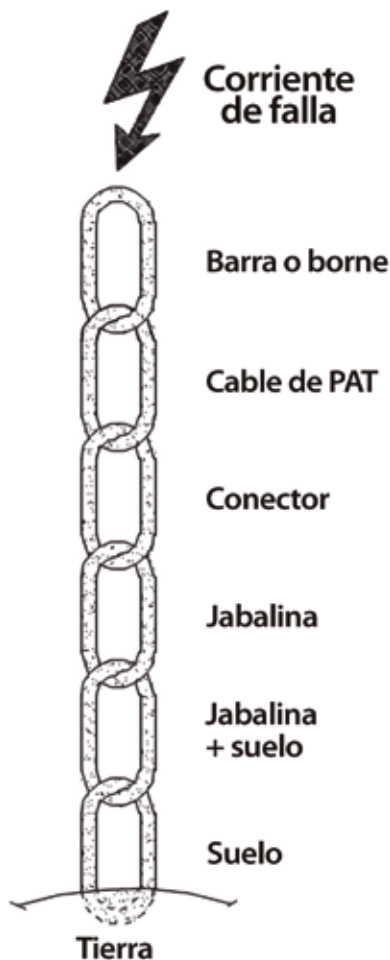


Figura 2. Tipos de puesta a tierra

Resistencia y resistividad de puesta a tierra

Se hace necesario distinguir dos términos relacionados: resistividad y resistencia. En realidad, deben ser resistividad del terreno (ρ) y resistencia de puesta a tierra (R_{pat}).

Resistencia

Lo que se ha denominado como "resistencia de puesta a tierra" (R_{pat}) es en realidad una impedancia (resistencia eléctrica en corriente alterna), y es el valor que adquiere el conjunto de los elementos interconectados que forman un sistema

de puesta a tierra, tales como electrodos, conductores, cables, soldaduras, etc. Este parámetro se mide en ohms y existen varios métodos para efectuar su determinación.

Lo que se ha denominado como "resistencia de puesta a tierra" (R_{pat}) es en realidad una impedancia (resistencia eléctrica en corriente alterna).

La importancia del valor que presente este parámetro radica en que, cuando se produce una falla que origina una corriente eléctrica de falla, debe necesariamente circular hacia tierra.

Cuando una instalación eléctrica tiene un esquema de conexión a tierra tipo "TT", la resistencia de puesta a tierra establecida es un valor máximo permanente igual o menor a 40Ω , aunque lo importante es, en realidad, el valor de la tensión que adquiere la masa a la cual puede acceder una persona en el caso que circule una corriente eléctrica de falla sea menor a 24 V.

Resistividad

La resistividad del terreno es una característica que le es propia y, naturalmente, muy variable. Aun en una misma zona, sus valores pueden presentar fuertes variaciones. Cuando se trata de obras de cierta magnitud (edificios industriales o de servicio) o por el tipo, hay que hacer mediciones previas a los fines de realizar un cálculo del sistema de puesta a tierra lo más ajustado posible a las necesidades. Este parámetro varía no solo con las características propias de la zona, sino que también incluye el contenido de humedad del terreno (de acuerdo con las estaciones y las napas freáticas). Otra de las características importantes es la agresividad que presenta el terreno hacia los materiales que estarán enterrados; esto último se debe a la acción conjunta de las sales disueltas y el agua presente.

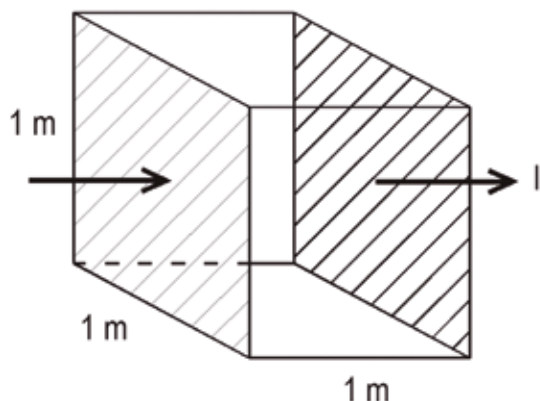


Figura 3. Determinación de la resistividad

La resistividad del terreno se mide en ohms sobre metros. Su determinación se hace mediante un método denominado “Wenner” (cuatro electrodos), que la bibliografía específica explica.

Se define la resistividad como la resistencia que ofrece al paso de la corriente eléctrica un cubo de terreno de un metro de lado (1 x 1 x 1 m). Entonces, si partimos de la expresión general de la resistencia de un conductor:

$$(1) \quad R = \rho \times l / s \quad [\Omega]$$

Para este caso será:

$$(2) \quad R = \rho \times (1 [m] / 1 [m^2]) \quad [\Omega]$$

$$(3) \quad \rho = R \times [ohm] \times [m^2] / [m] \quad \Omega m$$

$$(4) \quad [\rho] = [\Omega] \times [m]$$

Tipos de resistividad

La determinación de la resistividad de los terrenos es un tanto compleja ya que depende de varios factores y situaciones tales como la naturaleza y la estructura geológica, lo que a su vez determinará su variación en cuanto a la profundidad. A ello habrá que agregarle acciones no tan constantes que terminan influyendo sobre el valor que termina presentando, tales como composición propiamente dicha, sales solubles y su concentración, humedad, temperatura, granulometría y estratigrafía.

Tipo de terreno	Valor de resistividad
Pantanosos	30 Ωm
Arcilloso, de greda, labrantío	100 Ωm
Arena húmeda	200 Ωm
Grava húmeda	500 Ωm
Arena o grava seca	1.000 Ωm
Rocoso	3.000 Ωm

Tabla 1. Resistividades típicas

En cuanto a los valores que puede tomar, en la tabla 1 se dan algunos orientativos.

Otras consideraciones que se deben hacerse al respecto, pueden ser que la resistividad del terreno es, en ausencia de efectos secundarios, prácticamente independiente de la intensidad de la corriente eléctrica que lo recorre, pero existen otros factores que pueden modificarla apreciablemente y que por su naturaleza eléctrica pueden surgir posteriormente a la construcción del sistema de puesta a tierra, como lo son los efectos de gradientes de potencial elevado y del calentamiento del suelo como consecuencia de la circulación de corrientes eléctricas de falla elevadas o que lo hacen permanentemente.

Magnitudes importantes de la corriente eléctrica de falla a tierra generan gradientes de potencial de elevados valores en las cercanías de los electrodos, que se propagan en diversas direcciones.

El calentamiento del terreno tiende a aumentar su resistividad. ■

Bibliografía

- [1] Sobrevila, Farina, Instalaciones eléctricas, Librería y editorial Alsina, Buenos Aires.
- [2] Cátedra Instalaciones Eléctricas, Apuntes de cátedra, UTN Facultad Regional Rosario.
- [3] Instalaciones de puesta a tierra y protección de los sistemas eléctricos, Ediciones Experiencia, Barcelona.