

## Puesta a tierra

### Resumen: Información de SICA NEWS

#### Introducción

Se denomina puesta a tierra de una instalación dada a la unión eléctrica intencional entre todas las masas metálicas de la misma y un electrodo dispersor enterrado en el suelo, que suele ser generalmente una jabalina, placa o malla de cobre o hierro galvanizado (o un conjunto de ellas), con el fin de conseguir una unión con la menor resistencia eléctrica posible entre las masas y la tierra.

Si esa unión se realiza sin interposición de impedancia (o resistencia) alguna, se dice que es una puesta a tierra directa, en caso contrario sería una vinculación indirecta.

La instalación de un sistema de puesta a tierra permite la protección de las personas y los bienes contra los efectos de las caídas de rayos, descargas estáticas, señales de interferencia electromagnética y contactos indirectos por corrientes de fugas a tierra. Por lo tanto, la ejecución correcta de la misma brinda importantes beneficios al evitar pérdidas de vidas, daños materiales e interferencias con otras instalaciones.

Cabe aclarar que se entiende por masa a las partes metálicas accesibles de los elementos de la instalación y de los aparatos eléctricos, separados de las partes bajo tensión solamente por su aislación funcional. Asimismo, los contactos indirectos son aquellos que se establecen con piezas conductoras (elementos inactivos) que, sin estar normalmente bajo tensión, pueden estarlo por un defecto de su aislamiento. Su peligrosidad estriba en que los usuarios se acercan a las masas sin sospechar de su eventual energización.

En los casos de fallas, las protecciones eléctricas deben actuar desconectando la alimentación en períodos que están relacionados con los efectos fisiológicos de la corriente sobre el cuerpo humano.

Para una acción eficaz, resulta primordial que la resistencia de puesta a tierra tome un valor tal que no origine tensiones peligrosas al circular la corriente de falla; por lo que su valor está perfectamente acotado por las normas de aplicación para los distintos tipos de instalaciones.

Con la puesta a tierra se busca que las corrientes de falla a tierra encuentren un camino más fácil, que el que ofrecería el cuerpo de una persona que tocara la carcasa metálica bajo tensión.

De esta manera, como la red de tierra tiene una resistencia mucho menor que la del cuerpo humano, la corriente de falla circulará por la red de tierra, en vez de hacerlo por el cuerpo de la persona.

Las normas de aplicación establecen que deben ponerse a tierra las partes metálicas de los aparatos e instalaciones que no pertenezcan al circuito de servicio, y puedan entrar en contacto con partes sometidas a tensión en caso de avería o establecimiento de arcos. Por este motivo, en los aparatos

y en las partes de la instalación hay que prever un cable de puesta a tierra que se conecte directa o indirectamente a la toma de puesta a tierra, constituida por jabalinas y mallas de conductores enterrados convenientemente.

En las instalaciones industriales deben realizarse tomas de tierra independientes para las masas metálicas de los aparatos eléctricos, para la conexión de los neutros de los transformadores de potencia y para la conexión de los descargadores o pararrayos.

Por su parte, en las instalaciones domiciliarias en general se conectarán a la toma de tierra:

- > Las instalaciones de pararrayos
- > Las instalaciones de antenas, tanto de TV como de FM
  
- > Los tomacorrientes y las masas metálicas de baños y cocinas
- > Las estructuras metálicas y las armaduras de columnas y muros de hormigón.

**Las instalaciones ejecutadas con tubos metálicos de:** agua, calefacción y gas, así como calderas, depósitos, instalaciones de ascensores y montacargas, y en general todo elemento metálico que pueda entrar en contacto con un cable bajo tensión.

## Clasificación general

Como se indicó anteriormente, un sistema de puesta a tierra básicamente está compuesto por:

### El electrodo dispersor o de puesta a tierra:

Es el conductor (jabalinas, perfiles, cables desnudos, cintas, etc.) o conjunto de conductores en contacto con la tierra que garantizan una unión íntima con ella. Cuando los electrodos de tierra están lo suficientemente distantes, como para que la corriente máxima susceptible de pasar por uno de ellos no modifique sensiblemente el potencial de los otros, se dice que los electrodos de tierra son independientes.

### El conductor de protección

Debe estar presente en todas las instalaciones de baja tensión, sea cual fuere el esquema de tierra adoptado, y sirve para garantizar la continuidad del circuito de tierra.

En un circuito terminal el conductor de protección une las masas de los equipos de utilización y, si fuera el caso, el terminal de tierra de las alimentaciones de corriente; en un circuito de distribución, el conductor de protección vincula el terminal de tierra del tablero de donde parte el circuito al

terminal de tierra del tablero de alimentación del circuito.

## Definiciones

Se designa como tensión de seguridad a la que no produce efectos patológicos sobre una persona, aún cuando esté expuesta indefinidamente a esa tensión. En ambientes secos y húmedos su valor no debe superar los 24 Vca y en ambientes mojados los 12 Vca.

Se denomina tensión de contacto a la tensión a la que una persona puede ser sometida al tocar simultáneamente un objeto colocado bajo tensión y otro elemento que se encuentre a un potencial diferente (generalmente la tierra). La tensión de contacto límite que no resulta peligrosa para las personas es de 50 V, aunque se suele hablar de una menor que ella, denominada Muy Baja Tensión de Seguridad (conocida por sus siglas MBTS), establecida en 24 V.

Fijada una determinada tensión de contacto ( $V_c$ ) se puede establecer el valor de la resistencia de puesta a tierra ( $R_t$ ) que garantice la suficiente corriente  $I_t$  que produzca el accionamiento de la protección diferencial asociada.

El "Reglamento para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles" de la Asociación Electrotécnica Argentina establece que para el caso de usar interruptores diferenciales con  $V_c = 24$  V, la resistencia a tierra medida desde cualquier masa de la instalación, no debe superar los siguientes valores:

$R_t = 10$  Ohm para viviendas unitarias, recomendándose valores inferiores a 5 Ohm.

$R_t = 2$  Ohm para viviendas colectivas (Edificios o Complejos).

Cuando la instalación de puesta a tierra no se coordine con un interruptor diferencial, el valor de la resistencia a tierra se calculará de manera de no superar los valores de tensión de seguridad indicados anteriormente (24 y 12 V según el caso).

Se denomina tensión de paso a la diferencia de potencial que aparece entre dos puntos separados por una distancia igual al paso normal humano sobre la superficie de apoyo de los pies (tierra, piedra, césped, etc.). Este valor es importante en la puesta a tierra de las subestaciones a la intemperie, cuyo tratamiento excede los alcances de este artículo.

Por otra parte, existen distintos tipos de puestas a tierra, de acuerdo al objetivo de las mismas.

**Entre ellas se pueden mencionar:**

### Puesta a tierra de servicio o funcional

Es la que mantiene el potencial de tierra de alguna parte de los circuitos de alimentación, como ser los centros de estrella de generadores y transformadores.

### Puesta a tierra de protección

Consiste en la puesta a tierra de los elementos conductores que no pertenecen a la instalación eléctrica para brindar protección contra contactos indirectos; es decir que permite derivar las corrientes de falla peligrosas para las personas.

### Puesta a tierra de referencia

Es la destinada a brindar un potencial constante, que podrá ser empleado para tener una referencia a tierra de diversos equipos. Se emplea para garantizar el funcionamiento correcto, seguro y confiable de una instalación.

### Puesta a tierra de pararrayos

Es la encargada de llevar a tierra las sobretensiones producidas por las descargas atmosféricas sobre los descargadores y los pararrayos.

Finalmente, cabe acotar que en algunas ocasiones se realizan puestas a tierra conjunta, funcional y de protección.

### Puestas a tierra de servicio

Los sistemas usuales de puesta a tierra en las redes trifásicas están definidos como tales por las normas IEC 364 e IRAM 2281/3; y se describen con letras identificatorias que representan:

#### Primera letra

Condiciones de puesta a tierra de la fuente de energía

**T** = puesta a tierra directa de un punto de la red.

**I** = aislamiento de todas las partes activas con respecto a tierra o puesta a tierra de un punto de la red a través de una impedancia.

#### Segunda letra

Condiciones de puesta a tierra de las masas en la instalación eléctrica.

**T** = masas puestas a tierra directamente, independientemente de la fuente de energía.

**N** = masas unidas directamente a la puesta a tierra funcional.

#### Tercera letra (válida para los sistemas TN)

Disposiciones de los conductores de protección y neutro.

**S** = conductores separados para el de protección y neutro.

C= conductor único con funciones de protección y de neutro, denominado conductor PEN.

**En base a lo anterior se tiene:**

### Sistema IT

El esquema de distribución consta de las tres fases activas (RST).

En ellas el neutro no está rígidamente conectado a tierra (está aislado o conectado a tierra por medio de impedancias de elevado valor).

### Sistema TNS

Son redes en las que además de las tres fases (RST) existen otros dos conductores (el neutro y el conductor de protección). Es decir que los usuarios no realizan puestas a tierra de las instalaciones ya que la misma se ejecuta mediante el último conductor mencionado, que es suministrada por la compañía distribuidora.

### Sistema TNC

En este sistema de distribución se emplean 4 conductores, tres para las fases y un cuarto que realiza las funciones de neutro y de conductor de protección.

### Sistema TT

Consiste de una puesta a tierra de servicio conectada rígidamente a tierra de la cual tomaremos el conductor neutro, es decir que la distribución emplea 4 conductores, tres para las fases y uno para el neutro, mientras que el conductor de protección es provisto por el usuario, derivándolo de su puesta a tierra de seguridad. Este sistema es de gran importancia dado que es el actualmente empleado en la República Argentina para la distribución eléctrica en baja tensión, constituyendo el denominado sistema trifásico de tensiones de  $3 \times 380 / 220$  V.

Como se indicó anteriormente, en los sistemas TT, el centro de estrella de los transformadores de alimentación está conectado al neutro y a la vez puesto rígidamente a tierra en ese punto. En las condiciones reales de una red se producen desequilibrios en los consumos y circulación de corrientes poliarmónicas que ocasionan que este conductor pueda tener potenciales respecto de tierra superiores a la máxima tensión de contacto admitida (24 V). Por esta razón nunca se debe emplear el neutro de la compañía distribuidora de electricidad como conductor de protección, es decir que no se deben conectar al mismo las puestas a tierra de nuestra instalación.

### Puesta a tierra de protección

Como se mencionó anteriormente, la puesta a tierra de protección es la que se realiza normalmente

en los edificios, de allí la importancia de conocer sus características.

### El Reglamento de la A.E.A. establece para los mismos las siguientes disposiciones generales

El conductor de protección (denominado comúnmente conductor de tierra) será eléctricamente continuo y no será eléctricamente seccionado en punto alguno de la instalación ni pasará por el disyuntor diferencial. Tendrá la capacidad de soportar la corriente de cortocircuito máxima coordinada con las protecciones instaladas en el circuito. Como conductores de protección en instalaciones domiciliarias deben utilizarse cables unipolares aislados, con sección no menor a 2,5 mm<sup>2</sup>. En todos los casos deberá efectuarse la conexión a tierra de todas las masas de la instalación. Las masas que son simultáneamente accesibles y pertenecientes a la misma instalación eléctrica estarán unidas al mismo sistema de puesta a tierra. La instalación se realizará de acuerdo a las directivas de la norma IRAM 2281 - parte III.

### Realización de la puesta a tierra

La forma de ejecución de la toma de tierra ( con placas, jabalinas, etc.) dependerá generalmente de la resistividad eléctrica del terreno y de las dificultades de instalación para conseguir una baja resistencia de contacto a tierra. El tipo mas empleado tanto doméstica como industrialmente es el que se hace con jabalinas enterradas verticalmente en el terreno, generalmente de 1,5 a 3 metros de longitud.

Existen muchas tablas y fórmulas para calcular las tomas de tierra, según sea el tipo de terreno o la clase de electrodo empleado, pero son métodos laboriosos y poco exactos, por lo que en la práctica lo que se suele hacer es realizar un cálculo estimativo previo y luego medir la resistencia de la toma de tierra una vez realizada, y si aún es grande se coloca una o mas jabalinas adicionales hasta lograr el valor deseado.

La base de un buen sistema de puesta a tierra comienza con la selección del mejor lugar de emplazamiento y el ensayo del suelo que rodeará a la toma, procurando localizar el área con la mas baja resistividad. Luego de su instalación, se debe ensayar la toma de tierra propiamente dicha, para verificar que su valor se corresponde con el de diseño. Finalmente se recomienda realizar controles periódicos para detectar cambios en los valores correspondientes.

De esta manera, la metodología usual para la elección de las jabalinas de puesta a tierra, se puede resumir en

- 1) Medir, la resistencia del terreno en el lugar donde se instalará la puesta a tierra, preferentemente aplicando el método del telurímetro descrito en la Norma IRAM 2281 parte I. Alternativamente se podrá medir empleando una resistencia variable entre 20 y 100 Ohm, un amperímetro y un voltímetro con resistencia interna superior a 40.000 Ohm, apto para medir una tensión entre 0 y 5 V, y una

sonda enterrada a una profundidad de 0,50 m y una distancia no menor de 20 m, de la puesta a tierra.

2) Aplicar la relación aproximada entre la resistividad eléctrica del terreno  $G_t$  (Ohm . m) y el largo  $L$  de la jabalina (acero - cobre)

$R_t = 0,33 G_t$  para jabalinas de 3 m.

$R_t = 0,55 G_t$  para jabalinas de 1,50 m.

$R_t = G_t / L$  para jabalinas de otras longitudes.

Cuando con una única jabalina no se alcanza la  $R_t$  deseada se debe considerar el uso de varias jabalinas unidas entre sí por un conductor de Cu de 50 mm<sup>2</sup> y enterrado a 60 mm. de profundidad, separadas a una distancia tal que no produzcan interferencias entre sí mismas. La separación mínima de jabalinas que se suele emplear para tal fin es de 2,5 veces el largo de jabalina utilizada. Para el caso en, que por la separación necesaria de jabalinas que exige un dispensor, no sea posible tener la superficie de terreno suficiente, se recomienda el uso de mallas, permitiéndose la soldadura puente (tipo cupro-alumino-térmica) a electrodos naturales del edificio (armadura de hierro).

Con fines orientativos, se presenta la siguiente fórmula aproximada para calcular la resistencia de una malla de puesta a tierra de área  $A$ :

$R_t = 0,5 G_t / \text{Raíz cuadrada}(A)$

Por todo lo anterior, la medición correcta de la resistividad del terreno y de la resistencia de puesta a tierra de una instalación determinada adquiere una importancia relevante.

En principio digamos que los valores que se pueden medir en la práctica se ven influenciados por una serie de factores que impiden obtener resultados con gran exactitud. Entre los mismos podemos citar la posible existencia de corrientes vagabundas de CC y de CA, el carácter electrolítico del terreno y su eventual polarización, la aparición de potenciales galvánicos, el acoplamiento inductivo y/o capacitivo con otros sistemas, la ocurrencia de lluvias cercanas al momento en que se hace la medición, las irregularidades en la composición geológica del terreno y su grado de compactación, etcétera.

Como en algunos casos existen elementos de metal enterrado, conductos de agua subterráneos, etcétera; que pueden distorsionar las mediciones, se recomienda realizar varios ensayos con diferentes orientaciones entre sí.

Por lo tanto, los resultados de las mediciones deben someterse a un análisis crítico para identificar las posibles fuentes de error, y eventualmente replantear la forma de ejecución de los ensayos. En algunos casos puede ser conveniente realizar una gran cantidad de mediciones utilizando distintos métodos y luego analizar las tendencias resultantes.

Si bien en teoría la influencia del dispensor de puesta a tierra se extiende hasta el infinito, debe

considerarse que tal influencia varía inversamente con la distancia siguiendo una ley exponencial, pues la sección ofrecida a las trayectorias de corriente aumenta al alejarse del dicho dispersor. Por lo anterior, a los efectos prácticos dicha influencia se concentra en las cercanías del dispersor y se torna despreciable a distancias superiores a los 50 m en el caso de tomas de áreas reducidas o de simples jabalinas.

En el caso de una red dispersora extensa, puede aparecer una componente reactiva apreciable cuando la resistencia es menor que 0,5 Ohm. En estos casos, también debe prestarse atención a la posibilidad de existencia de resistencias parásitas de conexión.

La estimación de la resistividad del terreno a partir de la medición de la resistividad de una muestra extraída del mismo, se puede realizar en una caja prismática pequeña de sección transversal cuadrada, en la que se introduce el material extraído de la probeta respectiva. Como es de esperar, el valor de resistividad que se obtiene de esta manera resulta menos exacto que el que se obtendría en el terreno real, pero en algunas ocasiones es el único camino posible.

La resolución 207/95 del ENRE, el "Reglamento para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles" de la Asociación Electrotécnica Argentina y la norma IRAM 2281 establecen la forma en que deben realizarse estas mediciones.