
PUESTA A TIERRA Y JABALINAS

Material redactado para la cátedra:

Sistemas de Hardware p/Adm.

Revisor: Ing. Rubén López

Colaboración de los Alumnos:
Valentina Levi Lemes .
Rodrigo Lauro .

Versión: B2.0 (201008)

Unidad 1: INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS EN LA INGENIERÍA

1.3 Puesta a Tierra: Norma IRAM 2281 - Factores que afectan la resistividad del suelo - Tipos de Puesta a Tierra y Jabalina - Métodos para reducir la resistencia de una Puesta a Tierra.

Introducción

Tanto leyes nacionales (como así también disposiciones municipales) contemplan la necesidad de proteger la vida de los riesgos eléctricos. Y un buen punto para comenzar, es prever una buena puesta a tierra desde el proyecto inicial de la instalación.

El decreto 351/79, reglamentario de la Ley 19.587 (Ley de Higiene Y Seguridad en el Trabajo de la Nación) expresa en su artículo 95 (Título V, capítulo XIV) lo siguiente: "Las instalaciones y equipos eléctricos de los establecimientos, deberán cumplir con las prescripciones necesarias para evitar riesgos a personas o cosas"

1 Instalación de Puesta a Tierra: Disposiciones Generales

- a) *En todos los casos deberá efectuarse la conexión a tierra de todas las masas de la instalación.*
- b) *Las masas que son simultáneamente accesibles y perteneciente a la misma instalación eléctrica estarán unidas al mismo sistema de puesta a tierra.*
- c) *El sistema de puesta a tierra será eléctricamente continuo y tendrá la capacidad de soportar la corriente de cortocircuito máxima coordinada con las protecciones instaladas en el circuito.*
- d) *El conductor de protección no será seccionado eléctricamente en punto alguno ni pasará por el interruptor diferencial.*
- e) *La instalación se realizará de acuerdo a las directivas de la norma IRAM 2281- Parte III.*
- f) *No se permitirá en ningún caso utilizar la cañería de electricidad como circuito de tierra, como así ningún otro tipo de instalación fuera de las propiamente dispuestas para este fin."*

2 Conceptos Generales de la Norma IRAM 2281- Parte I.

- I) Cuando se pueda se elegirá el sitio de la puesta a tierra en uno de los siguientes tipos de suelo:
 - a) *Terreno pantanoso húmedo.*
 - b) *Terreno con arcilla, arenoso, suelo arcilloso o limo mezclado con pequeñas cantidades de arena.*
 - c) *Arcilla y limo mezclado con proporciones variables de arena, grava y piedras.*
 - d) *Arena mojada y húmeda, turba.*
- II) Se evitará: La arena, arcilla pedregosa, piedra caliza, roca basáltica, granito y todo suelo muy pedregoso.
- III) Se elegirá un suelo que no tenga un buen drenaje. Sin embargo no es esencial que el terreno está empapado de agua (a menos que sea arena o grava), dado que por lo general no se obtienen ventajas aumentando el contenido de humedad por encima del 15 al 20%.
- IV) Se tendrá cuidado de evitar los sitios que se mantienen húmedos porque fluye agua sobre ellos, dado que las sales minerales beneficiosas para un suelo de baja resistencia, pueden ser eliminadas.
- V) Los electrodos superficiales se usan en suelos de textura fina y que han sido compactados, apisonados y mojados. El suelo se zarandea, los terrenos se rompen y las piedras se remueven en la vecindad de estos electrodos.
- VI) Cuando sea posible las jabalinas se hincarán directamente, esto hace que la resistencia de contacto tierra - electrodo sea mínima. Donde ello no es posible, por ser el terreno excesivamente duro; primero sólo se perforará y luego se va rellenando el agujero con tierra zarandeada que se va apisonando bien y recién después de rellenado se hinca el electrodo. En todos los casos se

recomienda el hincado con inyección de agua para evitar huecos, facilitando la salida del aire. Además se aconseja verter agua lentamente alrededor de la jabalina (por goteo) para permitir una mejor compactación del suelo. Esto se logra cuando el agua vertida llega al extremo inferior de la jabalina.

- VII)** La resistencia de una instalación de puesta a tierra: consta de tres partes, a saber:
 - a) La resistencia eléctrica de los conductores que constituyen la instalación de puesta a tierra.
 - b) La resistencia de contacto entre el sistema de electrodos de puesta a tierra y el suelo circundante.
 - c) La resistencia del suelo que rodea al sistema de electrodos de puesta a tierra (Resistencia de dispersión).
- VIII)** Se aplican diversos métodos para disminuir la resistividad del suelo como: 1) Utilización de escorias del hierro aplastadas e incluso polvos metálicos, coque, riego de la zona que rodea a los electrodos con: Sulfato de Magnesio o Sulfato de Cobre.
- IX)** En todos los casos de mejoras de suelo, deben adoptarse medidas especiales para asegurar un buen contacto entre los electrodos enterrados y el suelo reconstituido.
- X)** Antes de aplicar cualquier tratamiento químico se debe verificar que no se ocasione un efecto perjudicial al material del electrodo (corrosión, falso contacto, etc.). Por ejemplo: Cloruro de sodio (o sal común), si bien esta es fácil de conseguir, es uno de los productos que más corroe el electrodo, en especial si este es de acero cincado.

3 Limitaciones Intrínsecas de un Sistema de Puesta a Tierra.

Se debe prestar atención al hecho de que un sistema de puesta a tierra tiene una conductancia límite para un área determinada y esto es básico para evitar un gasto inútil de materiales y mano de obra tratándose de lograr una conductancia que prácticamente es inalcanzable. Si bien es cierto que conviene aprovechar tanto como sea posible el área de que disponemos para este propósito, no es menos cierto que debemos hacer un uso efectivo de los electrodos o conductores de la malla toda vez que ello significa una importante erogación en materiales y mano de obra.

Aumentar el número de jabalinas por encima de cierto número es un gasto inútil debido a que el aumento de conductancia que se consigue es prácticamente despreciable. Algo similar ocurre si se trata de una malla de puesta a tierra.

En síntesis, dados el suelo (con la conductividad que le es propia), las dimensiones de los electrodos y un valor definido de la conductancia total deseada; es necesario verificar si con el área de que disponemos podremos alcanzar el valor deseado de conductancia, haciendo un uso económico de los electrodos o de los conductores de la malla. Si no es así, seguramente será más económico y más efectivo, aumentar el área que implantar más electrodos o adicionar más conductores a la malla dentro del área prevista inicialmente. Si no es posible el aumento del área, la única alternativa será la modificación de la resistividad del suelo mediante alguno de los procedimientos artificiales mencionados anteriormente.

En caso de tensiones de puesta a tierra superiores a 125V hay que realizar medidas de control del potencial o de aislamiento. En casos críticos es necesaria una prueba de medición de las tensiones de contacto.

4 Recomendaciones para reducir riesgos en las instalaciones eléctricas.

Adoptar algún método de protección, o una combinación válida de ellos de los enunciados a continuación, cumpliendo los requisitos particulares de cada uno.

- ✓ Muy baja tensión de protección.
- ✓ Doble aislación.
- ✓ Transformador de aislación.
- ✓ Tierra de protección.
- ✓ Neutro como conductor de protección.
- ✓ Protección por tensión de falla.
- ✓ Protección por corriente de falla.

Efectuar un correcto mantenimiento de la instalación, no sólo desde el punto de vista funcional, sino también contemplando el aspecto de la seguridad.

- ✓ Control de aislación.
- ✓ Control de protecciones mecánicas de conductores
- ✓ Control de protecciones eléctricas, especialmente fusibles, ya que pueden ser recargados o sustituidos por calibres mayores.
- ✓ Control de resistencia de puesta a tierra.
- ✓ Control de continuidad de los conductores de protección o unión a tierra.
- ✓ Capacitación del personal.

Tan importante como el correcto mantenimiento es un buen diseño de la instalación. A continuación se enuncian algunos puntos claves para la seguridad.

- Elección correcta del factor de simultaneidad.
- Correcto dimensionamiento de la puesta a tierra, considerando posibles aumentos de la potencia de cortocircuito durante la vida útil de la instalación, y la agresividad del terreno.
- Eliminación de riesgos de electricidad estática.
- Eliminación de riesgos de descargas atmosféricas.
- Uso de cables especiales allí donde la aplicación lo requiera: antillama, no generador de gases tóxicos, no generador de gases corrosivos, inmunes a los ataques de diversos agentes químicos, etc.
- Uso de transformadores secos.
- Prever los puntos de uso de energía, para evitar el uso de prolongaciones.
- Tener en cuenta al elegir el equipamiento, el ambiente de trabajo: temperatura, humedad, ataque químico, ambiente explosivo, roedores, etc.

5 Factores que afectan la Resistividad del suelo.

5.1 Influencia de la temperatura:

La resistividad crece muy lentamente a medida que la temperatura disminuye hasta llegar al punto de congelación del agua. Por debajo del punto de congelación la resistividad crece rápidamente al disminuir la temperatura. Esto tiene importancia en zonas frías donde en invierno el suelo se congela hasta una cierta profundidad. En éstos casos, el sistema de tierra debe instalarse por debajo del nivel de congelación si se pretende un valor aceptable de la resistencia a lo largo de todo el año; por ejemplo, la temperatura disminuye de 20 °C a -19 °C, la resistividad puede aumentar alrededor de 200 veces. Debido a que la temperatura como la humedad son más estables a mayor distancia de la superficie, se concluye que un sistema de tierra, para ser más efectivo en cualquier época, deberá ser construido con las jabalinas hincadas profundamente. Este es el propósito que se persigue cuando se llega con el electrodo hasta la capa freática, en este caso, la resistencia no sólo es muy baja sino que también es estable.

5.2 Influencia de la humedad:

Cuando están completamente secos, casi todos los suelos tienen una resistividad del orden de aisladores perfectos. La resistividad disminuye rápidamente hasta que la humedad alcanza el 20% a partir de ese porcentaje sólo se consigue una leve disminución de la resistividad con el aumento de la humedad. Inversamente, por debajo del 15% la resistividad aumenta dramáticamente con la disminución de la humedad. Decreciendo la humedad del 30% al 5% la resistividad aumenta alrededor de 400 veces.

5.3 Efecto del contenido de sales:

Normalmente un terreno seco tiene alta resistividad, pero un terreno húmedo también puede tenerla si no contiene sales solubles, es decir el agua es muy blanda.

6 Tipos de Puestas a Tierra

Una toma de tierra está formada por un conjunto de electrodos u otros elementos enterrados, que tienen como misión forzar la derivación al terreno de las intensidades de cualquier naturaleza que se puedan originar en nuestra instalación, ya se trate de corrientes de defecto a frecuencia industrial (50 Hz.) o de descargas atmosféricas.

7 Tipos de Tomas de Tierra

Existen dos métodos para la construcción de tomas de tierra, las de Profundidad y las de Superficie, siendo el más utilizado el de profundidad (jabalinas, electrodos activos, placas o similares, etc.). En el supuesto de que el terreno presente dificultades utilizaremos el método de extensión.

7.1 PROFUNDIDAD:

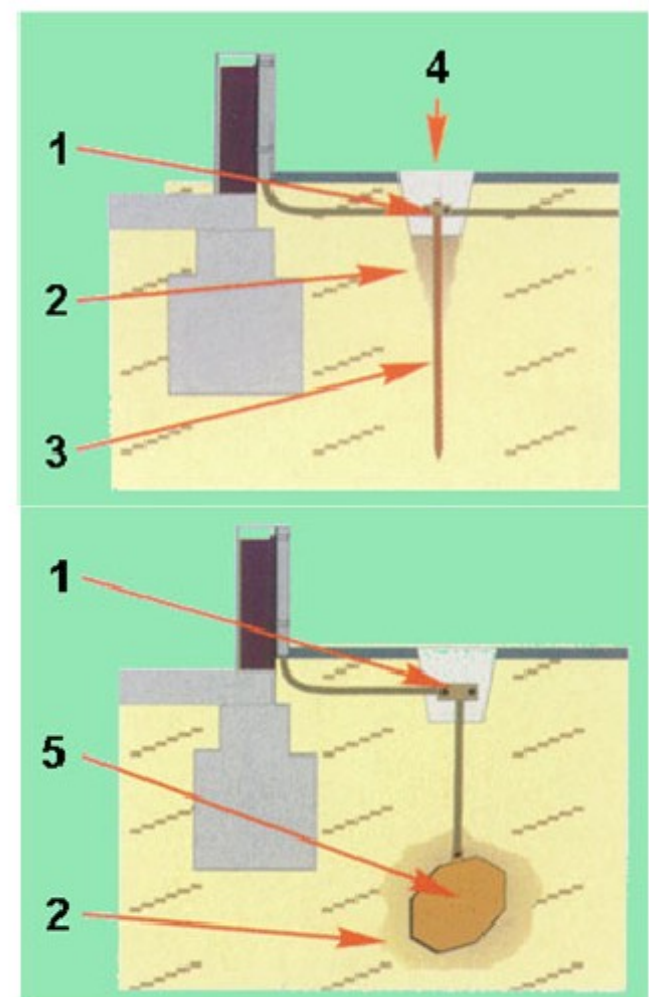
7.1.1 JABALINA:

Constituye el método más utilizado de puesta a tierra debido a su fácil instalación. Su introducción en el terreno es por hincado.

Estará formada por tres jabalinas, de 1,5 m de longitud mínima, enterradas verticalmente, formando un triángulo equilátero.

Estas se unirán mediante cable desnudo o cinta de cobre enterrados en una zanja de 60 a 80 cm. de profundidad, y se conectarán a la red de tierras mediante puente de comprobación, dentro de una arqueta de registro.

La distancia de separación entre las diferentes picas o jabalinas será igual al doble de la longitud de las picas o jabalinas $D = 2 \times L$ (de la longitud de las picas o jabalinas).



7.1.2 PLACAS O SIMILARES:

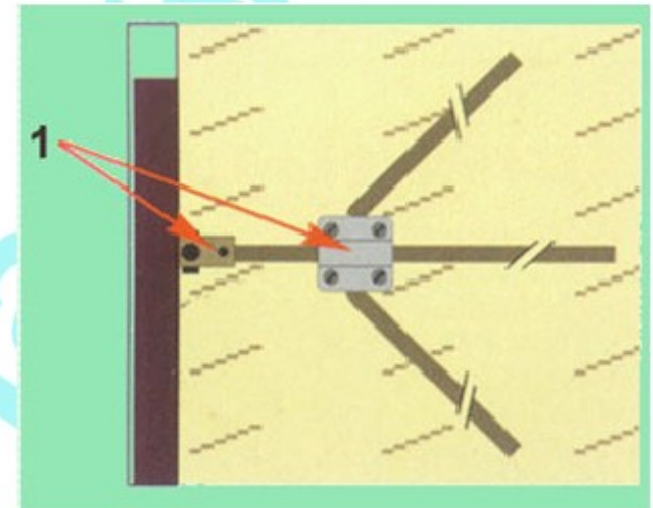
Es el menos utilizado por tener que realizar la excavación de un pozo. Solo se recurre a este sistema cuando con los sistemas anteriores no obtenemos los valores deseados, y en lugares de muy poca superficie para colocar piquetas.

Normalmente se construye un pozo, de 2 mts. de fondo, instalando la placa verticalmente y rellenando con tierra vegetal y otros aditivos para disminuir la resistividad del terreno.

7.2 SUPERFICIE: (EXTENSIÓN / PATA DE GANSO)

Este método de construcción de toma de tierra se emplea en terrenos rocosos, o de difícil excavación.

Esta formado por 25 m de cinta o cable de cobre repartida en tres ramas enterradas en zanjas con un mínimo de 60 cm de profundidad, siendo la apertura entre ramas de 45°.



8. Tabla Práctica para Realizar Puestas a Tierra en Sistemas Eléctricos

Para tener como referencia la siguiente tabla muestra los valores de resistencias eléctricas de puesta a tierra, obtenibles con Jabalinas, de 16mm. de diámetro e hincado directo en el suelo, considerando distintos largos y resistividades del suelo (tener en cuenta que si se variase el diámetro las alteraciones en los valores serian casi despreciables). Los valores obtenidos son teóricos, ya que se supone al suelo como de constitución homogénea y calculadas en base a la Norma IRAN 2281.

Largo Jabalina (m)	Resistividad (ohm mts)									
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
1,50	7,12	10,68	14,24	17,80	21,36	24,92	28,48	32,04	35,60	39,16
2,00	5,57	8,35	11,14	13,92	16,71	19,49	22,28	25,06	27,85	30,63
3,00	3,93	5,89	7,86	9,82	11,78	13,75	15,71	17,68	19,64	21,60
4,50	2,76	4,14	5,52	6,91	8,29	9,67	11,05	12,43	13,81	15,19
6,00	2,15	3,22	4,30	5,37	6,44	7,52	8,59	9,67	10,74	11,81

NOTA: Esta tabla de "Resistencia eléctrica de puesta a tierra para jabalinas cilíndricas de acero-cobre, fueron calculadas basándose en la Norma IRAN 2281 Código de practica para puesta a tierra de sistemas eléctricos.

9 Métodos para Reducir la Resistencia de una Puesta a Tierra.

Cuando la resistividad del terreno es muy elevada, y en donde las jabalinas no pueden enterrarse profundamente debido a rocas se utilizan diversos métodos para mejorar las condiciones. En general todos los

métodos gratan de crear una mejor conductividad en las primeras capas o cilindros de tierra que rodean al electrodo, en donde la superficie conductora es pequeña. El tratamiento también es beneficioso al independizar el valor de resistencia obtenida de las variaciones climáticas. Los métodos más comunes son:

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| ✓ Electrodo profundos | ✓ Agregado de sales simples. |
| ✓ Electrodo múltiples en paralelo. | ✓ Agregado de coque. |
| ✓ Contrapesos. | ✓ Aporte de sales de GEL. |
| ✓ Reducción de la resistividad del suelo mediante procedimientos artificiales. | ✓ Inyección de bentonita. |
| | ✓ Inyección de resinas sintéticas. |

Efecto del contenido de sales: Normalmente un terreno seco tiene alta resistividad, pero un terreno húmedo también puede tenerla si no contiene sales solubles, es decir el agua es muy blanda.

10 Empleo de Bentonita para mejorar una Puestas a Tierra en Terrenos de Alta Resistividad

En la ejecución de puesta a tierra se presenta casos en que la alta resistividad de algunos de los tipos de suelos tales como zonas rocosas, de areniscas o volcánicas, hacen difícil e incluso imposible obtener valores satisfactorios de la resistencia de una puesta a tierra.

Un método muy usado para mejoramiento de las descargas o en el desarrollo de estas, en el caso de un terreno de alta resistividad, consiste en utilizar bentonita como agregado al terreno en que se instala una puesta a tierra.

El empleo de bentonita, agua y sal para el relleno de las jabalinas de puesta a tierra, permite obtener la humedad, casi constante a nivel molecular, en el terreno y de esa manera aumenta la conductividad y eficacia de la instalación a un costo menor con respecto a los sistemas convencionales.

Es de destacar que las bentonitas empleadas para estos fines deben cumplir el requisito de ser sódicas, estas presentan un pH suficientemente elevado que favorece un ambiente alcalino, evitándose así el riesgo de corrosión en el caso de usarse electrodos de hierro, especialmente en terrenos ácidos.

Asimismo existe un GEL ESPECIAL, que básicamente se fundamenta en la propiedades naturales de la bentonita sódica, pero con aditivos que mejoran sus presentaciones.

11. Bibliografías y Links:

- Norma EIA / TIA 568
- Norma ISO / IEC DIS 11801
- Norma **ANSI / TIA / EIA-569**
- Norma **ANSI / TIA / EIA-570**
- Norma **ANSI / TIA / EIA-606**
- Norma **ANSI / TIA / EIA-607**
- Introducción al Cableado Estructurado - INEI
- **Redes de Cableado Estructurado de Telecomunicaciones para Edificios Administrativos y Áreas Industriales – PEMEX** - Subcomité Técnico de Normalización de Petróleos Mexicanos
- Panduit Network Systems
- AXIONA Internacional S.A.
- Ley 19.587 - Ley de Higiene y Seguridad en el Trabajo de la Nación
- Norma IRAN 2281
- <http://higiene-seguridad.com.ar/>
- <http://www.arquinstal.com.ar/publicaciones/cambre/c2itemd.htm>
- http://www.sertec.com.py/telergia/telergia/informaciones/pararrayos_protecciones3.htm