

Santafé de Bogotá, Noviembre de 1998

## **METODOS PARA MEDIR IMPEDANCIAS DE PUESTA A TIERRA.**

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente para encontrar la profundidad de la roca, así como para encontrar los puntos óptimos para localizar la red de tierras de una subestación, planta generadora o transmisora en radiofrecuencia. Asimismo puede ser empleada para indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas.

En general, los lugares con resistividad baja tienden a incrementar la corrosión. En este punto es necesario aclarar que la medición de la resistividad del terreno, no es un requisito para obtener la resistencia de los electrodos a tierra.

Las conexiones de puesta a tierra en general poseen impedancia compleja, teniendo componentes inductivas, capacitivas y resistivas, todas las cuales afectan las cualidades de conducción de la corriente.

Las resistencias de la conexión son de particular interés en los sistemas de transmisión de energía (bajas frecuencias), debido a la conexión. Por el contrario, los valores de capacitancia e inductancia son de particular interés en altas frecuencias como en comunicaciones de radio y descargas atmosféricas.

Ademas de lo anteriormente expuesto, las mediciones de puesta a tierra se hacen para:

- Proteger efectivamente los sistemas contra los efectos de las descargas atmosféricas.
- Proporcionar un medio para disipar la corriente eléctrica en la tierra bajo condicione normales o de corto circuito, sin exceder ningún limite operacional de los equipos o suspender la continuidad del servicio.
- Minimizar la interferencia de los circuitos eléctricos de transmisión y distribución con los sistemas de comunicación y control.

## **PRINCIPIOS Y METODOS DE PUESTA A TIERRA.**

Dentro de los propósitos principales para los cuales se determinan los valores de impedancia de puesta a tierra están:

- Determinar la impedancia actual de las conexiones de puesta a tierra.
- Como control y verificación los cálculos en el diseño de sistemas de distribución de puesta a tierra.
- La adecuación de una puesta a tierra para transmisión de radiofrecuecia.
- La adecuación de la puesta a tierra para protección contra descargas atmosféricas.
- Asegurar, mediante el diseño apropiado de la puesta a tierra, el buen funcionamiento de los equipos de protección.

A la par de la resistencia de valor óhmico (activa), existe una componente reactiva que hay que tener en cuenta cuando el valor óhmico es menor a 0.5 , pero es despreciable cuando el valor óhmico es mayor a 1 .

La resistencia de toma de tierra es, prácticamente, la resistencia del volumen del material del terreno que rodea el elemento de la toma hasta una distancia aproximada 5 m. Las mediciones de tierra deben realizarse, no solo durante la energización, sino periódicamente para determinar las posibles variaciones.

La medición de resistencia a tierra de electrodos es una técnica que requiere conocer aparte del método de medición, algunos factores que afectan los resultados de las mediciones, y que son:

1. El tipo de prueba.
2. El tipo de aparato empleado.
3. El lugar físico de las puntas de prueba

#### TIPO DE PRUEBA

Existen dos tipos de pruebas fundamentalmente. Las demás son variaciones de éstas. Aunque muy parecidas, los resultados de las mediciones no son exactamente los mismos. Los métodos son:

- a. Método de caída de potencial. Llamado también: Tres Puntos, 62%, etc.
- b. Método Directo. También conocido como: Dos Puntos. – No reconocido en la NOM-001-SEMP-1994

#### TIPO DE APARATO.

No todos los aparatos de medición de resistencia a tierra trabajan de la misma manera. Existen diferencias muy marcadas en el tipo de corriente empleada. A manera de ilustrar estas diferencias, los aparatos más utilizados en nuestro medio son el Vibroground y el Megger de tierras. Ambos emplean corriente alterna para la medición pero el primero a una frecuencia de 25 Hz, el último a 133 Hz. Y los voltajes en circuito abierto son respectivamente de 120 y 22 Volts.

#### LUGAR FISICO

Las varillas electrodos de los instrumentos de medición pueden ser colocadas en todas direcciones como a una infinidad de distancias entre ellas. Aunque es el mismo punto de medida, las lecturas no son idénticas; a veces ni en terrenos vírgenes debido a la presencia de corrientes de agua o de capas de distinta resistividad. En los terrenos industriales es aún mayor la diferencia debido a la presencia de objetos metálicos enterrados como tuberías, varillas de construcción, rieles, canalizaciones eléctricas, etc.

Todos los resultados son aproximados y se requiere cuidado tanto con el equipo de prueba como con la selección de los puntos de referencia de la puesta a tierra. Dentro de los métodos para la medición de las impedancias de puesta a tierra se conocen los siguientes:

- Método de la tierra conocida.
- Método de los tres puntos.
- Método de la caída de potencial.
- Método de la relación.

A continuación cada uno de estos métodos es expuesto con sus ventajas y desventajas.

#### **MÉTODO DE LA TIERRA CONOCIDA.**

Este método consiste en encontrar la resistencia combinada entre el electrodo a probar y uno de resistencia despreciable.

Figura 1. Método de la tierra conocida.

En este método se hace circular una corriente entre las dos tomas de tierra, esta corriente se distribuye en forma similar a las líneas de fuerza entre polos magnéticos. El inconveniente de este método es encontrar los electrodos de resistencia conocida y los de resistencia despreciable.

### **MÉTODO DE LOS TRES PUNTOS O TRIANGULACIÓN.**

Consiste en enterrar tres electrodos (A, B, X), se disponen en forma de triángulo, tal como se muestra en la figura 2, y medir la resistencia combinada de cada par: X+A, X+B, A+B, siendo X la resistencia de puesta a tierra buscada y A y B las resistencias de los otros dos electrodos conocidas.

Figura 2 . Método de las tres puntas.

Las resistencias en serie de cada par de puntos de la puesta a tierra en el triángulo será determinada por la medida de voltaje y corriente a través de la resistencia. Así quedan determinadas las siguientes ecuaciones:

$$R_1 = X + A$$

$$R_2 = X + B$$

$$R_3 = A + B$$

De donde

$$X = (R_1 + R_2 - R_3) / 2$$

Este método es conveniente para medidas de resistencias de las bases de las torres, tierras aisladas con varilla o puesta a tierra de pequeñas instalaciones. No es conveniente para medidas de resistencia bajas como las de mallas de puesta a tierra de subestaciones grandes. El principal problema de este método es que A y B pueden ser demasiado grandes comparadas con X (A y B no pueden superar a 5X), resultando poco confiable el cálculo.

### **MÉTODO DE LA CAIDA DE POTENCIAL.**

Es el método más empleado, los electrodos son dispuestos como lo muestra la figura 3; E es el electrodo de tierra con resistencia desconocida; P y C son los electrodos auxiliares colocados a una distancia adecuada (). Una corriente (I) conocida se hace circular a través de la tierra, entrando por el electrodo E y saliendo por el electrodo C. La medida de potencial entre los electrodos E y P se toma como el voltaje V para hallar la resistencia desconocida por medio de la relación  $V/I$ .

Figura 3. Método de la caída de potencial.

La resistencia de los electrodos auxiliares se desprecia, porque la resistencia del electrodo C no tiene determinación de la caída de potencial V. La corriente I una vez determinada se comporta como constante. La resistencia del electrodo P, hace parte de un circuito de alta impedancia y su efecto se puede despreciar.

### **MÉTODO DE LA RELACIÓN.**

En este método la resistencia a medir, es comparada con una resistencia conocida, comúnmente usando la misma configuración del electrodo como en el método de la caída de potencial. Puesto que este es un método de comparación, las resistencias son independientes de la magnitud de corriente de prueba.

La resistencia en serie R de la tierra bajo prueba y una punta de prueba, se mide por medio de un puente el

cual opera bajo el principio de balance a cero.

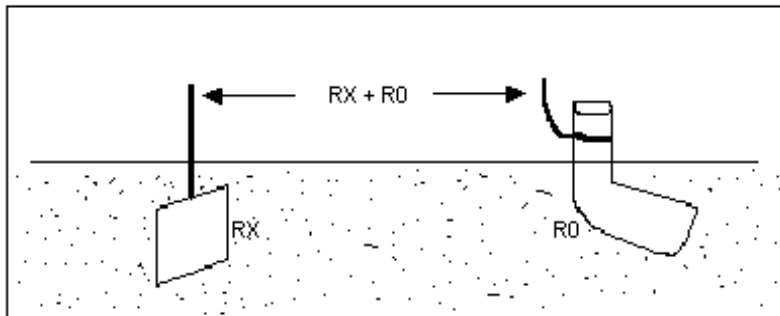
## BIBLIOGRAFIA.

- Medidas de resistividad de terrenos e impedancias de puestas a tierra. German Castellanos
- <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/5506/cime/tierras/00tema.html>
- Instalaciones de puesta a tierra

Vittorio Re- Traducido por Jaime Riba Sarda.

- Protecciones y tierras para telecomunicaciones.

Raul Eduardo Ibern Cortes – Jairo Franco Giraldo.



Rx

Rx+Ro

20 m

20 m

20 m

A

B

X

