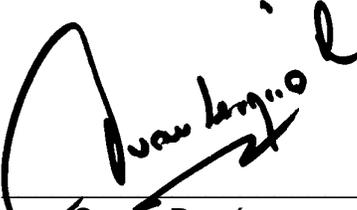


GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

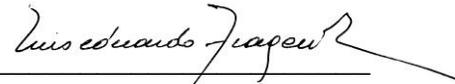
Elaborado por:


 Juan Sergio Ramirez
 Ingeniero PAC

Revisado por:


 Andrés Insuasty
 Ingeniero de Proyectos

Aprobado por:


 Luis Eduardo Aragón
 Gerente Nacional

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

CONTROL REVISIONES

REVISIÓN	OBSERVACIONES	Fecha de APROBACIÓN
00	Original	Febrero 3 de 2000
01	Separación del proceso de diseño de Sistemas de Puesta a tierra y de mediciones de puesta a tierra, Inclusión de las medidas de protección (EPP) y de la descripción de las técnicas adoptadas para realizar las mediciones, Reasignación de responsabilidades.	Agosto 30 de 2011
02	Revisión general y actualización.	Enero 24 de 2014
03	Se adicionó procedimiento de mediciones de resistencia de puesta a tierra en subestaciones de alta y extra alta tensión y mediciones de tensiones de seguridad. Se hace referencia al formato para seguimiento del estado de los equipos RG-120-02.	Enero 12 de 2017
04	Se adiciono el ítem 3 y el ítem 9	Octubre 1 de 2019
05	Se modificó el ítem 6 y el ítem 8.4.	Enero 6 de 2021

Departamento: PAC	Copia No:	Página 2 de 21
--------------------------	-----------	----------------

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

1. OBJETIVO

El propósito de este documento es presentar de una manera clara los conceptos básicos que se deben tener en cuenta para llevar a cabo mediciones de sistemas de puesta a tierra como:

- Mediciones de Resistencia de puesta a tierra
- Mediciones de resistividad
- Mediciones de equipotencialidad
- Medición de Tensiones de Seguridad

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica para la ejecución de mediciones de sistemas de puesta a tierra para todo tipo de plantas industriales, subestaciones de media y baja tensión, torres de líneas de transmisión y distribución, tanto nuevas como en operación.

3. PROCEDIMIENTO

El procedimiento se realizara conforme con la actividad a realizar:

3.1 Mediciones de resistividad

- Ubicar una zona verde
- Extender el decámetro a lo largo de la zona verde
- Organizar los electrodos en cuatro (4) puntos de medición dispuestos en línea recta y espaciados uniformemente.
- Conectar en cada electrodo con una pinza del telurómetro y medir
- Se deben realizar mediciones a lo largo de varios ejes de referencia.

3.2 Mediciones de Resistencia de puesta a tierra

- Ubicar el sistema de puesta a tierra
- Conectar una pinza en la derivación de puesta a tierra del equipo (cola) o del pozo inspeccionable.
- Extender el cable a una distancia desde el electrodo de referencia superior a 6,5 veces la mayor distancia lineal de la puesta a tierra (en este caso la diagonal de la malla de tierra).

Departamento: PAC	Copia No:	Página 3 de 21
--------------------------	-----------	----------------

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

- El electrodo de potencial (P2) se coloca aproximadamente al 62% de la distancia entre el punto de referencia y el electrodo de corriente (C2) y en línea con estos.
- Se le varía su localización gradualmente a lo largo de ésta dirección, efectuándose una medición para cada posición sin que se presente una apreciable diferencia.

3.3 Mediciones de equipotencialidad

- Ubicar la derivación de puesta a tierra.
- Conectar en cada extremo un cable conectado al telurómetro formando un circuito cerrado
- Medir

3.4 Medición de Tensiones de Seguridad

➤ Tensión de paso:

- Colocar las dos pesas de contacto separados 1 m una de la otra, y cerca de la tierra a medir.
- Cada electrodo se conecta a los bornes del voltímetro del aparato.
- Concretamente se procede a averiguar la tensión a la que podría estar sometida una persona que caminase en las proximidades del electrodo de puesta a tierra, en el momento de producirse una corriente de defecto (pies separados 1 metro).

➤ Tensión de contacto:

- Las pesas se colocarán juntas, unidas eléctricamente mediante un cable puente (simulan los pies de la persona que puede estar sometido a la tensión de contacto).
- Se conectarán a un solo borne de entrada del medidor de tensión.
- El otro borne de entrada del voltímetro se conectará (mediante un cable y "un caiman") al PUNTO DE CONTACTO a ensayar (parte metálica, valla, aparellaje, carcasa, etc.).
- La distancia entre los dos electrodos y dicho punto de contacto objeto de medida será de un metro.
- Esta medida deberá efectuarse en cada una de las partes metálicas que contenga la instalación, aunque estén unidas todas ellas a tierra por una red equipotencial, ya que puede ser la tierra la que se encuentra a diferente potencial frente a cada parte metálica.

Departamento: PAC	Copia No:	Página 4 de 21
--------------------------	-----------	----------------

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

4. RESPONSABILIDAD

Los responsables de las actividades a realizar dentro de los proyectos de mediciones de sistemas de puesta a tierra se presentan en la tabla siguiente.

ACTIVIDAD	RESPONSABLE
MEDICIONES	Ingeniero y Auxiliar de Ingeniería
PROCESAMIENTO DATOS	Ingeniero
ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	Ingeniero
INFORME FINAL	Ingeniero
REVISIÓN INFORME	Ingeniero
VERIFICACION DEL INFORME	Ingeniero
VALIDACIÓN DEL INFORME	Ingeniero responsable del proyecto
EXPOSICIÓN INFORME	Ingeniero Responsable de del Proyecto

Tabla No 1: Responsabilidades en el servicio medición de parámetros eléctricos

5. CONDICIONES GENERALES

El alcance de la ingeniería depende de los requerimientos definidos por el cliente para la ejecución del proyecto.

Para las mediciones se requiere el suministro de planos del sistema de de puesta a tierra existente y memorias de cálculo.

6. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Durante el recorrido en campo y la realización de las mediciones se deben utilizar de forma obligatoria los siguientes EPPs:

- **Casco Dieléctrico:** Para protección contra impactos desde arriba o a los lados de la cabeza.
- **Gafas de seguridad:** Para protección contra proyección de partículas y deslumbramientos.
- **Camisa manga larga 100% algodón:** Para protección del sol y contra cortes en la piel.

Departamento: PAC	Copia No:	Página 5 de 21
--------------------------	-----------	----------------

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

- **Guantes de carnaza o cuero de cerdo:** Para protección contra cortes (con herramienta o plantas) y golpes.
- **Jeans o pantalón de Drill:** Para protección del sol y contra cortes.
- **Botas dieléctricas con puntera:** Protección dieléctrica y contra cortes y golpes.

De acuerdo a las condiciones climáticas y a los riesgos evidenciados en campo se puede complementar la protección con:

- Protectores auditivos de copa o inserción
- Mascarillas respiratorias con protección contra material particulado o gases orgánicos, metálicos, etc.
- Guantes de nylon/vinilo o Hilaza/PVC
- Gorro tipo monja y protector solar.
- **Trajes Ignífugos Categoría 2.**
- Monitoreo de atmosferas, etc.

7. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Se debe disponer de equipos y herramienta adecuada para realizar las actividades de medición en campo y de maletines y cajas que permitan su traslado de forma cómoda y segura desde la oficina hasta el punto de trabajo y durante los recorridos en campo.

Los equipos a utilizar deben estar bajo control metrológico de acuerdo con los lineamientos del PR 106 Procedimiento Gestión Metrológica.

Antes de seleccionar el equipo se debe verificar que la etiqueta de comprobación metrológica interna esté vigente.

Los equipos y accesorios se deben inspeccionar físicamente, actividad previa al envío o salida de equipos de las instalaciones de GERS. Con esta verificación se busca asegurar que están en buen estado y que funcionan adecuadamente. Dicha verificación debe quedar consignada en el formato RG-120-02 para seguimiento del estado de los equipos.

Los cables se deben encontrar en buen estado (sin peladuras o quiebres) para evitar fallos en las mediciones, además durante las pruebas, deben extenderse siempre en su totalidad para evitar alteraciones en las mediciones.

- Telurómetro digital
- Cables
- Picas
- Decámetro

Departamento: PAC	Copia No:	Página 6 de 21
--------------------------	-----------	----------------

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

- Caimanes
- Mazo
- Cámara

8. DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

8.1 Medición de la Resistividad

La resistividad del terreno depende de la naturaleza y de la homogeneidad del terreno y de las condiciones climáticas. Por tal razón, es conveniente realizar mediciones del terreno durante varias épocas del año, lo cual permite tener una mayor y mejor cuantificación de la resistividad del terreno. Si no es posible obtener valores en diferentes épocas del año, se debe introducir un factor de seguridad que depende de las mediciones que se hayan realizado anteriormente.

El método empleado para la medición de la resistividad del terreno consiste en la medición indirecta de la resistividad con ayuda de un telurómetro: Es un trabajo de campo con mediciones del suelo en el sitio donde se va a construir la malla de puesta a tierra.

Como guía para la metodología de diseño de las puestas a tierra objetivo de este documento, se planteará el método Wenner para la medición de la resistividad.

◆ Método Wenner

Consiste en un arreglo de los electrodos en cuatro (4) puntos de medición dispuestos en línea recta y espaciados uniformemente, tomando ejes como referencia (ver Figura No. 1), donde para cada eje se realizan mediciones con espaciamientos de 2, 4, 6 y hasta 8 metros entre electrodos. El número de intervalos para el espaciamiento entre los electrodos se selecciona teniendo en cuenta el grado de exactitud en la medición (acorde al área). Estos intervalos permiten evaluar el comportamiento de la resistividad del terreno en función de la profundidad debido a la distribución de la corriente en forma de hemisferio en el terreno, lo cual facilita realizar un modelamiento adecuado del suelo para orientar el diseño del sistema de puesta a tierra.

Se deben realizar mediciones a lo largo de varios ejes de referencia y se debe cubrir toda el área del terreno en el cual se instalará el sistema de puesta a tierra.

Departamento: PAC	Copia No:	Página 7 de 21
--------------------------	-----------	----------------

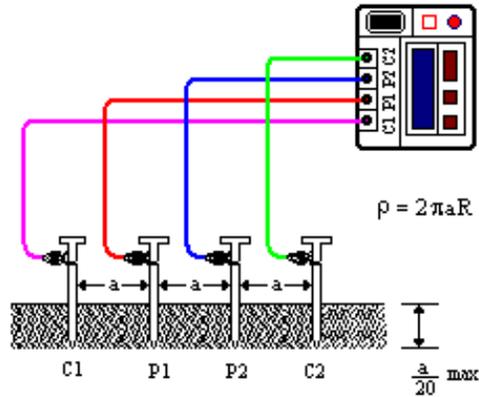


Figura No. 1 Método para la Medición de la Resistividad del Terreno

Teniendo en cuenta las consideraciones del campo electromagnético hechas para el método de Wenner, la resistencia medida, la profundidad de enterramiento de los electrodos utilizados para realizar la medición y la separación entre los mismos, se puede calcular la resistividad del terreno, con base en la siguiente ecuación matemática:

$$\rho = \frac{4 \cdot \pi \cdot a \cdot r}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \tag{1}$$

Donde:

- ρ = Resistividad del terreno en (Ω -m)
- r = Resistencia medida (Ω)
- a = Distancia entre electrodos (m)
- b = Enterramiento de los electrodos (m)

Si se emplea un enterramiento de los electrodos menor o igual a 1/20 de la longitud de separación, la ecuación (1) se puede simplificar a:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot r \tag{2}$$

Nota: Los equipos METREL y AEMC presentan en pantalla directamente el valor de resistividad en Ω .m.

8.2 Mediciones de la Resistencia de Puesta a Tierra

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

8.2.1 Mediciones para Sistema de Puesta a Tierra en plantas industriales y subestaciones de media y baja tensión

De acuerdo con la configuración del sistema de puesta a tierra y las condiciones propias de la instalación, los equipos ofrecen diferentes alternativas de configuración y medición, sin embargo, el método más acertado para estas mediciones es el de la caída de potencial con aplicación a la curva o la regla del 62%.

Las mediciones empleando el método de la caída de potencial a la regla del 62%, consisten en una medición directa, con el arreglo de los electrodos en tres (3) puntos de medición dispuestos en línea recta (ver Figura No.2).

Este método consiste en encontrar la razón entre el potencial del sistema de puesta a tierra con relación a un punto debidamente alejado conocido como “tierra remota” y la corriente que se hace fluir entre estos puntos.

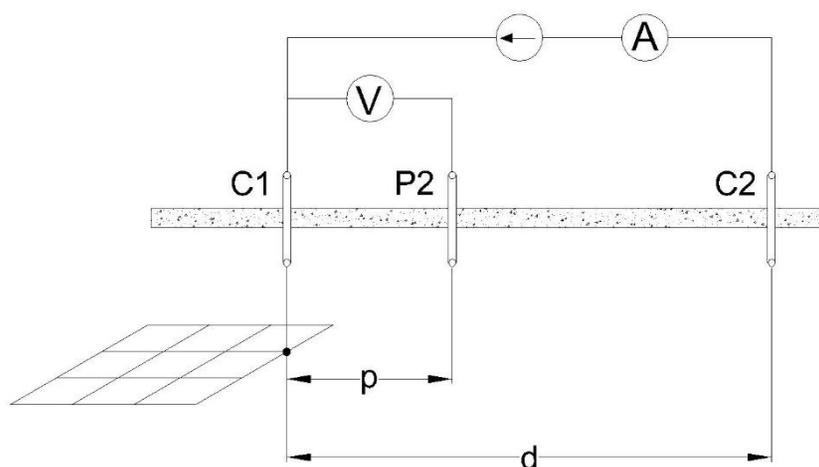


Figura No. 2 Método Utilizado para la Medición de Resistencia de Puesta a Tierra

Para la aplicación de este método, el electrodo de corriente (C2) se debe colocar a una distancia desde el electrodo de referencia superior a 6,5 veces la mayor distancia lineal de la puesta a tierra (en este caso la diagonal de la malla de tierra). Es importante aclarar que esta distancia puede ser o no aplicable dependiendo de las condiciones de la instalación. El potencial de tierra buscado (P2) se encontrará al 62% de esa distancia.

En zonas urbanas será complicado conseguir la distancia antes mencionada por la dificultad de encontrar zonas verdes, por lo que se hará necesario utilizar el terreno disponible.

Departamento: PAC	Copia No:	Página 9 de 21
-------------------	-----------	----------------

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

El electrodo de potencial (P2) se coloca aproximadamente al 62% de la distancia entre el punto de referencia y el electrodo de corriente (C2) y en línea con estos. A este electrodo se le varía su localización gradualmente a lo largo de ésta dirección, efectuándose una medición para cada posición sin que se presente una apreciable diferencia.

Las mediciones realizadas con diferentes espaciamientos del electrodo de potencial (P) permiten verificar la región de la meseta de potencial (potencial constante) donde se encuentra la tierra remota. El proceso de medición se realiza en diferentes puntos de referencia con el fin de aumentar la confiabilidad de los resultados.

Teniendo en cuenta las consideraciones del campo electromagnético hechas para el método de caída de potencial, la profundidad de enterramiento de los electrodos utilizados para realizar la medición y la separación entre los mismos; la resistencia se obtiene indirectamente por el cálculo de la relación $R_g = V/I$ (Ley de Ohm) donde (V) corresponde a la caída de potencial entre el electrodo X y P2, e (I) es la corriente que fluye entre los electrodos X y C2.

No es necesario transportar un voltímetro y un amperímetro cuando se usa un telurómetro. Este mide directamente la resistencia de tierra, estableciendo la relación ya citada y mostrando el valor en la pantalla digital.

El valor de resistencia de puesta a tierra obtenido durante la medición debe ser inferior al valor recomendado en el reglamento técnico de instalaciones RETIE en su apartado 15.4.

8.2.2 Mediciones para Sistema de Puesta a Tierra en subestaciones de alta y extra alta tensión

Para la medición de la resistencia de puesta a tierra en este tipo de sistemas se utiliza un equipo de inyección de corriente con capacidad mayor de 50A, utilizando el método de la caída de potencial, procedimiento recomendado por la norma IEEE Std. 81.2 de 1991.

El método consiste en aplicar una corriente entre la malla a medir y una tierra auxiliar de referencia localizada a una distancia no menor de 3 o 4 veces la diagonal de la malla objeto del estudio. Se busca el punto de potencial “cero”, en dirección perpendicular a donde se realiza la inyección y se van tomando medidas alejándose progresivamente de la malla de tierra hasta que se establezcan los valores obtenidos de tensiones y corrientes. La lectura que se obtiene cuando se estabilizan las medidas, dará la resistencia de puesta a tierra de la malla bajo prueba.

Departamento: PAC	Copia No:	Página 10 de 21
--------------------------	-----------	-----------------

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

En algunas zonas, especialmente en las urbanas, será complicado conseguir la distancia antes mencionada por la dificultad de encontrar zonas verdes, por lo que se hará necesario utilizar el terreno disponible.

El método de ensayo empleado elimina el efecto de corrientes parásitas circulantes por el terreno que puedan originar resultados erráticos, ya que se utiliza la inversión de la polaridad en la corriente inyectada (0° y 180°).



Figura No 3 Equipo de inyección de corriente (módulo de potencia y de control respectivamente).

La Figura No. 4 presenta un ejemplo de la ubicación de los puntos en una instalación, donde el equipo de inyección es representado en azul, la malla auxiliar de prueba en verde y el área de recorrido de la prueba en rojo (fuera de la instalación).

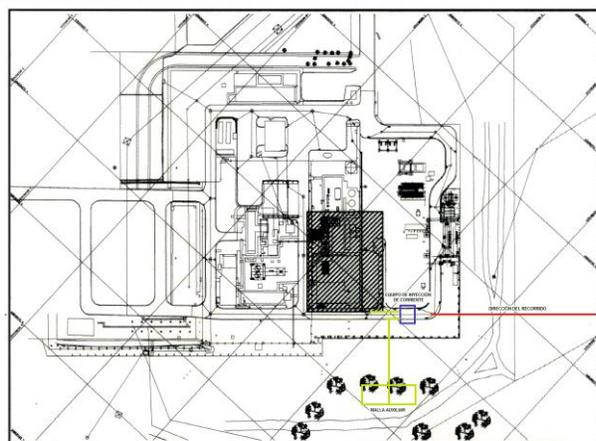


Figura No 4. Método Utilizado para medición de Resistencia Puesta a Tierra

Los resultados de las mediciones se evalúan tomando como referencia los valores recomendados en el apartado 15.4 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.

8.2.3 Mediciones para Sistema de Puesta a Tierra en torres de transmisión y distribución.

Para las mediciones en torres de transmisión y distribución se debe utilizar el equipo Megabras el cual hace inyecciones de corriente a 25.000 Hz.

Las mediciones se harán con el método de la caída de potencial a la regla del 62% expuesto en el numeral 6.2.1 que consisten en una medición directa, con el arreglo de los electrodos en tres (3) puntos de medición dispuestos en línea recta (Véase Figura No.2).

Este método consiste en encontrar la razón entre el potencial del sistema de puesta a tierra con relación a un punto debidamente alejado conocido como “tierra remota” y la corriente que se hace fluir entre estos puntos.

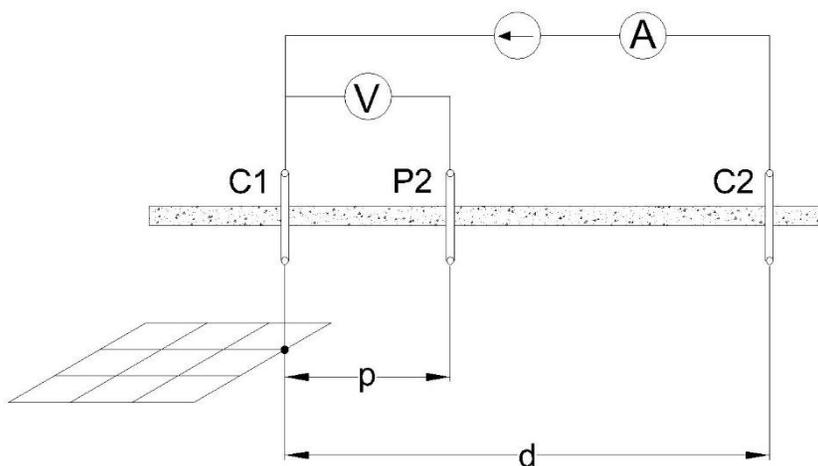


Figura No. 2. Método Utilizado para la Medición de Resistencia de Puesta a Tierra

Para la aplicación de este método, el electrodo de corriente (C2) se debe colocar a una distancia desde el electrodo de referencia (X) superior a 3 o 4 veces la mayor distancia lineal de la puesta a tierra (en este caso la diagonal de la malla de tierra). Es importante aclarar que esta distancia puede ser o no aplicable dependiendo de las condiciones de la instalación.

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

En zonas urbanas será complicado conseguir la distancia antes mencionada por la dificultad de encontrar zonas verdes, por lo que se hará necesario utilizar el terreno disponible.

El electrodo de potencial (P2) se coloca aproximadamente al 62% de la distancia entre el punto de referencia y el electrodo de corriente (C2) y en línea con estos. A este electrodo se le varía su localización gradualmente a lo largo de ésta dirección, efectuándose una medición para cada posición, para las cuales no se debe presentar una apreciable diferencia.

Las mediciones realizadas con diferentes espaciamientos del electrodo de potencial (P2) permiten verificar la región de la meseta de potencial (potencial constante) donde se encuentra la tierra remota. El proceso de medición se realiza en diferentes puntos de referencia con el fin de aumentar la confiabilidad de los resultados.

Teniendo en cuenta las consideraciones del campo electromagnético hechas para el método de caída de potencial, la profundidad de enterramiento de los electrodos utilizados para realizar la medición y la separación entre los mismos, la resistencia se obtiene indirectamente por el cálculo de la relación $R_g = V/I$ (Ley de Ohm) donde (V) corresponde a la caída de potencial entre el electrodo X y P2, e (I) es la corriente que fluye entre los electrodos X y C2.

No es necesario transportar un voltímetro y un amperímetro cuando se usa un telurómetro. Este mide directamente la resistencia de tierra, estableciendo la anterior relación y mostrando el valor en la pantalla digital.

El valor de resistencia de puesta a tierra obtenido durante la medición debe ser inferior al valor recomendado en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE apartado 15.4.

8.3 Medición de Equipotencialidad

Es requisito fundamental para la verificación de la buena interconexión de una malla o varias mallas de tierra que en todos los componentes extremos del sistema de puesta a tierra, en conjunto, no exista una diferencia de resistencia de puesta a tierra mayor a $0,1\Omega$.

En caso de presentarse valores de resistencia de puesta a tierra mayores a $0,1\Omega$, se deben verificar las uniones de la malla e interconexiones con otros sistemas de puesta a tierra.

Departamento: PAC	Copia No:	Página 13 de 21
--------------------------	-----------	-----------------

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

Para la medición de equipotencialidad se usó el método de caída de potencial en el conductor. En éste se inyecta una corriente continua conocida y se lee la tensión que aparece entre los terminales de prueba.

La relación entre estos dos valores determina la resistencia en la dirección de la corriente inyectada. Como en el lazo bajo ensayo pueden estar involucradas uniones de materiales diferentes u oxidados, pueden presentarse efectos galvánicos donde la resistencia depende de la polaridad de la corriente aplicada (efecto diodo).

El equipo utilizado elimina este error inyectando automáticamente la corriente en dos polaridades y realizando dos lecturas, la mayor de las cuales aparece en pantalla como el resultado de la prueba.

La medición de equipotencialidad, además de proporcionar la información correspondiente a la integridad y continuidad de los caminos de tierra, permite verificar si existen uniones defectuosas o presencia de óxidos en el camino bajo prueba.

8.4 Medición de Tensiones de Seguridad

Para la medición de las tensiones de seguridad (tensiones de paso, contacto, diferencial y transferida) se utiliza un equipo de inyección de corriente con capacidad mayor de 50A, utilizando la metodología recomendada por la norma IEEE Std. 81.2 de 1991.

Para la ejecución de las mediciones de las tensiones de paso, contacto, diferencial y transferida se utiliza una fuente de inyección de corriente mayor de 50A, dicha inyección se realiza entre la malla de tierra bajo prueba y un arreglo provisional que normalmente se instala a una distancia no menor de 3 o 4 veces la diagonal de la malla objeto del estudio.

En las zonas urbanas será complicado conseguir la distancia antes mencionada por la dificultad de encontrar zonas verdes, por lo que se hará necesario utilizar el terreno disponible.

Realizando la inyección, se miden las tensiones que resulten en un número de puntos representativos del interior y exterior de la instalación eléctrica. Los valores de tensión obtenidos simulando las condiciones de paso y contacto a la corriente de ensayo, se refieren por extrapolación a los que resultarían a la corriente de cortocircuito. La comparación de estos últimos con los reglamentariamente admisibles, permite comprobar el cumplimiento de los requisitos anteriores.

Departamento: PAC	Copia No:	Página 14 de 21
--------------------------	-----------	-----------------

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

Se debe verificar que: “Las tensiones de paso y contacto que resulten en la instalación, sean menores que las tensiones de paso y contacto que una persona sea capaz de soportar durante el tiempo que tardan las protecciones en garantizar la eliminación de la corriente de cortocircuito de forma permanente”.

El RETIE establece que a efectos de circulación de corrientes a través del cuerpo humano como consecuencia de una falla, se tendrá en cuenta que la resistencia del mismo puede ser estimada en 1.000 Ohmios y que cada pie puede ser asimilado a un electrodo en forma de placa circular de 200 cm² de superficie ejerciendo sobre el suelo una fuerza mínima de 250 N.

La máxima tensión de contacto aplicada al ser humano (o a una resistencia equivalente de 1000 Ω), está dada en función del tiempo de despeje de la falla a tierra, de la resistividad del suelo y de la corriente de falla.



Figura No 5 Condiciones de riesgo.

Nota: Durante la realización de las pruebas se dispone de un cerramiento con señales de prevención entre la malla auxiliar, la ubicación del equipo y la instalación a evaluar. Durante la realización de las inyecciones de corriente no se permitirá la presencia y circulación cercana de personal no calificado.

La ubicación del equipo (fuente de inyección) dependerá de la ubicación y disponibilidad del área a medir, podrá ser preferiblemente al interior de la instalación al nivel del piso o en la camioneta de transporte.

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

9. PELIGROS RIESGOS Y CONTROLES

Departamento: PAC	Copia No:	Página 16 de 21
--------------------------	-----------	-----------------

PROCEDIMIENTO: MEDICION RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIDAD			
	Peligros	Riesgo	Medida Control
Quimico	Polvos Orgánicos o Inorgánicos Fibras (Vidrio, Bagazo, etc.) Líquidos (nieblas, Rocíos) Gases (CO ₂ , Propano, acetileno, Agente limpio) Vapores (pinturas, condensados, etc.) Humos Metálicos (Soldadura, Fundición) Humos No metálicos (combustibles Material Particulado (ceniza, papel, metales al corte, etc.)	Dermatitis Quemaduras Afecciones respiratorias Efectos tóxicos (intoxicación) Irritación en piel y/o mucosas Fugas o derrames Fatalidad	Identificación de los productos con rombo de colores NFPA 704 Hoja de seguridad de los productos Guantes apropiados según producto a usar Gafas de seguridad Protección respiratoria Kit contra derrames Camisa manga larea. botas de seguridad. Protección antifluidos Duchas para lavado de ojos y cuerpo Calentamiento y estiramiento antes de iniciar la actividad Pausas activas Posturas adecuadas para el manejo de cargas Postura adecuadas durante el trabajo
Biomecanico	Postura prolongada Posturas inadecuadas Uso de herramienta manual	Dolor Lumbar Dolor articular (manos, hombros, codos, rodillas) Lesión articular (manos, hombros, codos, rodillas) Lesiones osteomusculares Lesión de columna Fatiga / Cansancio	Evitar la generación de fuentes de ignición Identificar material combustible en la zona de trabajo Área de trabajo limpia, ordenada y delimitada Identificar ubicación y estado de extintores Conocer medidas de reacción frente a una emergencia: ruta de evacuación y puntos de encuentro
Tecnologica Incendio Explosion	Combustibles sólidos (papel, cartón, madera etc.) Vegetación seca (biomasa, bagazo de caña, ripio de madera) Líquidos inflamables (combustibles , alcoholes etc.) Gases inflamables (hidrógeno, propano, metano etc.) Vapores inflamables (vapores de gasolina, alcohol etc.) Polvos Orgánicos o Inorgánicos	Incendio Explosiones Fatalidad Ahogamiento o asfixia Impacto ambiental Daños a la propiedad	Evitar la generación de fuentes de ignición Identificar material combustible en la zona de trabajo Área de trabajo limpia, ordenada y delimitada Identificar ubicación y estado de extintores Conocer medidas de reacción frente a una emergencia: ruta de evacuación y puntos de encuentro
Electrico	Lluvias torrenciales o Tormenta eléctrica Presencia de otros contratistas o personal haciendo trabajos en el área	Electrocuación Fatalidad Incendio Explosión	Botas dieléctricas Camisa de manga larga y jean 100% algodón Casco dieléctrico Gafas con filtro UV Overall ignífugo Conservación de distancias seguras respecto a los equipos energizados Coordinación con los responsables de otros trabajos simultáneos en el área Señalización y demarcación del área
Biologico	Virus y/o parásitos Hongos Bacterias Insectos Animales (Picaduras, Mordeduras, Fluidos o excrementos) Parásitos	Mordeduras de animales Picaduras de insectos Reacciones alérgicas Dermatitis Enfermedades Intoxicación Enfermedad gastrointestinal	Inspección del área Reporte de la presencia de insectos y animales Camisa de manga larga - Jean Control de la presencia de animales e insectos Uso de repelente Consumo de agua potable embotellada Consumo de comidas en buen estado
Locativos	Superficies lisas, desnivel o irregulares Orden público Accidente de tránsito Condición de orden y aseo	Golpes/ Traumatismos Fracturas de huesos Caídas a nivel Choque del vehículo, arrollamiento Incrustación de cuerpo extraño en piel Laceraciones o cortaduras Robos, atracos, asaltos, atentados de orden público	Uso Epp (botas o calzado antideslizante, guantes, gafas, casco) Verificación de superficies de trabajo libres de materiales , obstáculos y/o derrame de productos Contacto con los organismos de seguridad (Policía, Tránsito, Defensa Civil, etc.) Verificación del estado de las vías Orden y aseo en la zona de trabajo Señalización clara Precaución al transitar por superficies lisas o irregulares Sistema de comunicación
Fisicos	Ruido Iluminación (Poca o Excesiva) Radiación no ionizante (Rayos solares) Temperaturas ambientales extremas Superficies calientes Ventilación deficiente	Dolores de cabeza/ Mareos Deshidratación Quemaduras en la piel Insolación Sordera/ trauma acústico Fatiga Asfixia Hipotermia Golpe de calor	Protección auditiva Protector solar Protección para la cabeza y el cuello Hidratación antes, durante y al finalizar el trabajo Protección visual - gafas con filtro UV Camisa de manga larga Distancia prudencial de las superficies calientes Iluminación auxiliar Ropa térmica

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

10. SEGURIDAD Y GESTIÓN AMBIENTAL

Los ingenieros y auxiliares de ingeniería de GERS deben observar las normas de seguridad industrial propias de la empresa cliente, pero adicionalmente, es necesario seguir el Procedimiento de seguridad para pruebas y medición de parámetros eléctricos (PR-103).

Durante la planeación se debe hacer el análisis de trabajo seguro usando el registro RG-119-01 ATS, para evaluar los riesgos de la actividad y los controles a usar para mitigarlos. El PR-119 PROCEDIMIENTO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, VALORACIÓN DE RIESGOS Y DETERMINACIÓN DE CONTROLES indica cómo llevar a cabo este análisis.

Antes de iniciar la labor, se debe diligenciar el registro RG-119-02 Análisis de riesgo previo a la tarea. Este registro permite hacer el análisis de los factores de riesgo presentes en el sitio y momento del trabajo, y dejar evidencia de los controles empleados.

Los registros RG-119-01 y RG-119-02 contemplan también los riesgos ambientales que puede ocasionar el trabajo a realizar, que están centrados básicamente en la disposición de residuos en el sitio de trabajo y el consumo adecuado de recursos.

Si la empresa cliente tiene registros equivalentes a los ATS y Análisis de riesgo previo a la tarea, se usarán estos durante el desarrollo del proyecto y no es necesario usar los diseñados en GERS.

11. GESTIÓN DE CALIDAD

La calidad de las actividades ejecutadas durante la medición de sistemas de puesta a tierra se controla mediante el uso del registro RG-010-01-PAC, pestaña Puesta a Tierra. Los criterios de conformidad están consignados en el plan de calidad para medición de sistemas de puesta a tierra y en documentos de referencia como el RETIE:

12. DEFINICIONES

Conductor de protección o de puesta a tierra de equipo (Grounding Equipment Conductor). Conductor usado para conectar partes metálicas que no transportan corriente, como canalizaciones y gabinetes con el punto neutro o con el conductor del electrodo de puesta a tierra.

Departamento: PAC	Copia No:	Página 18 de 21
--------------------------	-----------	-----------------

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

Conductor a tierra (Grounding Electrode Conductor). También llamado Conductor del electrodo de Puesta a tierra, es aquel que conecta un sistema o circuito eléctrico intencionalmente a una puesta a tierra.

Conector. Dispositivo que une dos o más conductores con el objeto de suministrar un camino eléctrico continuó.

Conexión de puesta a tierra (Connection, Grounding Terminal o Ground Clamp). Soldadura exotérmica, lengüeta certificada, conector a presión o de cuña certificados o abrazadera certificada; destinados a asegurar, por medio de una conexión especialmente diseñada, dos o más componentes de un sistema de puesta a tierra.

Conexión equipotencial (Equipotential Bonding). Conexión eléctrica entre dos o más puntos, de tal manera, que ante el paso de una corriente quedan esencialmente al mismo potencial.

Electrodo de puesta a tierra (Grounding Electrode). Conductor o grupo de ellos en contacto con el suelo, para proporcionar una conexión eléctrica con el terreno. Puede ser una varilla, un tubo, una placa o un cable, resistentes a la humedad y a la acción química del terreno.

Equipotencialidad. Estado real de interconexión eléctrica, determinado por mediciones, entre partes conductoras.

Equipotencialización. Concepto que debe ser aplicado ampliamente en SPT. Indica que todos los puntos deben estar aproximadamente al mismo potencial.

Equipotencializar (Bonding). Es el acto, proceso, práctica o acción de conectar partes conductoras de las instalaciones, equipos o sistemas entre sí o a un sistema de puesta a tierra, mediante una baja impedancia, para que la diferencia de potencial sea mínima entre los puntos interconectados.

Malla de alta frecuencia (Signal Reference Grid-SRG). Malla de conductores que se instala bajo el piso de centros de cómputo, para apantallar señales de alta frecuencia y evitar interferencias electromagnéticas.

Malla de puesta a tierra. Sistema de electrodos horizontales conformado por conductores desnudos interconectados y enterrados, proporcionando una referencia común para dispositivos eléctricos o estructuras metálicas.

Neutro (Neutral o Grounded Service Conductor). Conductor activo conectado intencionalmente al punto neutro de un transformador o instalación y que contribuye a cerrar un circuito de corriente.

Departamento: PAC	Copia No:	Página 19 de 21
--------------------------	-----------	-----------------

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

Puesta a tierra (*Grounding or Earthing or earth termination system or grounding electrode*). Grupo de elementos conductores equipotenciales, en contacto eléctrico con el suelo o una masa metálica de referencia común, que distribuye las corrientes eléctricas de falla en el suelo o en la masa. Comprende electrodos, conexiones y cables enterrados.

Puesto a tierra (*Grounded*). Se refiere a la condición de un sistema, circuito o aparato conectado a tierra intencional o accidentalmente. No deben utilizarse términos como aterrado o aterrizado.

Resistencia de puesta a tierra. Es la relación entre el potencial del sistema de puesta a tierra a medir.

Sistema de puesta a tierra-SPT (*Earthing or Grounding System*). Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin riesgo de interrupción involuntaria, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial.

Sistema de puesta a tierra de protección: Conjunto de conexión, encerramiento, canalización, cable y clavija que se acoplan a un equipo eléctrico, para prevenir electrocuciones por contactos con partes metálicas energizadas accidentalmente.

Sólidamente puesto a tierra (*Grounded Solidly*). Régimen de conexión a una puesta a tierra, sin otra impedancia que la del cable.

Tierra (*Earth, Ground*). Para sistemas eléctricos, es una expresión que generaliza todo lo referente a sistemas de puesta a tierra. En temas eléctricos se asocia a suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón, estructura o tubería de agua. Se le considera como la referencia de potencial de cero voltios en condiciones de operación normal.

Tierra aislada (*Insulated Grounding Equipment Conductor or Noiseless Earth*). Es un conductor de tierra para equipos electrónicos que debe ser aislado y que recorre las mismas conducciones o canalizaciones que los conductores de alimentación.

Tierra de referencia. Barraje interno de los equipos electrónicos, que fija el potencial de referencia cero para sus circuitos internos. También se le conoce como tierra lógica o terminal común de circuitos.

Departamento: PAC	Copia No:	Página 20 de 21
--------------------------	-----------	-----------------

GERS	PROCEDIMIENTO PARA MEDICIÓN DE SISTEMAS DE PUESTAS A TIERRA	PR- 104	
		Revisión No : 05	Fecha aprobación Enero 6 de 2021

13. REFERENCIAS

- [1] RETIE Actualización 2013.
- [2] ANSI/IEEE Standard 80-2000
"IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding".
- [3] IEEE Standard 142-2007
"Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems".
- [4] IEEE Standard 1100-2005
"Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment".
- [5] Fabio Casas Ospina.
"Soporte de la Seguridad Eléctrica" 2010.
- [6] IEEE Std 81. Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System