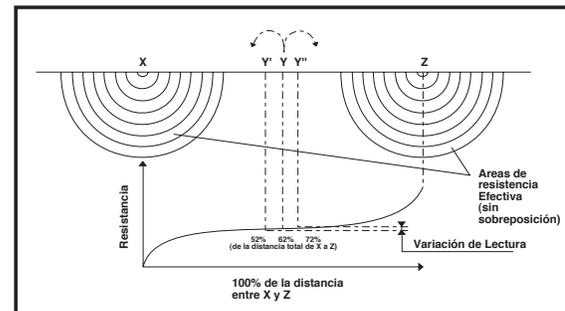
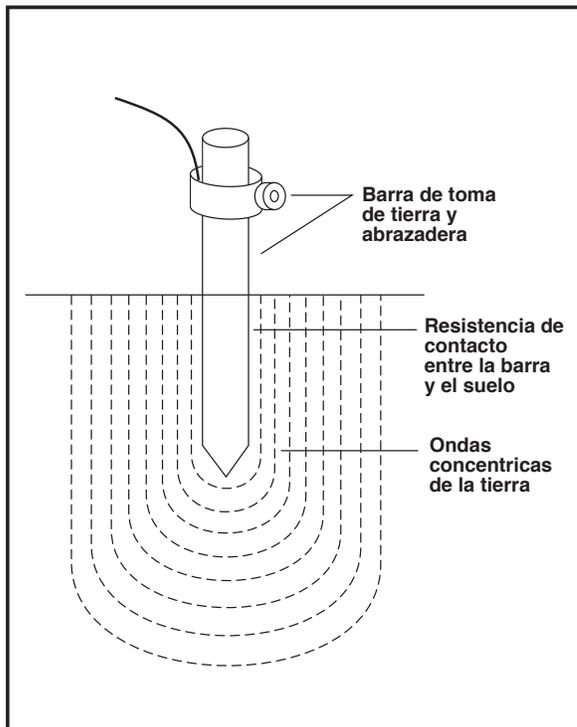
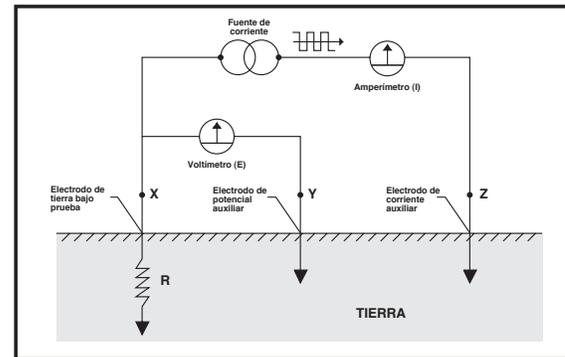
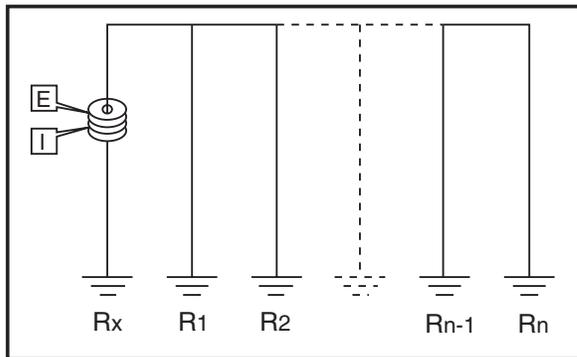


ENTENDIENDO PRUEBAS DE RESISTENCIA DE TIERRA



- *Resistividad de la tierra*
- *Resistividad del suelo*
- *Medidas de tres puntos*
- *Medidas de cuatro puntos*
- *Medidas de Pinza*



Technical Hotline: (800) 343-1391 • www.aemc.com



Entendiendo las Pruebas de Resistencia de Tierra

Seminario de un día

En estos tiempos en el que los cambios de los avances tecnológicos se suceden rápidamente, una buena toma de tierra es mas importante que nunca para prevenir daños costosos y el tiempo de inactividad debido a interrupciones de servicio y la mala protección causada por una toma de tierra pobre. Los sistemas de toma de tierra le ofrecen protección de los fenómenos naturales como el relámpago descargando el sistema de corriente, protegiendo al personal de ser heridos y a los componentes de los sistemas de ser dañados. En sistemas de potencia eléctrica con toma de tierra con retorno, la toma de tierra le ayuda a asegurar una rápida operación de la protección de los relés proporcionando caminos de fallos de baja resistencia en casos de cambios potenciales no habituales debidos a fallos. La toma de tierra de baja resistencia es requerida para cumplir con la NEC®, OSHA y otras normas eléctricas de seguridad.



Lista de Contenidos

Resistividad de la Tierra	2
Medidas de Resistividad de la Tierra (Medidas de 4-Puntos).....	4
Electrodos de Tierra	5
Principio de Pruebas de Resistencia de Tierra (Caída de Potencial – Medida de 3-Puntos).....	8
Sistema de Electrodo s Múltiples	13
Consejos Técnicos	14
Medida de Resistencia de Tierra de Pinza (Modelos 3711 y 3731).....	17
Telecomunicaciones	20
Nomograma de Toma de Tierra.....	23
Gráfico de Caída de Potencial	24

Los Modelos 3711/3731 han reemplazado los Modelos 3710/3730

Resistividad de la Tierra

Efectos de la Resistividad de la Tierra en la Resistencia de Electrodo de Tierra

La resistividad de la tierra es el factor clave que determina cuál será la resistencia de un electrodo de toma de tierra, y a qué profundidad debe ser enterrada para obtener una resistencia de tierra baja. La resistividad de la tierra varía ampliamente a través del mundo y cambia con las estaciones. La resistividad de la tierra es determinada en gran parte por su contenido de electrolitos, que consisten de humedad, minerales y sales disueltas. Una tierra seca posee una alta resistividad si contiene sales no solubles (Figura 1).

Tierra	Resistividad (aprox.), Ω -cm		
	Min.	Promedio	Máx.
Cenizas, cinders, salmuera, desperdicio	590	2,370	7,000
Arcilla, barro, lodo firme	340	4,060	16,300
Mismo anterior, solo con mayor proporción de arena y grava	1,020	15,800	135,000
Grava, arena, piedras con un poco de arcilla o suelo firme	59,000	94,000	458,000

FIGURA 1

Factores que Afectan la Resistividad de la Tierra

Dos muestras de tierra, cuando secadas completamente, pueden de hecho convertirse en muy buenos aislantes teniendo una resistividad en exceso de 109 ohmio-centímetro. La resistividad de la muestra de tierra cambia muy rápidamente hasta que se llega a un aproximadamente a un 20% o más de contenido de humedad (Figura 2).

Contenido de Humedad % por peso	Resistividad Ω - cm	
	Suelo-sup.	Suelo firme arenosa
0	>10 ⁹	>10 ⁹
2.5	250,000	150,000
5	165,000	43,000
10	53,000	18,500
15	19,000	10,500
20	12,000	6,300
30	6,400	4,200

FIGURA 2

La resistividad de la tierra es también influenciada por la temperatura. La Figura 3 muestra la variación de la resistividad de marga arenosa, conteniendo 15.2% de humedad, con cambios de temperatura desde 20° a -15°C. En esta escala de temperatura la resistividad varía desde 7200 a 330,000 ohmios-centímetros.

Temperatura		Resistividad Ohmio-cm
C	F	
20	68	7,200
10	50	9,900
0	32 (agua)	13,800
0	32 (hielo)	30,000
-5	23	79,000
-15	14	330,000

FIGURA 3

Dado que la resistividad de la tierra está directamente relacionada con el contenido de humedad y la temperatura, es razonable asumir que la resistencia de cualquier sistema de toma de tierra variará a través de las diferentes estaciones del año. Tales variaciones son mostradas en la Figura 4. Ya que tanto la temperatura como el contenido de humedad esdevien en más estables a mayores distancias por debajo de la corteza de la tierra, es coherente que un sistema de toma de tierra, para ser más efectivo siempre, debería ser construido con la bara de tierra enterrada a una distancia considerable por debajo de la corteza de la tierra. Los mejores resultados son obtenidos si la bara de tierra alcanza la tabla de agua.

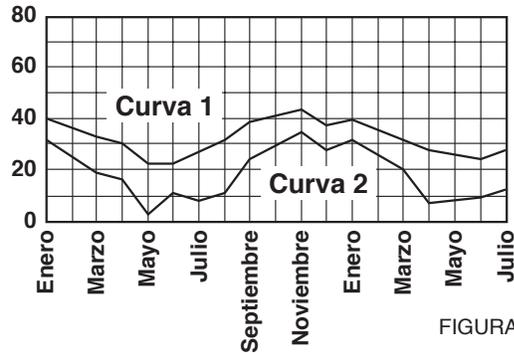


FIGURA 4

Variación de temporada de la resistencia de tierra con un electrodo de tubo 3/4" pulgada en tierra de arcilla con piedras. La profundidad del electrodo en la tierra es 3 pies para Curva 1, y 10 pies para Curva 2

En algunas localidades, la resistividad de la tierra es tan alta que una toma de tierra de baja resistencia puede ser obtenida sólo a alto coste y con un sistema de toma de tierra elaborado. En tales situaciones, puede ser económico usar un sistema de bara de tierra de tamaño limitado y para reducir la resistividad de tierra incrementando periódicamente el contenido químico soluble de la tierra. La Figura 5 muestra la reducción substancial en resistividad de marga arenosa conseguida por un incremento del contenido de sal química.

EL EFECTO DE CONTENIDO DE SAL* SOBRE LA RESISTIVIDAD DE LA TIERRA	
(Marga arenosa, contenido de humedad, 15% por peso, Temperatura, 17°C)	
Sal Añadida (% por peso de humedad)	Resistividad (Ohmio – centimetro)
0	10,700
0.1	1,800
1.0	460
5	190
10	130
20	100

Tierra tratada químicamente está también sujeta a una variación de resistividad considerable con cambios de temperatura, como se ve en la Figura 6. Si se emplea tratamiento con sal, es necesario usar baras de tierra que resistirán corrosión química.

FIGURA 5

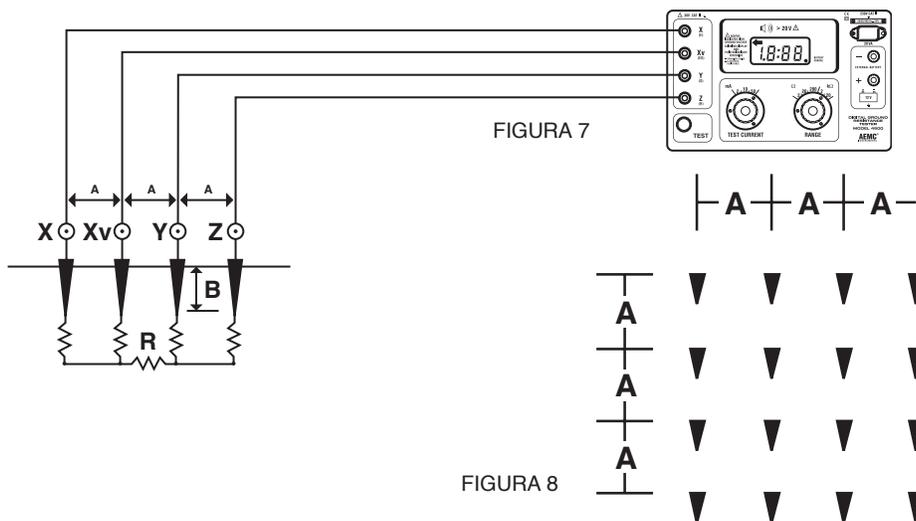
EL EFECTO DE TEMPERATURA SOBRE LA RESISTIVIDAD DE LA TIERRA QUE CONTIENE SAL*	
(Marga arenosa, 20% humedad, Sal 5% del peso de la humedad)	
Temperatura (Grados C)	Resistividad (Ohmio-centimetro)
20	110
10	142
0	190
-5	312
-13	1,440

*Tal como sulfato de cobre, carbonato de sodio, y otros. Las Sales deben aprobadas por EPA o por la ordenancia local antes de ser usadas

FIGURA 6

Medidas de Resistividad de la Tierra (Medidas de 4-puntos)

Las medidas de resistividad son de dos tipos; el método de 2-puntos y el de 4-puntos. El método de 2-puntos es simplemente la resistencia medida entre dos puntos. Para la mayoría de aplicaciones el método más preciso el de 4-puntos que es usado en el Modelos de Probador de Tierra 4610, 4620, 4630 o 6470. El método de 4-puntos (Figuras 7 y 8), como el nombre implica, requiere la inserción de cuatro electrodos a la misma distancia y en línea en el área de pruebas. Una corriente conocida desde un generador de corriente constante es pasada por los electrodos de fuera. La caída de potencial (una función de la resistencia) es entonces medida a través de los dos electrodos interiores. Los Modelos 4610, 4620, 4630 y 6470 son calibrados para leer directamente en ohmios.



Si $A > 20 B$, la fórmula se transforma en:

$$\begin{aligned} \rho &= 2\pi AR \text{ (con A en cm)} \\ \rho &= 191.5 AR \text{ (con A enpies)} \\ \rho &= \text{Resistividad de latierra (ohmio - cm)} \end{aligned}$$

NOTA:
Utilizar pies en lugar de cm:
 $2\pi \times (\text{conversion from cm a pies}) =$
 $(2) (3.14) (12) (2.54) = 191.5$

Donde: A = distancia entre los electrodos en centímetros
B = profundidad del electrodo en centímetros

El valor para ser utilizado por ρ es el pro medio de la resistividad de tierra a una profundida equivalente a la distancia "A" entre dos electrodos.

Dado un pedazo de terreno considerable en el que determinar la resistividad óptima de la tierra un poco de intuición es necesaria. Asumiendo que el objetivo es baja resistividad, se debería dar preferencia a un área conteniendo marga húmeda en contra de un área seca y arenosa. Se debe también considerar la profundidad a la que la resistividad es requerida.

Ejemplo

Después de inspeccionarla, el área investigada ha sido reducida a un trozo de tierra de aproximadamente 75 pies cuadrados (7m²). Asumiendo que usted necesita determinar la resistividad a una profundidad de 15 pies (450cm). Entonces la distancia "A" entre los electrodos debe ser equivalente a la profundidad a la que la resistividad promedio debe ser determinada (15 pies, o 450cm). Usando la fórmula Wenner más simplificada ($\rho = 2\pi AR$), la profundidad del electrodo de entonces ser una vigésima (1/20) parte del espacio entre electrodos o 8-7/8" (22.5cm).

Distribuya los electrodos en un diseño de cuadrícula y conéctelos con el instrumento como es mostrado en la Figura 8. Proceda de la forma siguiente:

- Quite el enlace puntal entre X y Xv (C1, P1)
- Conecte las cuatro barras auxiliares (Figura 7)

Por ejemplo, si la lectura es $R = 15$

$$\rho \text{ (resistividad)} = 2\pi \times A \times R$$

$$A \text{ (distancia entre electrodos)} = 450\text{cm}$$

$$\rho = 6.28 \times 15 \times 450 = 42,390 \Omega\text{-cm}$$

Electrodos de Tierra

El término “tierra” es definido como una conexión conductora por la que un circuito o equipo es conectado con la tierra. La conexión es usada para establecer y mantener lo más preciso posible el potencial de la tierra en el circuito o equipo conectado a él. Una “tierra” consiste de un conductor de toma de tierra, un conector de enlace, su(s) electrodo(s) de toma de tierra, y el suelo en contacto con el electrodo.

“Toma de tierra” tiene varias aplicaciones de protección. Para fenómenos naturales tales como relámpagos, toma de tierras son usadas para descargar el sistema de corriente antes que el personal pueda resultar herido o componentes del sistema puedan ser dañados. Para potenciales ajenos debidos a fallos en sistemas de potencia eléctrica con vueltas de tierra, tomas de tierra ayudan a asegurar un rápido funcionamiento de los relevos protectivos al proporcionar caminos de baja resistencia para la corriente de falla. Esto permite la eliminación del potencial ajeno tan rápidamente como sea posible. La toma de tierra debería drenar el potencial ajeno antes que haya heridos entre el personal y que la potencia o el sistema de comunicaciones sea dañado.

Lo idóneo, para mantener un potencial de referencia para seguridad del instrumento, para protección en contra de electricidad estática y para limitar el sistema a un voltage de marco para seguridad del operario, la resistencia de tierra debería ser zero ohmios. En realidad, como describiremos más adelante en el texto, este valor no puede ser obtenido.

Ultimo, pero no menos importante, una resistencia de tierra baja es esencial para cumplir los estándares de seguridad NEC®, OSHA y otros.

La Figura 9 muestra una barra de toma de tierra. La resistencia del electrodo posee los componentes siguientes:

- La resistencia del metal y de la conexión a este
- La resistencia de contacto de la tierra de alrededor al electrodo
- La resistencia en la tierra de alrededor a flujo de corriente o resistividad de tierra que es amenudo el factor más significativo.

Más específicamente:

(A) Electrodo de toma de tierra están normalmente hechos de un metal muy conductor (cobre o chapado de cobre) con secciones transversales adecuadas de manera que la resistencia total es insignificante.

(B) El Instituto nacional de Estándards y Tecnología ha demostrado que la resistencia entre el electrodo y la tierra del alrededor es insignificante si el electrodo no tiene pintura, grasa, o otras capas, y si la tierra esta firmemente compactada.

(C) El único componente que queda es la resistencia de la tierra del alrededor. El electrodo puede ser visto como envuelto

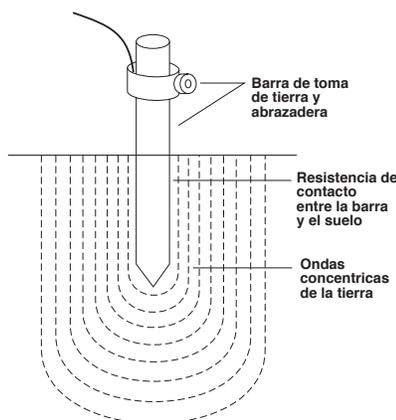


FIGURA 9

por capas concéntricas de tierra, todas del mismo grosor. Como más cercana la capa al electrodo, más pequeña es su superficie; así pues, más grande es su resistencia. Como más lejanas las capas estén del electrodo, mayor es la superficie de la capa; así pues menor es su resistencia. Eventualmente, añadir capas a una distancia del electrodo de la toma de tierra ya no afectará de forma notable la resistencia total de la tierra de alrededor del electrodo. La distancia a la que este efecto ocurre es llamada el área de resistencia efectiva y es directamente dependiente de la profundidad del electrodo de toma de tierra.

Efecto del Tamaño del Electrodo de Toma de Tierra y de la Profundidad Sobre la Distancia

Tamaño: Incrementando el diámetro de la barra no reduce materialmente su resistencia. Doblar el diámetro reduce la resistencia por menos de 10% (Figura 10).



FIGURA 10

Profundidad: Cuando una barra de toma de tierra es enterrada más profundamente bajo tierra, su resistencia es reducida substancialmente. En general, doblando la longitud de la barra reduce la resistencia por un 40% adicional (Figura 11). El NEC 2005, 250.52 (A)(5) requiere un mínimo de 8 ft (2.4m) a estar en contacto con la tierra. La más común es una barra cilíndrica de 10ft (3m) que cumple con el código de NEC. Un diámetro mínimo de 5/8 pulgadas (1.59cm) es requerido para barras de acero y 1/2 pulgada (1.27cm) para barras de cobre o de acero chapado de cobre (NEC 2005, 250.52). Los diámetros prácticos mínimos por limitaciones de enterrado para barras de 10 ft (3m) son:

- 1/2 pulgada (1.27cm) en tierra promedio
- 5/8 pulgadas (1.59cm) en tierra húmeda
- 3/4 pulgadas (1.91cm) en tierra dura o para profundidades de enterrado de más de 10 pies

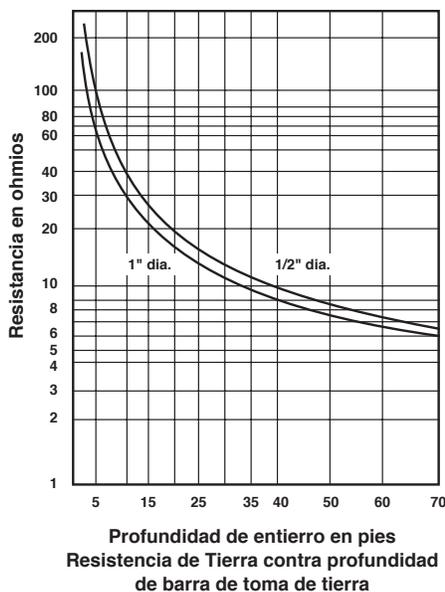


FIGURA 11

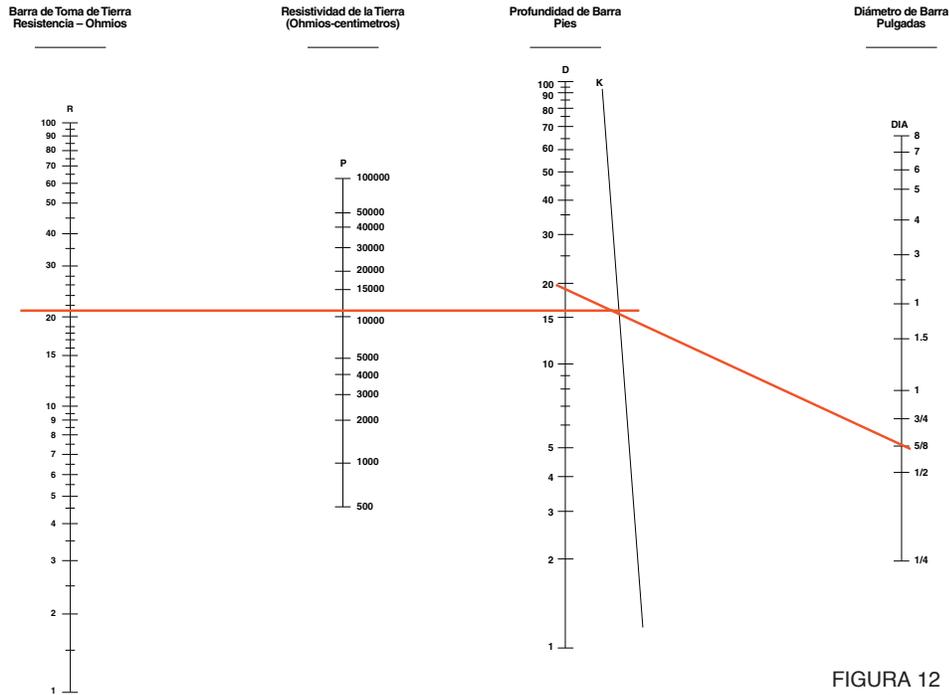


FIGURA 12

Nomograma de Toma de Tierra

1. Seleccione la resistencia requerida en la escala R.
2. Seleccione la resistividad aparente en la escala P.
3. Coloque escuadrón en las escalas R y P, y permita que interseccione con la escala K.
4. Marque el punto en la escala K.
5. Coloque el escuadrón sobre el punto de la escala K y sobre la escala DIA, y permita que interseccione con la escala D.
6. El punto en la escala D será la profundidad de la bara requerida para la resistencia en la escala R.

Principio de Prueba de Resistencia de Tierra (Caída de Potencial — Medida de 3-puntos)

La diferencia de potencial entre las barras X y Y es medida por un multímetro, y el flujo de corriente entre las barras X y Z es medido por un ampermetro. (Nota: X, Y y Z pueden ser llamados X, P y C en un probador de 3-puntos o C1, P2 y C2 en un probador de 4-puntos.) (Vea la Figura 13.)

Por la Ley de Ohm $E = RI$ o $R = E/I$, podemos obtener la resistencia R del electrodo de tierra. Si $E = 20V$ y $I = 1A$, entonces

$$R = \frac{E}{I} = \frac{20}{1} = 20$$

No es necesario realizar todas las medidas cuando se usa un probador de tierra. El probador de tierra medirá directamente al generar su propia corriente y mostrando la resistencia del electrodo de tierra.

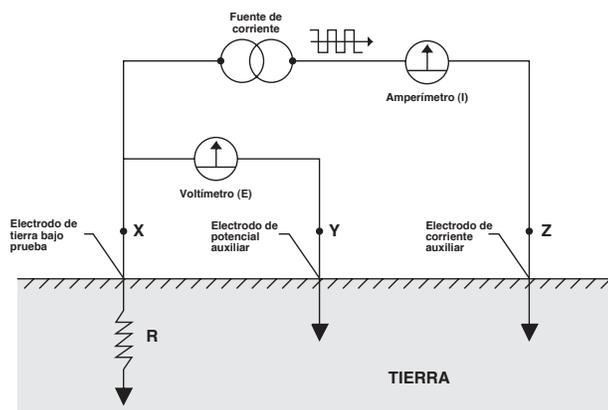


FIGURA 13

Posición de los Electrodo Auxiliares en Medidas

El objetivo en medir de forma precisa la resistencia a tierra es colocar el electrodo de corriente auxiliar Z suficientemente lejos del electrodo de tierra bajo prueba de manera que el electrodo de potencial auxiliar Y esté fuera de las áreas de resistencia efectiva del electrodo de tierra y del electrodo de corriente auxiliar. La mejor manera de descubrir si la barra de potencial auxiliar Y está fuera de las áreas de resistencia efectiva es moverla entre X y Z y tomar una lectura en cada sitio. (Vea la Figura 16.) Si la barra de potencial auxiliar Y está en un área de resistencia efectiva (o en las dos se superponen, como en la Figura 14), al desplazarla las lecturas tomadas variarán notablemente de valor. Bajo estas condiciones, no se puede determinar un valor exacto para la resistencia de tierra.

Por otra parte, si la barra de potencial auxiliar Y está situada fuera de las áreas de resistencia efectiva (Figura 15), cuando Y es movida arriba y abajo la variación de la lectura es mínima. Las lecturas tomadas deberían estar relativamente cerca las unas de las otras, y son los mejores valores para la resistencia a tierra de la tierra X. Las lecturas deberían ser dibujadas para asegurar que caen en una región "plateau" como se muestra en la Figura 15. La región es a menudo llamada el "área 62%".

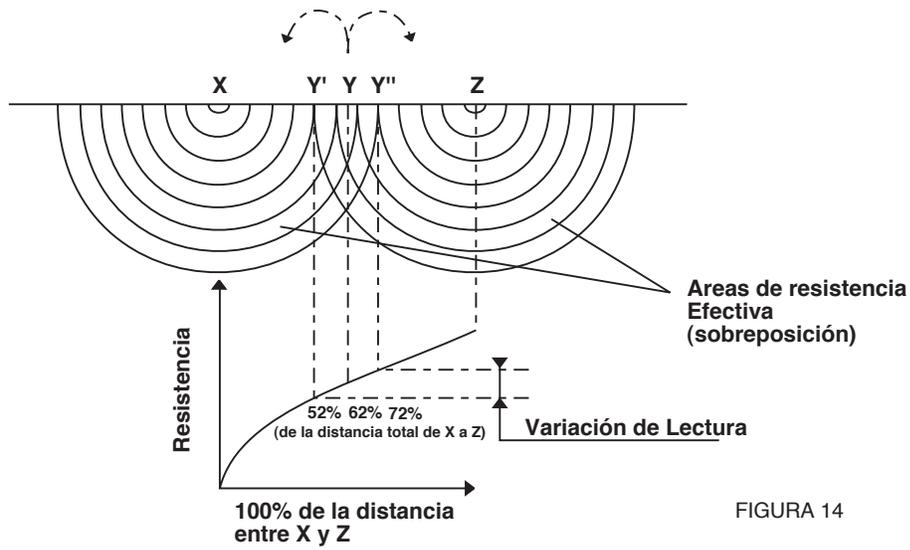


FIGURA 14

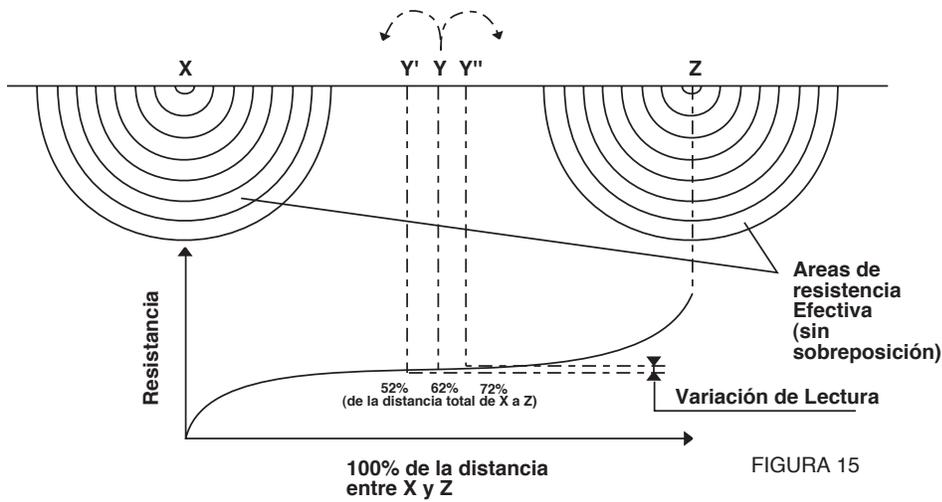


FIGURA 15

Midiendo la Resistencia de los Electrodo de Tierra (Método 62%)

El Método 62% ha sido adoptado después de consideración gráfica y después de haberlo probado. Es el método más preciso pero está limitado por el hecho que *la tierra probada es una sola unidad*.

Este método es aplicable *sólo* cuando los tres electrodos están en línea recta y la tierra es un sólo electrodo, tubo, o placa, etc., como en la Figura 16.

Considere la Figura 17, que muestra las áreas de resistencia efectiva (capas concéntricas)

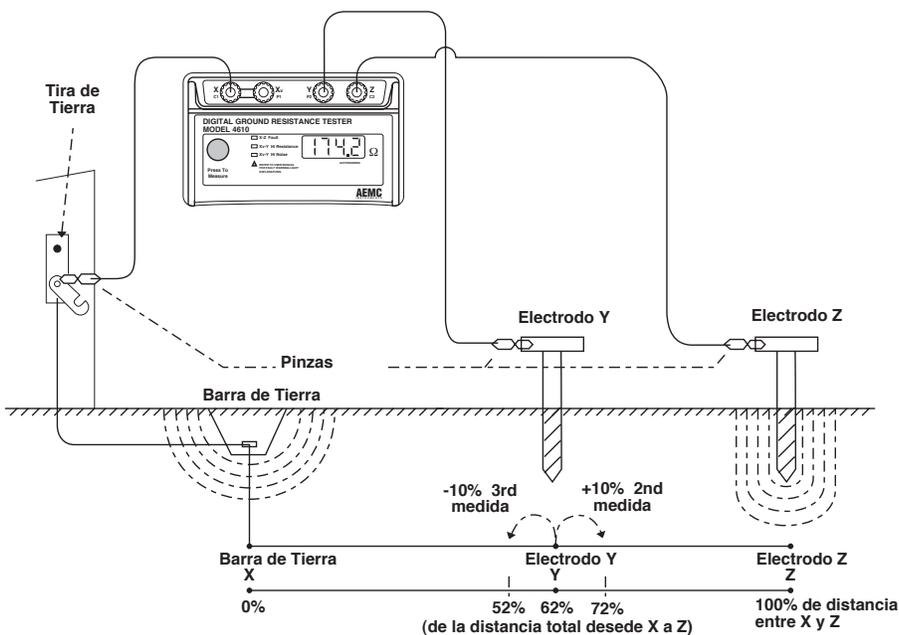


FIGURA 16

del electrodo de tierra X y del electrodo de corriente auxiliar Z. Las áreas de resistencia se sobreponen. Si se tomaran lecturas moviendo el electrodo de potencia auxiliar Y hacia X o Z, las diferencias entre lecturas serían enormes y uno no podría obtener una lectura dentro de una banda de tolerancia razonable. Las áreas sensitivas se sobreponen y actúan constantemente para incrementar la resistencia a medida que Y es alejada de X.

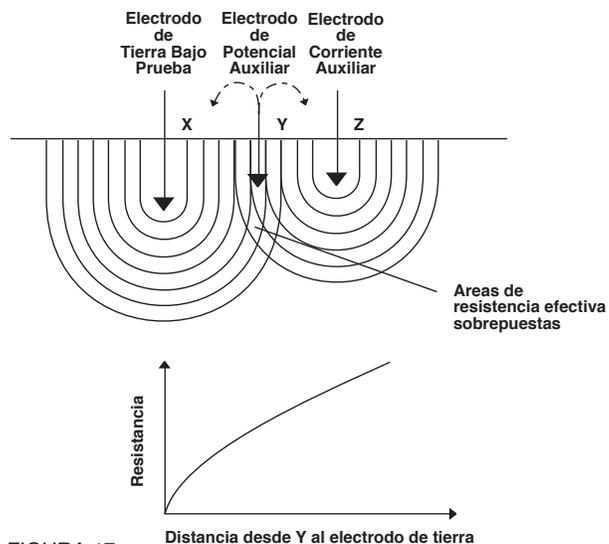


FIGURA 17

Ahora considere la Figura 18, donde los electrodos X y Z están suficientemente distanciados de manera que las áreas de resistencia efectiva no se sobreponen. Si dibujamos la resistencia medida descubrimos que las medidas se contrarrestan cuando Y es colocado a un 62% de la distancia desde X a Y, y que las lecturas en cualquier lado del sitio inicial de Y son muy probables de estar dentro de la banda de tolerancia establecida. Esta banda de tolerancia es definida por el usuario y es expresada como un porcentaje de la lectura inicial: $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$, etc.

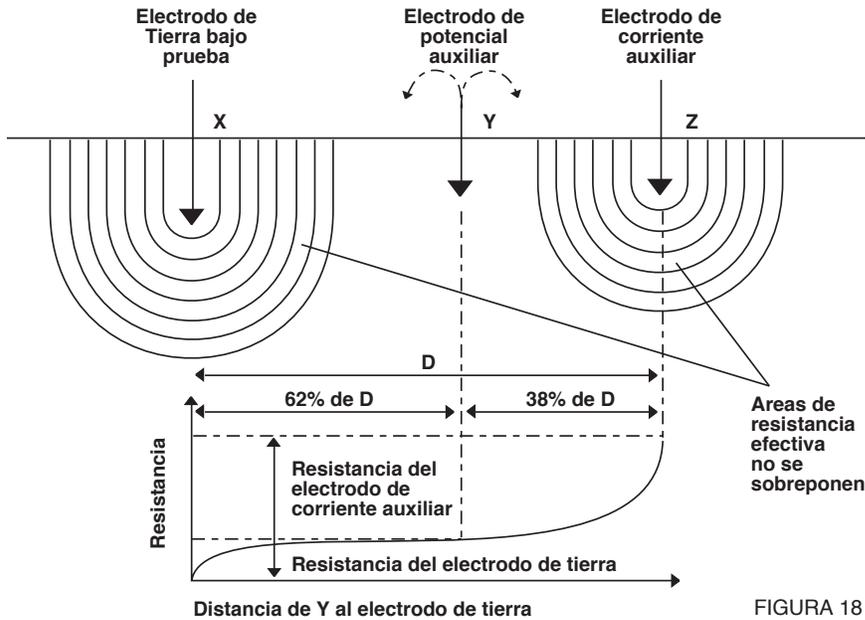


FIGURA 18

Distancia entre Electrodo Auxiliares

No se puede dar una distancia específica entre X y Z, ya que esta distancia es relativa al diámetro del electrodo probado, su longitud, la homogeneidad de la tierra probada, y especialmente, las áreas de resistencia efectiva. Sin embargo, una distancia aproximada puede ser determinada desde la tabla siguiente que es dada para una tierra homogénea y para un electrodo de 1" de diámetro. (Para un diámetro de 1/2", reduzca la distancia un 10%; para un diámetro de 2" aumente la distancia un 10%; para un diámetro de 1/2", reduzca la distancia un 10%.)

Distancia aproximada a los electrodos auxiliares usando el método 62%		
Profundidad enterrado	Distancia a Y	Distancia a Z
6 ft	45 ft	72 ft
8 ft	50 ft	80 ft
10 ft	55 ft	88 ft
12 ft	60 ft	96 ft
18 ft	71 ft	115 ft
20 ft	74 ft	120 ft
30 ft	86 ft	140 ft

Distancia entre Múltiples Baras

Varios electrodos en paralelo proporcionan una resistencia menor al suelo que un sólo electrodo. Instalaciones de alta capacidad requieren una resistencia de toma de tierra baja. Varias barras son usadas para proporcionar esta resistencia.

Una Segunda bara no propociona una resistencia total de la mitad de la de una sólo bara a menos que las dos estén varias barras de distancia aparte. Para conseguir la resistencia de toma de tierra coloque varias barras separadas por una bara de distancia en línea, en un círculo, triángulo hueco, o cuadrado. La resistencia equivalente puede ser calculada dividiendo por el número de barras y multiplicando por el factor X (mostrado abajo). Consideraciones adicionales sobre potenciales de paso y de toque deberían ser corregidos por la geometría.

Multiplicando Factores para Varias Baras	
Número de Baras	X
2	1.16
3	1.29
4	1.36
8	1.68
12	1.80
16	1.92
20	2.00
24	2.16

Colocar barras adicionales dentro del perífero de una forma no reducirá la resistencia de tierra por debajo de la de las barras periféricas solas.

Sistema de Electrodo Múltiples

Un electrodo de tierra enterrado es un medio económico y simple de hacer un buen sistema de toma de tierra, pero algunas veces una sola vara no proporciona una resistencia suficientemente baja, y varios electrodos de tierra serán enterrados y conectados en paralelo con un cable.

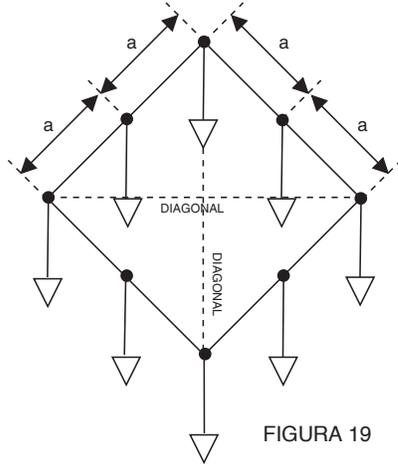


FIGURA 19

Muy a menudo, cuando dos, tres o cuatro electrodos de tierra son usados, son enterrados en línea recta; cuando cuatro o más son usados, una configuración de cuadrado hueco es usada y los electrodos de tierra son aún conectados en paralelo y están igualmente distanciados (Figura 19).

En sistemas de electrodos múltiples, el método 62% de distancia entre electrodos ya no puede ser aplicado directamente. La distancia entre los electrodos auxiliares está ahora basada en la distancia de cuadrícula máxima (es decir, en un cuadrado, la diagonal; en una línea, la longitud total. Por ejemplo, un cuadrado con un lado de 20 pies tendrá una diagonal de aproximadamente 28 pies).

Sistema de Electrodo Múltiples		
Distancia de Cuad. Máx	Distancia a Y	Distancia a Z
6 pies	78 pies	125 pies
8 pies	87 pies	140 pies
10 pies	100 pies	160 pies
12 pies	105 pies	170 pies
14 pies	118 pies	190 pies
16 pies	124 pies	200 pies
18 pies	130 pies	210 pies
20 pies	136 pies	220 pies
30 pies	161 pies	260 pies
40 pies	186 pies	300 pies
50 pies	211 pies	340 pies
60 pies	230 pies	370 pies
80 pies	273 pies	440 pies
100 pies	310 pies	500 pies
120 pies	341 pies	550 pies
140 pies	372 pies	600 pies
160 pies	390 pies	630 pies
180 pies	434 pies	700 pies
200 pies	453 pies	730 pies

Consejos Tecnicos Ruido Excesivo

Ruido excesivo puede interferir con las pruebas debido a los largos cables usados para realizar una prueba de caída de potencial. Un voltímetro puede ser utilizado para identificar este problema. Conecte los cables "X", "Y" y "Z" a los electrodos auxiliares como para una prueba de resistencia de tierra estándar. Use el voltímetro para probar el voltage a través de las terminales "X" y "Z" (Figura 20).

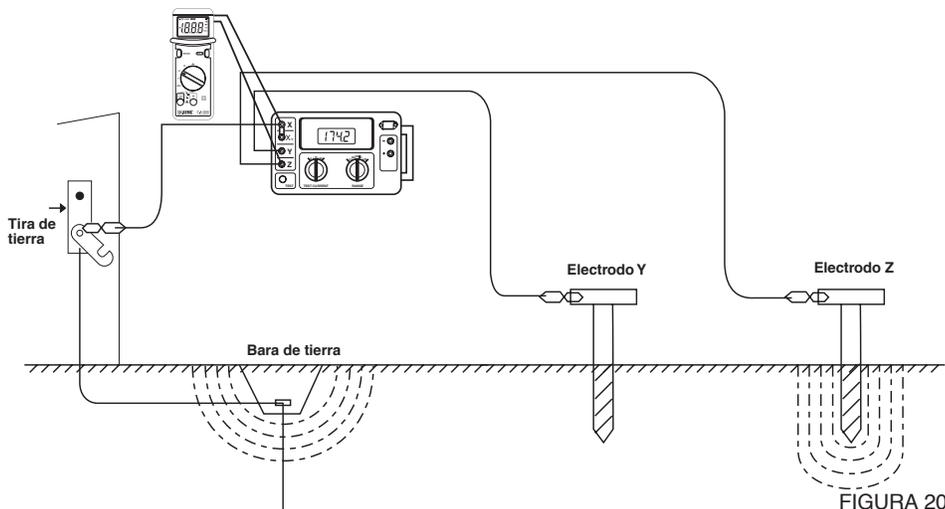


FIGURA 20

La lectura del voltage debería estar dentro de las tolerancias de voltage superfluos aceptables para su probador de tierra. Si el voltage excede este valor, pruebe las técnicas siguientes:

A) Trencé los cables auxiliares juntos. Esto a menudo tiene el efecto de cancelar los voltages de modo común entre estos dos conductores (Figura 21).

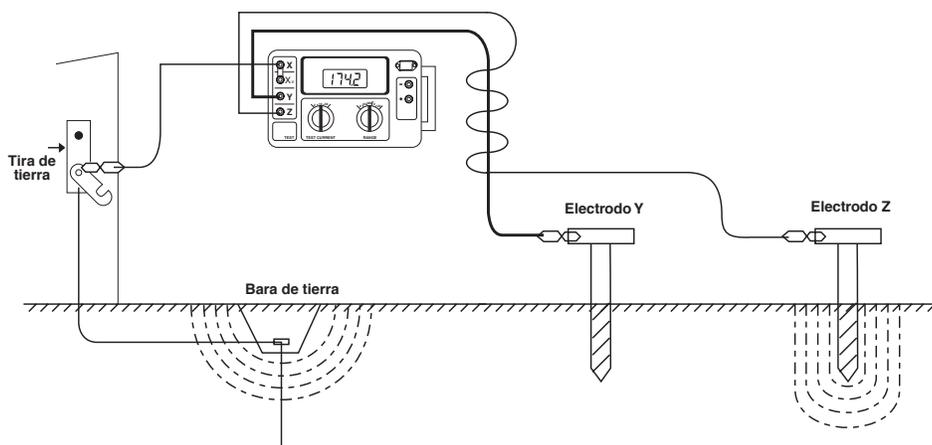


FIGURA 21

B) Si el método previo fracasa, intente cambiar la alineación de los cables auxiliares de manera que no estén en paralelo con las líneas de potencia por encima o por debajo tierra (Figura 22).

C) Si todavía no se ha obtenido un valor de voltage bajo satisfactorio, puede ser que se necesite usar cables protegidos. El blindaje actúa para proteger el conductor interno capturando el voltage y drenándolo a la tierra (Figura 23).

1. Separe los blindajes a los electrodos auxiliares.
2. Conecte los tres blindaje juntos en (pero no al) el instrumento.
3. Conecte con tierra de forma sólida el blindaje restante a la toma de tierra bajo prueba.

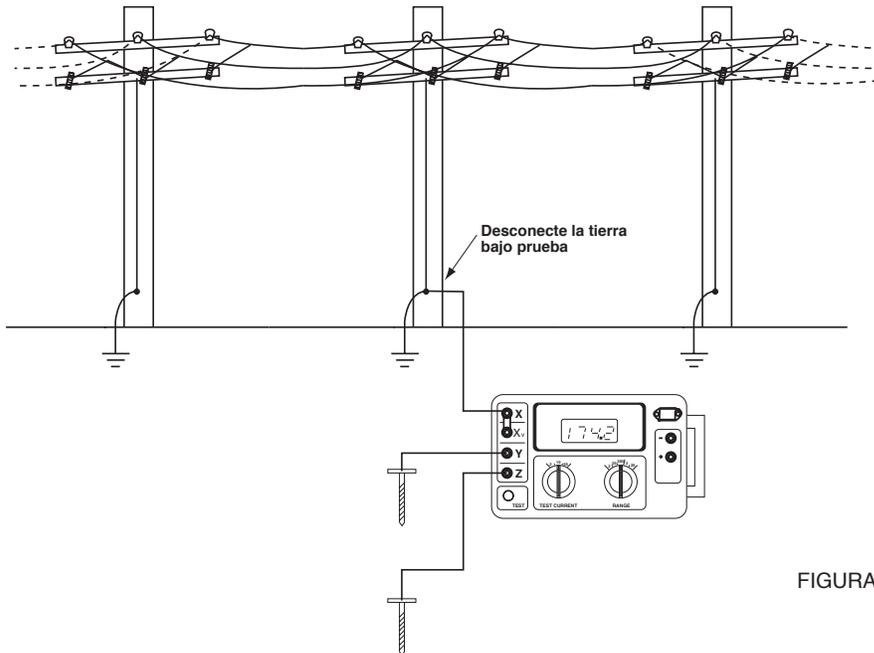


FIGURA 22

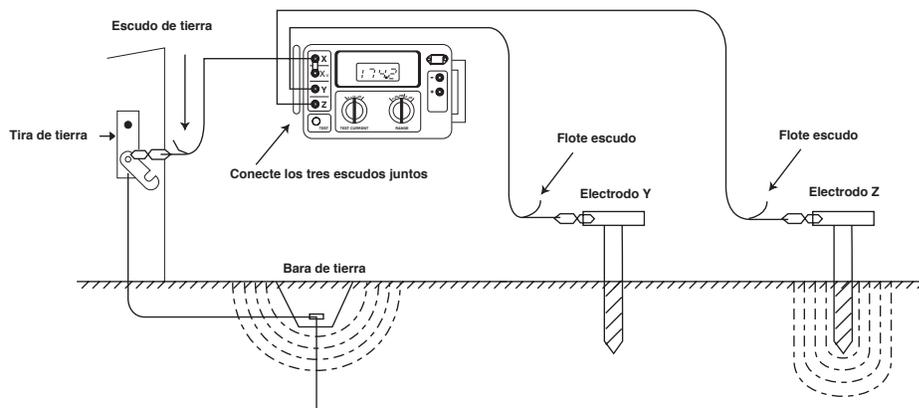


FIGURA 23

Resistencia de Barra Auxiliar Excesiva

La función inherente de un probador de tierra de caída de potencial es entrar una corriente constante dentro de la tierra y medir la caída de voltage a través de electrodos auxiliares. Una resistencia excesiva de uno o de los dos electrodos auxiliares puede inhibir esta función. Esto es causado por una alta resistividad de la tierra o por un mal contacto entre el electrodo auxiliar y la tierra de alrededor (Figura 24).

Para asegurar un buen contacto con la tierra, comprima la tierra que está directamente alrededor del electrodo auxiliar para eliminar bolsas de aire formadas al insertar la barra. Si la resistividad de la tierra es el problema, vierta agua alrededor de los electrodos auxiliares. Esto reduce la resistencia de contacto del electrodo auxiliar sin afectar las medidas.

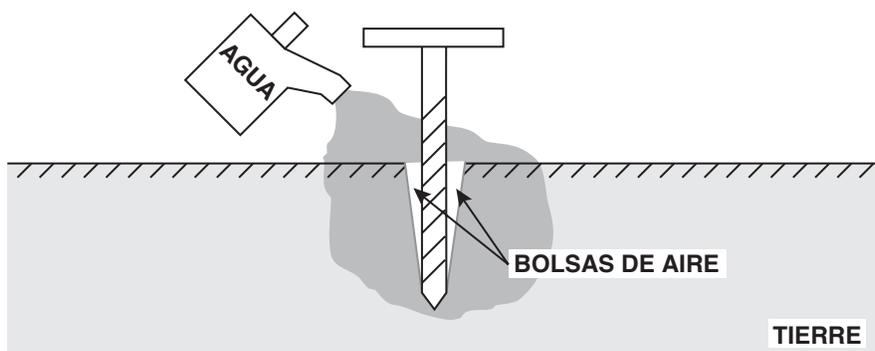


FIGURA 24

Capa de Alquitrán o de Cemento

A veces una prueba debe ser realizada sobre una barra de toma de tierra que está rodeada por una capa de alquitrán o de cemento, donde electrodos auxiliares no pueden ser enterrados fácilmente. En estos casos, rejillas metálicas y agua pueden ser usadas para reemplazar los electrodos auxiliares, como es mostrado en la Figura 25.

Coloque las rejillas sobre el suelo a la misma distancia de la barra de tierra bajo prueba como pondría los electrodos auxiliares en una prueba de caída de potencial estándar. Vierta agua sobre las rejillas y permita que se empapen. Estas rejillas ahora realizarán la misma función que realizarían los electrodos auxiliares enterrados.

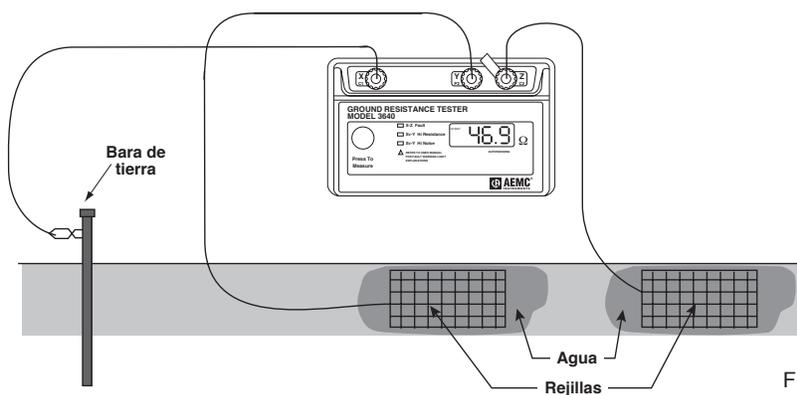


FIGURA 25

Medida de Resistencia de Tierra de Pinza (Modelos 3711 y 3731)

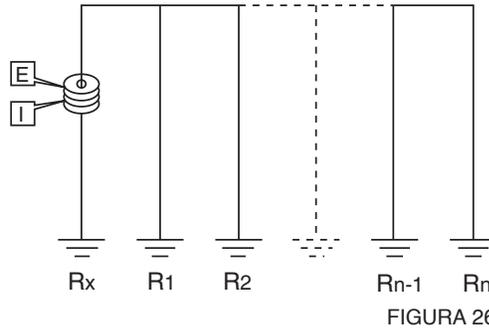
Este método de medida es innovador y único. Ofrece la habilidad de medir la resistencia sin desconectar la toma de tierra. Este tipo de medida también ofrece la ventaja de incluir las resistencias de enlace con la tierra y de conexión de toma de tierra total.

Principio de Funcionamiento

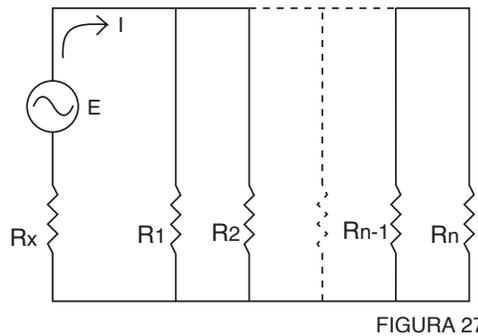
Normalmente, un sistema de toma de tierra de línea de distribución común puede ser simulado como un circuito básico simple como se muestra en la Figura 27 o un circuito equivalente, mostrado en la Figura 30. Si un voltage E es aplicado a cualquier punto de toma de tierra medido Rx a través de un transformador especial, la corriente I circula a través del circuito, estableciendo así la siguiente ecuación.

$$E/I = R_x + \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}} \quad \text{donde, normalmente} \quad R_x \gg \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$$

Así pues, se establece que $E/I = R_x$. Si I es detectada con E constante, la resistencia del punto de toma de tierra medida puede ser obtenida. Refiérase otra vez a las Figuras 26 y 27. La corriente es alimentada al transformador especial a través de un amplificador de potencia desde un oscilador de voltage constante de 2.4kHz. Esta corriente es detectada por un CT de detección. Sólo la señal de frecuencia 2.4 kHz es amplificada por un amplificador de filtro. Esto ocurre antes de la conversión A/D y después de rectificación síncrona. Es entonces mostrada en el LCD.



El amplificador de filtro es usado para cortar tanto la corriente de tierra a frecuencia comercial como el ruido de alta frecuencia. El voltage es detectado por cables bobinados alrededor el CT de inyección que es entonces ampliado, rectificado y comparado por un comparador de nivel. Si la pinza no está cerrada adecuadamente, un anunciador de "pinza abierta" aparece en el LCD.



Ejemplos: Medidas en el Campo Típicas

Transformador Montado en un Poste

Quite cualquier montura que cubra el conductor de tierra, y proporcione espacio suficiente para las pinzas del Modelo 3711/3731, que deben de ser capaces de cerrar con facilidad alrededor del conductor. Las pinzas pueden ser colocadas alrededor de la barra de tierra en sí. **Nota:** La pinza debe ser colocada de forma que las pinzas estén en un camino eléctrico desde el neutral del sistema o cable de tierra a la(s) barra(s) de toma de tierra dependiendo del circuito.

Seleccione la escala de corriente "A". Pince el conductor de tierra y mida la corriente de tierra. La escala de corriente máxima es 30A. Si la corriente de tierra excede 5A, las medidas de resistencia de tierra no son posibles. No siga adelante con las medidas. En su lugar, quite el probador del circuito, anotando el lugar para mantenimiento, y continúe al próximo sitio de prueba.

Después de anotar la corriente de tierra, seleccione la escala de resistencia de tierra "Ω" y mida la resistencia directamente. La lectura que usted mida con el 3711/3731 indica la resistencia no sólo de la barra, pero también de la conexión al neutral del sistema y todas las conexiones de enlace entre el neutral y la barra.

Nota que en la Figura 28 hay una placa inferior y una barra de tierra. En este tipo de circuitos, el instrumento debe ser colocado por encima del enlace de manera que las dos tomas de tierra son incluídas en la prueba. Para futuras referencias note la fecha, la lectura en ohmios, la lectura de corriente y el número de punto. Reemplace cualquier montura que haya sacado del conductor. **Nota:** Una lectura alta indica uno o más de lo siguiente:

- A) una barra de tierra pobre
- B) un conductor con toma de tierra abierta
- C) enlaces de alta resistencia en la barra o empalmes en el conductor; busque enterrados tapas inferiores divididas, pinzas y conexiones martilladas.

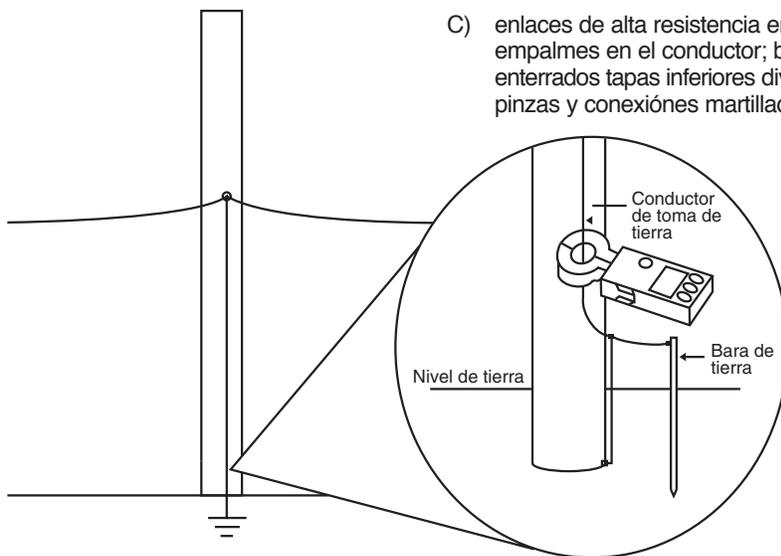
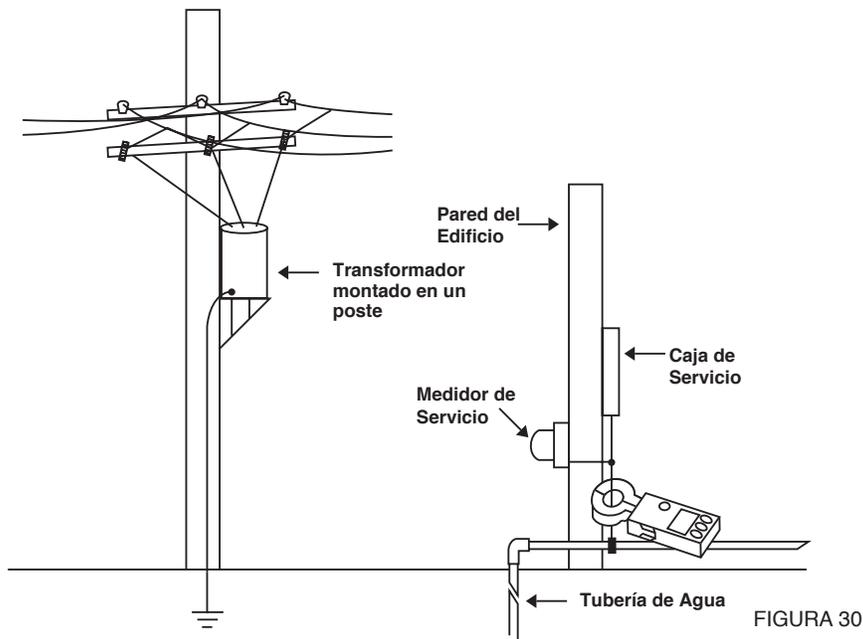
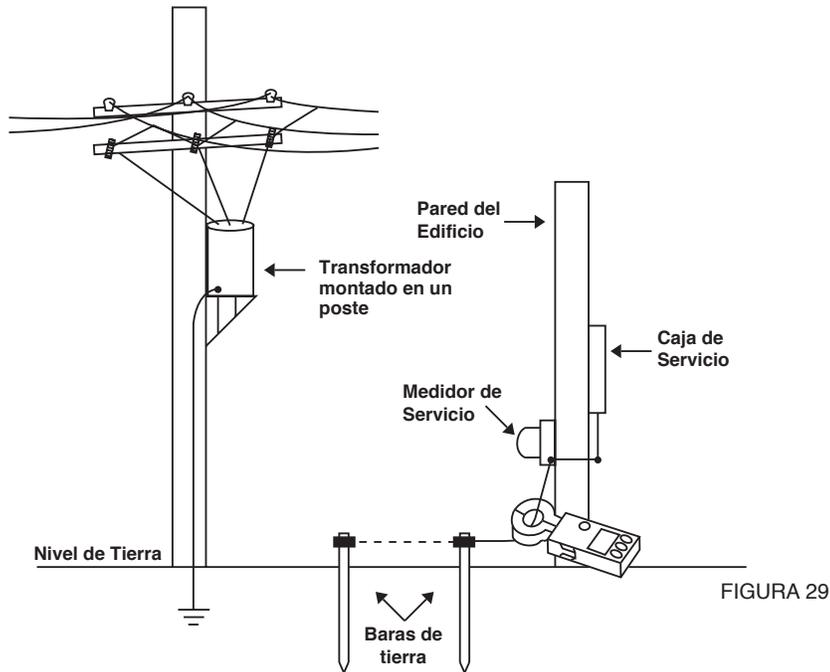


FIGURA 28

Entrada o Medidor de Servicio

Siga básicamente el mismo procedimiento del primer ejemplo. Nota que la Figura 29 muestra la posibilidad de varias barras de tierra, y en la Figura 30 las barras de tierra han sido reemplazadas con una tubería de agua como toma de tierra. Usted puede también tener los dos tipos actuando como toma de tierra. En estos casos, es necesario hacer las medidas entre el neutral de servicio y los dos puntos de toma de tierra.



Transformador Montado en Plataforma

Nota: Nunca abra el recinto del transformador. Son propiedad de la compañía eléctrica. Esta prueba es sólo para expertos en alto voltage.

Siga todos los requerimientos de seguridad, ya que está presente un voltage peligrosamente alto. Localice y numere todas las barras (normalmente sólo una barra está presente). Si las barras de tierra están dentro del recinto, refiérase a la Figura 31 y si están fuera del recinto, refiérase a la Figura 31. Si una sólo barra es hallada dentro del recinto, la medida debería ser tomada en el conductor justo antes de la unión con la barra de tierra. A menudo, más de un conductor de tierra está atado a esta pinza, haciendo un blucle hacia el recinto o el neutral.

En muchos casos, la mejor lectura puede ser obtenida al pinzar el 3711/3731 sobre la barra de tierra en si, por debajo del punto donde los conductores de tierra están unidos a la barra, de manera que usted estará midiendo el circuito de tierra. Se debe tener cuidado al buscar un conductor on sólo un camino de retorno al neutral.

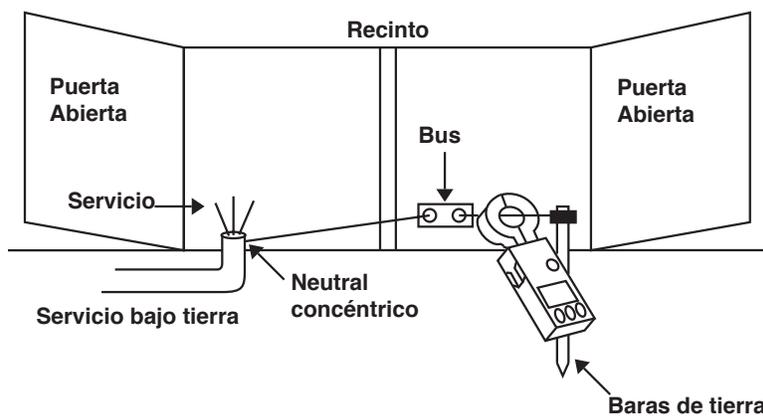


FIGURA 31

Telecomunicaciones

El probador de tierra de pinza desarrollado por AEMC y discutido en el capítulo previo ha revolucionado la habilidad de las compañías eléctricas de medir sus valores de resistencia de tierra. Este mismo instrumento probado y esta tecnología puede ser aplicada a industrias telefónicas para ayudar en la detección de problemas de toma de tierra y de enlaces. Ya que el equipamiento trabaja en voltages menores, la habilidad del sistema de eliminar cualquier sobrepotencial creado por el hombre o natural se convierte en mucho más crítica. El probador de caída de potencial tradicional demostró requerir mucho trabajo y dejaba mucha interpretación a manos de la persona realizando la prueba. Aún más importante, el método de prueba de tierra de pinza permite al usuario realizar esta lectura necesaria sin el riesgo de poner fuera de servicio la toma de tierra bajo prueba.

En muchas aplicaciones, la toma de tierra consiste en una unión de los dos Servicios juntos para evitar cualquier diferencia de potencial que podría ser peligrosa tanto para el equipamiento como para el personal. El "Ohmetro" de pinza puede ser usado para probar estas uniones importantes.

Aquí hay algunas de las soluciones y de los procedimientos de pinza que tienen aplicaciones para la industria telefónica.

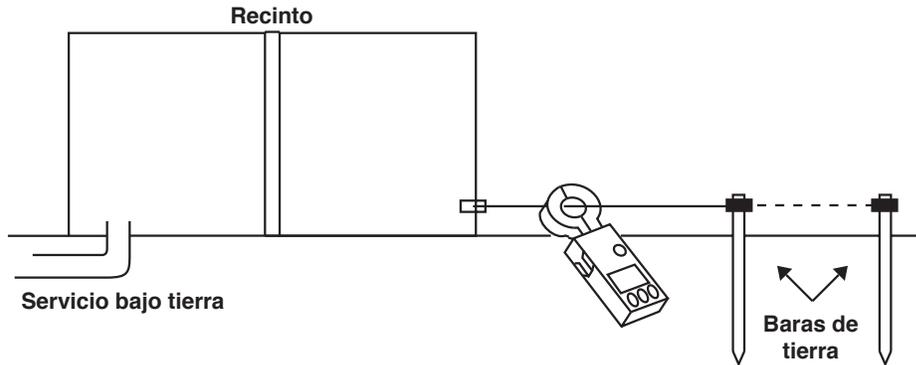


FIGURA 32

Recintos y Armarios Telefónicos

Tener una toma de tierra juega un papel muy importante en el mantenimiento de equipos sensibles en armarios y recintos telefónicos. Para proteger este equipamiento, un camino de baja resistencia debe ser mantenido para que cualquier potencial de sobrevoltage sean conducidos de forma segura a la tierra. Esta prueba de resistencia es realizado pinzando un probador de tierra Modelo 3711/3731 alrededor de la bara de toma de tierra enterrada, debajo cualquier conexión de unión común entre la compañía telefónica y la eléctrica.

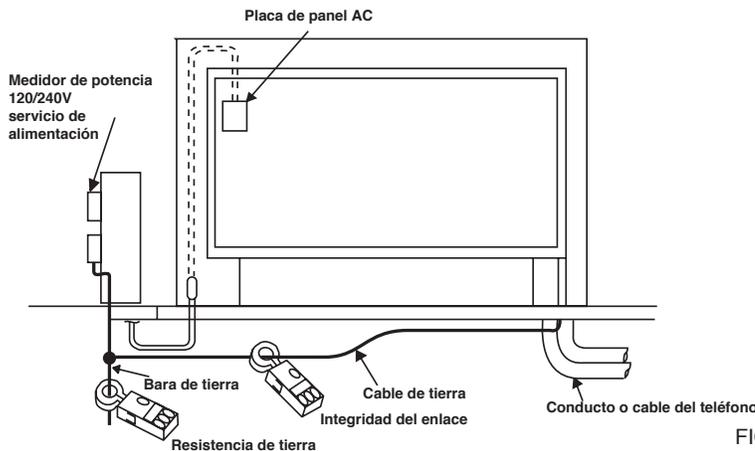


FIGURA 33

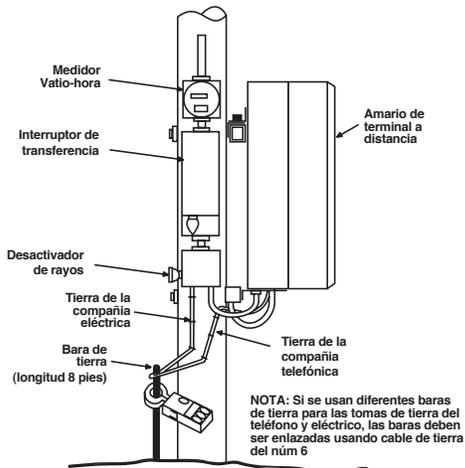


FIGURA 34

Para evitar cualquier potencial de voltage alto entre las compañías de teléfono y eléctrica, se crea un enlace de baja resistencia. La integridad del enlace es realizada pinzando el cable de cobre Núm. 6 entre la bara de tierra principal (MGB) y el neutral con toma de tierra múltiple de la compañía eléctrica (MGN). El valor de resistencia mostrado en el probador también incluirá terminales sueltas o mal enterradas que pueden haberse degradado durante el tiempo.

Además, el probador de tierra de pinza puede ser usado como un amperímetro de RMS verdadero.

Tomas de Tierra de Pedestal

Todas las cubiertas de cable son unidas a una barra de toma de tierra dentro de cada pedestal. Esta barra de toma de tierra está conectada con la tierra a través de una barra de tierra enterrada. La resistencia de la barra de tierra puede ser encontrada usando el instrumento pinzado sobre la barra de tierra o el cable Núm. 6 conectando estos dos puntos. Vea la Figura 35.

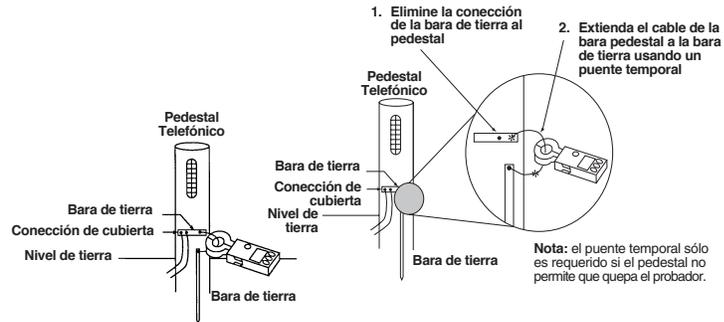


FIGURA 35

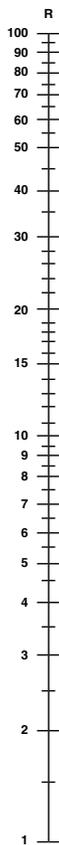
La protección del cable se une con MGN

La protección del cable en un recinto telefónico enterrado o sobre tierra puede tener una toma de tierra a través del neutral de varias tomas de tierra de la compañía eléctrica. El probador de tierra de pinza puede ser utilizado para asegurar que esta conexión ha sido terminada satisfactoriamente. El camino de retorno de baja resistencia para que el instrumento haga esta medida será desde este cable de enlace bajo prueba al MGN y vuelta a través de otros enlaces corriente hacia arriba o hacia abajo (teoría de resistencia paralela).

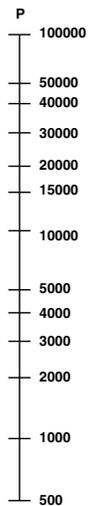
El probador de tierra de pinza también es un amímetro de RMS Verdadero.

Nomograma de Toma de Tierra

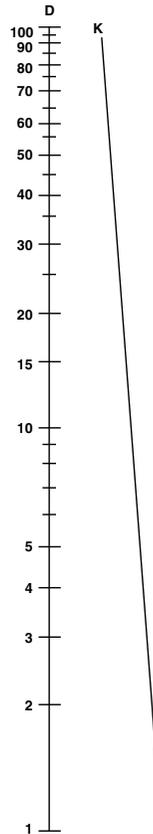
Barra de Toma de Tierra
Resistencia – Ohmios



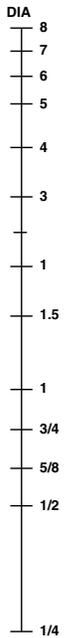
Resistividad de la Tierra
(Ohmios-centímetros)



Profundidad de Barra
Pies



Diámetro de Barra
Pulgadas



1. Seleccione la resistencia requerida en la escala R.
2. Seleccione la resistividad aparente en la escala P.
3. Coloque la regla sobre las escalas R y P, y permita que cruce con la escala K.
4. Marque el punto en la escala K.
5. Coloque la regla sobre el punto de la escala K, y permita que cruce con la escala D.
6. El punto en la escala D sera la profundidad de la bara requerida para la resistencia en la escala R.

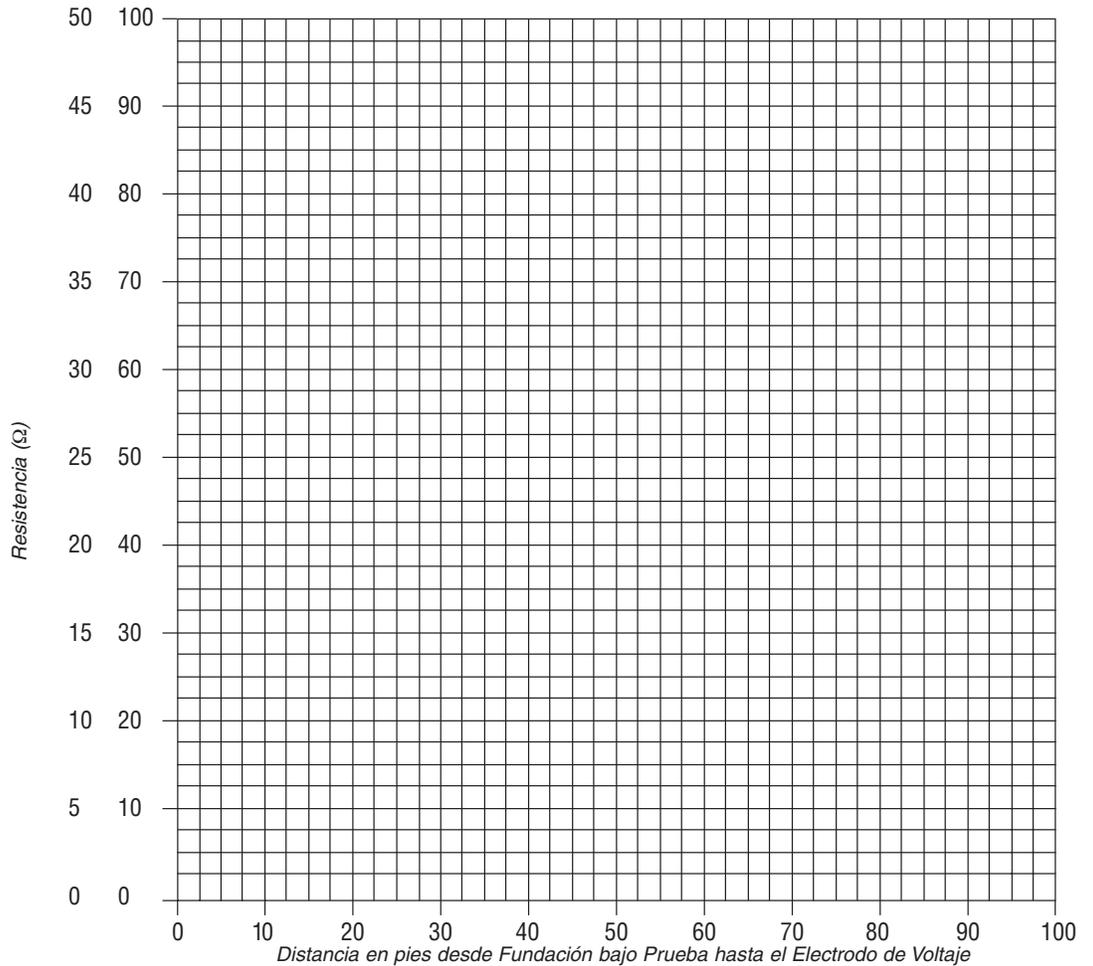
Grafico de Caída de Potencial

Mfr. Instrumento _____ Nombre de Operario _____
 Modelo _____ Localidad _____ Fecha _____
 Núm de Serie# _____ Tipo de Sistema de Tierra: Una Barra Profundidad de la Barra _____ pies
 Varias Barras (Grid) Dimensión de la rejilla en diagonal más larga _____ pies
 Distancia del Electrodo Z _____ pies

%	Distancia del Electrodo (Y) de Voltaje desde la Tierra bajo Prueba (X)	Medición de Resistencia
	Pies	OHMIOS
100	_____	_____
90	_____	_____
80	_____	_____
72	_____	_____
70	_____	_____
62	_____	_____
60	_____	_____
52	_____	_____
50	_____	_____
40	_____	_____
30	_____	_____
20	_____	_____
10	_____	_____
0	_____	_____

Escala de : 50
 Resistancia 100
 Multiplier: x1
 x10

Condiciones de Prueba							
Temp: _____		Tierra: Húmeda <input type="checkbox"/> Seca <input type="checkbox"/>					
Tipo de Tierra							
Marga <input type="checkbox"/>	Arena y Gravilla <input type="checkbox"/>	Pizarra <input type="checkbox"/>	Arcilla <input type="checkbox"/>	Piedra Caliza <input type="checkbox"/>			
Arenisca <input type="checkbox"/>	Granito <input type="checkbox"/>	Pizarra Caliza <input type="checkbox"/>	Other _____				



Escala Mutiple de Distancia: x1 x10

