

## LA LIMITACIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO

Con visión hacia el amanecer del siglo XXI, el desarrollo de la tecnología electrónica se prevé impresionante, ya que continúa la revolución innovadora de la microelectrónica que simplifica espacios y procedimientos, sin embargo, exigirán redes de suministro de energía eléctrica bien definidas para otorgar una excelente calidad.

Hoy día podemos apreciar descontrol, confusión e inconformidad, ya que éstas nuevas tecnologías, aplicadas en el campo de la productividad, fallan, provocando costosos errores y paro de actividades, con las pérdidas que esto origina; y surge la pregunta; ¿Porqué fallan frecuentemente las computadoras o bien los sistemas de automatización y control industrial, los equipos electromédicos o de telecomunicación o una modesta o gigantesca red de voz y datos? ; la respuesta está en la compatibilidad y susceptibilidad de todos y cada uno de los protagonistas, incluyendo aparatos, accesorios, equipos, sistemas y seres humanos. Para comprender mejor estos conceptos, es conveniente definirlos:

**Compatibilidad:** Se define como la acción o funcionamiento óptimo de cada componente sin interferir o afectarse entre sí.

**Susceptibilidad:** La definimos como la tendencia de sensibilidad o vulnerabilidad de cada protagonista.

Considerando los conceptos anteriores, podemos apreciar que en una comunidad interactuamos seres humanos con transformadores de potencia, motores, sistemas de iluminación, computadoras, equipos de telecomunicación, robótica, etc. La comunidad hoy en día utiliza energía eléctrica para el desarrollo de sus actividades, la cual, para un eficiente y continuo funcionamiento debe ser de calidad (power quality); por lo cual sus instalaciones pasivas (gabinetes, tuberías acero de construcción, estructuras, etc.) y las activas (conductores, barras de unión, referencias de "0" lógico, etc.), deben de operar con un eficiente acoplamiento a tierra, procedimiento aparentemente sencillo y sin importancia, sin embargo, como una dramática paradoja, hoy día y para el futuro resulta ser el culpable de daños, errores, fallos, desperfectos, pérdidas y destrucción de equipo y seres humanos.

### Contenido:

- ❖ La limitación de la resistividad del suelo.



Ante una problemática mundial de esta naturaleza, tenemos que definir la resistividad del suelo.

Veamos porqué; si analizamos las diferentes normas internacionales para instalaciones eléctricas nos encontramos como método común para medir el grado de eficiencia o ineficiencia de un sistema de puesta tierra la determinación de la resistividad o anticonductividad del suelo de nuestro planeta, caracterizándolo en unidades óhmicas sobre metro. Estos métodos pueden ser entre otros:

Método del electrodo auxiliar de resistencia despreciable:

- a). Procedimiento voltamperimétrico.
- b). Procedimiento con medidor de tierra.

Método de la caída de tensión:

- a). Procedimiento voltamperimétrico.
- b). Procedimiento con medidor de tierra.

Los métodos se basan principalmente en determinar la resistividad del suelo y el subsuelo 50 cm y 1 m.

Sin embargo, es importante reflexionar sobre lo siguiente.

Si verificamos la resistividad de propagación mediante un terrómetro bajo el método de Wenner nos encontramos ante una plataforma de puesta a tierra y determinaríamos lo que se muestra en la figura 1 (ejemplo genérico)

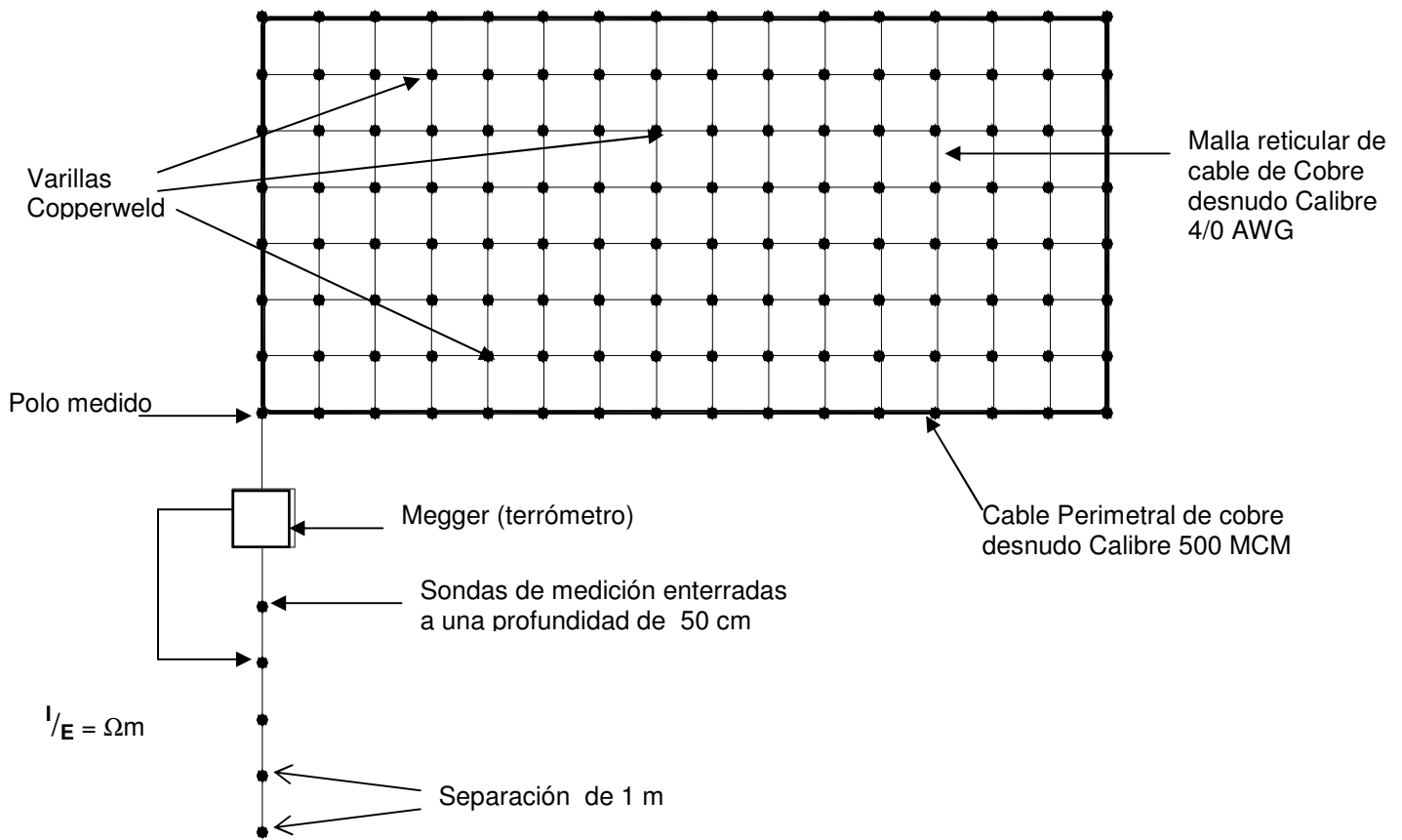


Fig. 1

Sin tomar en cuenta el “estudio” previo al diseño de la plataforma o malla, de la resistividad del terreno, el cual pudiera haberse considerado homogéneo sin serlo en la realidad y sujeto a algunas variables, o todas impredecibles como:

- a). Polarización magnética del terreno de acuerdo a principios de prospección magnética terrestre, involucrando campos seculares. (Consultar boletín).
- b). Hora de la medición.
- c). Estación del año.
- d). Temperatura ambiente.
- e). Temperatura del suelo.
- f). Temperatura del subsuelo (2 m promedio).
- g). Humedad relativa del suelo.
- h). Humedad relativa del subsuelo (2 m promedio).
- i). Clase y tipo del equipo de medición.
- j). Clase, tipo y edad de las sondas empleadas.
- k). Continuidad de conectores y conductores.
- l). Estabilidad y continuidad de la energía empleada.
- m). Altitud sobre el nivel del mar.
- n). Presión barométrica.
- o). Constante de actividad telúrica (geoeléctrica).
- p). Constante de actividad geomagnética (magnetósfera superficial).

Si el previo estudio consideró las variables anteriores y determinó un valor para aplicarse al cálculo de la corriente de corto circuito, misma que consideró en su proceso fisicomatemático las siguientes razones de diseño:

1. Corriente estacionaria.
2. Corriente casi estacionaria.
3. Corriente de alta frecuencia.
4. Corriente transitoria de impulso.

Al observar el método de medición voltamperimétrico deducimos una comprobación sustentada a “X” hora y “Y” variables y en un solo vector como se aprecia en la Figura 2.

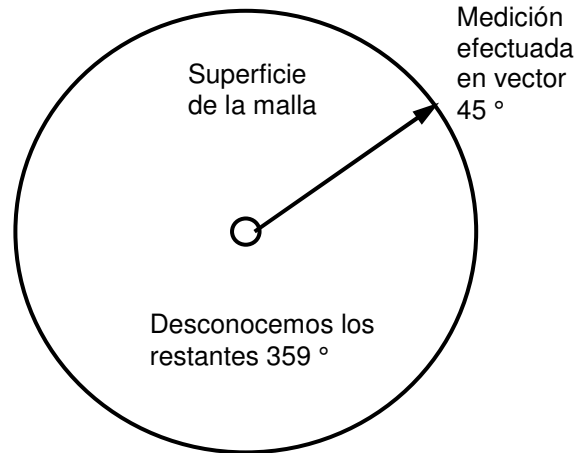


Fig. 2

Considerando obtener un resultado de la medición ohm/metro en un solo vector de resistencia de propagación, la misma estaría sujeta a las variables anteriormente expuestas, y de acuerdo al procedimiento voltamperimétrico obtendríamos la medición de la impedancia resistiva o anticonductiva de propagación ( $Z^R$ ), desconociendo el valor útil representado por la impedancia total ( $Z^R + Z^C + Z^L$ ), además, referida a frecuencia.

El conocimiento del comportamiento frecuencial o en tiempo de una red de puesta a tierra para el siglo XXI es vital y requisito indispensable debido al siguiente teorema:

*La suma algebraica de las corrientes portadoras de radiofrecuencia en el aire es igual a cero.*

El anterior teorema se fundamenta en el hecho de existir hoy día más potencia radiada que conducida. (La suma de potencias en la magnetósfera de radiofrecuencias emitidas por radiodifusoras, televisoras, banda civil, celulares, radares, satélites, etc.)

Esta energía radiada como energía efectiva se deposita y se transforma en la materia, originando turbulencia eléctrica y gradientes de potencial de acuerdo al vector de Poynting, representado y desarrollado en una o varias áreas unitarias de una malla o red de conductores de confinamiento a tierra con alta impedancia con respecto a ésta y sobretodo a altas frecuencias que convierten a un tradicional sistema de tierra en una poderosa antena receptora de RFI (interferencia de radiofrecuencia) y de EMI (interferencia electromagnética). Este fenómeno es acrecentado por un supuesto aliado de los sistemas ortodoxos de puesta a tierra, convertido hoy en un peligroso enemigo llamado manto freático, mismo que refleja la energía radiada e incrementa la capacitancia entre las masas a acoplar.

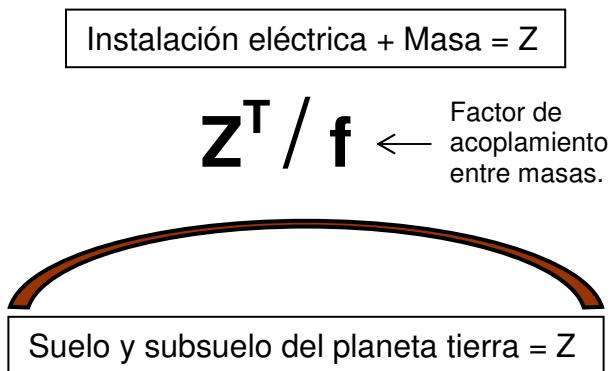


Fig. 3

Como podemos apreciar en la figura 3, el objetivo de puesta a tierra de instalaciones, volúmenes y masas; consiste en acoplarlas al suelo y al subsuelo del planeta, para este fin requerimos un factor de acoplamiento entre masas, identificado por la impedancia total de la masa a acoplar y la máxima admitancia dentro de un espectro frecuencial del suelo y subsuelo. Para responder efectivamente a estos requisitos, se requirió desarrollar una

nueva tecnología de acoplamiento a tierra suficiente para caracterizar en función óptima los siguientes conductores involucrados en una red de puesta a tierra.

1. Conductor de puesta a tierra de funcionamiento. Denominado X0 o Neutro.
2. Conductor de puesta a tierra para protección y seguridad humana y de animales útiles. Denominado tierra física.
3. Conductor de unión equipotencial. Para convertir en una sola masa eléctrica y magnética la heterogénea comunidad, y deprimir lazos de corriente, gradientes de potencial, energía electrostática o impulsos electromagnéticos.
4. Conductor de puesta a tierra de servicio. Destinado a otorgar principalmente una referencia de "0" potencial o "0" lógico a tarjetas electrónicas, sistemas, equipos, accesorios y componentes electrónicos, electromecánicos, cibernéticos, de control lógico programable, electromédicos y de telecomunicaciones.
5. Conductor de puesta a tierra para confinar y disipar descargas atmosféricas (Rayos).
6. Conductor de puesta a tierra para otorgar a masas, volúmenes, estructuras, tuberías o gabinetes metálicos, energía catódica suficiente para abatir o cancelar gradientes de potencial o corrientes circulantes que aceleren procesos químicos y originen efectos galvánicos causando oxidación, corrosión y degradación de metales en forma acelerada.

Al involucrar y definir en su misión a cada uno de estos conductores, se requiere la implantación de una nueva ingeniería de puesta a tierra, misma que permita la compatibilidad óptima de los

mismos con la simultánea atenuación de sus respectivas susceptibilidades.

Para el logro de estos fines es necesario romper paradigmas tales como:

- a). No depender de la conductividad o resistividad del suelo o subsuelo para obtener la propagación o disipación y traspaso de corrientes eléctricas a tierra de diversas naturalezas.
- b). Mantener en forma estable y continua el valor o factor de acoplamiento de impedancia total contra frecuencia (40Hz–3.5GHz.)
- c). Polarizar el suelo y subsuelo en forma coercitiva por medio de magnetización remanente isoterma (MRI) con el fin de cancelar los campos multipolares suplementarios instantáneos que originan dipolos regionales y éstos variaciones seculares que impiden la homogeneidad magnética del suelo y subsuelo y su dramática ineficiencia para un sistema de acoplamiento a tierra.
- d). Otorgar simultáneamente al proceso de confinamiento a tierra de corrientes de diversa índole, energía catódica suficiente para originar dominios magnéticos en el introespacio atómico.
- e). Crear una red de confinamiento a tierra equipotencial con ángulos de fase autónomos en sus distintos conductores, acoplados mediante admitancias contra frecuencia, que permita el equilibrio en tiempo integral basado en una frecuencia de corte del orden de 1/6 de la longitud de onda ( $\lambda$ ) de 1 MHz (50 m).
- f). Operar un sistema de confinamiento y disipación de descargas atmosféricas en campos E y H que impida la reflexión de la descarga

por la vía de un acoplamiento sincronizado en fases.

- g). Reemplazar electrodos pasivos de puesta a tierra por magnetoactivos de polarización definida y continua.
- h). No utilizar aceleradores químicos para el incremento de la conductividad eléctrica del suelo y subsuelo contribuyendo a no degradar nuestro ecosistema.

Los requisitos anteriores se fundamentan en la debilidad y obsolencia actual de los tradicionales sistemas de puesta a tierra.

Preguntas:

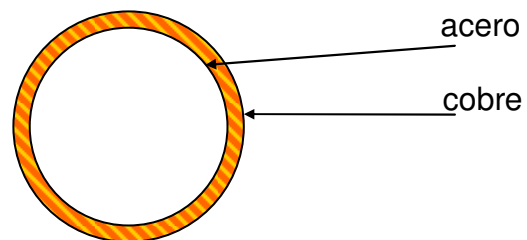
¿Los sistemas tradicionales de puesta a tierra están concebidos para sincronizar fases y abatir fenómenos de interferencia electromagnética (EMI) o de interferencia de radiofrecuencia (RFI)?

Razonamientos: (Véase Figura 4)

Entorno:

- a). Potencia radiada (RFI) y (EMI) depositándose en conductores.
- b). Corrientes telúricas y variaciones magnéticas seculares afectando la longitud de onda ( $\lambda$ ) de la varilla Copperweld.
- c). Conductividad eléctrica polidireccional del terreno variable permanente.

Análisis de los electrodos tradicionales:



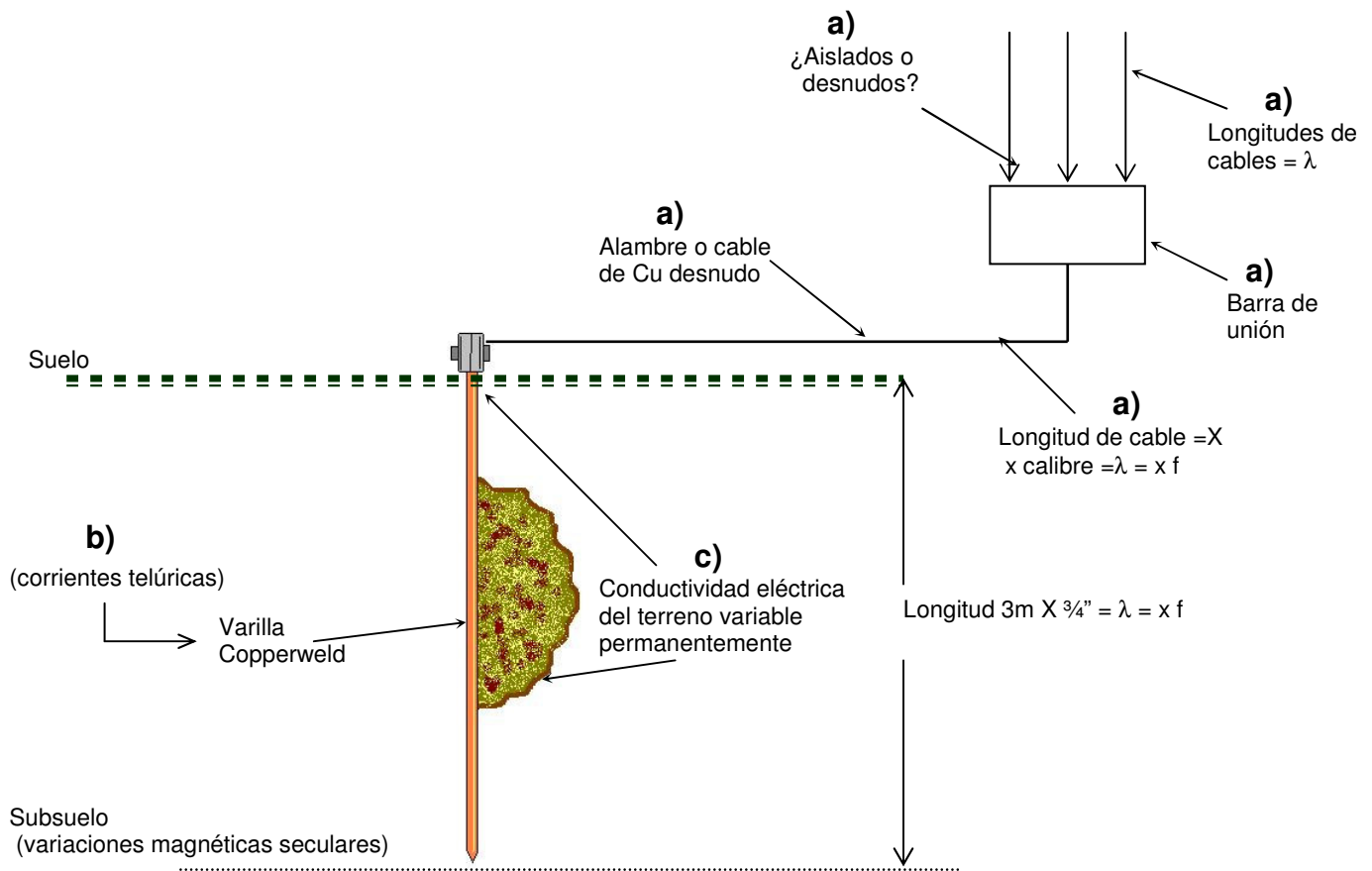
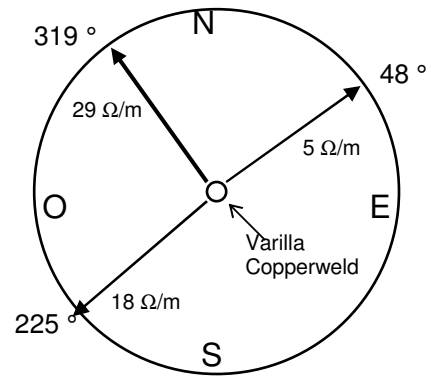


Figura 4

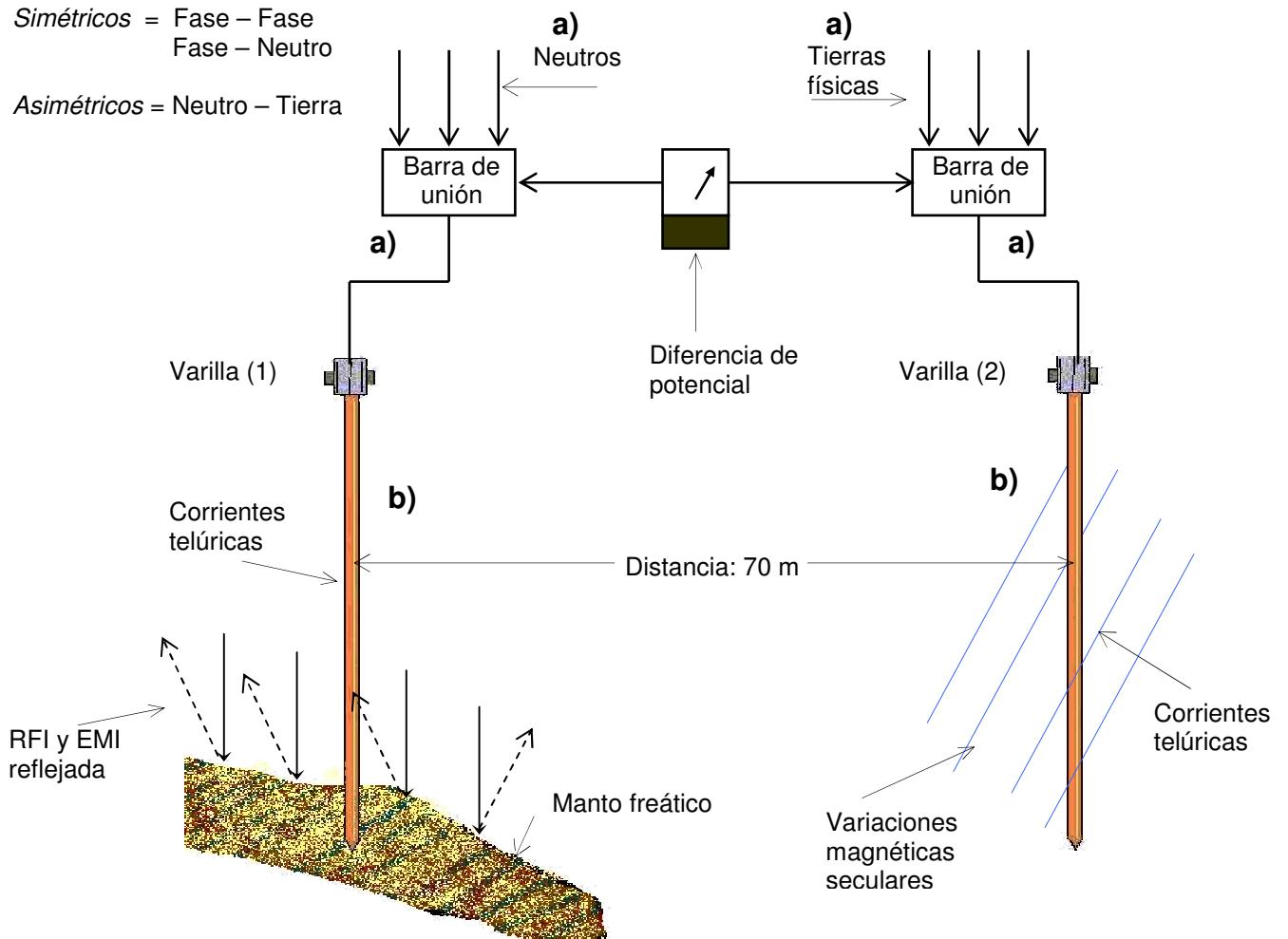
Razonamientos:

- a). La varilla Copperweld es una varilla de acero bañada con una película de cobre, (capa de 10 milésimas de mm) por lo cual es muy vulnerable a la degradación, iniciando el proceso su débil y mal adherida capa de cobre para quedar en poco tiempo (de acuerdo a la salinidad del terreno) en una varilla de acero de distintas características eléctricas.
- b). La varilla Copperweld basa su funcionamiento en la longitud de la misma, por lo que disminuiría en proporción a su largo, la resistencia de propagación, sin embargo, la no-homogeneidad del terreno impide obtener valores constantes y polidireccionales.



- c). Además del inciso anterior la varilla Copperweld en su longitud embebida en el subsuelo, registra fenómenos electromagnéticos que originan impredecibles cambios en su polarización, propiciando gradientes de potencial entre otras varillas o sistemas, incrementándose la posibilidad de descargas electrostáticas entre conductores simétricos y asimétricos, tensiones y corrientes en asimétricos.

Simétricos = Fase – Fase  
 Fase – Neutro  
 Asimétricos = Neutro – Tierra



d). Tanto las varillas (incluidas las electroquímicas), y las “picas” de acero galvanizado, las placas (verticales y horizontales de cobre o acero galvanizado), los anillos de alambre o cable de cobre desnudo, las mallas de alambre o cable de cobre desnudo; son atacados de acuerdo a la prospección magnética terrestre por “bahías magnéticas” las cuales consisten en ser perturbaciones del campo magnético terrestre de origen natural (planeta) o artificial (hombre), con periodos del orden de magnitud de un minuto y pulsaciones de muy cortos periodos (algunos segundos y aún menores); por lo cual los sistemas tradicionales de puesta a tierra FALLAN, ya que

han sido concebidos únicamente en forma unidireccional, esto es, con dirección al planeta tierra, pensando únicamente en razones que son válidas pero no únicas como la seguridad humana y de los equipos con respecto a las corrientes indeseables, que nos sentimos “seguros” al pensar que las estamos enviando a tierra y gracias al desarrollo de la tecnología electrónica darnos cuenta que nuestro planeta tierra es capaz de hacer fallar o destruir nuestras instalaciones, enviándonos turbulencias magnéticas por el punto más olvidado y vulnerable de nuestras instalaciones; afectando incluso al propio ser humano. ¡El sistema de puesta a tierra!