



MANUAL DE PUESTAS A TIERRA THOR-GEL®

INTRODUCCIÓN

SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA (SPAT).

Los medios digitales de la actualidad son una realidad del mundo globalizado y hay información en línea o banda ancha que necesitan mayor cuidado porque presentan algunas debilidades entre las cuales podemos contar con la sensibilidad a los cambios bruscos en las condiciones de operación, esto es a las perturbaciones en la alimentación eléctrica o a los fenómenos eléctricos transitorios que se presentan o inducen en los sistemas interconectados.

Para evitar y atenuar la peligrosidad de estas perturbaciones en la vida y funcionamiento de los equipos, se ha previsto la estabilidad, continuidad de funcionamiento y la protección de los mismos con dispositivos que eviten el ingreso de estos transitorios a los sistemas en fracciones de segundo (nanosegundos) y sean dispersados por una ruta previamente asignada como es el sistema de puesta a tierra (SPAT), que es el primer dispositivo protector no solo de equipo sensible, sino también de la vida humana evitando desgracias o pérdidas que lamentar.

La protección eléctrica y electrónica tiene pues dos componentes fundamentales, que son indisolubles uno de otro: los equipos protectores (pararrayos, filtros, supresores, TVSS, Vía de Chispas, etc.) y el sistema dispersor o Sistema de Puesta a Tierra (SPAT), entendiéndose este como el pozo infinito donde ingresan corrientes de falla o transitorios y no tienen retorno porque van a una masa neutra y son realmente dispersados.

FINALIDAD DE LAS PUESTAS A TIERRA

Los objetivos principales de las puestas a tierra son:

1. Obtener una resistencia eléctrica de bajo valor para derivar a tierra Fenómenos Eléctricos Transitorios (FETs.), corrientes de falla estáticas y parásitas; así como ruido eléctrico y de radio frecuencia.
1. Mantener los potenciales producidos por las corrientes de falla dentro de los límites de seguridad de modo que las tensiones de paso o de toque no sean peligrosas para los humanos y/o animales.
2. Hacer que el equipamiento de protección sea más sensible y permita una rápida derivación de las corrientes defectuosas a tierra.
3. Proporcionar un camino de derivación a tierra de descargas atmosféricas, transitorios y de sobretensiones internas del sistema.
4. Ofrecer en todo momento y por el tiempo de vida útil del SPAT (± 20 años) baja resistencia eléctrica que permita el paso de las corrientes de falla.
5. Servir de continuidad de pantalla en los sistemas de distribución de líneas telefónicas, antenas y cables coaxiales.





PROPIEDADES ELECTROMAGNÉTICAS DE LAS TIERRAS

Para entender cabalmente los fenómenos que acontecen en una puesta a tierra es necesario tener en cuenta algunos conocimientos sobre las propiedades eléctricas y magnéticas de los suelos y el comportamiento de los mismos cuando se producen corrientes transitorias o de falla. Asimismo para poder diseñar los sistemas de puesta a tierra será muy útil conocer en detalle estos parámetros.

La tierra (suelo, subsuelo) tiene propiedades que se expresan fundamentalmente por medio de tres magnitudes físicas que son:

La resistividad eléctrica ρ (o su inversa la Conductividad σ).

La constante dieléctrica ϵ y

La permeabilidad magnética μ

El comportamiento físico de los suelos depende de las propiedades y modo de agregación de sus minerales y de la forma, volumen y relleno (generalmente agua y aire) de los poros. Además de estas relaciones conviene estudiar el efecto que sobre dichas propiedades ejercen la presión y la temperatura

RESISTIVIDAD DE SUELOS

Se sabe por física elemental que la resistencia R de un conductor alargado y homogéneo de forma cilíndrica vale:

$$R = \rho l/s$$

donde: R = resistencia en Ω
 ρ = resistividad en (Ω -metro)
 l = longitud del conductor en metros m
 s = sección en metros cuadrados

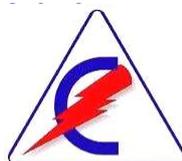
La resistividad es una medida de la dificultad que la corriente eléctrica encuentra a su paso en un material determinado, pero igualmente se considera la facilidad de paso, resultando así el concepto de, Conductividad, que expresado numéricamente es inverso a la resistividad y se expresa en siemens-metro de modo que:

$$\sigma = 1/\rho$$

La resistividad es una de las magnitudes físicas de mayor amplitud de variación, como lo prueba el hecho de que la resistividad del poliestireno supera a la del cobre en 23 órdenes de magnitud.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES EN ESTUDIOS DE RESISTIVIDAD

Las corrientes eléctricas que nos interesan no recorren conductores lineales (hilos y cables) como en las instalaciones y aparatos eléctricos usuales, sino que se mueven en un medio tridimensional por lo que debemos estudiar las leyes físicas que obedecen estas corrientes.



CIMATEL
IMPORTACIONES
 S.R.L.
 DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
 DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN



Para hacer el problema fácilmente abordable desde el punto de vista matemático, habremos de estilizar las condiciones reales, suponiendo que el subsuelo se compone de varias zonas, dentro de cada una de las cuales la resistividad suponemos constante separadas entre sí por superficies límite perfectamente planas. A pesar de esta simplificación, el problema es matemáticamente muy difícil y solo ha sido resuelto en casos muy sencillos.

A continuación la tabla de tipos de suelos con sus respectivas resistividades.

NATURALEZA DEL TERRENO	Resistividad en Ω - m
Terrenos Pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba Húmeda	5 a 100
Arcilla Plástica	50
Marga y Arcillas Compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena Arcillosa	50 a 500
Arena Silíceo	200 a 300
Suelo Pedregoso Cubierto de Césped	300 a 500
Suelo Pedregoso Desnudo	1,500 a 3,000
Calizas Blandas	100 a 300
Calizas Compactas	1,000 a 5,000
Calizas Agrietadas	500 a 1,000
Pizarras	50 a 300
Roca de Mica o Cuarzo	500 a 5000
Granito y Gres procedentes de Alteraciones	1,500 a 10,000
Roca Ígnea	5,000 a 15,000

INFLUENCIA DE LA HUMEDAD

La resistividad del suelo sufre alteraciones con la humedad. Esta variación ocurre en virtud de la activación de cargas eléctricas predominantemente iónicas por acción de la humedad, un porcentaje mayor de humedad hace que las sales presentes en el suelo o adicionadas a propósito se disuelvan formando un medio electrolítico favorable al paso de la corriente iónica. Así mismo un suelo específico con concentración diferente de humedad presenta una gran variación de su resistividad, siendo por lo tanto muy susceptible de los cambios estacionales.

DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS

COMPACTACIÓN DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN

La compactación de un suelo a condiciones naturales, es la atracción que ejerce la gravedad con toda materia existente, habiéndose logrado una agregación de materiales a través del tiempo en forma íntima entre ellos, quedando por lo tanto pocos espacios sin ocupar.

Cuando se hacen trabajos de excavación todo este entramado natural se rompe y al volver a llenarse las excavaciones en forma manual nos queda material aparentemente sobrante; lo ideal sería que con el cuidado necesario regresar todo el material a su estado anterior para lograr así una compactación deseable que permita el firme contacto de los electrodos con el suelo agregadas que permita una circulación de corrientes de falla en forma fluida.





MÉTODOS PARA LA REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA

Existen distintos métodos para lograr la reducción de la resistencia eléctrica, aunque todos ellos presentan un punto de saturación que es conveniente conocer para evitar diseños antieconómicos. Los métodos para la reducción son los siguientes:

- a)- El aumento del número de electrodos en paralelo
- b)- El aumento de la distancia entre ejes de los electrodos
- c)- El aumento de la longitud de los electrodos.
- d)- El aumento del diámetro de los electrodos
- e)- El cambio del terreno existente por otro de menor resistividad.
- f)- El tratamiento químico electrolítico del terreno.

El aumento del número de electrodos en paralelo.

- La acción de aumentar el número de electrodos conectados en paralelo disminuye el valor de la "Resistencia Equivalente", pero esta reducción no es lineal puesto que la curva de reducción tiene tendencia asintótica a partir del 6to. ó 7mo. electrodo y además existe el fenómeno de la resistencia reciproca.

Suponiendo un medio ideal en el que la resistividad del terreno homogéneo es de 600 Ω -m y se clava un electrodo estándar de 2.4 m

$$R = (\rho/2\pi l) * \ln(2l/d)$$

donde $:(\ln 2l/d)/2\pi l$ se considera = K y operamos la fracción vale 0.49454 por lo tanto $R = 600 \times 0.49454 \approx 300 \Omega$

Según la ecuación de sumatoria de resistencias en paralelo, al aumentar un electrodo (el segundo) obtendríamos aproximadamente 150 Ω al aumentar un tercero 100 y para llegar a 5 Ω tendríamos que clavar 60 electrodos tal como se muestra en el siguiente gráfico.

$$5 \Omega = \frac{1}{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_{60}}}$$

DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN



CIMATEL
IMPORTACIONES
S.R.L.
DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN

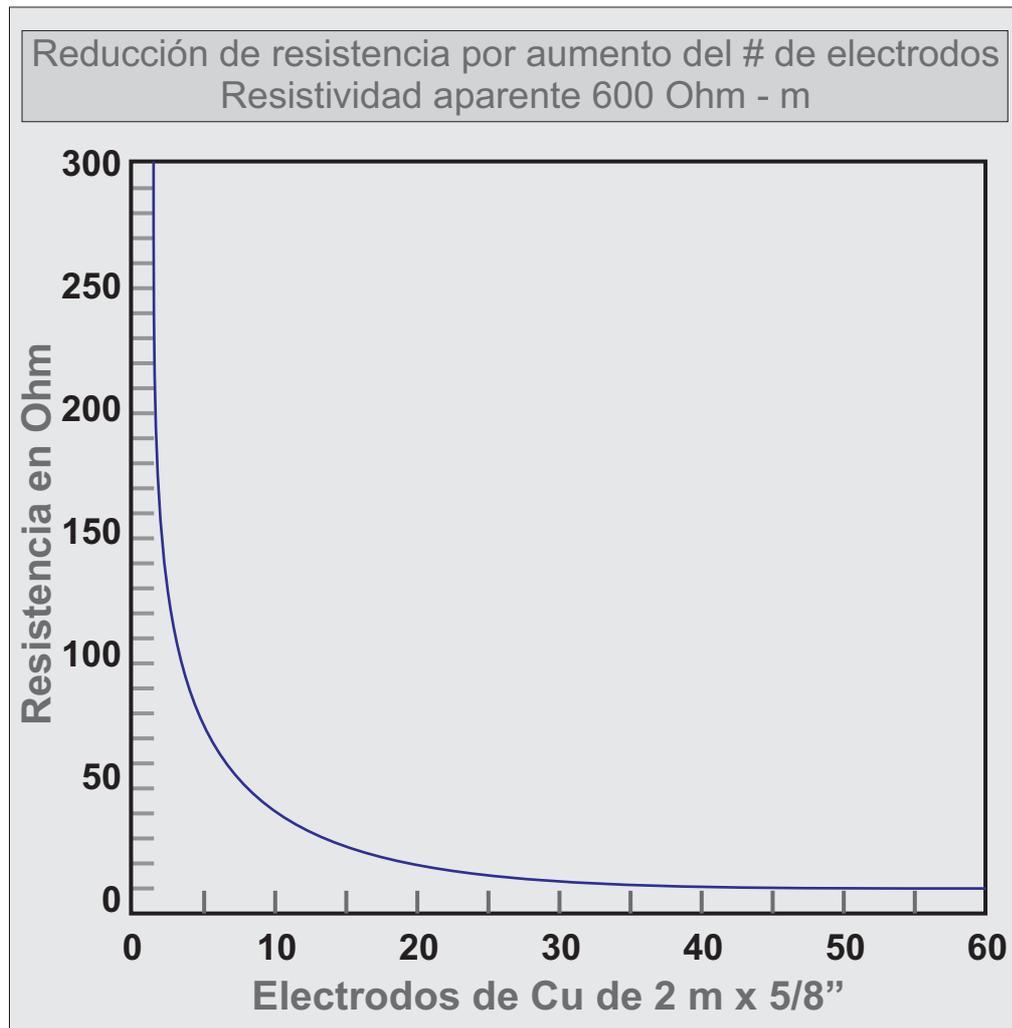


Fig. 1

El aumento de la longitud y el diámetro de los electrodos

La longitud del electrodo esta en función a la resistividad y profundidad de las capas del terreno, obviamente se prefiere colocar el electrodo dentro de la capa de menor resistividad.

Por otro lado debemos indicar antes de proseguir con las demás variables que los resultados están ligados íntimamente a la resistividad del terreno donde se esta trabajando, teniendo valores variables entre 200 a 600 Ω -m en condiciones normales, si aplicamos la fórmula de la Resistencia: $R = (\rho/2\pi l) * \ln(2l/d)$ en el mejor de los casos conseguiremos una Resistencia de $\approx 0.5\rho$ con un electrodo de dimensiones comunes y usuales; luego al aplicar la reducción recomendada se podrá llegar en el mejor de los casos a $\approx 0.1\rho$ lo cual en la práctica nos resulta un valor de aproximadamente 20 Ω para el caso más favorable; siendo este valor muy alto para Sistemas de Tierra usados en Pararrayos, Centros de Cómputo y Telefonía.

El aumento en el diámetro del electrodo tiene que ser mayúsculo para que aporte reduzca significativamente la resistencia, debido a que en la fórm



CIMATEL

IMPORTACIONES
S.R.L.

DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN



resistencia el producto de la longitud x el diámetro del electrodo se multiplica por un logaritmo natural.

El aumento de la distancia entre ejes de los electrodos

Normalmente la distancia entre ejes de los electrodos debe ser $\geq 4L$ siendo L la longitud del electrodo; pero en los casos donde se requiera obtener resistencias eléctricas muy bajas y exista disponibilidad de área de terreno, las distancias entre ejes de los electrodos, deberán ser lo máximo posible; pues a mayor distancia entre ejes de electrodos, mayor será la reducción de la resistencia a obtener; y ello por el fenómeno de la resistencia mutua entre electrodos.

Cambio del Terreno

Los terrenos pueden ser cambiados en su totalidad, por terreno rico en sales naturales; cuando ellos son rocosos, pedregosos, calizas, granito, etc., que son terrenos de muy alta resistividad y pueden cambiarse parcialmente cuando el terreno está conformado por componentes de alta y baja resistividad; de modo que se supriman las partes de alta resistividad y se reemplacen por otros de baja resistividad; uno de estos procedimientos es el zarandeo del terreno donde se desechan las piedras contenidas en el terreno.

El cambio total parcial del terreno deberá ser lo suficiente para que el electrodo tenga un radio de buen terreno que sea de 0 a 0.50 m en todo su contorno así como en su fondo.

La resistencia crítica de un electrodo se encuentra en un radio contorno que va de 0 a 0.5 m de este, por lo que se tendrá sumo cuidado con las dimensiones de los pozos para los electrodos proyectados.

El % de reducción en estos casos es difícil de deducir, debido a los factores que intervienen, como son resistividad del terreno natural, resistividad del terreno de reemplazo total ó parcial, adherencia por la compactación y limpieza del electrodo, pero daremos una idea porcentual más menos en función al tipo de terreno y al cambio total ó parcial.

Para lugares de alta resistividad donde se cambie el terreno de los pozos en forma total, el porcentaje puede estar entre 50 a 70 % de reducción de la resistencia eléctrica resultante.

Para terrenos de media resistividad donde se cambie el terreno de los pozos en forma parcial ó total, el porcentaje de reducción puede estar como sigue:

- Cambio parcial de 20 a 40 % de reducción de la resistencia eléctrica resultante.
- Cambio total de 40 a 60 % de reducción de la resistencia eléctrica resultante.

Para terrenos de baja resistividad donde se cambiará el terreno de los forma parcial, el porcentaje de reducción puede estar entre 20 a 40 resistividad natural del terreno.



CIMATEL

IMPORTACIONES
S.R.L.

DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN



La saturación en este caso se dará si cambiamos mayor volumen de tierra que la indicada, los resultados serán casi los mismos y el costo será mucho mayor, lo cual no se justifica.

TRATAMIENTO QUÍMICO DEL SUELO

El tratamiento químico del suelo surge como un medio de mejorar y disminuir la resistencia eléctrica del SPAT sin necesidad de utilizar gran cantidad de electrodos.

Para elegir el tratamiento químico de un SPAT se deben considerar los siguientes factores:

- Alto % de reducción inicial
- Facilidad para su aplicación
- Tiempo de vida útil (del tratamiento y de los elementos del SPAT)
- Facilidad en su reactivación
- Estabilidad (mantener la misma resistencia durante varios años)

Las sustancias que se usan para un eficiente tratamiento químico deben tener las siguientes características:

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| - Higroscopicidad | -Alta capacidad de Gelificación |
| - No ser corrosivas | -Alta conductividad eléctrica |
| -Químicamente estable en el suelo | -No ser tóxico |
| - Inocuo para la naturaleza | |

TIPOS DE TRATAMIENTO QUÍMICO

Existen diversos tipos de tratamiento químico para reducir la resistencia de un SPAT los más usuales son:

- Cloruro de Sodio + Carbón vegetal
- Bentonita
- Thor-Gel®

Características principales de los tratamientos químicos

Ninguna Sal es estado seco en conductiva, para que los electrolitos de las sales conduzcan corriente, se deben convertir en soluciones verdaderas o en seudo soluciones, por ejemplo: el cloruro de sodio en agua forma una solución verdadera lo mismo que el azúcar, el mismo cloruro de sodio disuelto en benzeno formara una seudo solución o dispersión coloidal como también se le conoce.

Cloruro de Sodio + Carbón Vegetal

El Cloruro de Sodio forma una solución verdadera muy conductiva que se precipita fácilmente junto con el agua por efecto de la percolación, capilaridad y evapotranspiración; la solución salina tiene una elevada actividad corrosiva en el electrodo, reduciendo ostensiblemente su tiempo de vida útil, la actividad se acentúa si el electrodo es de hierro cobreado (copperweld). Si bien es



CIMATEL
IMPORTACIONES
S.R.L.
DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN



el cloruro de sodio disuelto en agua no corroe al cobre (por ser un metal noble) no es menos cierto que la presencia de una corriente eléctrica convertirá al sistema, Cobre - solución cloruro de sodio, en una celda electrolítica con desprendimiento de cloro y formación de hidróxido de sodio en cuyo caso ya empieza la corrosión del cobre.

El objetivo de la aplicación del carbón vegetal molido (cisco de carbonería) es aprovechar la capacidad de este para absorber la humedad del medio, (puesto que el carbón vegetal seco es aislante) y retener junto a esta algunos de los electrolitos del cloruro de sodio que se percolan constantemente.

Bentonita

Las bentonitas constituyen un grupo de sustancias minerales arcillosas que no tienen composición mineralógica definida y deben su nombre al hecho de haberse descubierto el primer yacimiento cerca de Fort Benton, en los estratos cretáceos de Wyoming en 1848; Aun cuando las distintas variedades de bentonitas difieren mucho entre sí en lo que respecta a sus propiedades respectivas, es posible clasificarlas en dos grandes grupos:

- Bentonita Sódica.- En las que el ion sodio es permutable y cuya característica más importante es una marcada tumefacción o hinchamiento que puede alcanzar en algunas variedades hasta 15 veces su volumen y 5 veces su peso
- Bentonita Cálcica.- En las que el ion calcio es permutable, tiene menor capacidad para absorber agua y por consiguiente solo se hinchan en la misma proporción que las demás arcillas.

Las bentonitas molidas retienen las moléculas del agua, pero la pierden con mayor velocidad con la que la absorben debido a la sinéresis provocada por un exiguo aumento en la temperatura ambiente, al perder el agua pierden conductividad y restan toda compactación lo que deriva en la pérdida de contacto entre el electrodo y el medio, elevándose la resistencia del pozo ostensiblemente, una vez que la Bentonita se ha armado, su capacidad de absorber nuevamente agua es casi nula.

THOR-GEL®

Es un compuesto químico complejo que se forma cuando se mezclan en el terreno las soluciones acuosas de sus 2 componentes. El compuesto químico resultante tiene naturaleza coloidal, formando una malla tridimensional, que facilita el movimiento de ciertos iones dentro de la malla, de modo que pueden cruzarlo en uno u en otro sentido; convirtiéndose en un excelente conductor eléctrico.

Tiene una gran atracción por el agua, de modo que puede aprisionarla manteniendo un equilibrio con el agua superficial que la rodea; esto lo convierte en una especie de reservorio acuífero.

Rellena los espacios intersticiales dentro del pozo, constituyendo una conexión eléctrica entre el terreno (reemplazado) y el electrodo, asegure conductividad permanente.



CIMATEL

IMPORTACIONES
S.R.L.

DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN



THOR-GEL® tiene el Ph ligeramente básico y no es corrosivo con el cobre, por lo que la vida media de la puesta a tierra con el producto THOR-GEL®, será de 20 a 25 años, manteniéndola de vez en cuando si la pérdida de humedad es mayúscula y hay elevación de la resistencia eléctrica

Método de aplicación del THOR-GEL®-

El tratamiento consiste en incorporar al pozo los electrolitos que aglutinados bajo la forma de un Gel mejora la conductividad de la tierra y retenga la humedad en el pozo por un periodo prolongado de manera que se garantice una efectiva reducción de la resistencia eléctrica y una estabilidad que no se vea afectada por las variaciones del clima. La cantidad de dosis por metro cúbico de tierra del SPAT, varía de 1 a 3*, y esta en función a la resistividad natural del terreno.

RESISTIVIDAD Ω -m			DOSIFICACIÓN
de 50	a	200	1 dosis x m3
de 200	a	400	2 dosis x m3
de 400	a	mas	3 dosis x m3

***La saturación en el tratamiento químico se presenta en la tercera dosis por m³**

Esta dosificación se aplica igualmente en el tratamiento de las zanjas de interconexión.

RESISTENCIA INICIAL EN Ω	% DE REDUCCIÓN	RESISTENCIA FINAL EN Ω
600	95	30
300	85	45
100	70	30
50	60	20
20	50	10
10	40	6

Resultados de Reducción de la Resistencia con THOR-GEL® - Los resultados detallados, han sido obtenidos con la aplicación de una sola dosis de 5 Kilos.

RESULTADOS DE REDUCCIÓN DEL PRODUCTO THOR-GEL®

TIEMPO DE APLICACIÓN REDUCCIÓN Y ESTABILIDAD ELECTROQUIMICA DE THOR-GEL®

Tiempo de Aplicación (meses)	Resistencia Ω	Cumple requerimiento de equipos electrónico?
3	4.00	Si
8	4.48	Si
16	4.00	Si
20	4.36	Si
34	4.49	Si
40	4.10	Si
52	5.93	No (realizar mantenimiento)
54	6.89	No (realizar mantenir
56	6.41	No (realizar mantenir

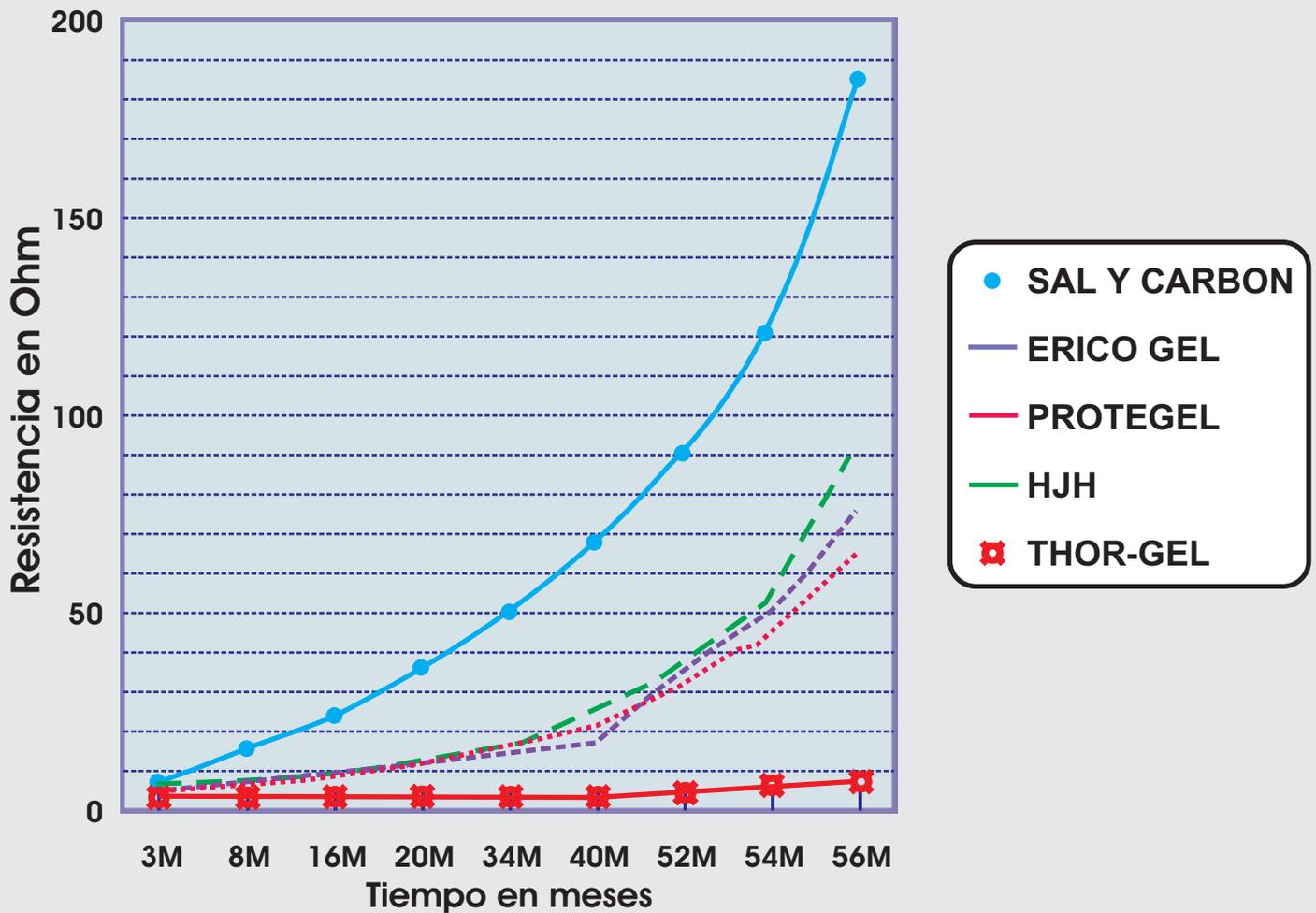


CIMATEL
IMPORTACIONES
S.R.L.
DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN



NOTA.- Las pequeñas fluctuaciones son climatológicas y el gran incremento de la resistencia a los 54 meses, es presentada por la floculación

Estabilidad del THOR GEL vs. Otros productos



DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN

FIG. 2



CIMATEL
IMPORTACIONES
 S.R.L.
 DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
 DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN

PROYECTO DIDÁCTICO DE UN SISTEMA DE PUESTA A TIERRA DE 3 OHMIOS

1.- Para proyectar **Sistemas** de menos de 5Ω el primer paso será realizar Estudios de Resistividad de Suelos que garantice los cálculos a efectuarse; en estos estudios podrán usarse cualquiera de los métodos que se conocen y aceptan internacionalmente, y serán hechos con los instrumentos adecuados, como son los medidores que vienen provistos de cuatro sondas para usar los métodos de Wenner o Schlumberger, tomando series de datos en las direcciones fundamentales y cubriendo el terreno en estudio en su integridad.

Como ejemplo ilustrativo presentamos el estudio realizado en los jardines del Ministerio de Energía y Minas donde se ha utilizado el **Método de Schlumberger** de cuatro electrodos, con toma de datos en forma Logarítmica de acuerdo con formato preestablecido, en las tres direcciones fundamentales dando como resultado **La Resistividad Aparente** según el siguiente gráfico:

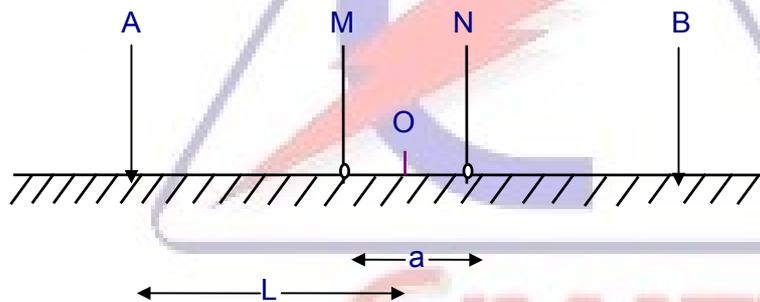


Fig. 3 Dispositivo lineal y simétrico

El desarrollo teórico de las relaciones la acción de la corriente eléctrica en suelos da como resultado la siguiente formula:

$$\rho = \pi L^2 R/a$$

donde ρ = Resistividad en Ω -m
 L = Longitud $OA=OB$
 R = Resistencia registrada en campo
 a = Distancia $MN = 1$ m

De esta formula deducimos que las variables serán la longitud L y la Resistencia; la distancia $MN = 1$ permanece constante.

Los datos de la Resistencia tomada en Campo según el detalle del dispositivo electrodo lineal y simétrico explicado líneas arriba se vierten a la **Hoja de Datos por el Método Schlumberger** (Anexo 1) que llevados a un plano de coordenadas logarítmicas nos ofrece una **Curva de Resistividad Aparente** (Anexo 2) los cuales contrastadas con las **Curvas Patrón** dan Resultados Parciales (Anexo 1 parte baja) de donde determinamos:



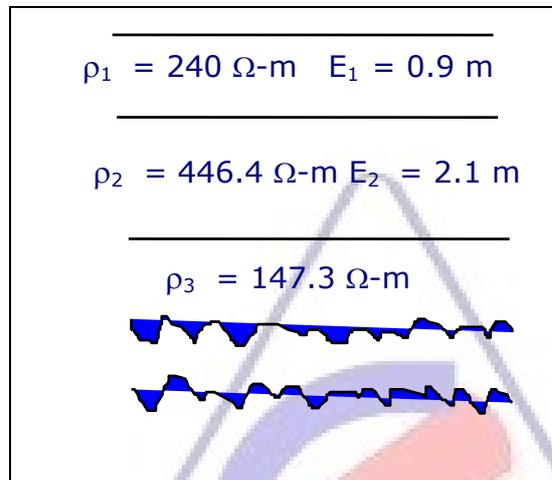


Fig. 4

Jardines MEM San Borja $446 \Omega\text{-m}$ con una capa aprovechable de trabajo de 3.0 m. El diseño de las mallas de puesta a Tierra se realizó usando el método de Schwarz (Anexo 3) donde se consideró para Cómputo una malla de $7 \times 7 \text{ m}$ con cuatro barras de Cu. de $1.5 \text{ m} \times 5/8'' \phi$ con Helicoidal y 2 dosis de THOR-GEL por m^3 de terreno removido siendo este íntegramente cambiado por tierra de cultivo; además la interconexión de los pozos se realizó en zanjas de $0.5 \times 0.6 \text{ m}$ con cable desnudo de Cu. calibre 50 mm^2 .

Para Telefonía la malla obtenida según cálculo resultó una de $8 \times 16 \text{ m}$ con seis barras de Cu. de $1.5 \text{ m} \times 5/8'' \phi$, helicoidal y 2 dosis de THOR-GEL por m^3 de tierra. Luego de la ejecución de Obra los resultados de las pruebas arrojaron como resultados:

Puesta a Tierra Sistema de Cómputo, medida con sondas a 20 y 40 m, arroja un resultado de: 2.2Ω de Resistencia Eléctrica.

Puesta a Tierra Sistema de Telefonía medida con sondas a 34 y 68 m arroja un resultado de: 1.4Ω de Resistencia Eléctrica.

**DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN**



CIMATEL
IMPORTACIONES
S.R.L.
DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN



Anexo 1

**HOJA DATOS DE RESISTIVIDAD POR EL METODO DE SCHLUMBERGER
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS**

A ESPACIAMIENTO OA	B ESPACIAMIENTO MN	C RESISTENCIA R	P RESISTIVIDAD $\rho = \pi * L^2 * R / a$
2.00	1.00	8.79	110.46
2.50	1.00	6.72	131.95
3.16	1.00	5.10	159.99
4.00	1.00	3.86	194.02
5.00	1.00	2.93	230.12
6.30	1.00	2.07	258.11
8.00	1.00	1.36	273.44
10.00	1.00	0.93	292.17
12.50	1.00	0.61	299.43
16.00	1.00	0.34	273.44
20.00	1.00	0.19	238.76
25.00	1.00	0.11	215.98
31.60	1.00	0.00	0.00
CONCLUSIONES:			
$\rho_2/\rho_1 =$	1.86	CURVA DE AJUSTE	
$\rho_3/\rho_2 =$	0.33	CURVA DE AJUSTE	
$\rho_1 =$	240	Resistividad de la primera capa en Ohm-m	
$\rho_2 =$	446	Resistividad de la segunda capa en Ohm-m	
$\rho_3 =$	147	Resistividad de la tercera capa en ohmio-m	
E1 =	0.9	Espesor de la primera capa en m	
E2 =	2.1	Espesor de la segunda capa en m	

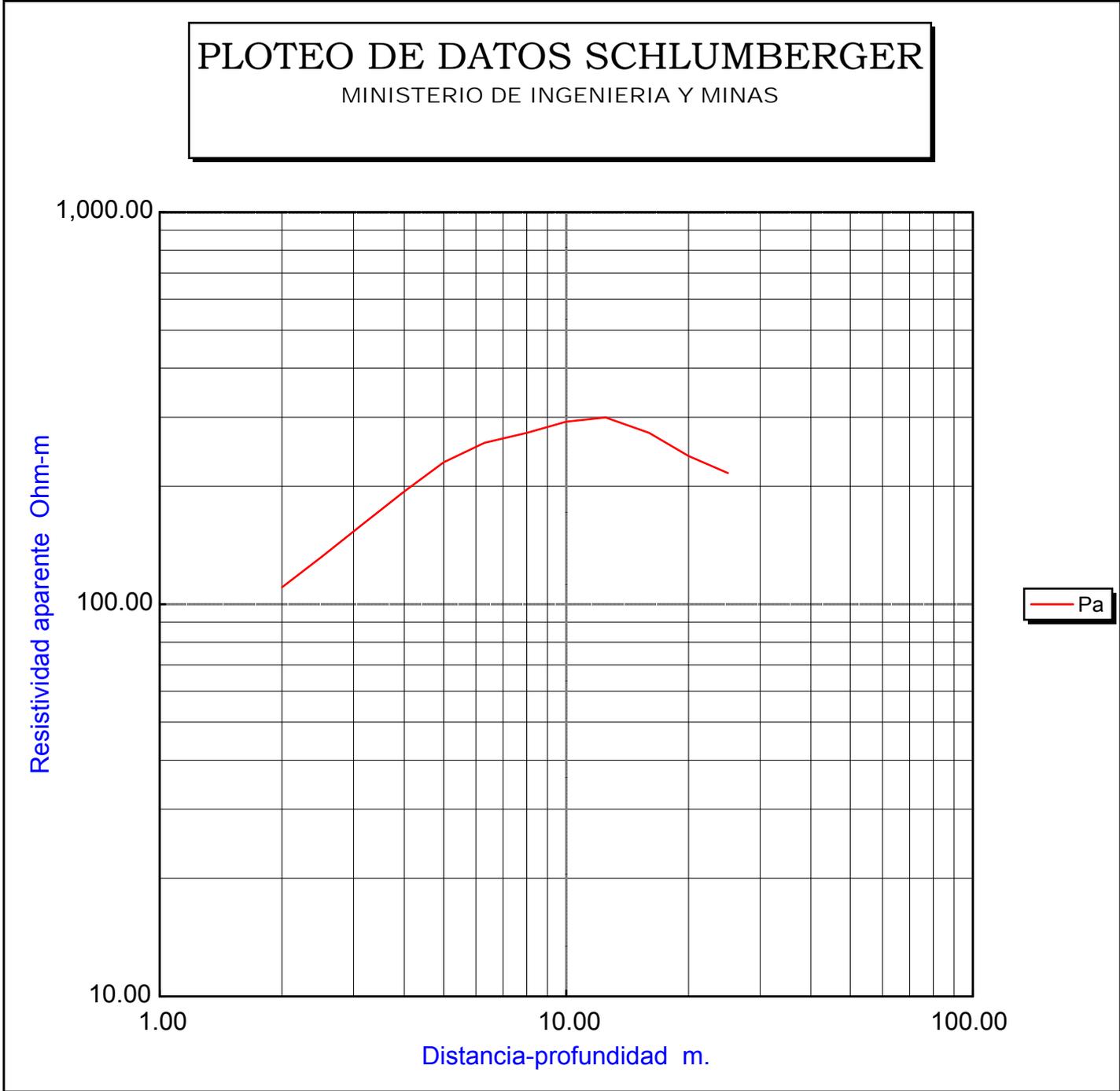
**DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN**





Anexo 2

PLOTEO DE DATOS SCHLUMBERGER
MINISTERIO DE INGENIERIA Y MINAS



PARA - RAYOS S.A.C.



CIMATEL
IMPORTACIONES
S.R.L.
DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN



Anexo 3

CALCULO DE RESISTENCIA ELECTRICA POR EL METODO DE SCHWARZ MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS SAN BORJA LIMA

	CASO 1	CASO 2	
RESISTIVIDAD DEL TERRENO	446	446	Ohm-m
LONGITUD	28	56	m
PROFUNDIDAD	0.50	0.50	m
DIAMETRO CONDUCTOR DE COBRE	0.0095	0.0095	m
LADO MAYOR/MENOR RETICULADO A/B	1.00	2.00	
AREA TOTAL DEL RETICULADO	49	128	m ² .
RESISTENCIA RETICULADO	33.37	20.73	Ohm
ELECTRODOS			
PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL ELECTRODO	1.5	1.5	m
DIAMETRO	0.0159	0.0159	m
NUMERO DE ELECTRODOS	4.0	6.0	
RESISTENCIA ELECTRODOS	72.77	49.84	Ohm
RESISTENCIA MUTUA	19.85	13.97	Ohm
RESISTENCIA TOTAL	30.62	19.66	Ohm
K1	1.22	1.24	
K2	5.01	5.36	
Reducción por Cambio del terreno y Tratamiento químico con:			
1 Dosis Thor-Gel x m3.	6.12	3.93	Ohm
2 Dosis Thor-Gel x m3.	4.59	2.95	Ohm
3 Dosis Thor-Gel x m3.	3.06	1.97	Ohm
NOTA:			
CASO 1 CORRESPONDE A UN RETICULADO			
CASO 2 CORRESPONDE A UN RETICULADO			
Los resultados en la práctica pueden tener un margen de error de +/-25%			

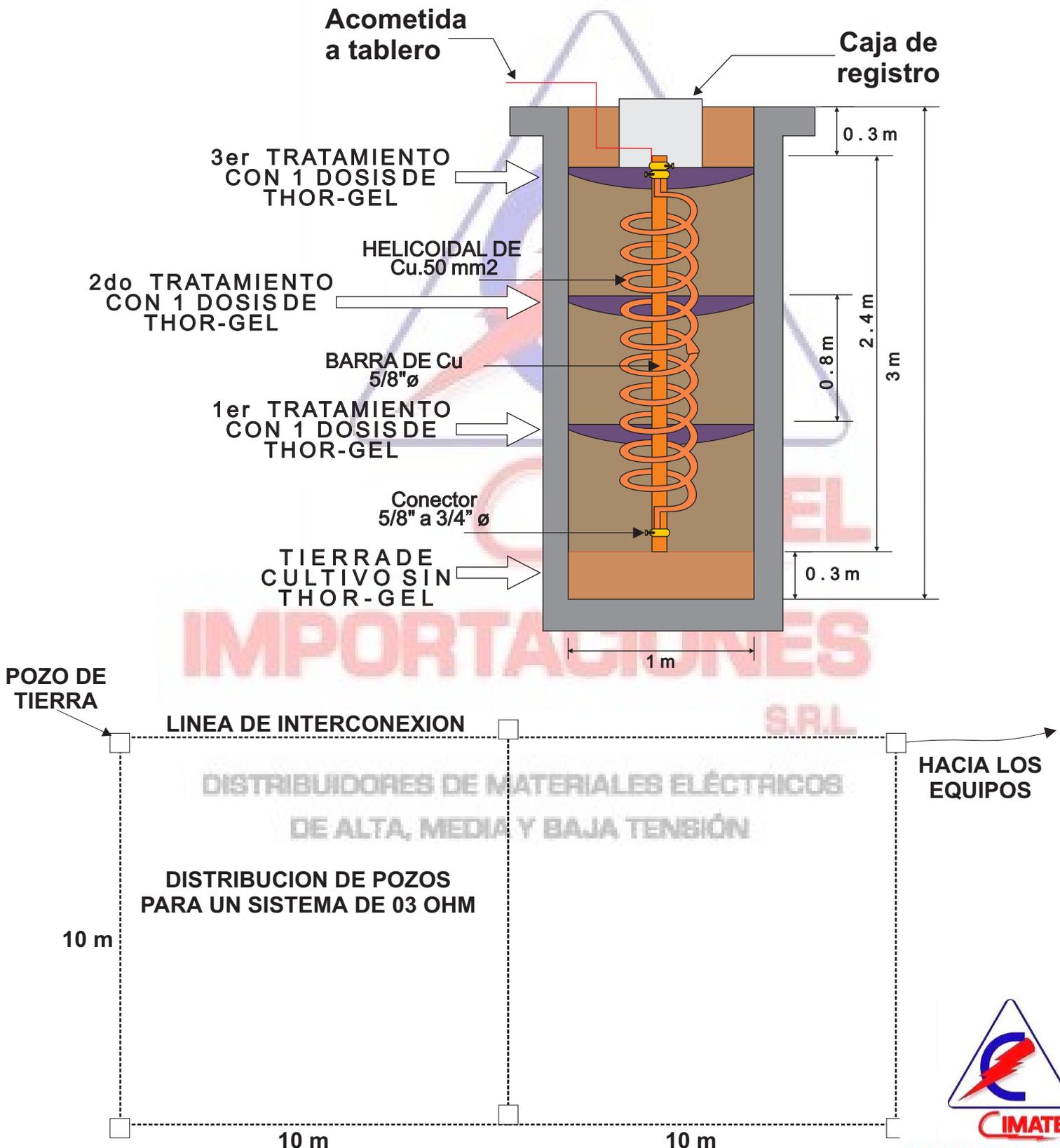
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSION



CIMATEL
IMPORTACIONES
S.R.L.
DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS
DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSION

Sistema de Puesta a Tierra (SPAT) de computo con ± 3 Ohm de Resistencia

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS



IMPORTACIONES S.R.L.

DISTRIBUIDORES DE MATERIALES ELÉCTRICOS DE ALTA, MEDIA Y BAJA TENSIÓN

DISTRIBUCION DE POZOS PARA UN SISTEMA DE 03 OHM

