

EXOGEL



GEDIWELD® Grounding Backfill



Aditivo para reducir la resistencia en los sistemas de puestas a tierra
Muy baja resistividad específica

¡No degradable! ¡No corrosivo! ¡No contaminante!

DESCRIPCION

El compuesto **EXOGEL** fue elaborado con el propósito de corregir la resistividad del suelo incrementando la eficiencia de los sistemas de puesta a tierra. Se trata de un producto netamente natural debido a que sus elementos componentes son sacados del suelo en forma de rocas, siendo sometidos exclusivamente a un proceso de transformación física, la reducción a polvo y la mezcla de los mismos. Su composición básica contiene sílice (SiO_2) y aluminio (Al_2O_3) .

EXOGEL es un aditivo de fácil instalación que reduce en gran medida la resistencia de contacto entre el conductor y el suelo, manteniéndose en el tiempo sin degradarse ni provocando corrosión en su entorno. Aplicado de manera conveniente alrededor del conductor, se crea una interfaz que incrementa el área de contacto del conductor y el suelo y a través de su muy baja resistividad específica se logra reducir gradualmente el paso de la corriente eléctrica hacia tierra.

EXOGEL es ideal para ser empleado en terrenos rocosos, arena, grava o cualquier otro suelo con condiciones de alta resistividad. También es ideal para ser usado como material de relleno alrededor de las barras de aterramiento o sistemas de maya para aumentar sus condiciones.

EXOGEL recubre o encapsula los electrodos bien sean barras del tipo copperweld, cables, planchas, mallas, barras químicas, etc. Por el sustancial aumento del área de la superficie de contacto esto reduce la resistencia de tierra del sistema de puesta a tierra, altamente efectivo en áreas de alta resistividad como suelos rocosos, suelos arenosos, altas montañas o áreas donde los electrodos verticales no pueden ser instalados.

EXOGEL permite reducir la resistencia de puesta a tierra o impedancia para permitir una referencia estable de su sistema eléctrico de baja, media o alta tensión. Es aplicable a subestaciones eléctricas, instalaciones industriales, sector de telecomunicaciones, sistemas de computación, instrumentación eléctrica y electrónica, industria petrolera, industria petroquímica, etc.

EXOGEL contribuye a drenar rápidamente todo tipo de descargas eléctricas debido a fallas por cortocircuitos, picos o transientes de voltajes, descargas atmosféricas, etc.

CARACTERISTICAS TECNICAS

- **EXOGEL** está hecho de componentes naturales, compatibles con el medio ambiente. No contaminante
- No produce corrosión, protegiendo el conductor frente a terrenos agresivos como son los suelos salinos o que están sometidos a ataques de ácidos.
- No se degrada permaneciendo estable en el tiempo. No es disuelto por el agua o lluvia.
- No requiere mantenimiento.
- Sólo incrementa su resistividad entre un 10 a 15% en áreas donde se produce nieve.
- Su resistividad específica está certificado en un valor menor a 1 ohms-m (25 veces menor que la Bentonita arcillosa) alcanzando valores extremadamente inferiores a productos equivalentes.
- Por su característica de ser un cemento conductor permite proteger el conductor contra hurto mientras mantiene un comportamiento de un reductor de la resistencia de puesta a tierra.

VENTAJAS

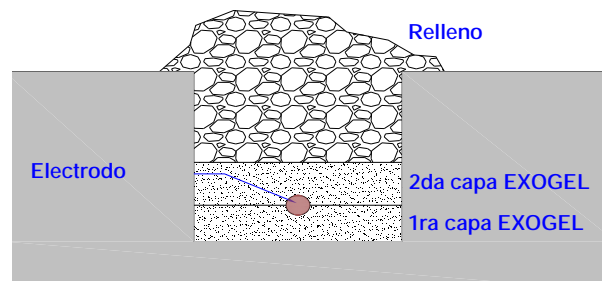
- **EXOGEL** realiza una reducción sustancial de la resistencia del terreno
- La utilización de **EXOGEL** aumenta la capacidad de dispersión de corriente
- Estabilidad de la resistencia de tierra.
- Alto grado de higroscopia: retención de humedad. En los sistemas de puesta a tierra, cuanto mayor es la humedad, menor será la resistividad.
- Despolarización: la aplicación del compuesto **EXOGEL** produce una valla entre el sistema de aterramiento y el suelo, minimizando la corriente galvanica, reduciendo a casi a cero los efectos de la corrosión.
- Lixiviación: el compuesto **EXOGEL** es insoluble en la corriente freática, evitando su dispersión, quedando restringido al punto de aplicación, optimizando sus efectos y evitando cualquier intervención en el equilibrio de las áreas vecinas.

PRESENTACIÓN

- **EXOGEL** viene en sacos de polipropileno de 12,5 kg.
- El rendimiento del producto esta determinado en función del valor de resistencia de puesta a tierra requerido y de la resistividad del suelo donde será aplicado.

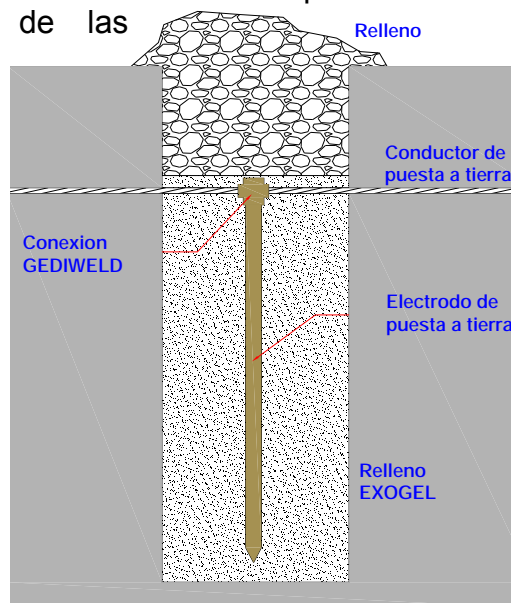
INSTALACION CONDUCTOR HORIZONTAL

- Antes de aplicar **EXOGEL** el sistema de tierra debe estar completamente instalado.
- Para un resultado inmediato se recomienda humectar con agua justo antes aplicarlo alrededor del conductor. Aplicar agua al producto hasta conseguir una pasta. Una vez arrojado el producto sobre el conductor, rellene la zanja y sobre la pasta, en forma homogénea, con una pequeña capa de arena o tierra cernida (sin elementos como piedras o basura), compacte con los medios disponibles y termine de rellenar la zanja con la tierra extraída.
- Si se aplica seco, deposite las bolsas requeridas sobre el conductor, rellene en forma homogénea con una pequeña capa de arena o tierra cernida (sin elementos como piedras o basura), arrojar aproximadamente 3 litros de agua cada 12,5 kg. aplicados linealmente en el conductor.
- Mueva los conductores del sistema de tierra de manera que se localicen dentro del **EXOGEL**.
- A continuación termine de rellenar la zanja con la tierra extraída.
- La cantidad de **EXOGEL** requerida por metro lineal será la determinada por el diseño. Este rendimiento debe ser rigurosamente seguido para lograr el valor de resistencia de puesta a tierra deseado.
- Si se reduce la cantidad de **EXOGEL** por metro lineal que está determinada en la especificación, entonces el valor de puesta a tierra será incrementado con respecto al esperado en el diseño. Nótese que el factor de reducción para la resistencia de puesta a tierra depende tanto de las características del producto de relleno usado, el diámetro logrado alrededor del conductor o electrodo y su instalación.
- Los conductores unidos al sistema de tierra y que salen a la superficie del suelo deben ir aislados.
- Es importante que el material **EXOGEL** aplicado se encuentre efectivamente adherido alrededor del conductor, no dejando espacios o vacíos entre conductor y suelo. El contacto debe ser asegurado, de lo contrario se disminuirá su efectividad.



INSTALACION CONDUCTOR VERTICAL

- Antes de aplicar **EXOGEL** el sistema de tierra debe estar completamente instalado.
- Para un resultado inmediato se recomienda humectar con agua justo antes aplicarlo alrededor del conductor. Aplicar agua al producto hasta conseguir una pasta. Una vez arrojado el producto sobre el conductor, rellene la zanja y sobre la pasta, en forma homogénea, con una pequeña capa de arena o tierra cernida (sin elementos como piedras o basura), compacte con los medios disponibles y termine de rellenar la zanja con la tierra extraída.
- Para un resultado inmediato se recomienda humectar con agua justo antes aplicarlo alrededor del conductor. Aplicar agua al producto hasta conseguir una pasta.
- Si se aplica seco, deposite las bolsas requeridas sobre el conductor, rellene completamente el electrodo y cilindro excavado.
- Vierta aproximadamente 3 litros de agua por cada 12,5 kg. de **EXOGEL** utilizado.
- La cantidad de **EXOGEL** requerida por metro lineal será la determinada por el diseño. Este rendimiento debe ser rigurosamente seguido para lograr el valor de resistencia de puesta a tierra deseado.
- Si se reduce la cantidad de **EXOGEL** determinada en la especificación, entonces el valor de puesta a tierra será incrementado con respecto al esperado en el diseño. Nótese que el factor de reducción para la resistencia de puesta a tierra depende tanto de las características del producto de relleno usado, el diámetro logrado alrededor del conductor o electrodo y su instalación.
- Los conductores unidos al sistema de tierra y que salen a la superficie del suelo deben ir aislados.
- Es importante que el material **EXOGEL** aplicado se encuentre efectivamente adherido alrededor del conductor, no dejando espacios o vacíos entre conductor y suelo. El contacto debe ser asegurado, de lo contrario se disminuirá su efectividad.



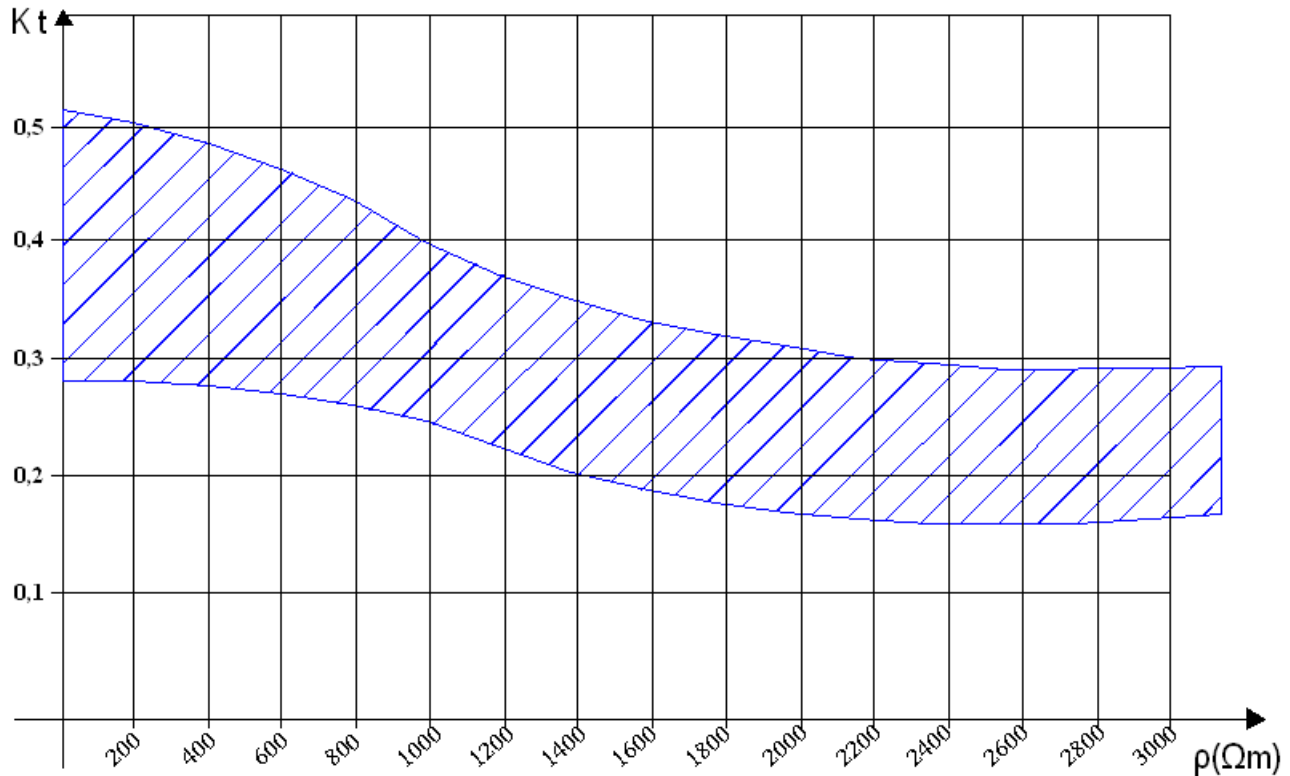
TABLAS

RESULTADOS OBTENIDOS DE ESTUDIOS					
RESISTENCIA USANDO CONDUCTOR # 4/0 CON EXOGEL					
Longitud lineal (m)	Cable diámetro 12 mm	Porcentaje de resistencia obtenido empleando EXOGEL para varios diámetros del relleno			
		2"	3"	4"	6"
7.5	100%	83%	78%	74%	69%
15	100%	85%	81%	77%	73%
22.5	100%	86%	82%	79%	75%
30	100%	87%	83%	80%	77%
45	100%	88%	84%	82%	78%
60	100%	88%	85%	83%	79%
75	100%	89%	85%	83%	80%
90	100%	89%	86%	84%	80%

PORCENTAJE REDUCCION DE LA RESISTENCIA EN EL ELECTRODO	
Diámetro 5/8" x 3 mts en una perforación de 4.5m de longitud	
DIAMETRO POZO	PORCENTAJE
4"	52%
6"	47%
8"	44%
10"	42%
12"	40%

NOTA: Estos datos son sólo referenciales y corresponden a pruebas realizadas a un tipo de suelo en particular.

GRAFICA PARA DETERMINAR LOS VALORES TIPICOS DE LA RESISTENCIA DEL ELECTRODO EN FUNCION DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO.



Para obtener el valor de la resistencia de puesta a tierra de un electrodo tratado con **EXOGEL** se debe aplicar la siguiente formula:

$$R_{\text{electrodo tratado}} = Kt \times R_{\text{electrodo sin tratar}}$$

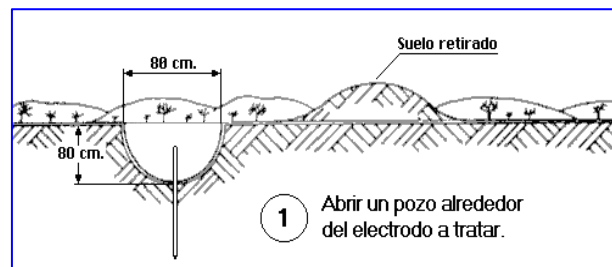
APLICACIÓN TIPICA

A continuación veremos paso a paso una aplicación típica del **EXOCEL** para reducir la resistencia en un sistema de puesta a tierra ya instalado.

CASO 1

ELECTRODO CON LONGITUD MENOR A 3 METROS

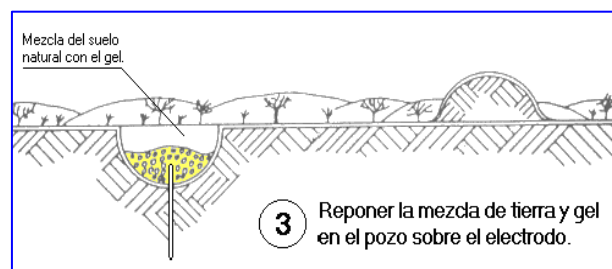
PASO 1



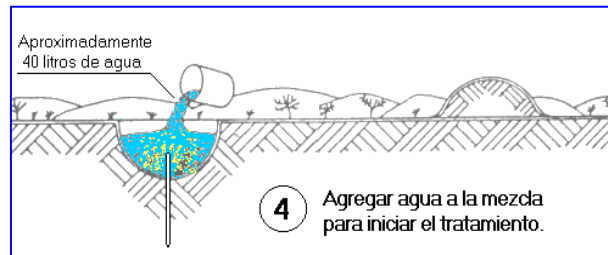
PASO 2



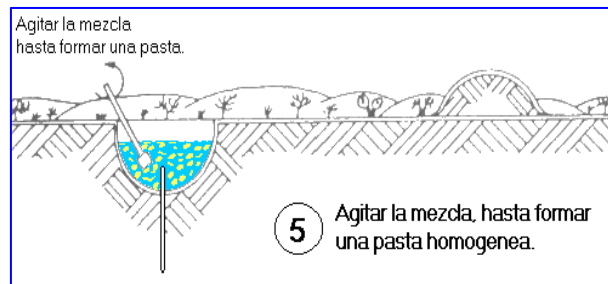
PASO 3



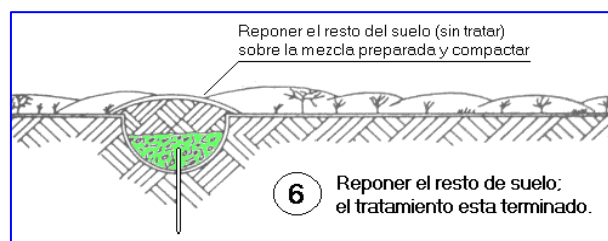
PASO 4



PASO 5

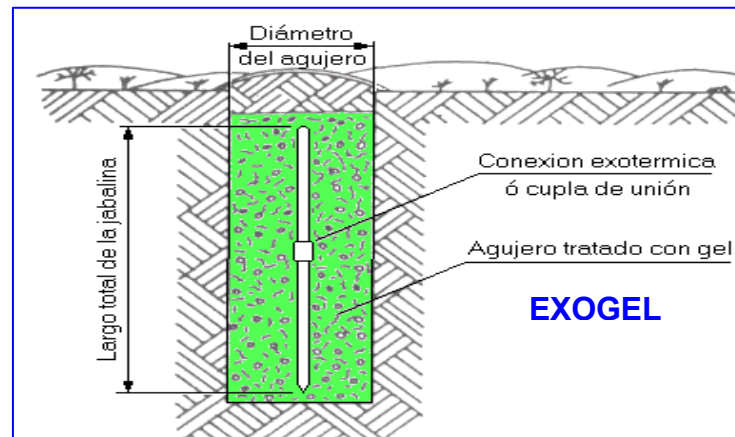


PASO 6



CASO 2

ELECTRODO CON LONGITUD MAYOR A 3 METROS



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 a las que obedecen estas corrientes.

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.

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.

COMPACTACIÓN

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.

GEDIWELD® Grounding Backfill

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 se logre 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 y sales agregadas que permita una circulación de corrientes de falla en forma fluida.

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

TABLA TIPOS DE SUELOS CON SUS RESPECTIVAS RESISTIVIDADES	
NATURALEZA DEL TERRENO	Resistividad en $\Omega - m$
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 Silíceas	200 a 300
Suelo Pedregoso Cubierto de Césped	300 a 500
Suelo Pedregoso Desnudo	1500 a 3000
Calizas Blandas	100 a 300
Calizas Compactas	1000 a 5,000
Calizas Agrietadas	500 a 1000
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

MÉTODOS PARA LA REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA

Existen diferentes métodos para lograr la reducción de la resistencia de puesta a tierra, aunque todos terminan en un punto de saturación. Estos métodos son los siguientes:

GEDIWELD® Grounding Backfill

- Aumentando el número de electrodos
- Ampliando la separación entre los electrodos
- Aumentando la longitud de los electrodos.
- Incrementando el diámetro de los electrodos
- Cambiando el suelo existente.
- Efectuando tratamiento químico del terreno.

AUMENTO DEL NÚMERO DE ELECTRODOS.

Cuando se aumenta el número de electrodos conectados en paralelo se logra bajar el valor de la resistencia equivalente, pero esta reducción no es lineal puesto que la curva de reducción tiene tendencia asintótica a partir de la colocación del sexto electrodo. Adicionalmente, debemos tener presente la existencia del fenómeno de resistencia recíproca entre electrodos.

Para ilustrar lo anterior, tomemos como ejemplo un medio ideal en el cual la resistividad del terreno es de 600 $\Omega \cdot m$ y colocamos un electrodo tipo barra copperweld de largo 2.4 m.

De la expresión $R = (\rho / 2\pi L) * \ln (2L/d)$

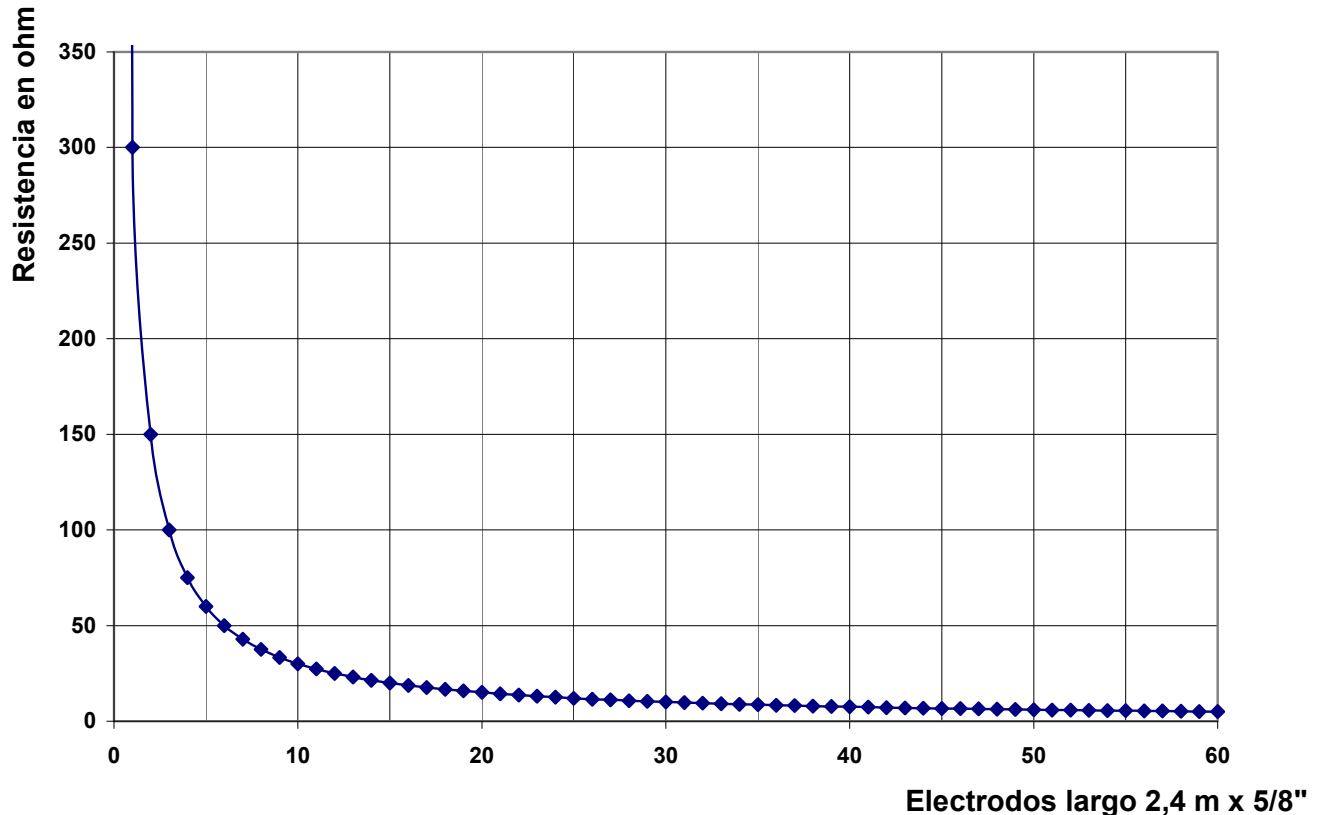
De donde: $(\ln 2L/d)/2\pi L$ se considera = K y operamos la fracción vale 0.49454
por lo tanto $R = 600 \times 0.49454 \approx 300 \Omega$

De acuerdo a la ecuación de sumatoria de resistencias en paralelo bien conocida por todos tenemos:

$$R = 1/(1/R1 + 1/R2 + 1/R3 + \dots + 1/Rn)$$

Al colocar un electrodo en paralelo al existente que posee una resistencia de 300 Ω lograríamos una resistencia equivalente de aproximadamente 150 Ω , si a este par de electrodos le colocamos un tercer electrodo obtenemos 100 Ω , de colocar un cuarto electrodo logramos 75 Ω , y si continuamos colocando electrodos en paralelo hasta llegar a 10 en total resultaría una resistencia equivalente de 30 Ω . Para un sistema de telecomunicación que normalmente emplea unos 5 Ω de valor de resistencia de puesta a tierra tendríamos que colocar alrededor de unos 60 electrodos para alcanzar este valor.

En la grafica a continuación se muestra la curva de resistencia en función del número de electrodos empleados.



AMPLIADO DE LA SEPARACION ENTRE ELECTRODOS

Normalmente la distancia entre los electrodos debe ser mayor o igual a cuatro veces la longitud del electrodo utilizado. Para aplicaciones donde se demande resistencias de puesta a tierra muy bajas y exista disponibilidad de área de terreno, las distancias entre los electrodos, deberán ser lo mayor que sea posible, esto es debido a que mientras mayor sea la distancia entre electrodos, mayor será la reducción de la resistencia obtenida. Esto debido al fenómeno de la resistencia mutua entre electrodos.

AUMENTO DE LA LONGITUD 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 están ligados íntimamente a la resistividad del terreno donde estarán o están instalados, teniendo valores que van desde 200 a 600 $\Omega \cdot m$ en condiciones normales, si aplicamos la fórmula de la Resistencia:

$$R = (\rho / 2\pi L) * \ln (4L/d)$$

GEDIWELD® Grounding Backfill

Para un electrodo de dimensiones comerciales lograremos una resistencia de aproximadamente de 0.5ρ , luego al aplicar la reducción recomendada se podrá llegar en el mejor de los casos un valor cercano a 0.1ρ lo cual en la práctica resulta un valor de aproximadamente 20Ω , para el caso más favorable este valor esta por debajo de los 25Ω que indica el CEN, pero es muy alto para sistemas de puesta a tierra requeridos en protección contra descargas atmosféricas, sistemas de telecomunicaciones, centros de cómputo y data.

INCREMENTO DEL DIÁMETRO DE LOS ELECTRODOS

Para poder reducir el valor de la resistencia de puesta a tierra a través del incremento en el diámetro del electrodo, este aumento tendría que ser muy exagerado para que su contribución reduzca significativamente la resistencia a tierra del electrodo, tal como se puede apreciar en la expresión siguiente:

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

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

CAMBIO DEL SUELO.

Los suelos pueden ser sustituidos por otro rico en sales naturales, cuando son rocosos, calizas, pedregosos, granito, etc., son terrenos de muy alta resistividad y pueden cambiarse parcialmente cuando el suelo está conformado por componentes de alta y baja resistividad, de manera que se eliminen los componentes de alta resistividad y se reemplacen por otros de baja resistividad. Un procedimiento utilizado es a través del cernido del suelo donde se desechan las piedras contenidas en el mismo y se obtiene un suelo más compactado. La porción de suelo sujeta a sustitución parcial o total será lo suficiente para que el electrodo tenga un radio de buen terreno, es decir, entre 0 y 0.50 m en todo su contorno así como en su fondo.

Recuerde que la resistencia crítica de un electrodo se encuentra en un radio de contorno que va desde 0 hasta 0.5 m, por lo que se debe tener extrema precaución con las dimensiones de los pozos para los electrodos proyectados. Para sitios de alta resistividad donde se tenga que sustituir el suelo de los pozos en forma total, el porcentaje puede estar entre 50 a 70 % de reducción de la resistencia de puesta a tierra resultante. Para suelos de media resistividad donde se reemplace el suelo de manera parcial o total en los pozos, el porcentaje de reducción puede estar como sigue:

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

El proceso de saturación en este caso se dará si reemplazamos mayor volumen de tierra que la requerida, los resultados serán casi los mismos pero el costo será mucho mayor.

TRATAMIENTO QUÍMICO DEL SUELO

El tratamiento químico de los suelos es una alternativa para mejorar o disminuir la resistencia de un sistema de puesta a tierra evitando utilizar gran número de electrodos. Para elegir el tratamiento químico se deben considerar los siguientes factores:

- Facilidad de aplicación
- Alto % de reducción inicial
- Vida útil del tratamiento y elementos del sistema de puesta a tierra
- Facilidad en su reactivación
- Conservar la misma resistencia durante años (Estabilidad)

Las sustancias utilizadas para un tratamiento químico deben tener las siguientes características:

- Higroscopicidad
- Alta conductividad eléctrica
- Estabilidad química
- No ser corrosivas ni tóxico
- Inocuo para la naturaleza

TIPOS DE TRATAMIENTO QUÍMICO

Existen diversos tipos de tratamiento químico para reducir la resistencia en un sistema de puesta a tierra los más usuales son:

- Combinando sal + carbón vegetal
- Añadiendo bentonita
- Aplicando mejoradores de suelos como EXOGEL

Características principales de los tratamientos químicos

Ninguna sal en estado seco es conductiva, para que los electrolitos de las sales conduzcan corriente, se deben convertir en soluciones o en pseudo soluciones, por ejemplo: el cloruro de sodio en agua forma una solución verdadera.

Sal + carbón vegetal

La sal forma una solución verdadera muy conductiva que se precipita fácilmente junto con el agua por efecto de la percolación, capilaridad y evapotranspiración, cabe señalar que la solución salina tiene una elevada actividad corrosiva en el electrodo, reduciendo ostensiblemente su vida

GEDIWELD® Grounding Backfill

útil, la actividad corrosiva se acentúa si el electrodo es del tipo copperweld. La sal disuelta en agua no corroe al cobre por ser este un metal noble, pero la presencia de una corriente eléctrica convertirá al sistema cobre-solución de sal, en una celda electrolítica con desprendimiento de cloro y formación de hidróxido de sodio causando corrosión del cobre. Adicionar el carbón vegetal molido es aprovechar la capacidad de este para absorber humedad del medio y retener junto a esta algunos de los electrolitos de la sal que se percolan constantemente.

Bentonita

Las bentonitas constituyen un grupo de sustancias minerales arcillosas que no tienen composición mineralógica definida. Las distintas variedades de bentonitas difieren mucho entre sí en lo que respecta a sus propiedades se les clasifica en dos grandes grupos:

Bentonita sódica. 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. 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.

EXOGEL.

Es un compuesto elaborado con el propósito de corregir la resistividad del suelo incrementando la eficiencia de los sistemas de puesta a tierra. Se trata de un producto netamente natural debido a que sus elementos componentes son sacados del suelo en forma de rocas, siendo sometidos exclusivamente a un proceso de transformación física, la reducción a polvo y la mezcla de los mismos. Su composición básica contiene sílice (SiO_2) y aluminio (AlO_3) .

EXOGEL es un aditivo de fácil instalación que reduce en gran medida la resistencia de contacto entre el conductor y el suelo, manteniéndose en el tiempo sin degradarse ni provocando corrosión en su entorno. Aplicado de manera conveniente alrededor del conductor, se crea una interfaz que incrementa el área de contacto del conductor y el suelo y a través de su muy baja resistividad específica se logra reducir gradualmente el paso de la corriente eléctrica hacia tierra.

EXOGEL permite reducir la resistencia de puesta a tierra o impedancia para permitir una referencia estable de su sistema eléctrico de baja, media o alta tensión. Es aplicable a subestaciones eléctricas, instalaciones industriales, sector de telecomunicaciones, sistemas de computación, instrumentación eléctrica y electrónica, industria petrolera, industria petroquímica, etc.