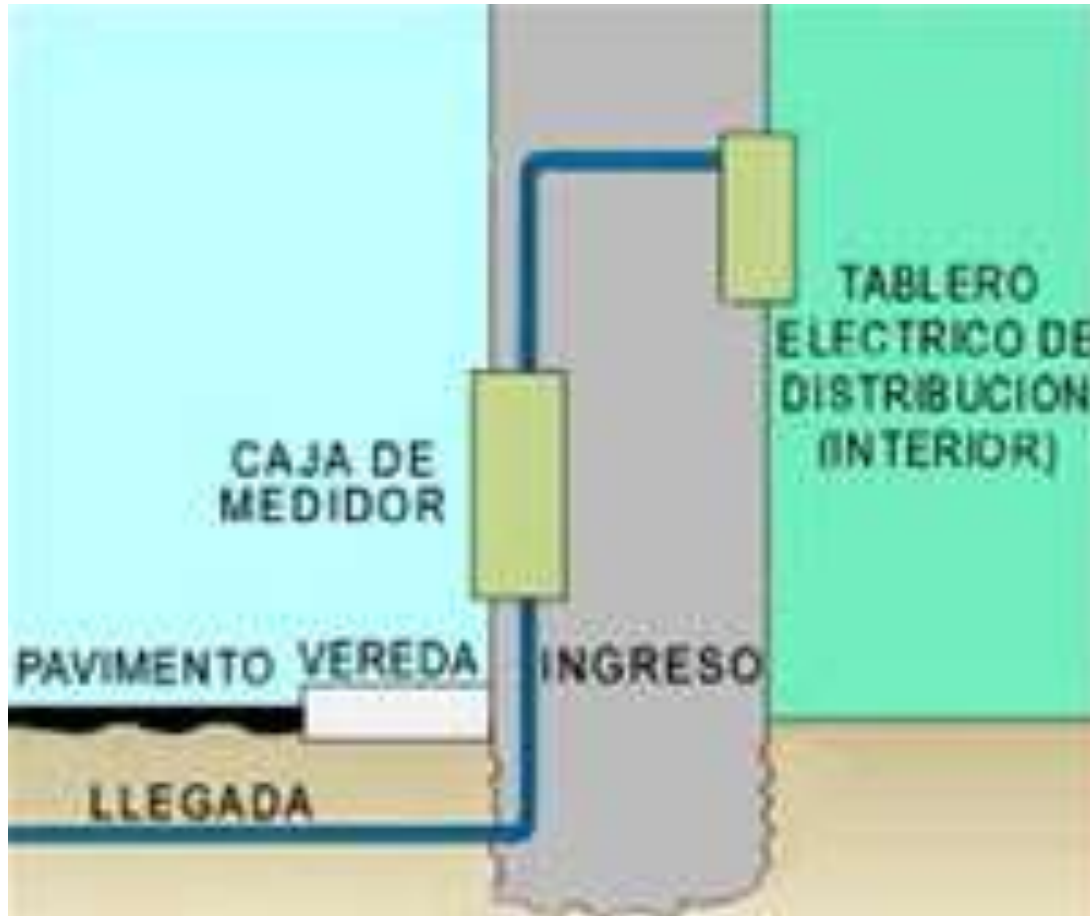


Generalidades y Conexiones de la puesta a tierra

ACOMETIDA SUBTERRANEA



ACOMETIDA SUBTERRANEA

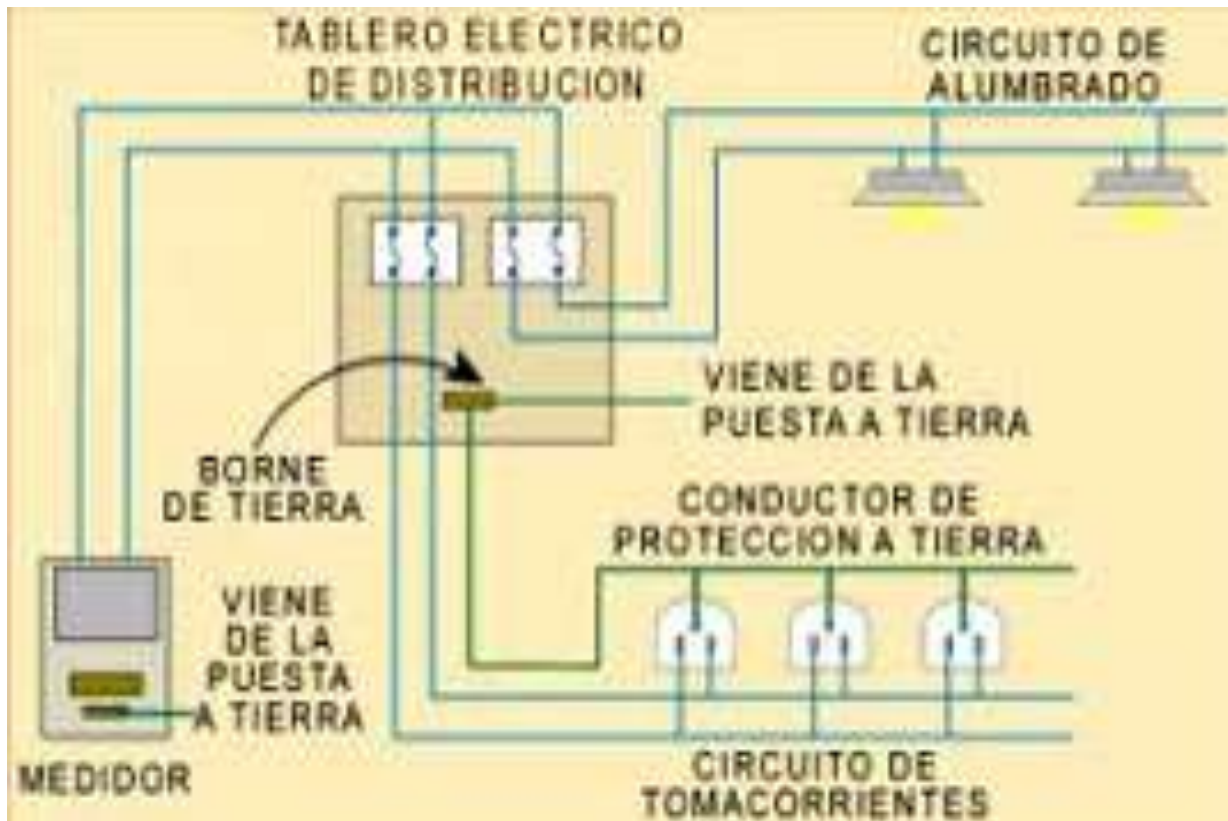
La empresa de distribución provee el servicio en el punto de conexión del medidor; desde allí hacia el interior, las instalaciones eléctricas son de total responsabilidad del cliente.

ACOMETIDA AEREA



La preservación respecto de la humedad y el agua, así como de cualquier daño en las acometidas del servicio eléctrico, resulta ser indispensable para evitar la electrización de la caja del medidor y los toques directos

COMPONENTES INTERIORES



COMPONENTES INTERIORES

Los alimentadores principales llegan al tablero de distribución, provenientes del medidor y desde allí se reparten a través de interruptores en diferentes circuitos

ACOMETIDA DE PUESTA A TIERRA DE LOS DIFERENTES ARTEFACTOS DOMICILIARIOS



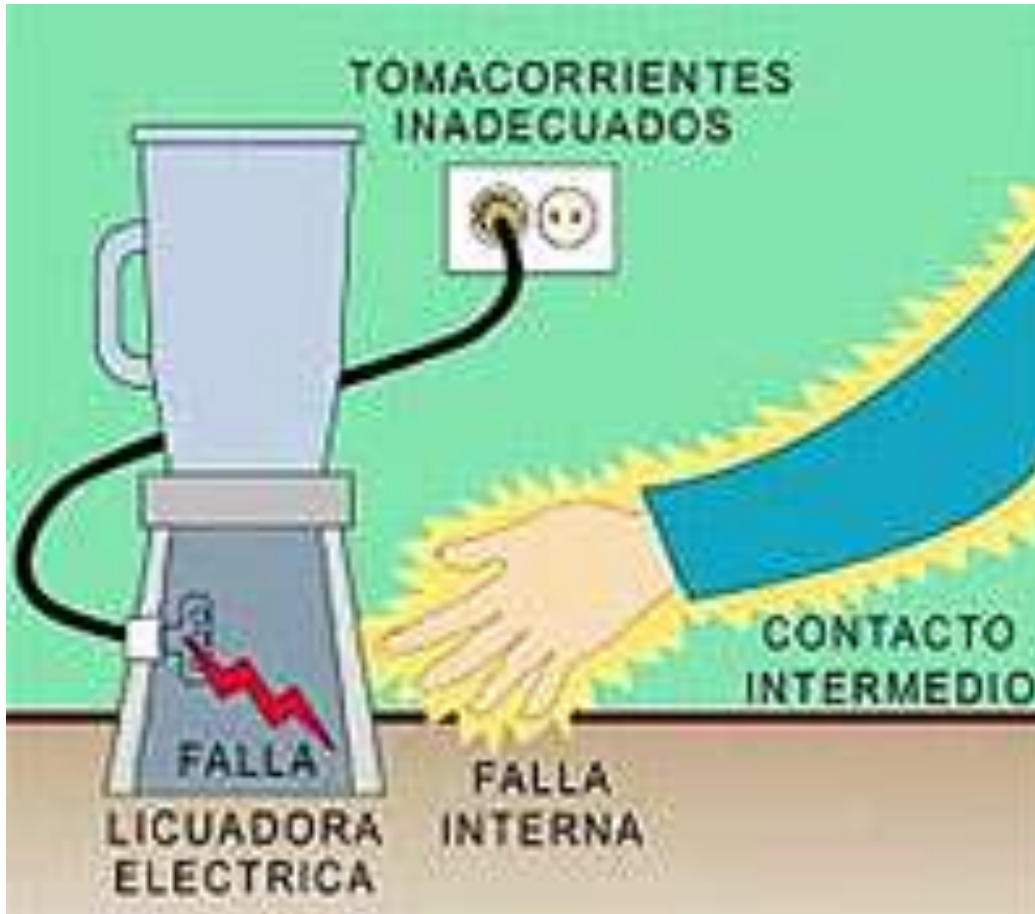
Para que un sistema de energía eléctrica opere correctamente con una apropiada continuidad de servicio, y para garantizar los niveles de seguridad personal es necesario que el sistema eléctrico en su conjunto posea un sistema de puesta a tierra como se muestra en la siguiente figura.

CONTACTO DIRECTO



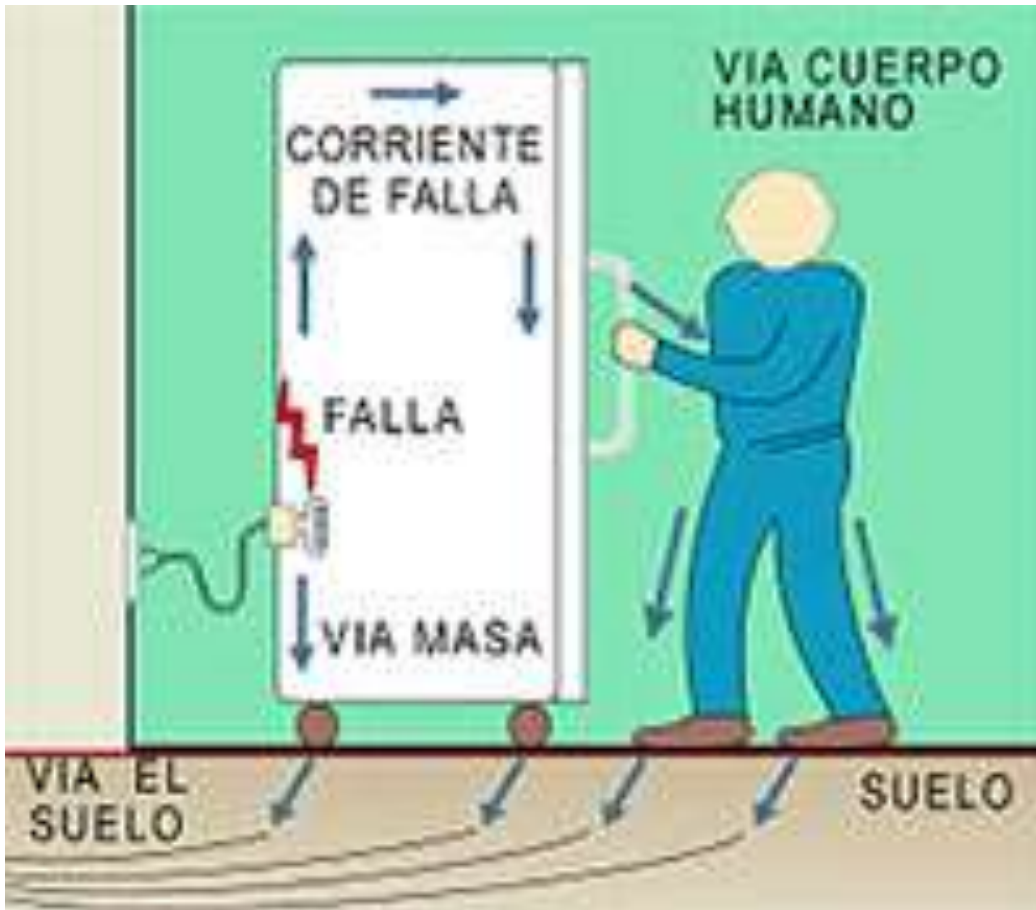
Ocurre cuando una parte desprotegida del cuerpo humano hace contacto limpio con una pieza desprovista de aislamiento o con una parte de un conductor activo (energizado), en tanto que otra parte del cuerpo está en contacto con otro punto de menor potencial.

CONTACTO INDIRECTO



Constituye el contacto de una parte del cuerpo humano con la masa (caja metálica o cubierta) de una máquina, artefacto o instalación eléctrica que se ha electrificado debido a la falla interna del aislamiento, mientras que otra parte está en contacto con un punto de menor potencial.

CORRIENTE DE FALLA



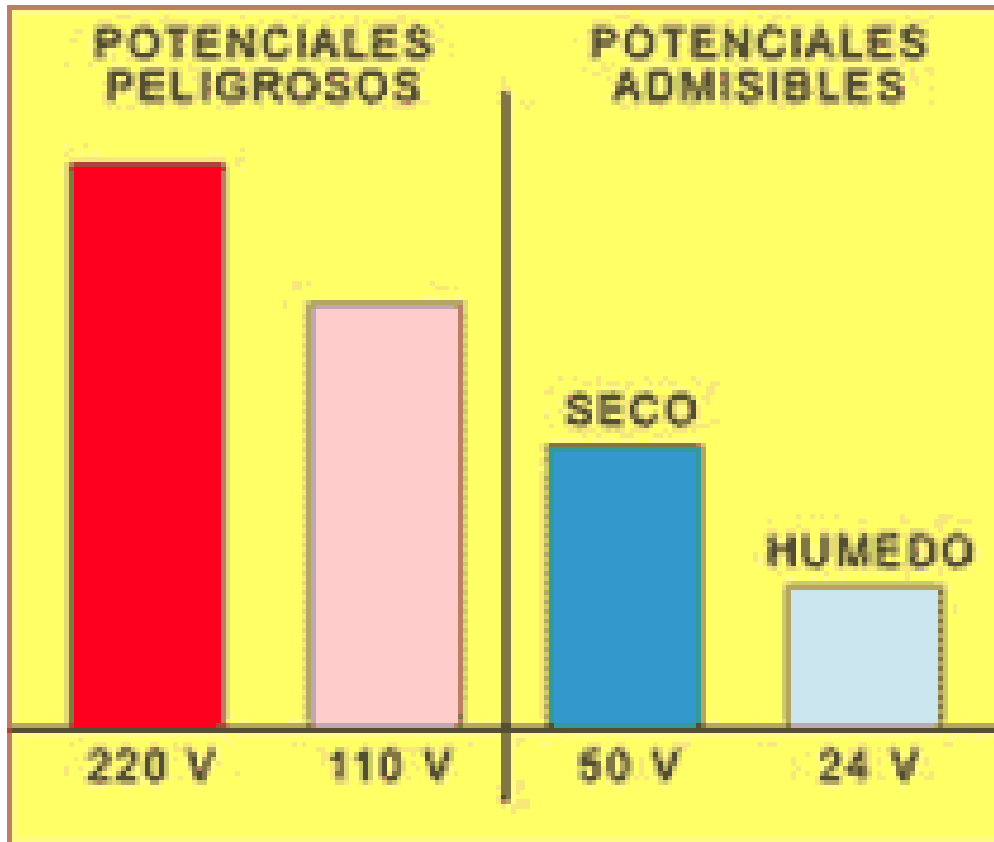
La corriente de falla en vez de regresar a la fuente por el conductor mellizo lo hará necesariamente por el suelo (tierra), para lo cual pasa por la falla hacia la masa y continúa por las partes más conductoras que están en contacto con ella, hasta que llega tierra.

Resistencia Electrica



Resistencia Electrica - Rk. Entre dos partes diferentes del cuerpo humano que incluyen el corazón, se miden diferentes resistencias eléctricas; las normas recomiendan adoptar un valor promedio de $RK = 1000 \text{ Ohm}$.

POTENCIALES EN REGIMEN PERMANENTE



La diferencia de potencial, considerada admisible por el cuerpo humano se calcula a partir de $I_k = 0,05$ A (Corriente admisible) y $R_k = 1000$ Ohm (Resistencia media), según la duración (t) del contacto.

OBJETIVOS DE LA PUESTA A TIERRA

- Conducir a tierra todas las corrientes anormales que se originan como consecuencia de carcadas de los equipos eléctricos energizados.
- Evitar que aparezcan tensiones peligrosas para la vida humana en las carcadas metálicas de los equipos eléctricos.
- Permitir que la protección del circuito eléctrico, despeje la falla inmediatamente ocurrida ésta

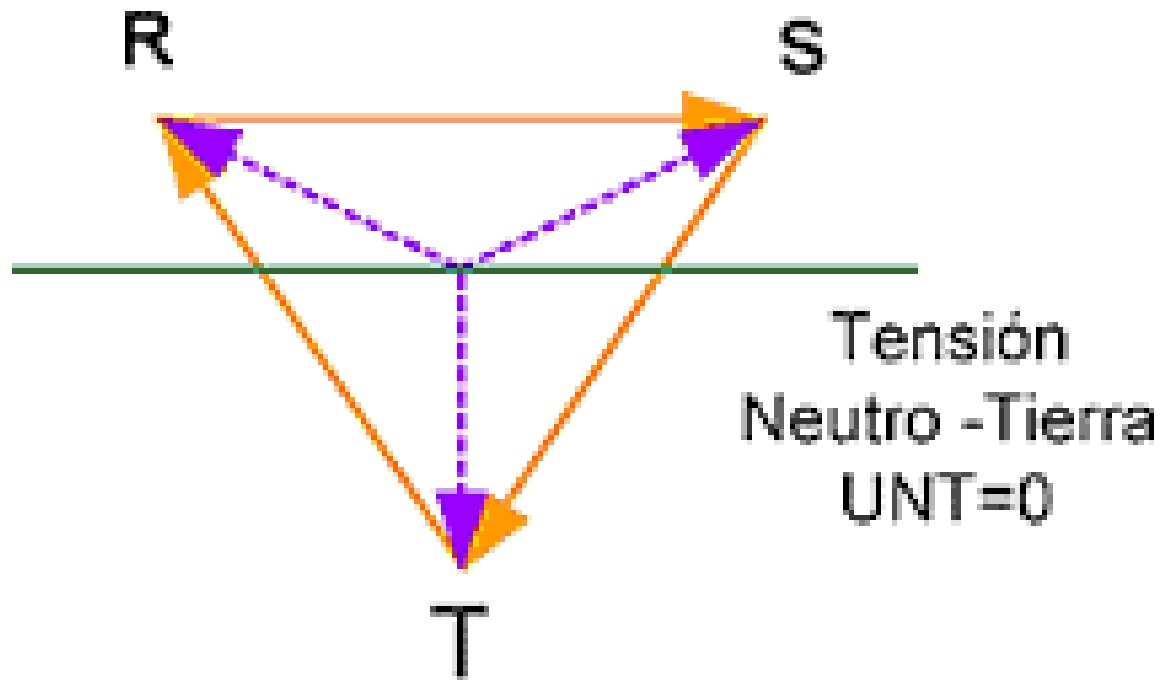
TIPOS DE PUESTA A TIERRA

- Conexiones típicas de aterramiento del neutro de un sistema eléctrico.
- Puesta a tierra típica en instalaciones.
- Normas de referencia.

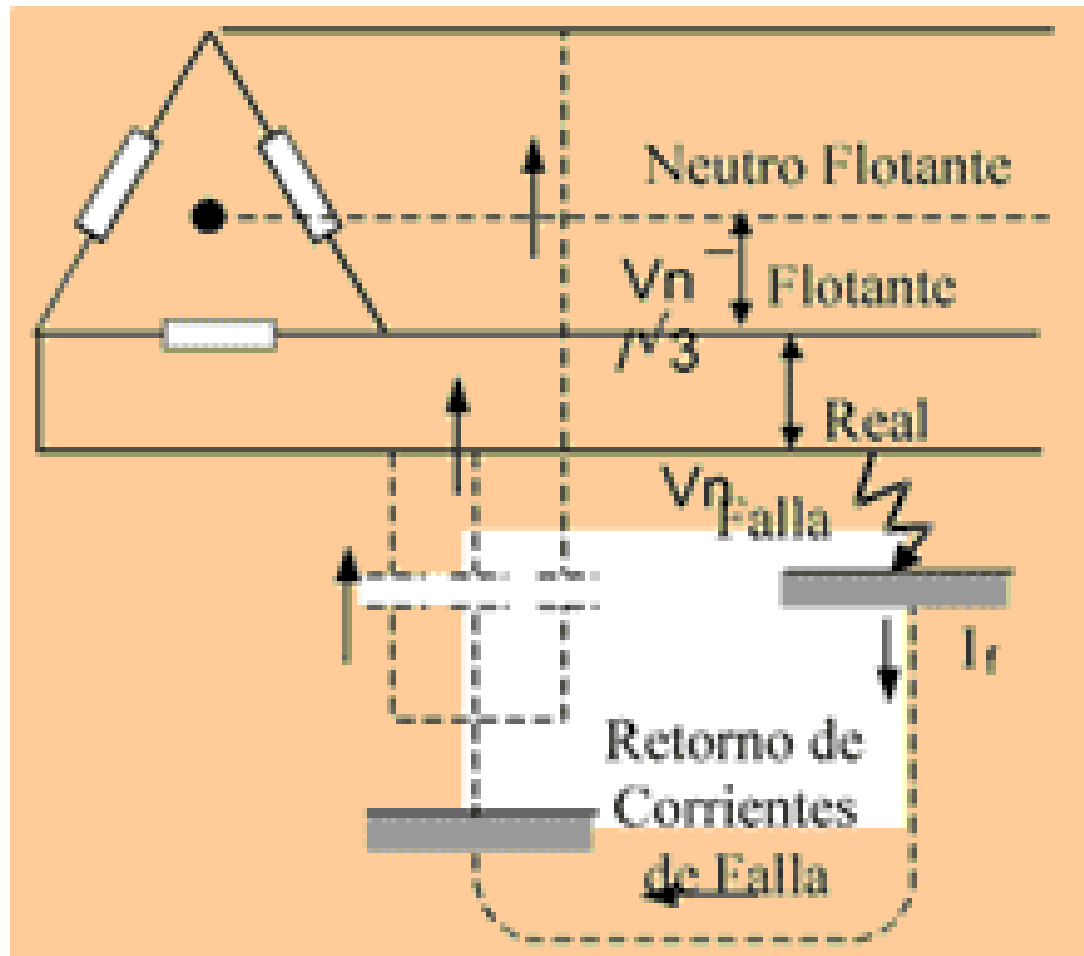
CONEXIONES TÍPICAS DE ATERRAMIENTO DEL NEUTRO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO

- Sistema eléctrico con neutro aislado.
- Sistema eléctrico con neutro a tierra.
- Sistemas de alimentación en 220 V

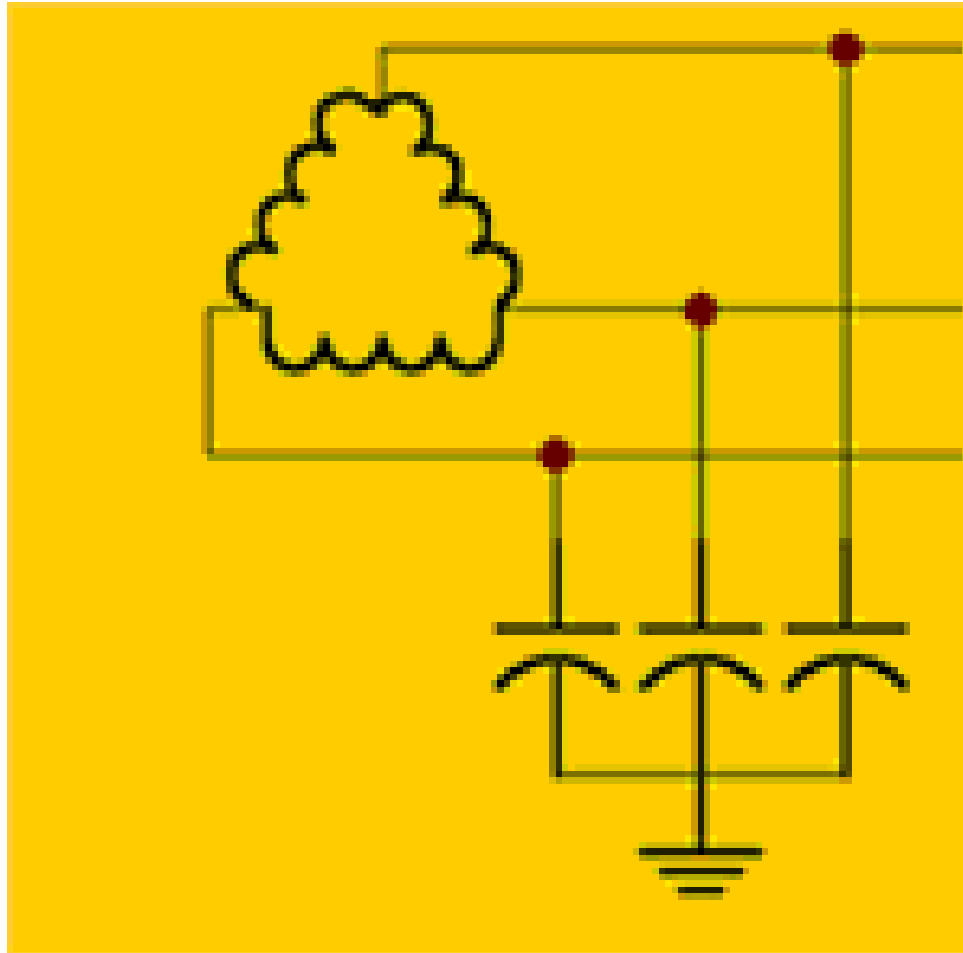
Sistema Eléctrico - Neutro aislado -



Retorno de corriente de falla

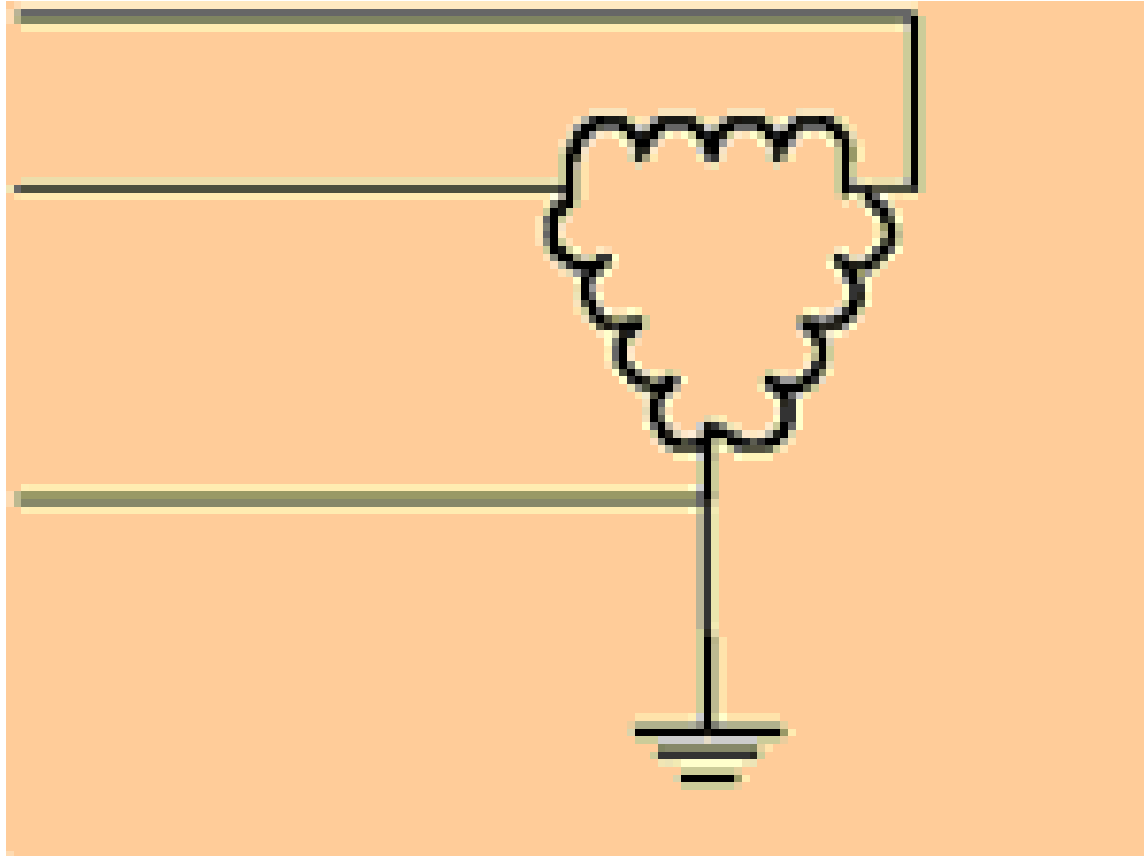


Conexión D

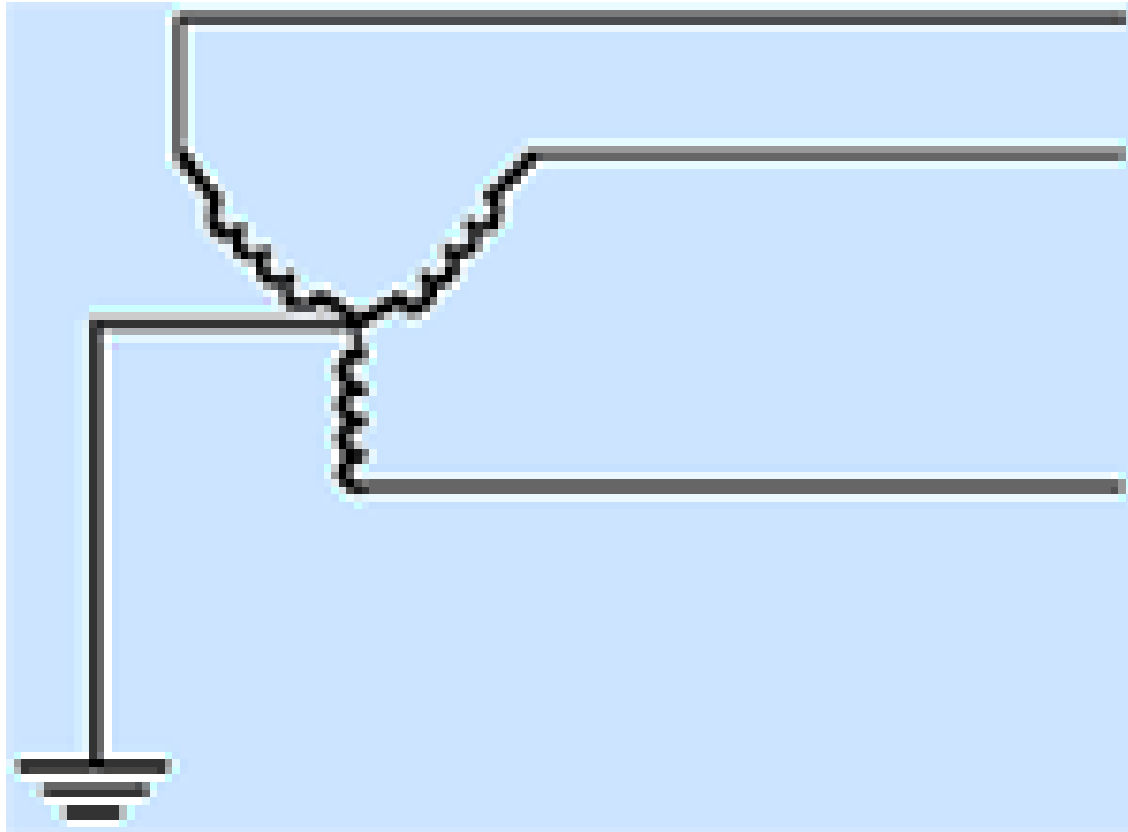


SISTEMA ELECTRICO CON NEUTRO A TIERRA

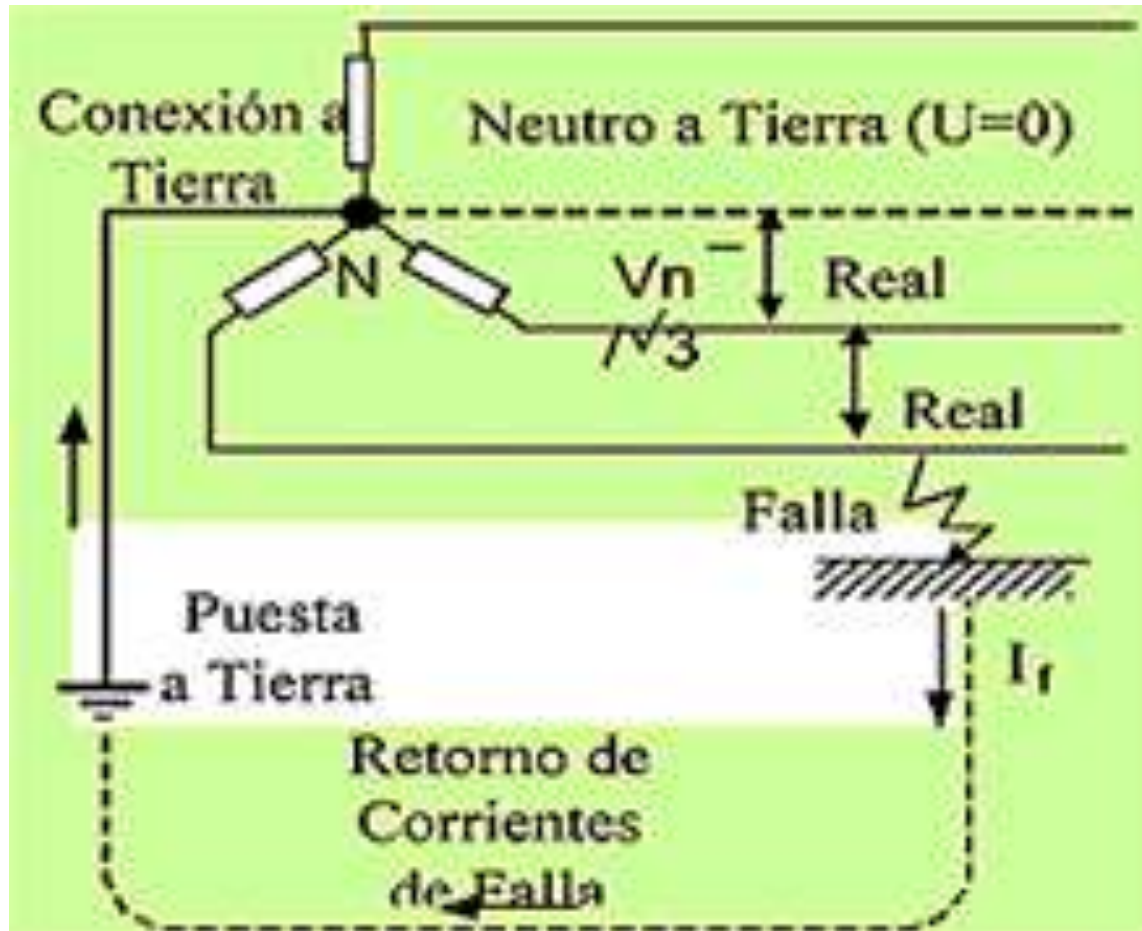
Conexión D



Conexión Y



Retorno de la corriente de falla



SISTEMAS DE ALIMENTACION EN 220 V

- Sistemas 220 V con Neutro Aislado.
- Sin Puesta a Tierra del Usuario.
- Con Puesta a Tierra del Usuario.
- Sistemas 220 V con Neutro Puesto a tierra.
- Sin Puesta a Tierra del Usuario.
- Con Puesta a Tierra del Usuario.

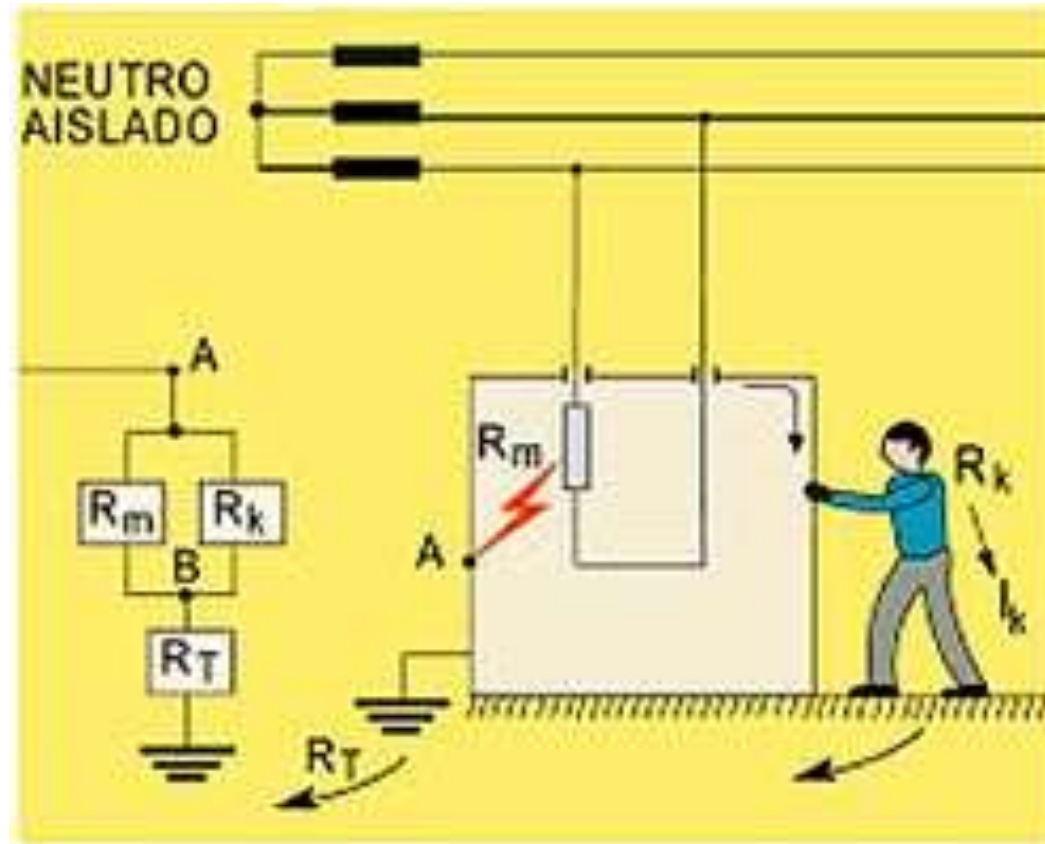
Sistemas sin neutro puesto a tierra



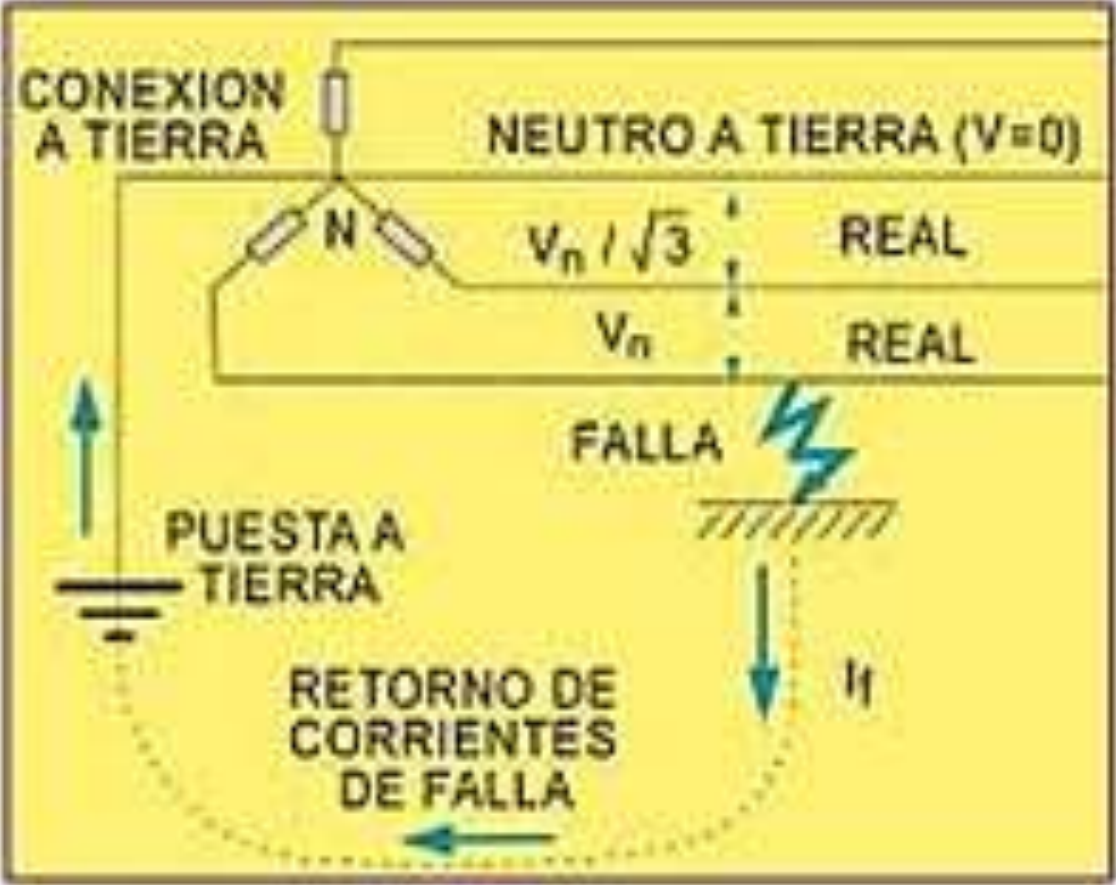
Falla en el circuito del usuario sin puesta a tierra



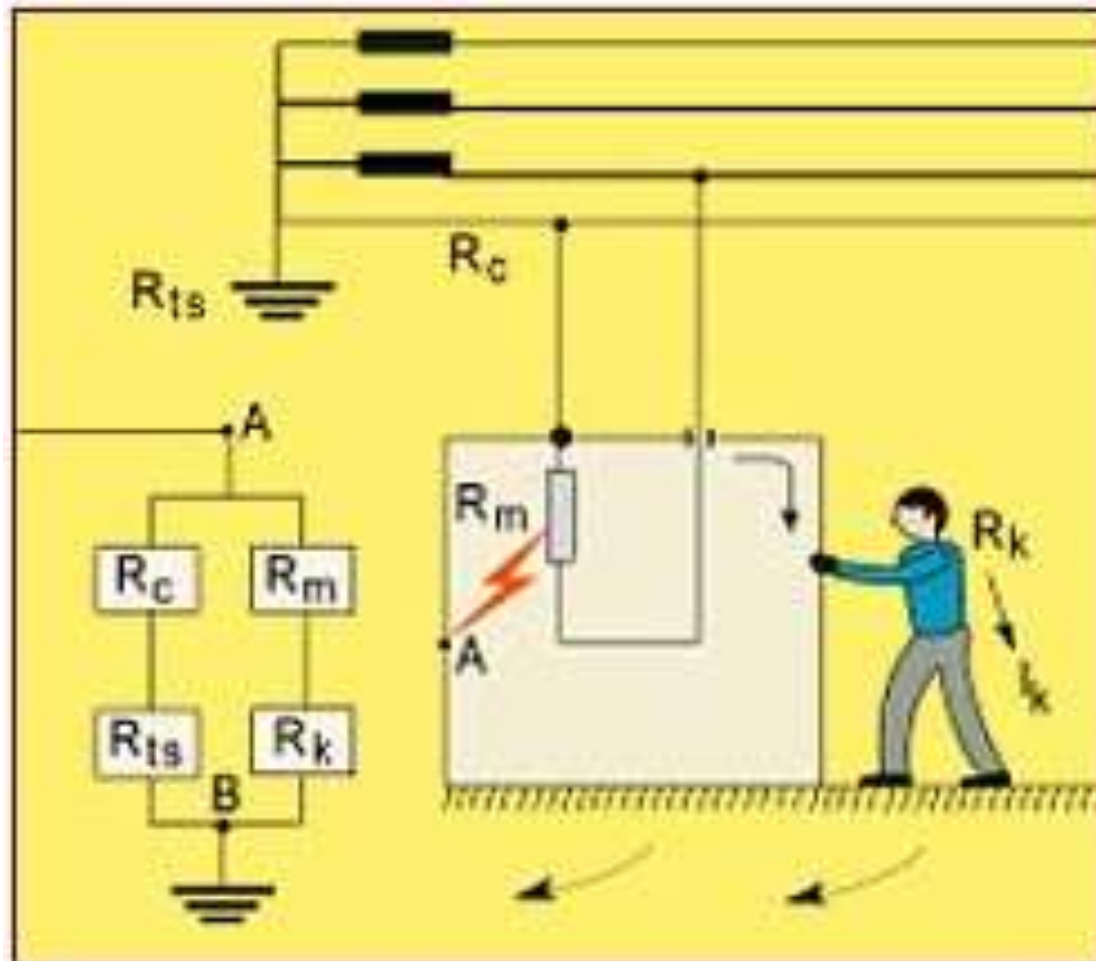
FALLA EN CIRCUITO DEL USUARIO CON PUESTA A TIERRA



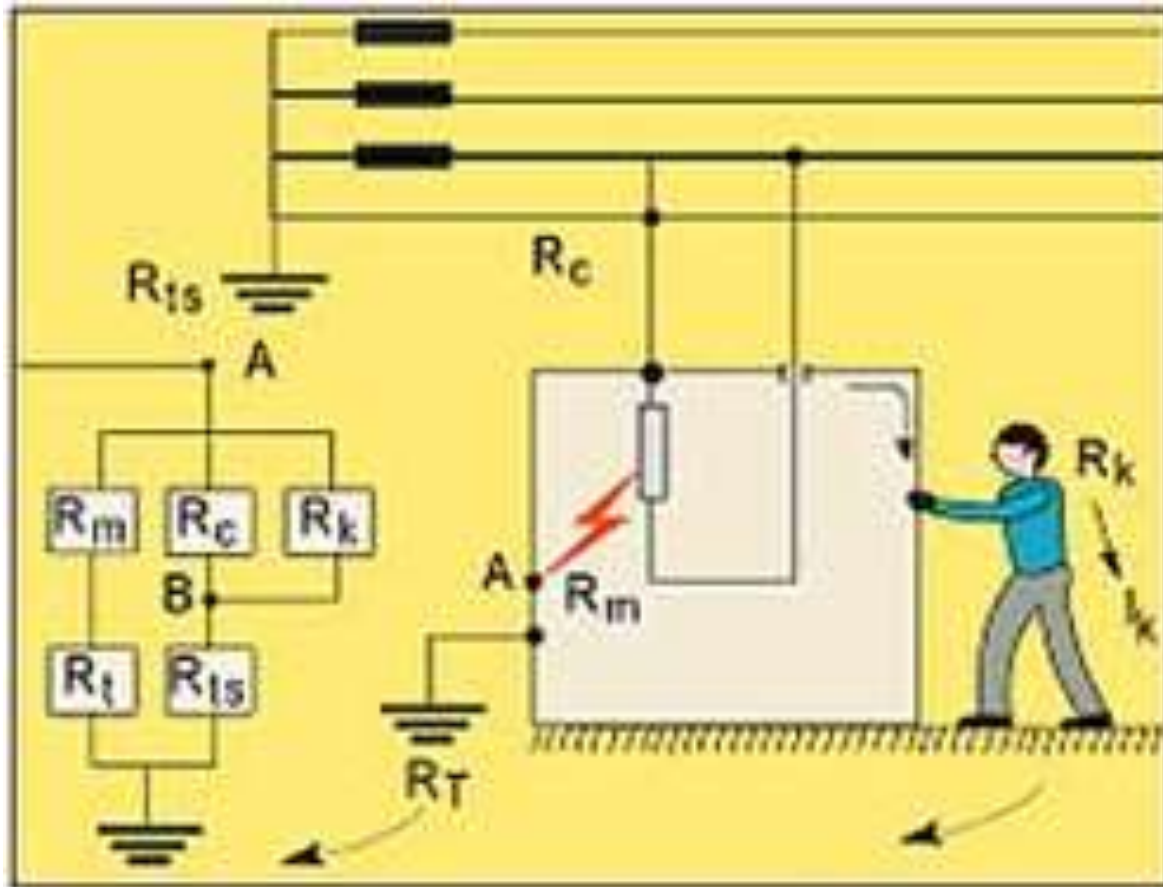
SISTEMAS 220 V CON NEUTRO PUESTO A TIERRA A TIERRA



Falla en circuito del usuario sin puesta a tierra

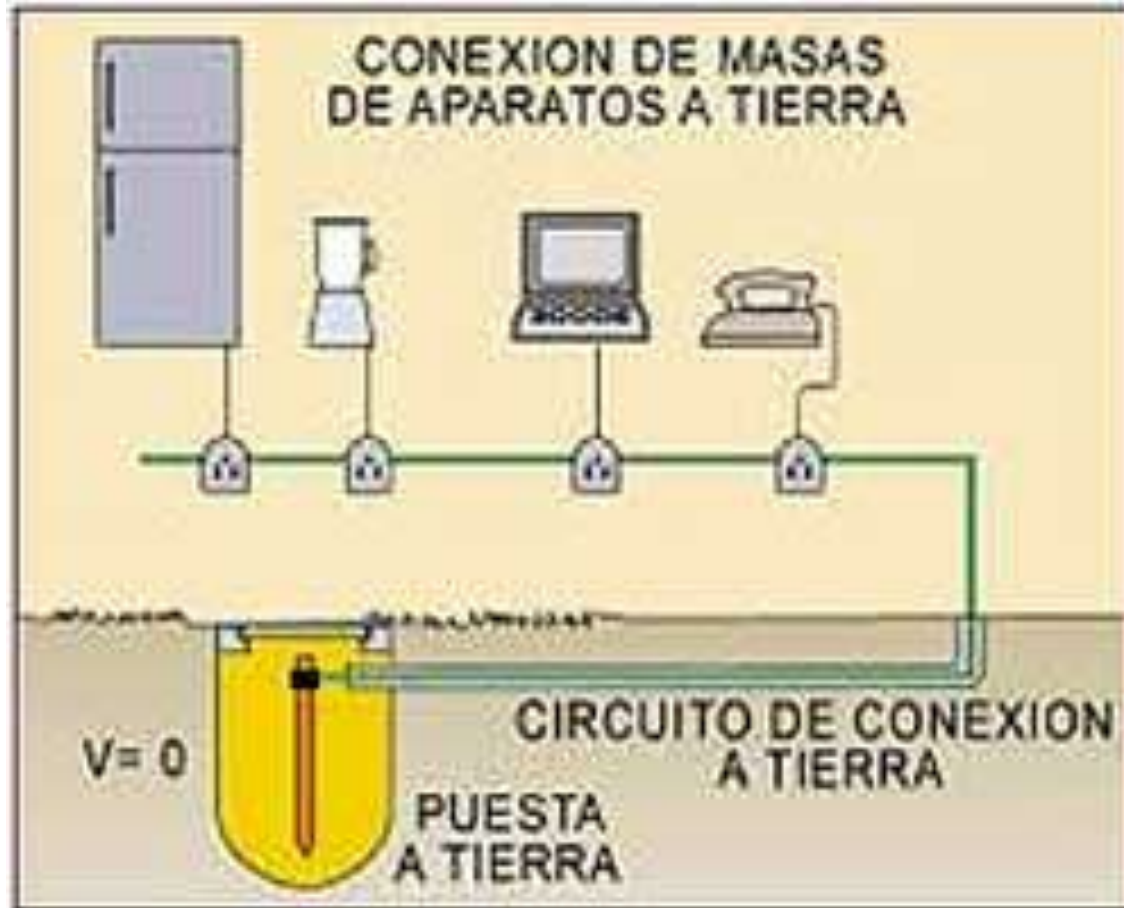


FALLA EN CIRCUITO DEL USUARIO CON PUESTA A TIERRA



PUESTA A TIERRA DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS

Conexión a tierra del sistema de las carcazas(masas) de los equipos y aparatos eléctricos.



PUESTA A TIERRA EN SEÑALES ELECTRONICAS

- Para evitar la contaminación con señales de frecuencias diferentes a la deseada. Se logra mediante blindajes de todo tipo conectados a una referencia cero, pero puede ser la tierra física.

PUESTA A TIERRA DE PROTECCION ELECTRONICA

- Para evitar la destrucción de los elementos semiconductores por sobretensión, se colocan dispositivos de protección conectados entre los conductores activos y la referencia cero, que puede ser la tierra física.

PUESTA A TIERRA DE LA PROTECCION ATMOSFERICA

- Sirve para canalizar la energía de los rayos a tierra sin mayores daños a personas y propiedades. Se logra con una malla metálica igualadora de potencial conectada a tierra que cubre los edificios o equipos a proteger.

PUESTA A TIERRA DE PROTECCION ELECTROESTATICA

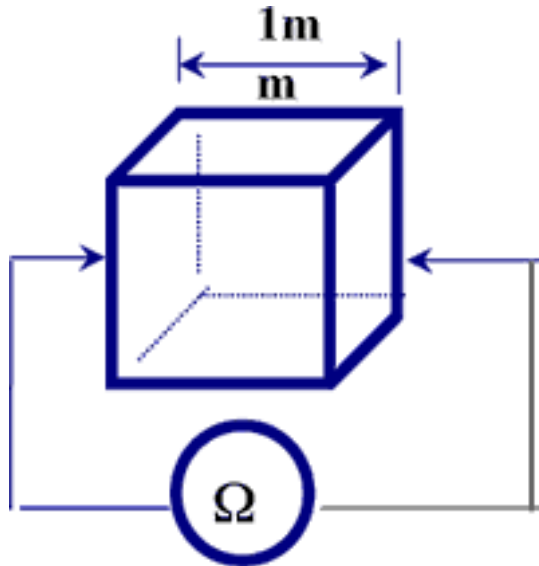
- Sirve para neutralizar las cargas electrostáticas producidas en los materiales dieléctricos.
Se logra teniendo todas las partes metálicas y dieléctricas, utilizando la tierra como referencia de potencial cero.

Regla general

- “La regla general es: Cada sistema de tierras debe cerrar eléctricamente el circuito eléctrico que le corresponde”

Resistividad y Medición del terreno

RESISTIVIDAD DE LOS SUELOS



$$R = \rho \frac{l}{s}$$

$$\rho = \frac{R \cdot s}{l} \Rightarrow \left(\frac{\Omega m^2}{m} \right) = \Omega m$$

para un cubo de 1m de lado :

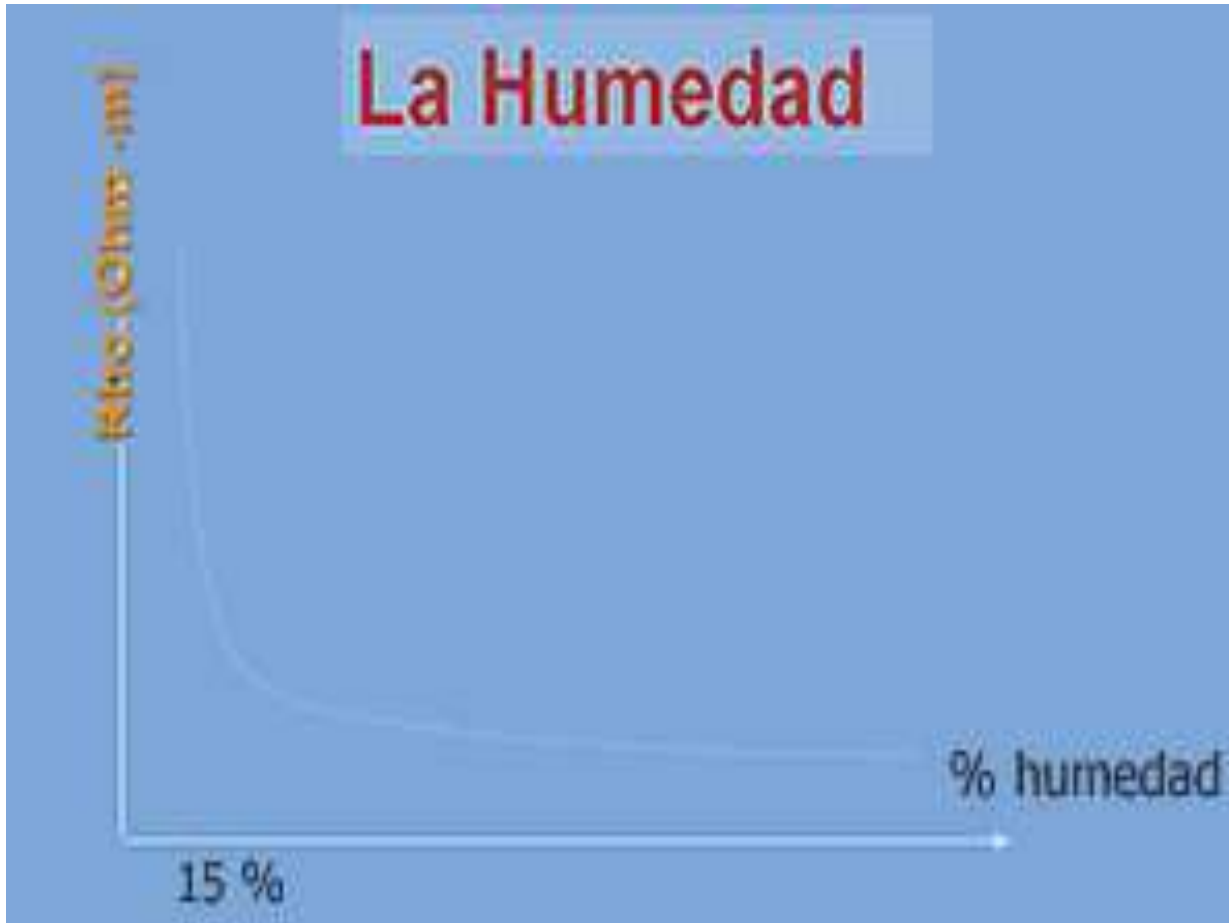
$$R(\Omega) = \rho \frac{l(m)}{s(m^2)} = \rho \frac{1(m)}{(1 \times 1)m^2} = \frac{\rho}{1m}$$

despejando ρ , $\rho = R(\Omega m)$

FACTORES QUE DETERMINAN LA RESISTIVIDAD DE LOS SUELOS

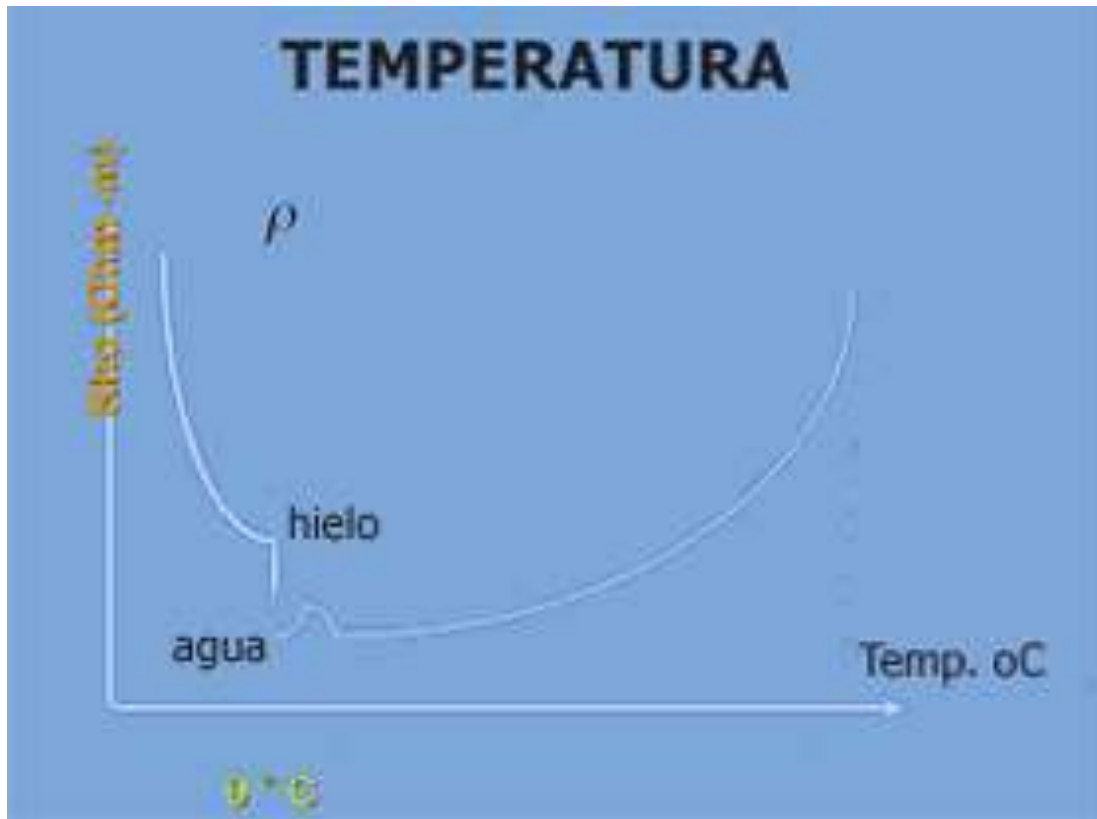
- Naturaleza de los suelos.
- La humedad.
- La temperatura del terreno.
- La concentración de sales disueltas.
- La compactación del terreno.
- La estratificación del terreno.

Variación de la resistividad en función al porcentaje de humedad



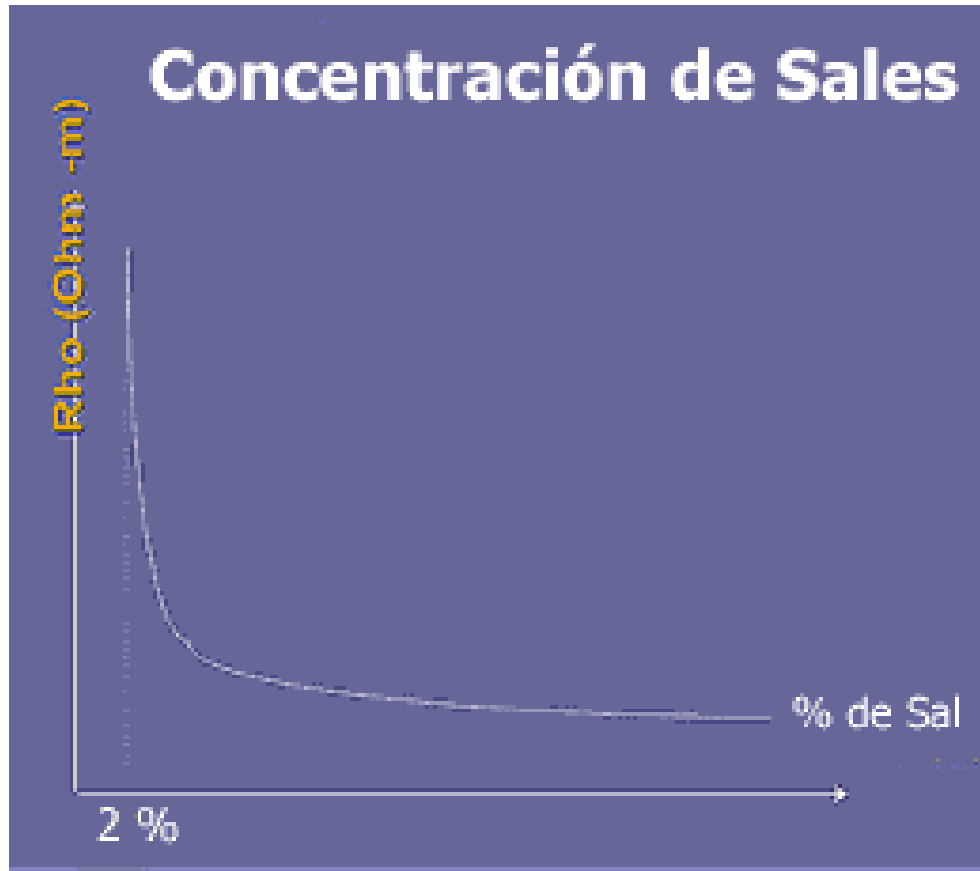
La resistividad que presenta un terreno esta en relación directa a los porcentajes de humedad contenida en él.

Variación de la resistividad del terreno en función de la temperatura



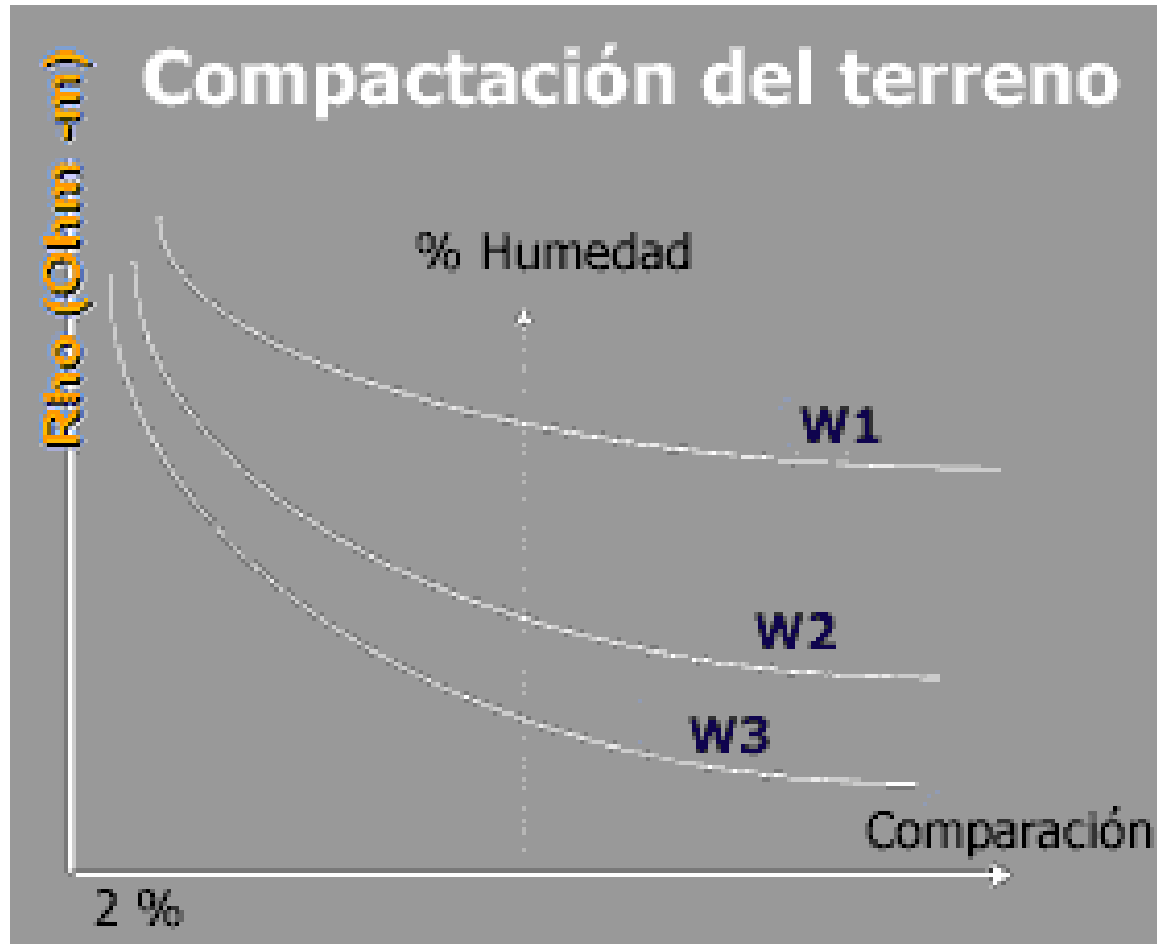
La resistividad de los suelos, también depende de la temperatura, esta característica térmica del terreno depende de su composición, de su grado de compactación y del grado de humedad.

Variación de la resistividad del terreno en función del % de sal.



Al presentarse una mayor concentración de sales disueltas en un terreno, mejora notablemente la conductividad y por lo tanto la resistividad.

Variación de la resistividad del terreno en función de la compactación del terreno.



Cuando la compactación del terreno es grande disminuye la resistividad, por lo tanto es recomendable que exista un buen contacto entre electrodo y el terreno y por lo tanto es necesario una compactación

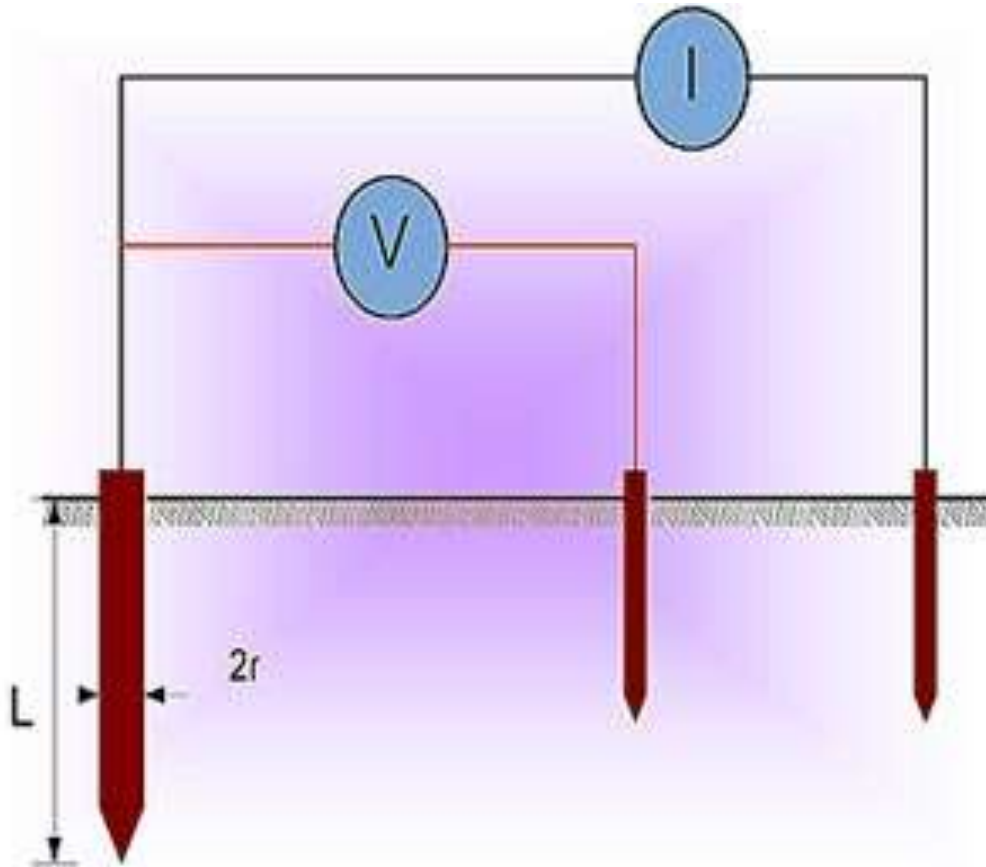
MODELO DE SUELO DE DOS ESTRATOS (CAPAS)



Para conseguir un valor bajo de resistencia de puesta a tierra es necesario saber la resistividad del terreno y su espesor respectivo, el suelo está compuesto mayormente de dos estratos :

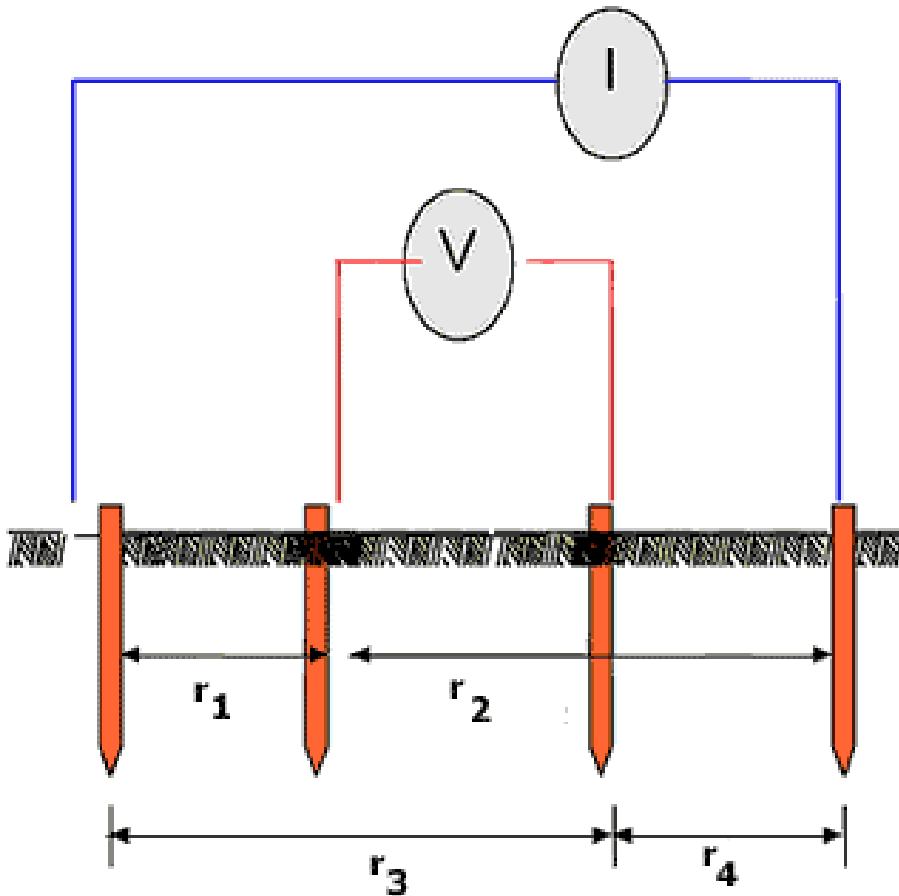
- Un estrato superficial.
- Un estrato subyacente.

Método de tres electrodos para la medición de resistividad



Consiste en medir la resistencia de puesta a tierra de un electrodo de dimensiones conocidas, enterrado en un terreno cuya resistividad se desea conocer.

Medición de la resistividad por el método de los cuatro electrodos



Se basa en la medición de la diferencia de potencial entre dos de los electrodos, luego de haber inyectado al terreno una corriente a través de los otros dos.

RESISTIVIDADES TÍPICAS

Naturaleza del terreno	resistividad OHMIOS-M
TERRENO PANTANOSO	hASTA 30
LIMO	20 a 100
HUMOS	10 a 150
TURBA HÚMEDA	5 a 100
ARCILLA PLÁSTICA	50
MARGAS Y ARCILLAS COMPACTAS	100 a 200
MARGAS DE JURÁSICO	30 a 40
ARENA ARCILLOSA	50 a 500
ARENA SILÍCEA	200 a 3000
SUELO PEDREGOSO CUBIERTO DE CÉSPED	300 a 500
SUELO PEDREGOSO DESNUDO	1500 a 3000
CALIZA BLANDA	100 a 300
CALIZA COMPACTA	1000 a 5000
CALIZA AGRIETADA	500 a 1000
PIZARRA	50 a 300
ROCAS DE MICA Y CUARZO	800
GRANITO Y GRES PROCEDENTES DE ALTERACIÓN	1500 a 10000
GRANITO Y GRES MUY ALTERADOS	100 a 600

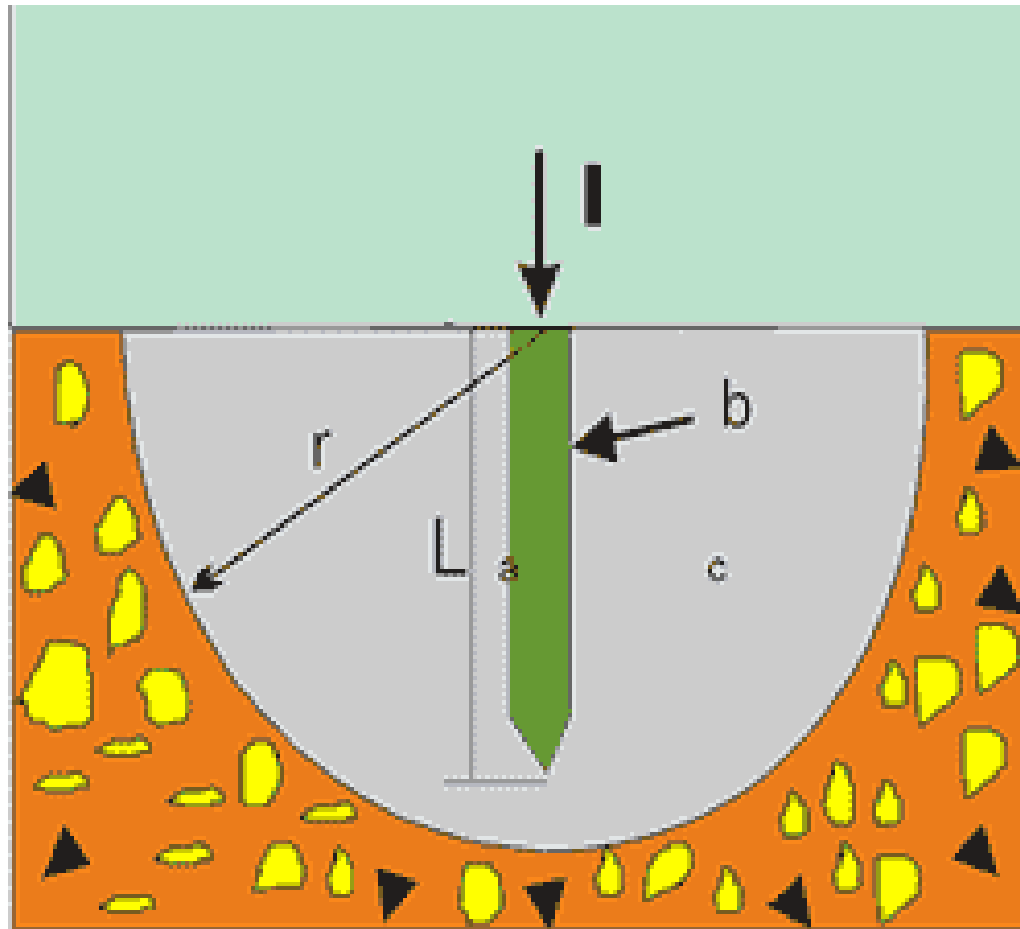
Cálculo de la Resistencia de Puesta a tierra

COMPONENTES DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

La resistencia de puesta a tierra total tiene tres componentes :

- La resistencia del conductor conectado al sistema de puesta a tierra, que es función de su resistividad, longitud y sección.
- La resistencia de contacto entre la superficie del electrodo y el suelo, este valor es usualmente pequeño si el electrodo está libre de pintura o grasa, esto se elimina efectuando un buen contacto entre el electrodo y tierra.
- La resistencia de la tierra alrededor del electrodo que es la resistencia principal que influirá en la resistencia total de la puesta a tierra.

COMPONENTES DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

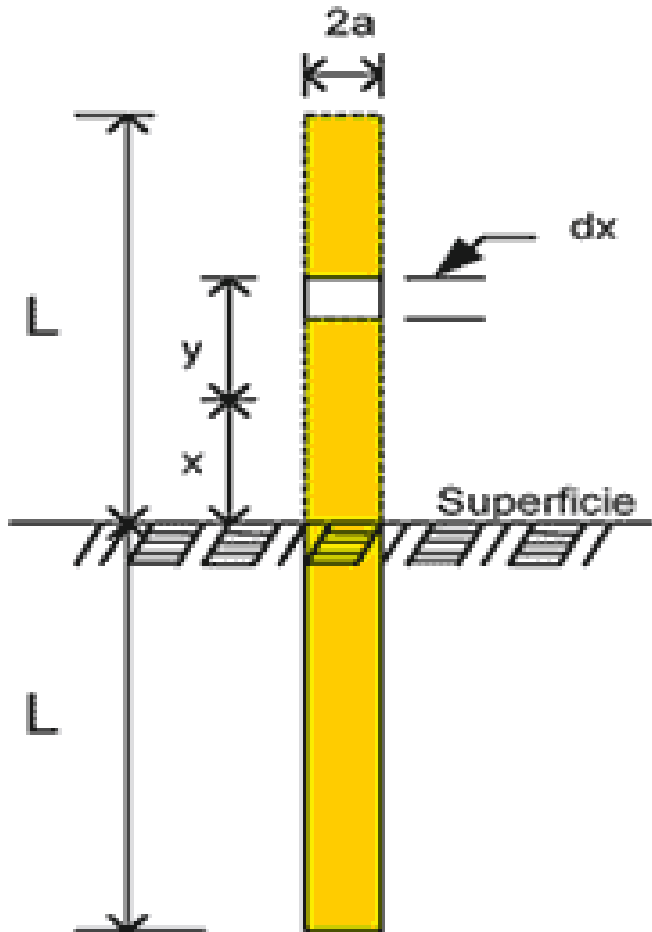


GEOMETRIA DE ELECTRODOS

ELECTRODOS VERTICALES

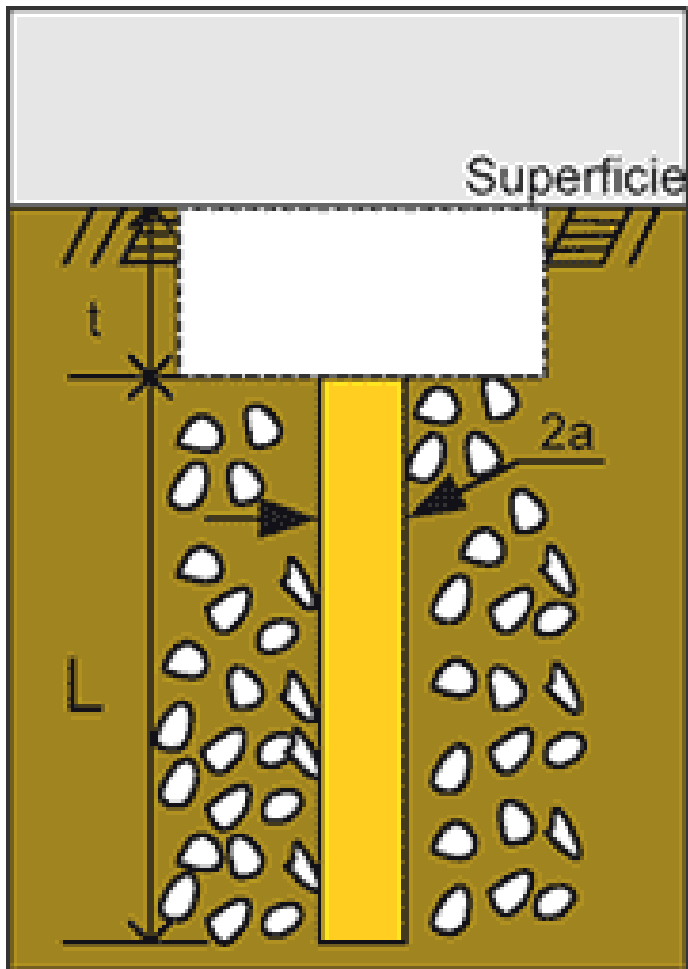
- Jabalina enterrada sobre superficie
- Jabalina enterrada a partir de una profundidad “t”
- Resistencia a tierra de dos o más jabalinas en paralelo
- Influencia de la configuración y el espaciamiento de Electrodo (jabalinas)

Jabalina enterrada sobre superficie



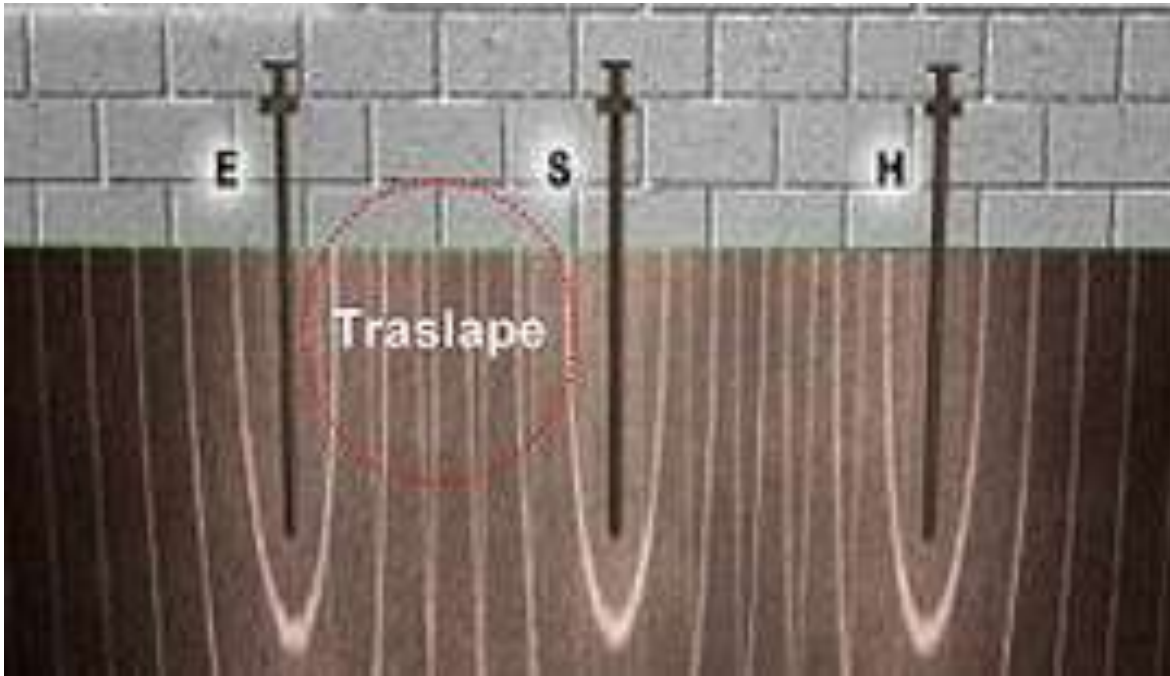
Considerando una jabalina de longitud “ L ”, diámetro “ $2a$ ” junto con su imagen sobre la superficie de la tierra.

Jabalina enterrada a partir de una profundidad “t”



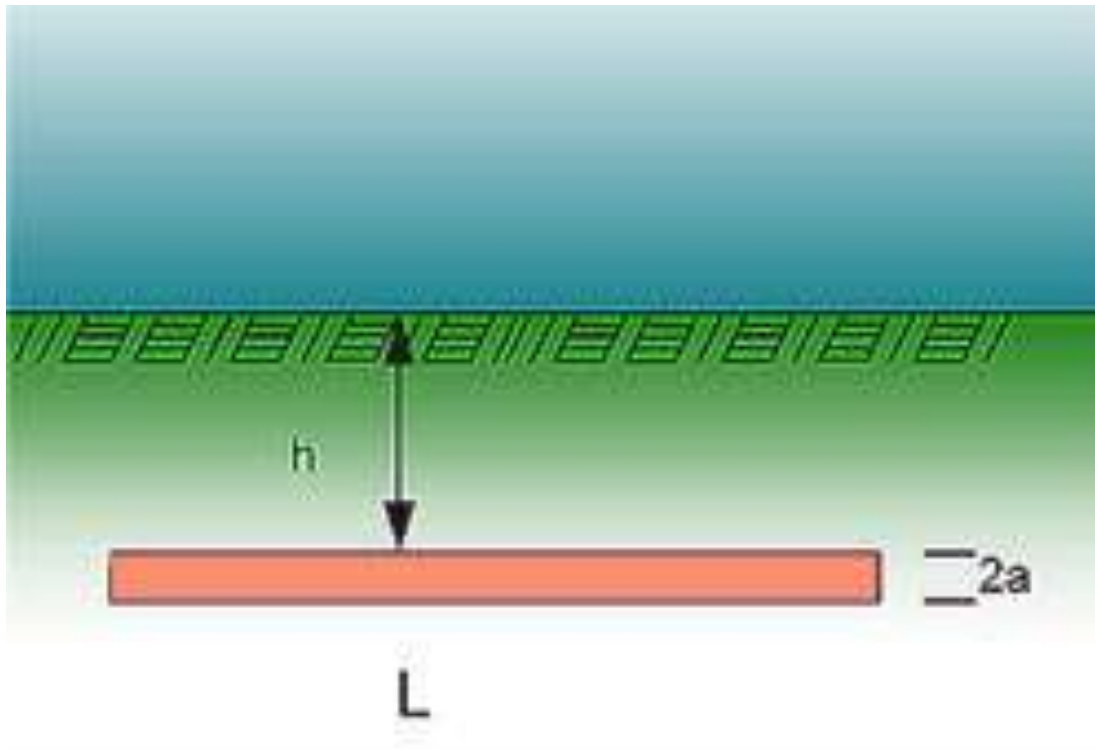
En la mayoría de los casos no se encuentran enterradas a partir de la superficie del terreno, sino a partir de una profundidad t .

Resistencia a tierra de dos o más jabalinas en paralelo



Si bien, el objetivo es disminuir la resistencia equivalente, esto se logra teniendo un espaciamiento mínimo entre jabalinas al doble de su longitud con el fin de evitar zonas de interferencia.

ELECTRODOS HORIZONTALES



La resistencia de aterramiento de un conductor o electrodo enterrado horizontalmente en el suelo a una profundidad “h” metros será:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} L n \frac{2 L^2}{a \cdot h} \text{ en } \Omega$$

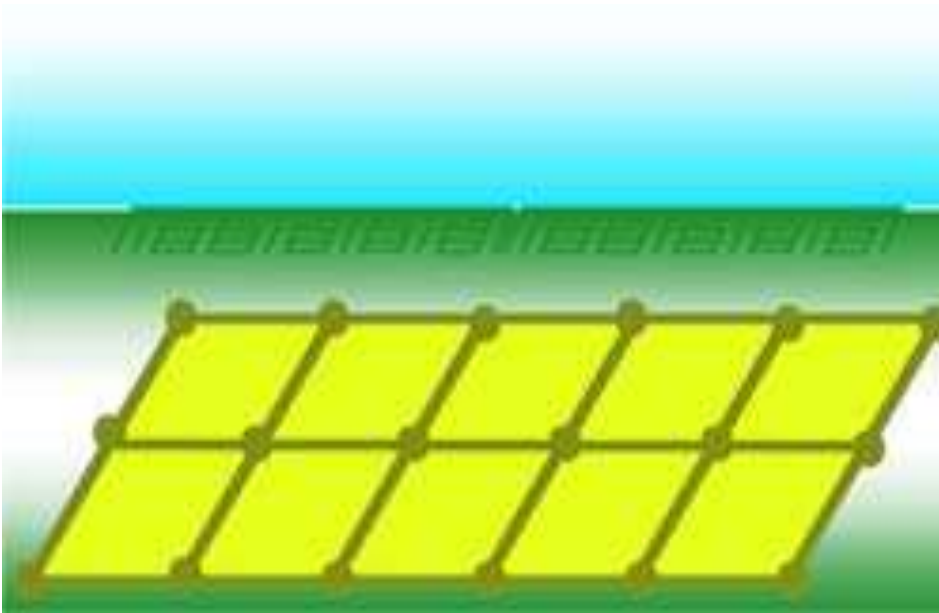
Donde:

- R : resistencia en (Ω)
- L : longitud en (m)
- a : radio del electrodo en (m)
- n : profundidad de enterramiento en (m)

RESISTENCIA DE MALLA

CALCULO DE LA RESISTENCIA DE MALLA

Según la fórmula experimental de “Laurent” se tiene la siguiente fórmula para el cálculo de puesta a tierra de una malla.



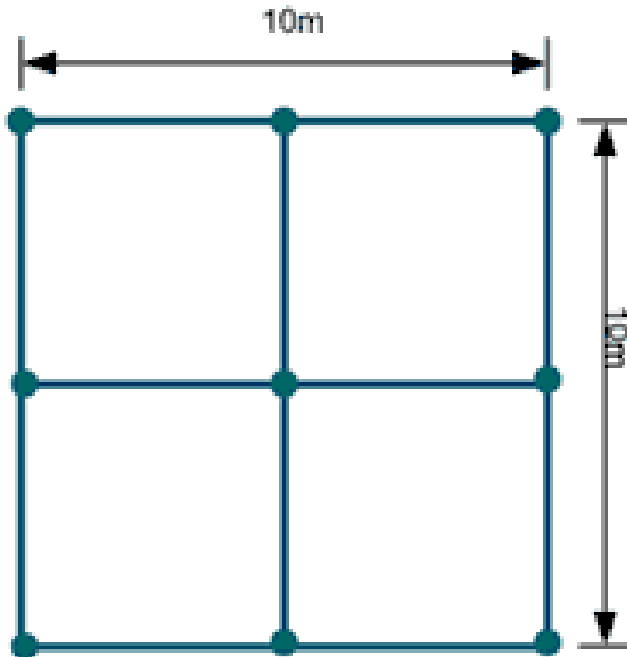
$$R = \frac{\rho}{4\sqrt{\frac{s}{\pi}}} + \frac{\rho}{L} \quad (\Omega)$$

Donde:

- ρ : resistividad ($\Omega \cdot m$)
- s : superficie que cubre la malla (m^2)
- L : longitud total de conductor de la malla (m)

RESISTENCIA DE MALLA

Malla de puesta a tierra de 10 x 10 m²



Aplicación

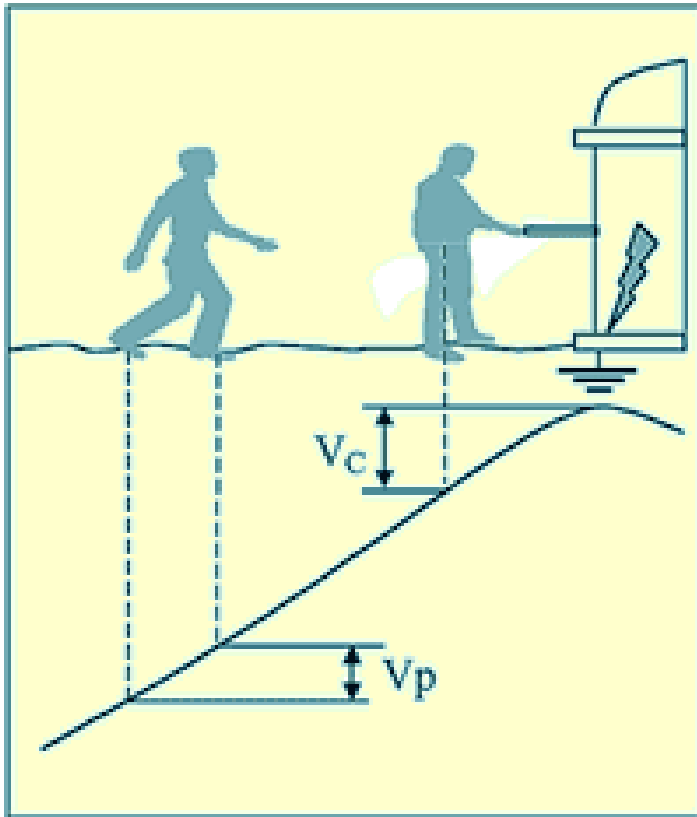
En un terreno de 100 Ω -m de resistividad equivalente, una malla de 10 x 10 m², como se muestra en la figura.

$$R = \frac{100}{4 \left(\sqrt{\frac{10 \times 10}{\pi}} \right)} + \frac{100}{60} = 6,1 \Omega$$

Tensiones presentes en mallas de tierra

Tensiones presentes en mallas de tierra:

- Tensión de paso (V_p).
- Tensión de contacto o toque.



TENSION DE PASO (v_p)

Corresponde a la diferencia de potencial entre dos puntos ubicados sobre la superficie del suelo, separados a una distancia de un metro:

TENSION DE CONTACTO O TOQUE

La tensión de contacto mano – pie corresponde a la diferencia existente entre el potencial de un punto sobre la superficie del terreno y el potencial que adquiere un conductor metálico unido a la malla. Para su estimación, se utiliza la expresión correspondiente al máximo posible o tensión de contacto.

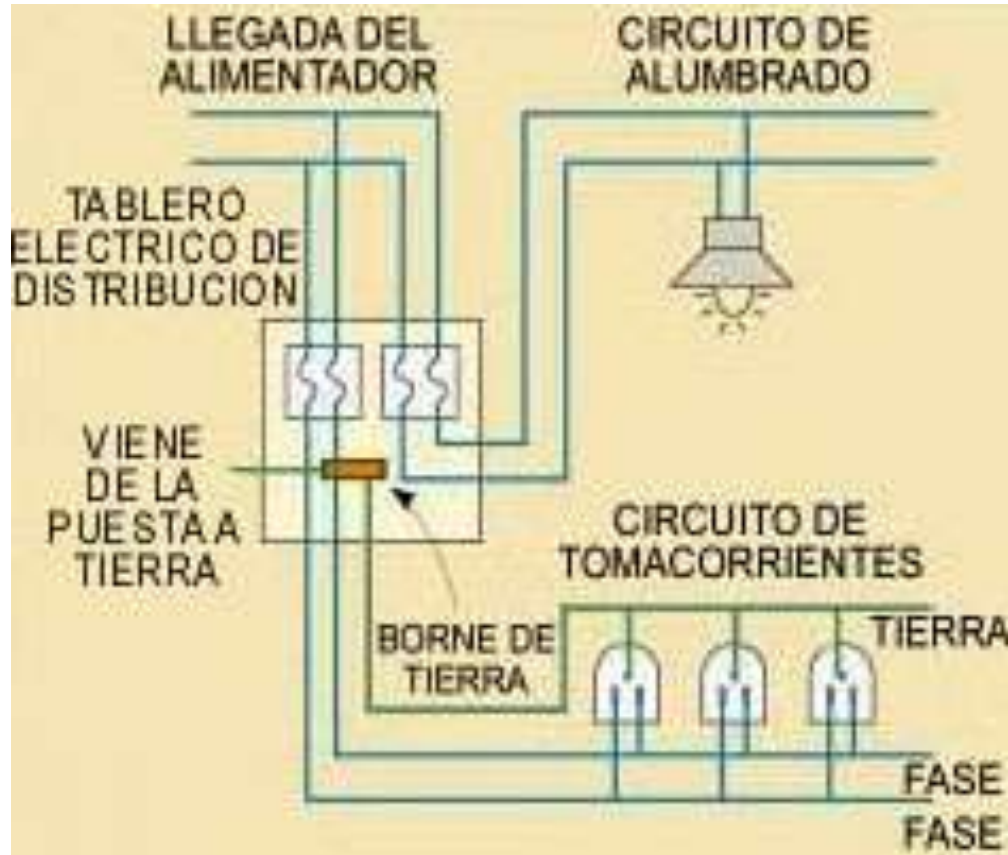
Ejecución de la puesta a tierra

GENERALIDADES

La instalación de la puesta a tierra debe satisfacer básicamente las siguientes condiciones:

- El trabajo a ejecutarse debe ser eficiente para minimizar costos de instalación.
- Todas las uniones o conexiones bajo tierra deben ser construidas de modo tal que no se presente corrosión en dicha unión o empalme.
- El método de instalación, relleno y conexiones dependerá de la configuración de electrodo que se usará y de las condiciones del terreno.

COMPONENTES INTERIORES



- Los conductores eléctricos de las instalaciones interiores, deberían caracterizarse por el color de su aislamiento; al circuito de tierra le corresponderá el color verde o amarillo, mientras que para los conductores de fase estarían reservados los colores rojo, negro, azul.

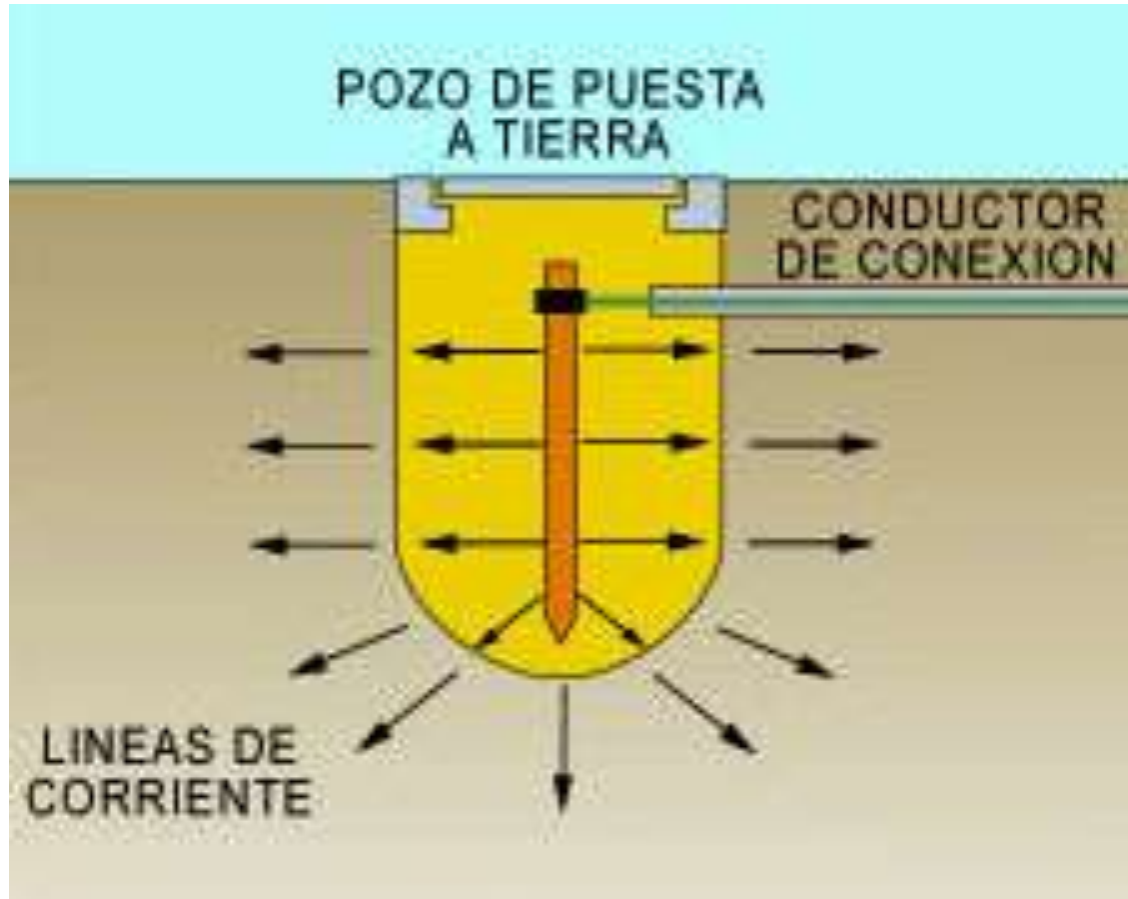
COMPONENTES PERIFERICOS



- En edificios de condominio, en forma similar se une a la puesta a tierra con el terminal de tierra de la caja principal de distribución, desde donde se reparte a los montantes.
- Dicho tramo deberá ser protegido contra ulteriores daños por excavación o remoción de suelo, mediante una tubería de PVC – Pesado, hasta su salida a la superficie o llegada al ducto.

LA PUESTA A TIERRA. A.- Evacuan y dispersan

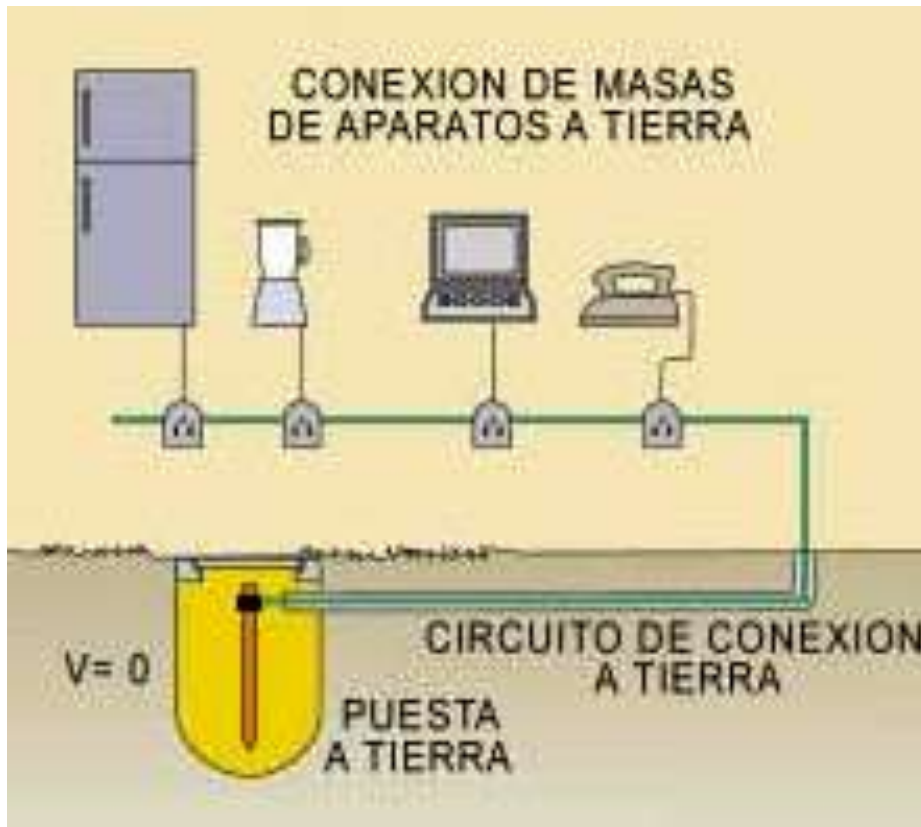
corrientes eléctricas con mínima resistencia:



•Las corrientes que se canalizan hacia tierra, su dispersión en el suelo. se hace a través de la resistencia total del sistema de puesta a tierra.

•Para proteger a las personas de los toques eléctricos, las masas de los aparatos eléctricos o electrónicos se conectan al circuito de tierra ya sea sólidamente cuando estos son estacionarios o bien a través de la tercera pata de los respectivos enchufes cuando dichos artefactos son portátiles.

LA PUESTA A TIERRA. B.- Proveen a las masas el potencial de referencia cero



- El comportamiento de la tierra como un sumidero infinito de carga hace que su potencial sea cero ($V=0$). Los equipos electrónicos de todo tipo exigen este requisito para su correcto funcionamiento dado que utilizan pequeños voltajes de operación y son muy sensibles a toda variación de tensión.
- Cuando las masas no están conectadas a tierra, el potencial de referencia en ellas es “Flotante” es decir, diferente de cero.

UBICACION DE UNA PUESTA A TIERRA

PREDIOS CON AREAS LIBRES DISPONIBLES

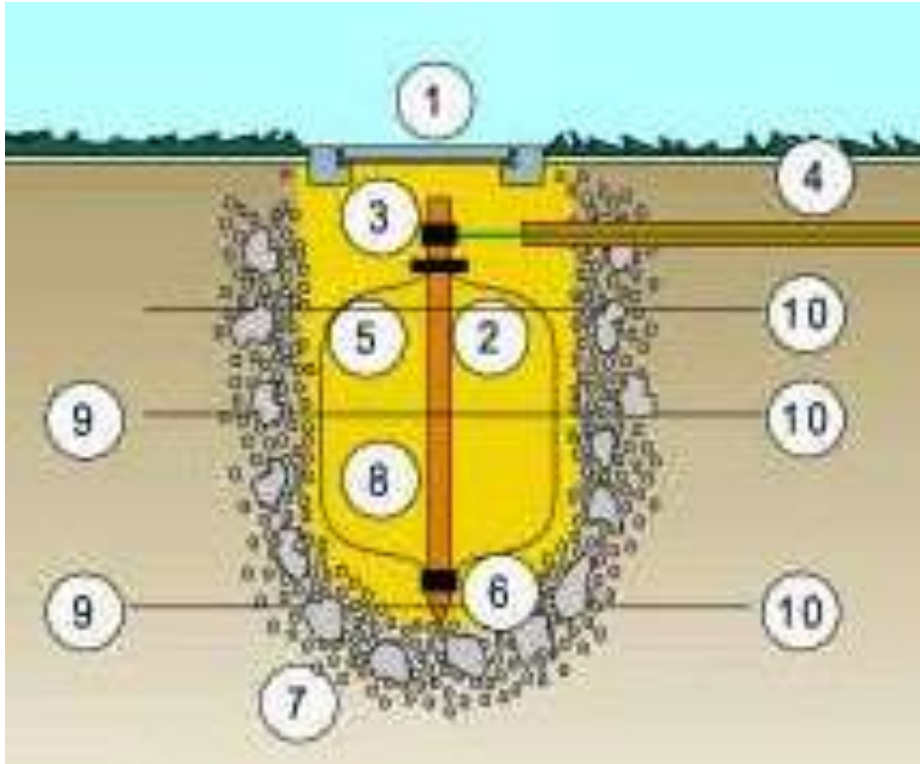


UBICACION DE UNA PUESTA A TIERRA

EDIFICACIONES SIN AREAS LIBRE DISPONIBLES

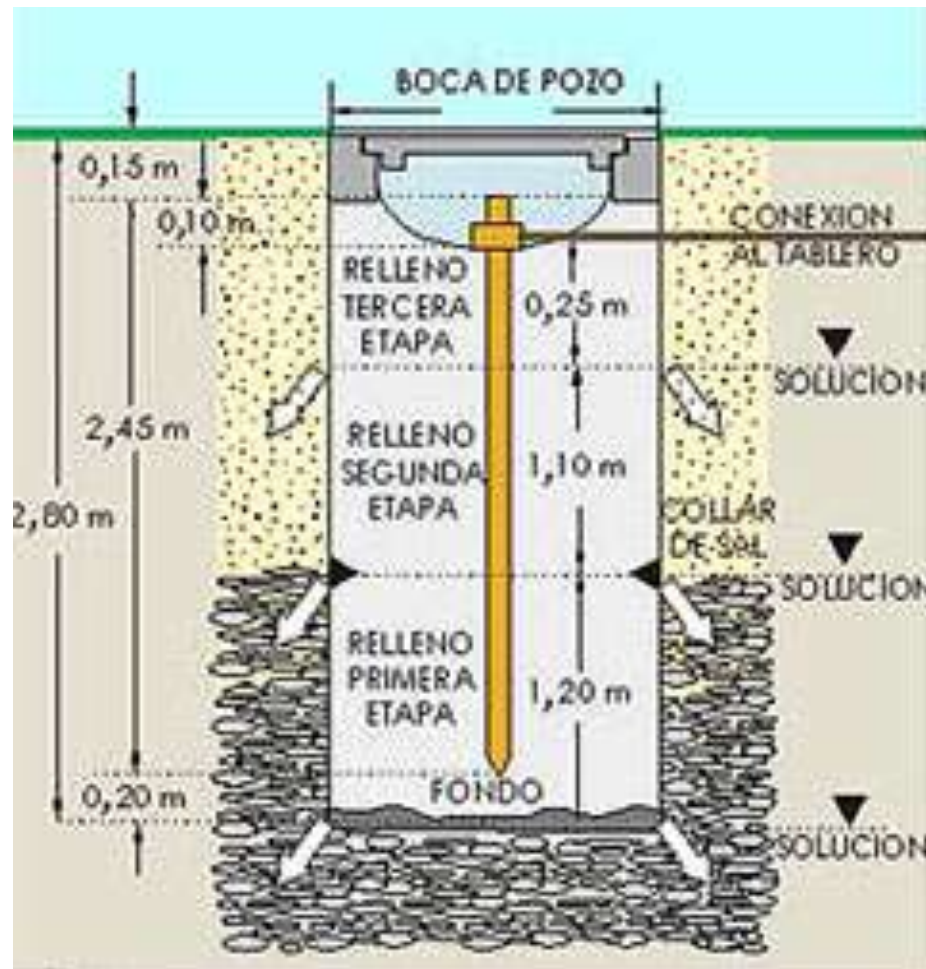


PARTES DE UNA PUESTA A TIERRA CON ELECTRODO VERTICAL

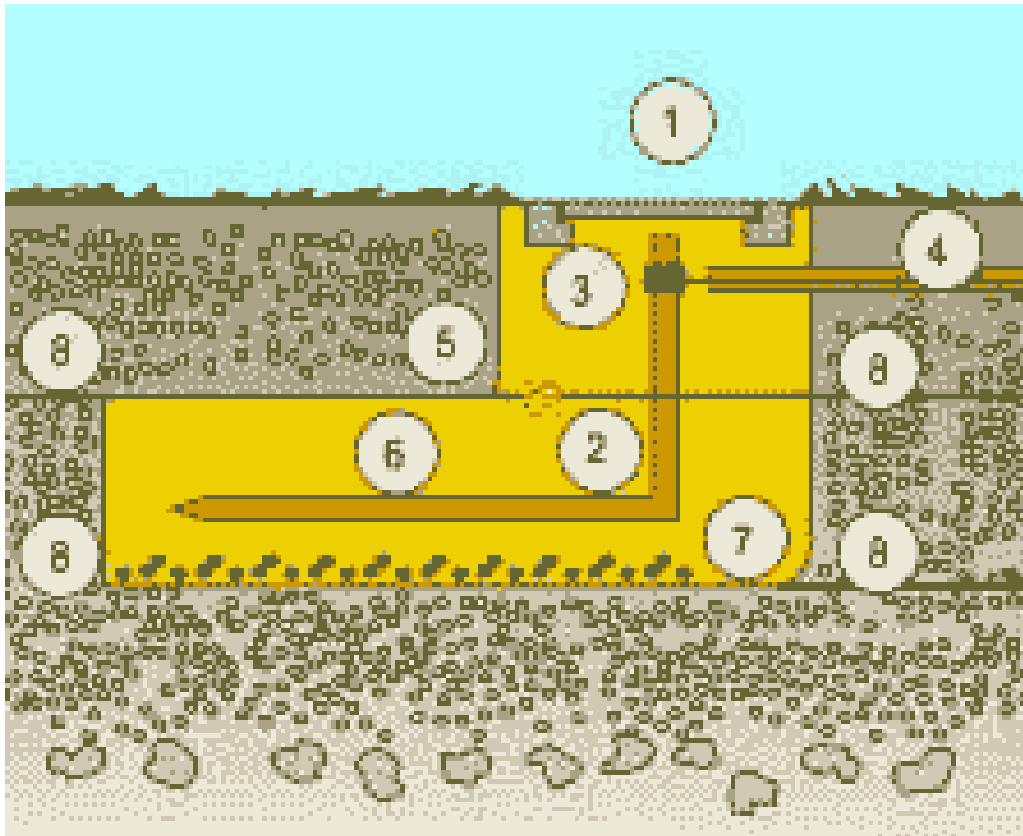


1. Acabado exterior
2. Electrodo principal
3. Grapa desmontable
4. Conductor de conexión
5. Auxiliar de electrodo
6. Empalme múltiple soldado
7. Pozo vertical
8. Relleno conductor
9. Lechos de sal
10. Niveles de impregnación

Esquema dimensional de una puesta a tierra de electrodo vertical

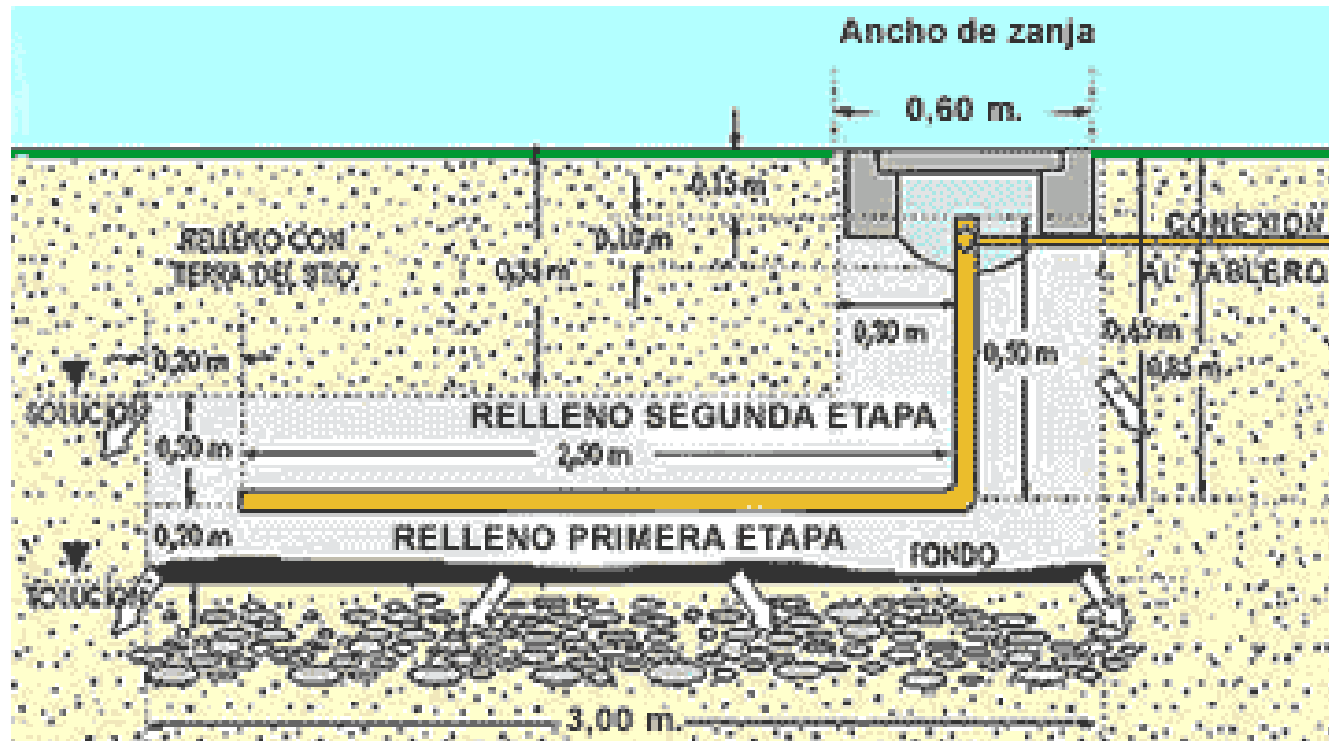


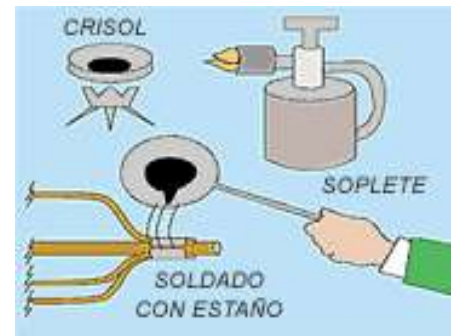
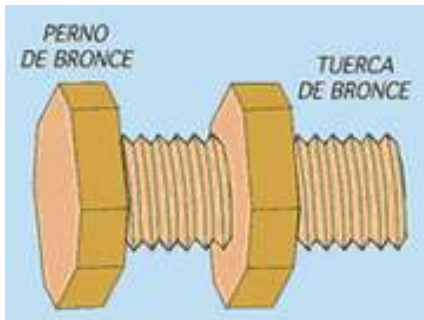
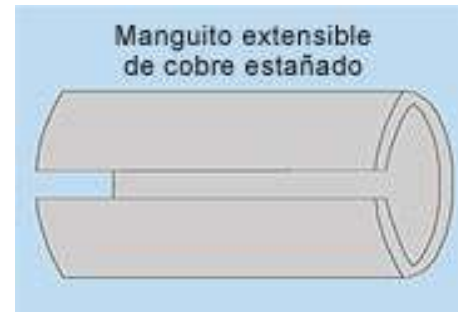
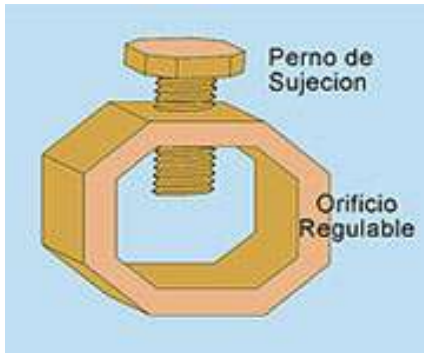
PARTES DE UNA PUESTA A TIERRA DE ELECTRODO HORIZONTAL



1. Acabado exterior.
2. Electrodo principal.
3. Perno desmontable.
4. Conductor de conexión
5. Auxiliares de electrodo.
6. Relleno conductor.
7. Lecho de sal.
8. Niveles de impregnación.

Esquema dimensional de una puesta a tierra de electrodo horizontal





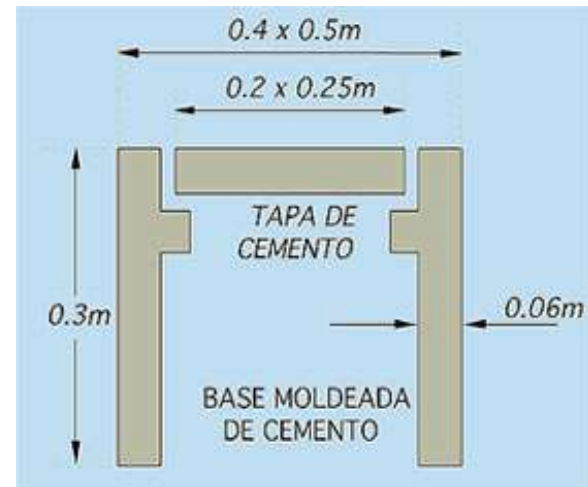
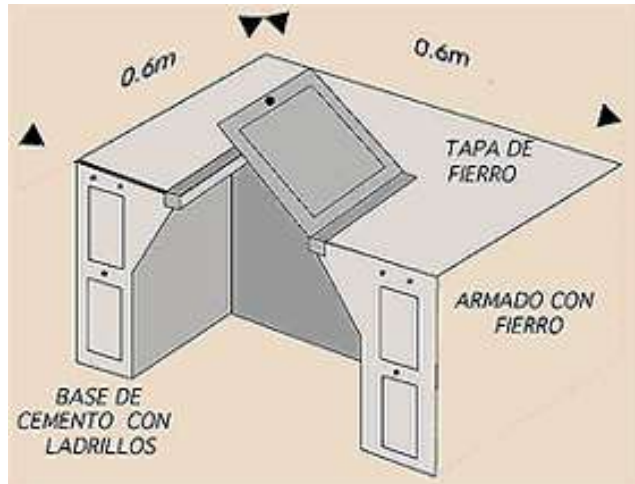
MATERIALES DE RELLENO

Derramando una mezcla de sustancias químicas y de tierra cernida en el volumen alrededor del electrodo se obtendrá una reducción inmediata y significativa en su resistencia de puesta a tierra.

Materiales especiales de relleno para producir este efecto son:

- **Bentonita**, es una arcilla de color pardo de formación natural, levemente alcalina con un pH de 10.5.
- **Yeso**, ocasionalmente, el sulfato de calcio (yeso) se usa como material de relleno, ya sea sólo o mezclado con Bentonita o con el suelo natural del área.
- **Aporte de sales “gel”**, dos o más sales en solución acuosa acompañadas de catalizadores en la proporción adecuada, reaccionan entre si formando un precipitado en forma de “gel” estable.

CAJAS DE REGISTRO

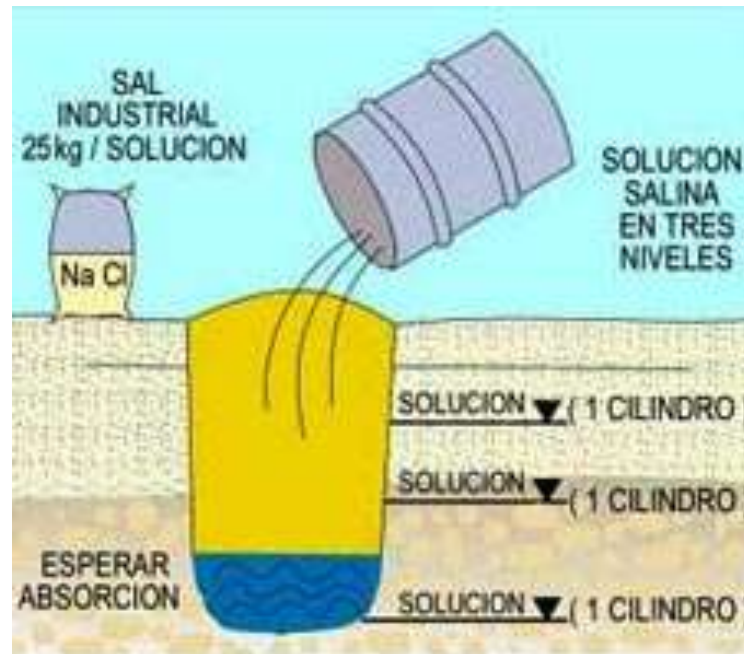


Excavación y preparación del pozo



Para un electrodo de 2,5 m (L) y 0,013 m (d) normalmente se prevé un pozo con una profundidad de hasta 2,8 m y 1,0 m de diámetro.

Aplicación de la solución salina en pozo



La preparación del lecho profundo consiste en verter en el pozo una solución salina de 25 Kg de NaCl en 150 litros de agua (un cilindro) y esperar a que sea absorbido para luego esparcir, 15 Kg de sal en grano en el fondo.



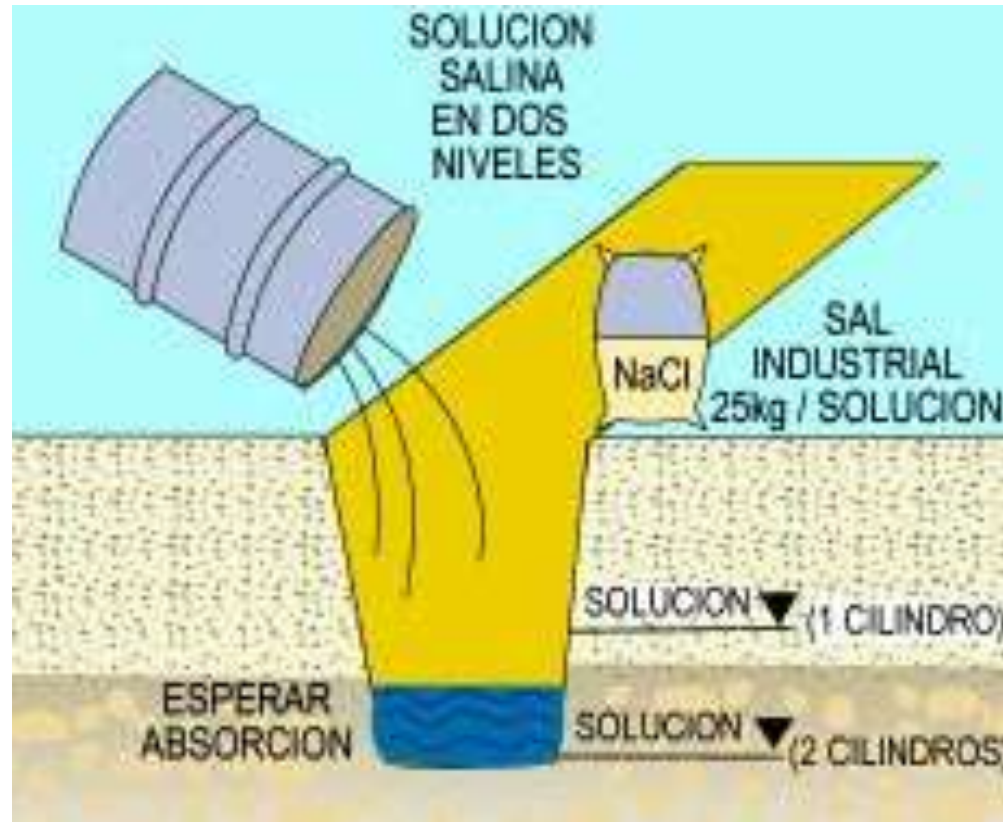
Lechos de sal en el fondo y collar del pozo

Excavación y preparación de la zanja



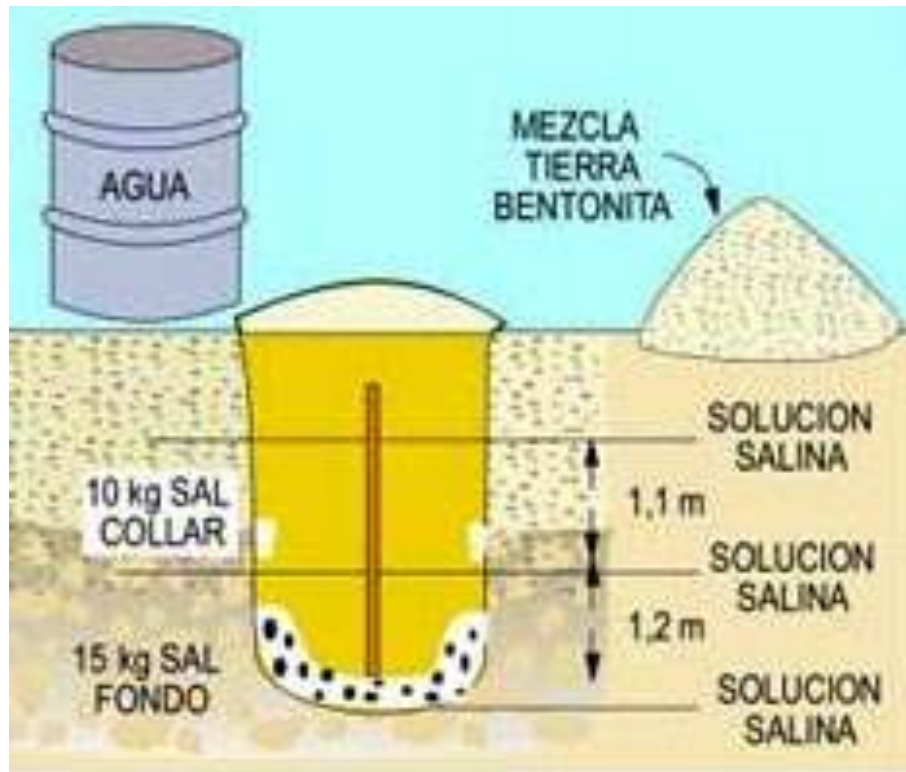
Perfiles de excavación de zanjas

Aplicación de la solución salina en zanja



La preparación del suelo consiste en verter en la zanja dos dosis de solución salina cada una de 25 Kg de NaCl en 150 litros de agua y esperar su filtración para luego esparcir 25 Kg de sal en el fondo.

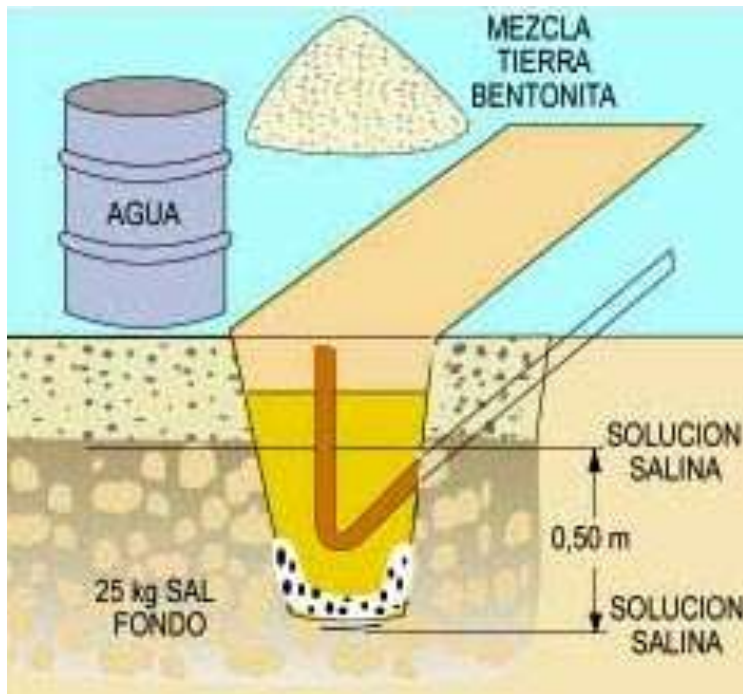
Relleno de pozos y colocación del electrodo vertical



Relleno conductivo del pozo

- Se esparce lentamente la mezcla tierra + Bentonita con abundante agua de modo que se forme una argamasa. El electrodo simple o con auxiliares, se ubica al centro del pozo; si es simple se le puede dejar para clavarlo al final.
- A una altura de (1,2m) desde el fondo, se vierte una dosis de solución salina esperando su absorción antes de esparcir 10 Kg de sal en las paredes del pozo (collar de sal).
- Continuando el relleno, a una altura de (2,3m) desde el fondo se vierte una nueva dosis de solución salina y se espera su absorción antes de continuar con el relleno de acabado.

Rellenado de zanjas y colocación de electrodo horizontal



- Se esparce lentamente la mezcla tierra + bentonita con abundante agua de modo que se forme una argamasa.
- A una altura de (0,2m) desde el fondo, se coloca la pletina y se continúa el relleno.
- A una altura de (0,5m) desde el fondo se vierte una nueva dosis de solución salina y se espera su absorción antes de continuar con el relleno de acabado.

Relleno conductivo de la zanja

CONEXION AL TABLERO ELECTRICO

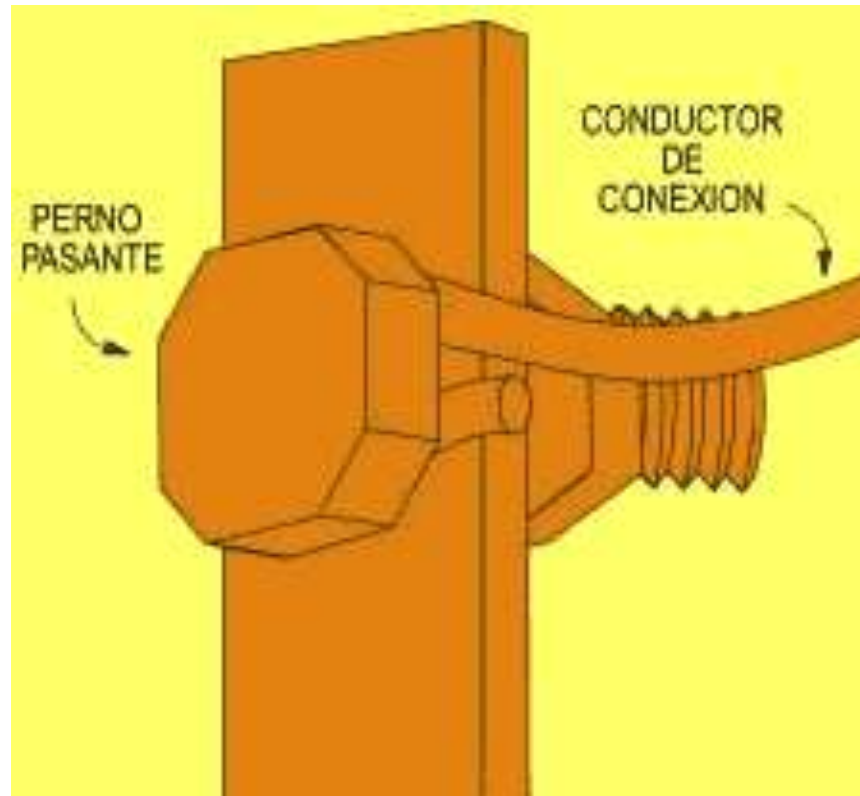
- Una vez finalizado el relleno se procede al pasado y tendido del conductor aislado de conexión que unirá el electrodo de puesta a tierra con el borne de tierra del tablero eléctrico por el recorrido más corto.
- La parte subterránea en tubería de PVC – pesada, va por una zanja angosta de (0,4 m) de profundidad hasta el ducto de montantes que van al tablero de distribución o hasta su llegada al zócalo de la pared.
- La parte externa, desde que emerge, también va protegida por tubería de PVC flexible hasta el punto en que atraviesa la pared, al interior su recorrido se protege en canaletas de plástico hasta que ingresa a un ducto de la instalación existente.

CONEXION AL ELECTRODO VERTICAL



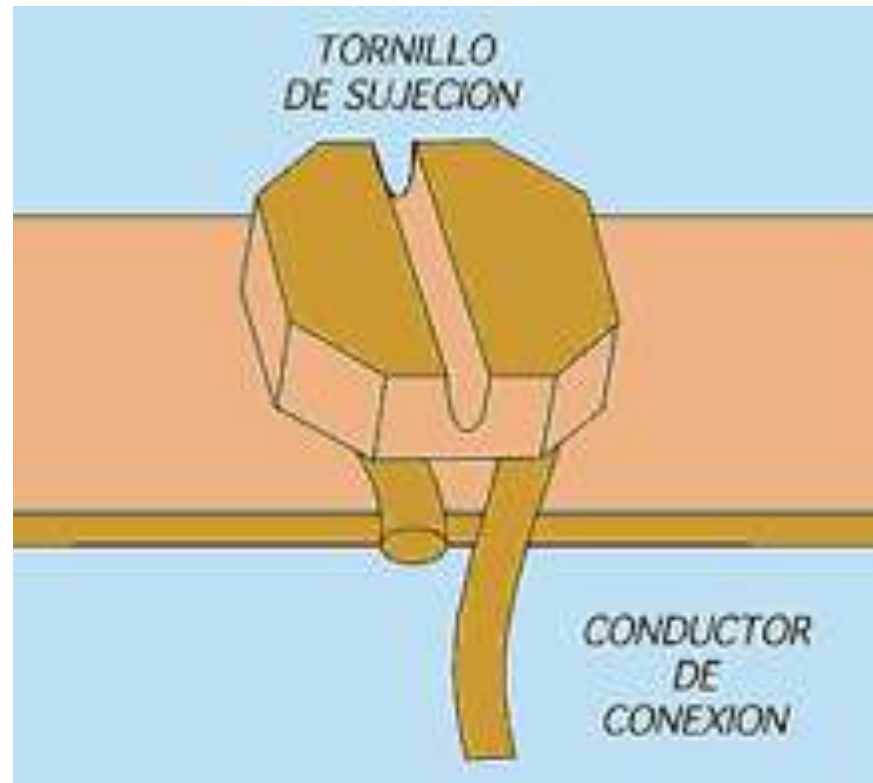
Se pela el extremo del conductor aislado una longitud de (0,1m), haciendo tres dobleces paralelos antes de colocarlos junto al extremo limpio de la jabalina, para sujetarlos con el borne simple.

CONEXION AL ELECTRODO HORIZONTAL



Se pela el extremo del conductor aislado para hacer una oreja que será colocada entre la pletina y la cabeza del perno pasante, para luego hacer el ajuste con la tuerca.

CONEXION AL BORNE DE TIERRA DEL TABLERO ELECTRICO



Se hace con un terminal o pelando el extremo del conductor aislado que llega para formar una oreja que se colocará entre el perno y la pletina fija para luego ajustar.