

# PUESTA A TIERRA

W. G. Fano

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería.  
Electrónica Aplicada SRL

*gfano@fi.uba.ar*



- Significado y objeto
- Propiedades de la tierra
- Métodos de medición de resistividad de la tierra
- Aplicaciones de puestas a tierra

## **Significado**

Poner a tierra significa unir a la masa terrestre un punto de una instalación eléctrica a través de un dispositivo apropiado que debe presentar ciertas características de funcionamiento:

*Conexión eléctrica de baja resistencia*

## **Objeto**

Unir a la masa terrestre un punto de una instalación eléctrica significa mantenerlo a un potencial tanto mas proximo al de la tierra cuanto menor sea resistencia de la conexión efectuada.

*El terreno tendrá una resistividad mas elevada que los conductores de la instalación eléctrica a conectar*

# SIGNIFICADO Y OBJETO DE LA PUESTA A TIERRA

La diferencia de potencial entre un punto de la instalación eléctrica y la tierra a conectar está dado por:

$$V = I \cdot R \quad (1)$$

R: Resistencia de los conductores y del terreno

I: Corriente que circula por la tierra

**La puesta a tierra se realiza por:**

a) Mantener constante el potencial de tierra de un circuito eléctrico, recorrido por una corriente:

Ejemplos:

Puesta a tierra del neutro de las redes de distribución de energía eléctrica

Conexión a tierra de vías férreas

b) Proteger de contactos accidentales de partes sometidas a tensiones elevadas

Ejemplos

Soportes de líneas de transporte de energía

Carcasa de máquinas

Blindaje de cables

c) Disipar las sobretensiones de origen atmosférico o propias de las instalaciones

Puesta a tierra de pararrayos

Descargadores

# CONSTITUCIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

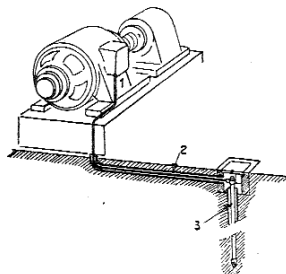


FIGURA 1. — Instalación de puesta a tierra y partes que la integran.

- 1 — objeto, instalación o circuito que ha de unirse a tierra;
- 2 — conductor de tierra, cuya misión es conectar al electrodo el objeto que ha de ponerse a tierra;
- 3 — electrodo de tierra, cuya función es asegurar un buen contacto con el terreno circundante.

Se considera como conductor de tierra, solamente la parte aislada del mismo. Si el conductor está enterrado parcialmente, la parte no aislada, en contacto directo con el terreno, forma parte del electrodo.

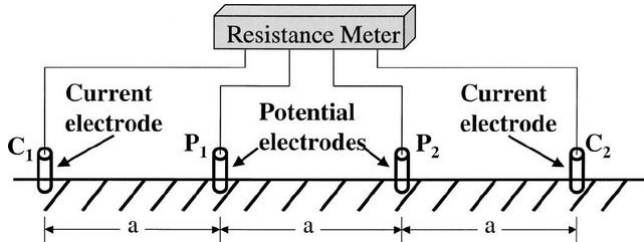
## Medición de la conductividad eléctrica de los suelos

### Area de Aplicación

- Ingenierías Eléctrica  
Puesta a tierra
- Ingenierías Electrónica  
Propagación de ondas de superficie
- Geofísica  
Inducción de corrientes geomagnéticas
- Geología y Arqueología  
Propiedades de las rocas  
Observación de estructuras subterráneas
- Agronomía  
Productividad de los cultivos

# PROPIEDADES ELÉCTRICAS DEL SUELO

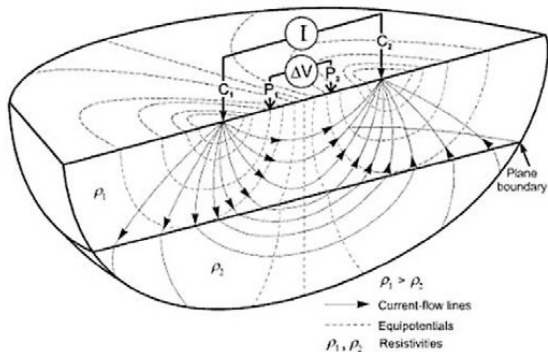
Método de medición de resistividad del suelo. Método de Wenner - Schlumberger



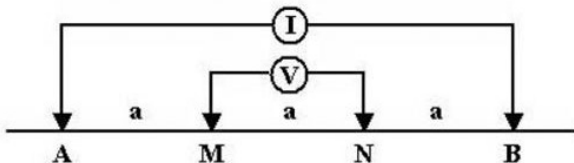


# PROPIEDADES ELÉCTRICAS DEL SUELO

Método de medición de resistividad del suelo. Método de Wenner - Schlumberger. Líneas equipotenciales y líneas de corriente



**Método de medición de resistividad del suelo. Configuración de Wenner** Se aplica una corriente  $I$  y se mide la tensión  $V$  que permite calcular la resistividad.



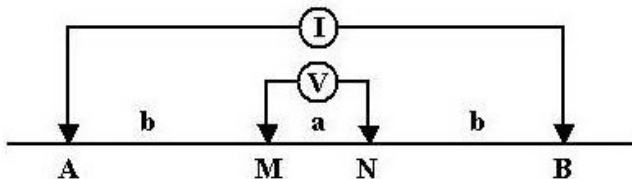
$$\rho_A = 2\pi a \frac{V}{I}$$

donde  $\rho_A$  es la resistividad del suelo

## Método de medición de resistividad del suelo. Configuración de Schlumberger

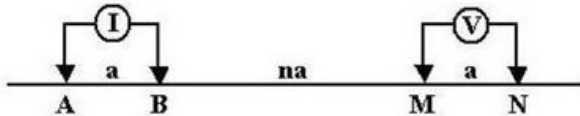
Se aplica una corriente  $I$  y se mide la tensión  $V$  que permite calcular la resistividad.

$$\rho_A = \frac{V}{I} \pi \frac{b(b+a)}{a} \approx \frac{V}{I} \pi \frac{b^2}{a} \quad \text{if } a \ll b$$



donde  $\rho_A$  es la resistividad del suelo

## Método de medición de resistividad del suelo. Configuración dipolo-dipolo

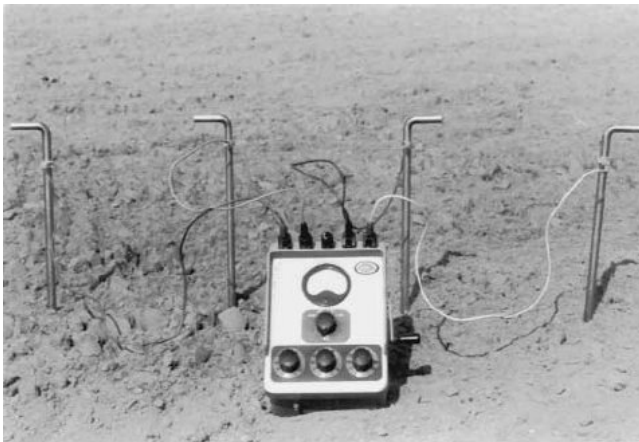


$$\rho_A = \frac{V}{I} \pi a n(n+1)(n+2).$$

donde  $\rho_A$  es la resistividad del suelo

# PROPIEDADES ELÉCTRICAS DEL SUELO

## Método de Wenner-Schlumberger



# RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DEL SUELO

Valores de resistividad de materiales que se encuentran en una puesta a tierra

Material	Resistividad $\rho[\Omega/m]$
Sal gema	$10^{13}$
Granitos compactos	$10^6$ a $10^7$
Sienitas dioritas	$10^3$ a $10^6$
Rocas compactas - cemento ordinario	$10^6$
Carbón	$10^5$ a $10^6$
Rocas madres - basaltos, diabases	$10^4$
Yeso seco	$10^3$
Arena fina seca	$10^3$
Arena fina húmeda	$10^2$
Gabbri (roca ígnea o magmática)	$10^2$ a $10^3$
Marnes, Turbas, Humus (húmedos)	10
Arcillas ferrosas, piritosas	10
Agua de mar	1
Soluciones salinas	0,1 a 0,01
Minerales conductores	0,01
Grafito	0,001

Tipos de puesta a tierra

a) Puesta de Tierra de protección

Las instalaciones se deben diseñar para que no se produzcan situaciones de peligro a las personas. Ejemplo: aislador defectuoso en un tendido eléctrico.

b) Puesta de Tierra contra sobretensiones

Las cargas electrostáticas de origen atmosférico como tormentas eléctricas pueden ser muy peligrosas para las personas, y deben tenerse en cuenta en la puesta a tierra mediante un pararrayos y descargadores de protección.

c) Puesta tierra de funcionamiento

Es la conexión a tierra del neutro

Referencia: Carlo Clerici. La puesta a tierra de las instalaciones eléctricas. Ediciones Técnicas Rede. 1966

# PUESTA DE TIERRA DE PROTECCIÓN

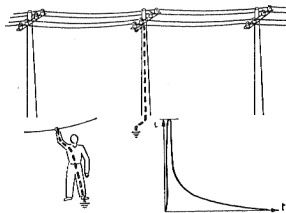


FIGURA 2. — Cuando una parte de una instalación tiene un contacto con tierra, a consecuencia de un aislamiento defectuoso u otra causa cualquiera, se establece entre instalación y tierra una corriente transitoria tanto más elevada cuanto mayor sea la capacidad de la red afectada por el contacto accidental. En el caso de que una persona tocara la línea, sería recorrida solamente por esta corriente transitoria.

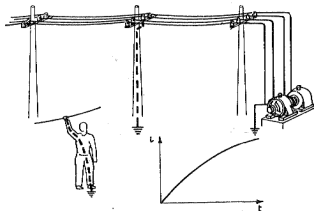
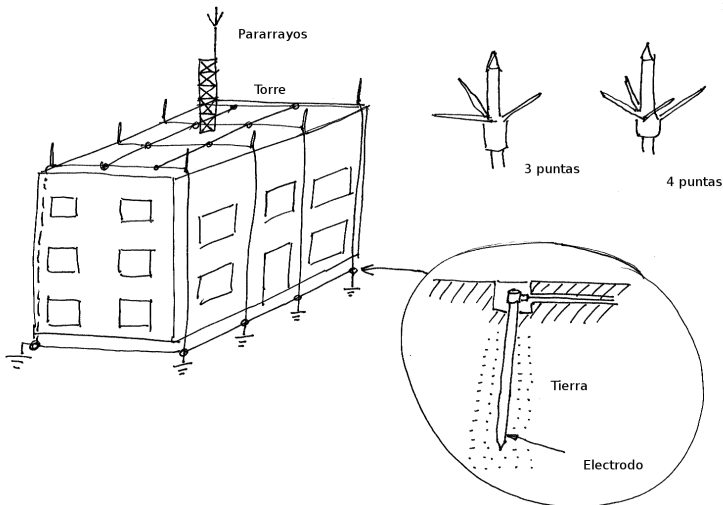


FIGURA 3. — Si se une a tierra otro punto de la instalación, sea permanente (tierra de funcionamiento) sea accidentalmente (aislamiento defectuoso), el nuevo punto de conexión será recorrido por una corriente permanente (de cortocircuito) de valor muy elevado. Toda persona que tocara accidentalmente la parte de la línea comprendida entre ambos puntos unidos a tierra, sería recorrida por esta corriente, en extremo peligrosa.



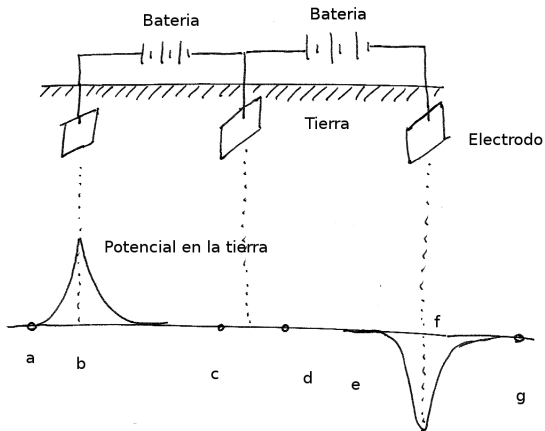
# PUESTA DE TIERRA DE SOBRETENSIONES

Ejemplo de instalación de un pararrayos tipo Franklin con jaula de Faraday en un edificio



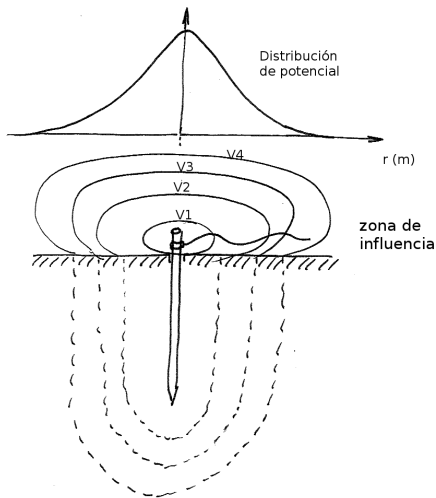
# POTENCIAL EN EL TERRENO

Ejemplo de la variación del potencial en el terreno. Potencial nulo a,c,d,e,g



# POTENCIAL EN EL TERRENO

Distribución del potencial en el terreno. Zona de influencia y potencial nulo.



## Resistencia del Terreno

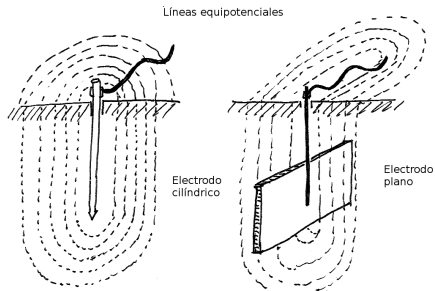
Es la resistencia de la instalación de tierra, es la resistencia medida respecto a los puntos de potencial nulo

## Gradiente de potencial

$$\vec{E} = \nabla V$$

# POTENCIAL EN EL TERRENO

Distribución del potencial en el terreno en dos electrodos.

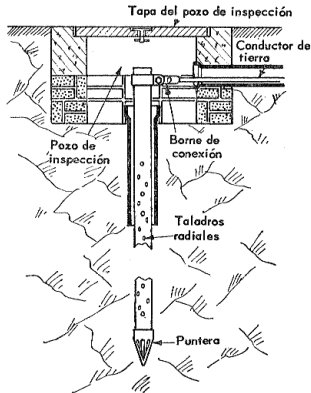


El área de influencia queda delimitada por los puntos de potencial nulos. Depende del terreno y del tipo de electrodos utilizados

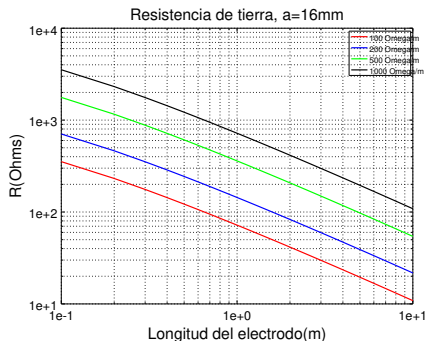
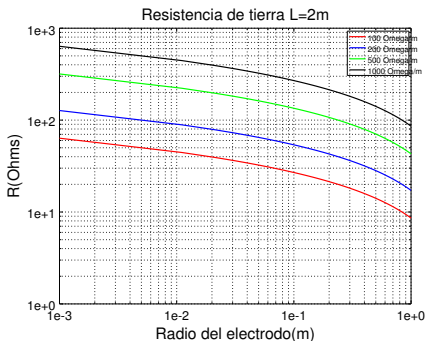
# ELECTRODOS

Los electrodos que se usan son: cilíndricos, planos y de hilo.

Electrodo cilíndrico



## Resistencia de tierra con un electrodo cilíndrico



$$R = \frac{\rho}{2\pi L} (\ln(\frac{4L}{a}) - 1) [\Omega]$$

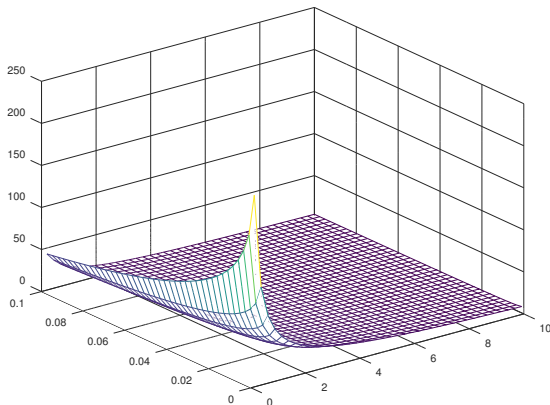
$\rho$  resistividad del terreno [ $\Omega/m$ ]

a: radio del electrodo [m]

L: largo del electrodo [m]

Se supone que la resistividad del terreno no varía con la profundidad

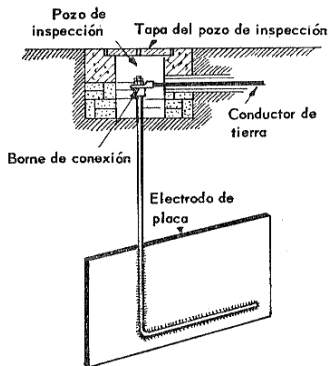
## Resistencia de tierra con un electrodo cilíndrico



$\rho = 50 \text{ } [\Omega/m]$  resistividad del terreno

a: radio del electrodo [m], L: largo del electrodo [m]

## Electrodo de placa



Se instala este electrodo cuando no se puede colocar el electrodo cilíndrico o el de malla

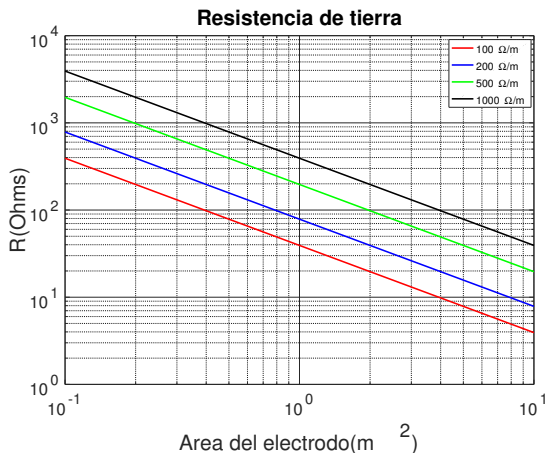
$$R = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{2A}}$$

$\rho[\Omega/m]$  es la resistividad del terreno

$A[m^2]$  es la superficie del electrodo



## Electrodo de placa



$$R = \frac{\rho}{4} \sqrt{\frac{\pi}{2A}}$$
 $\rho[\Omega/m]$  es la  
 resistividad del terreno  
 $A[m^2]$  es la superficie  
 del electrodo

## Electrodo de placa. Resistencia

### Placa Plana

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[ \ln\left(\frac{2L^2}{wh}\right) - 1 \right]$$

donde:

L = longitud de la placa,  $m^2$

h = profundidad [m]

w = ancho de la cinta [m]

$\rho$  Resistividad del suelo [ $\Omega/m$ ]

### Placa circular

$$R = \frac{0,1768\rho}{a}$$

donde:

a = radio de la placa,  $m$

$\rho$  Resistividad del suelo [ $\Omega/m$ ]

## Electrodo de tierra de malla o grilla

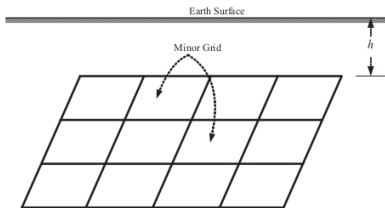
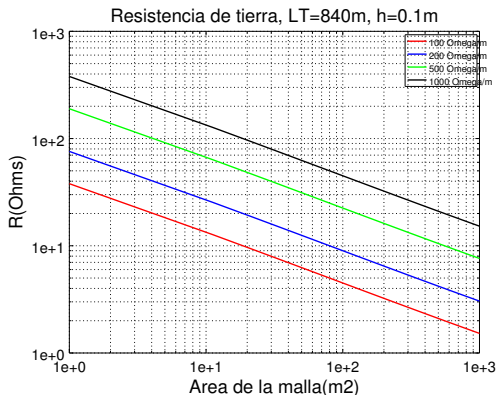


Figure 6.52. A grid electrode buried at depth  $h$ .



Ejemplo de conexión de una malla

## Electrodo de tierra de malla o grilla



$$R = \rho \left[ \frac{1}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left( 1 + \frac{1}{1+h\sqrt{20/A}} \right) \right]$$

$\rho[\Omega/\text{m}]$  es la resisitividad del terreno

$L_T[\text{m}]$  longitud total de la grilla

$A[\text{m}^2]$ : Area de la grilla

## Electrodos naturales

### Electrodos Naturales.



Varillas o castillos de cimentación



Tuberías de agua metálicas



Postes metálicos enterrados.



Ancclajes.



Nunca usar tubería de gas.

- [1] Carlo Clerici. La puesta a tierra de las instalaciones eléctricas. Ediciones Técnicas Rede. 1966
- [2] Elya Joffe. Grounds for Grounding. IEEE Press 2010.

Gracias por su atención.

Alguna pregunta?

