



# LAR400 Puesta a tierra

## NORMA TÉCNICA

| Revisión #: | Entrada en vigencia: |
|-------------|----------------------|
| 4           | 03 Abril 2017        |



Esta información ha sido extractada de la plataforma Likinormas de Enel colombia en donde se encuentran las normas y especificaciones técnicas. Consulte siempre la versión actualizada en <https://liki.appsmccann.com>





El **sistema** de puesta a **tierra** tiene por finalidad proteger la vida de las personas, evitar daños en los equipos por sobretensiones y mejorar la efectividad de las protecciones eléctricas, al proporcionar una adecuada conducción de la corriente de **falla a tierra** .

De acuerdo a lo anterior, en una **instalación** de una **puesta a tierra** es importante el valor de la resistencia que se tenga con respecto a **tierra** ; independiente del número de electrodos y elementos que haya necesidad de utilizar para lograr éste propósito. Por ello, siempre que se instala un **sistema** de **puesta a tierra** , se debe medir el valor de la resistencia a **tierra** y confrontarlo con los límites establecidos, para garantizar una buena **puesta a tierra** del **sistema** eléctrico.

En las redes de distribución, el **sistema** de **tierra** se compone de las puestas a **tierra** instaladas en los **pararrayos** , transformadores, condensadores, reguladores, equipos de **maniobra** , neutros y elementos metálicos, cuyos electrodos de **puesta a tierra** están generalmente constituidos por varillas enterradas.

Con la interconexión de las puestas a **tierra** (a través del neutro) se logra disminuir el valor de la resistencia entre neutro y **tierra** , que asegura la operación correcta de las protecciones y limita la **tensión a tierra** que puede aparecer entre las fases no falladas cuando ocurre una **falla a tierra** .

El **sistema** de distribución en M.T., es sólidamente puesto a **tierra** en las subestaciones y en B.T. es efectivamente puesto a **tierra** a lo largo de su recorrido.

Se utiliza como electrodo para **puesta a tierra** una varilla cobrizada de 5/8" x 2,44m, con su respectivo conector y como medio de conexión hasta **tierra** se utiliza **alambre** de cobre o cobrizado (copperweld) No 4 AWG .

La ventaja de utilizar las varillas como electrodos de **tierra** es su facilidad de **instalación** , no necesitan excavación y son económicas con respecto a otras soluciones.

### **Instalación de puestas a tierra**

Para la **instalación** de las puestas a **tierra** de los circuitos de distribución en M.T., B.T. y equipos conectados del **sistema** , se deben tener en cuenta los siguientes casos:

1. DPS-Dispositivo de Protección contra Sobretensión Transitorias (antes llamados pararrayos), los puntos de tierra de cada uno de ellos, se deben conectar entre sí mediante alambre de cobre o cobrizado (copperweld) No.4 AWG, y se lleva a tierra evitando dobleces agudos en el alambre, hasta la varilla previamente enterrada utilizando para la unión a la varilla un conector apropiado.
2. En los transformadores de distribución se deben conectar entre sí el neutro y la carcasa, mediante **alambre** de cobre o cobrizado ( copperweld) No 4 AWG y desde allí hasta la varilla de **puesta a tierra** . Se realiza una sola bajante para **puesta a tierra** de los **pararrayos** y del transformador.
3. El neutro de la red de B.T. se debe poner a **tierra** cada cinco postes, igualmente los puntos finales de los neutros del circuito.



4. Los circuitos de M.T. que lleven neutro o **cable** de guarda deben ser aterrizados en todos los postes.
5. En las transiciones de los cables subterráneos de M.T. , los alambres de la pantalla metálica del blindaje del conductor en los terminales deben conectarse a **tierra** a través de la **puesta a tierra** de los **pararrayos** . La pantalla del terminal del **cable** de M.T solo debe aterrizar en uno de los extremos del **cable** , con el fin de evitar circulación de corriente a través de la pantalla.
6. Para disminuir el vandalismo se usan postes de concreto con la puesta a tierra inmersa en el concreto. Se deben empalmar los cables en las cajas de paso (referencia 5800) dispuesta con los conectores adecuados, a fin de prolongar el conductor al neutro y a la varilla de puesta a tierra. Ver norma LA 408.
7. Como alternativa para el conductor del electrodo de puesta a tierra se usa el fleje de acero conectado al neutro o punto de tierra de equipos y en el otro extremo a la varilla de tierra.

### Medida de resistencia de **puesta a tierra**

La resistencia de cualquier **electrodo de puesta a tierra** debe ser menor de 25 Ohmio (Norma ICONTEC 2050 Sección 250-84). La resistencia de las puestas a **tierra** de subestaciones de M.T., debe ser menor de 10 Ohmio.

La medida de la resistencia de **puesta a tierra** debe efectuarse con un medidor de tierras (teluometro), utilizando preferiblemente el **método** de los tres puntos o "Caída de **Tensión** ", que se describe a continuación con la ayuda de la figura 1 y el formato presentado en la Norma **LAR 400** , página 6.

Los bornes de los extremos marcados como  $J_c$  y  $J_{xc}$  son los terminales de corriente y los bornes centrales marcados como  $J_t$  y  $J_{xt}$  son los terminales de **tensión** . Para medir la resistencia de tierra se utilizan dos varillas como electrodos auxiliares, que se entierran en el terreno, alineados con el punto de **puesta a tierra** a medir.

Primero se unen los bornes  $J_{xc}$  y  $J_{xt}$  y se conectan a la varilla de **tierra** (o malla de **tierra** ) cuya resistencia se requiere medir. La varilla más lejana conectada al **borne**  $J_{c,,}$  actúa como electrodo de corriente, la otra varilla conectada al **borne**  $J_{t,,}$  (localizada entre la varilla de corriente y la **puesta a tierra** a medir) actúa como electrodo de **tensión** .

De acuerdo a la figura.1 de la norma **LAR 400** página 6 de 6, midiendo desde la varilla de **puesta a tierra** (o malla de **tierra** ),  $D_1$  es la distancia hasta la varilla de corriente y  $D_2$  es la distancia hasta la varilla de **tensión** .

Al circular la corriente generada por el Medidor de tierras (teluometro), se producen gradientes de potencial alrededor de los electrodos, pero existen zonas entre ellos donde el potencial es constante. Se ha determinado que a una distancia del 62% de  $D_{,,1,,}$  no se producen perturbaciones y allí debe instalarse el electrodo de **tensión** .

Se realizan tres mediciones con las siguientes distancias:

1-  $D_1 = 25 \text{ m}$   $D_2 = 15 \text{ m}$



2-  $D_1 = 30 \text{ m}$   $D_2 = 18 \text{ m}$

3-  $D_1 = 36 \text{ m}$   $D_2 = 22 \text{ m}$

Si los valores no difieren en  $\pm 5 \%$  del valor promedio (Obtenido de la suma de las tres mediciones y dividiendo por 3) debe considerarse que este valor promedio es el valor verdadero.

Si el **error** es mayor, existe superposición de los gradientes de **tensión** y debe aumentarse  $D_1$  y  $D_2$  manteniendo su relación  $D_2 = 0,6 D_1$  y repitiendo el procedimiento hasta cumplir la condición que el **error** sea  $<5\%$ .

Todas las medidas deben realizarse sin **tensión**, ni circulación de corriente, es decir, la varilla de **tierra** debe estar desconectada de bajantes de **pararrayos**, neutros, tierras de equipos en funcionamiento. Igual sucede si se miden mallas de **tierra**.

De acuerdo con el RETIE en algunas instalaciones se deben cumplir los siguientes valores:

Para subestaciones de media tensión la resistencia debe ser = 10 ohm.

La resistencia para estructuras con cable de guarda = 20 ohm.

Punto neutro de acometida en baja tensión = 25 ohm.

La resistencia de cualquier electrodo de puesta a tierra debe ser = 25 ohm. (Norma ICONTEC 2050 Sección 250-84) y RETIE.

## Medida de resistividad del terreno

Es de gran importancia conocer las características del terreno donde se va a instalar una varilla de **tierra** o electrodo de **tierra** para predecir el número de varillas que se deben instalar o la configuración de los electrodos. La resistividad varía con el tipo de suelo, la temperatura, la humedad, la homogeneidad y acidez del terreno.

El **método** más empleado para medir la resistividad del terreno ( $\text{Ohmio} \cdot \text{m}$ ) es el de los cuatro puntos (o **método** de Wenner). Se instalan cuatro varillas alineadas e igualmente espaciadas a una distancia  $D$ . Los bornes de los extremos del aparato marcados como  $J_c$  y  $J_{xc}$  son los terminales de corriente y los bornes centrales  $J_t$  y  $J_{xt}$  son los terminales de **tensión**, que se instalan a las varillas como se **muestra** en la fig.2 de la norma **LAR 400**, página 6.

Para obtener el valor de la resistividad se deben realizar varias medidas con diferentes distancias  $D$ . Se sugiere hacer medidas con  $D=1 \text{ m}$ ,  $D=2 \text{ m}$ ,  $D=5 \text{ m}$ ,  $D=10 \text{ m}$ ,  $D=20 \text{ m}$  y  $D=30 \text{ m}$ .

Las varillas de prueba deben ser enterradas a una profundidad no mayor de 10% de la distancia entre varillas y firmemente enterradas. Una vez realizadas todas las conexiones, se lee la resistencia en el aparato y la resistividad se calcula mediante la expresión  $\rho = 2(3.14)DR$ .

Los resultados deben consignarse en una tabla como se **muestra** en la norma **LAR 400**, página 6 con las observaciones y condiciones del medio ambiente. Además se debe realizar una curva de resistividad contra distancia para determinar el valor promedio y descartar valores por errores de mediciones.



## Mejoramiento de la resistencia de puesta a tierra

El mejoramiento de las mallas o puestas a tierra se efectúa de 2 formas:

1. Colocando mas electrodos y/o sistemas de puesta a tierra Carson.
2. Realizando tratamiento al suelo.

1. Colocar o reforzar con más electrodos.

En la mayoría de los casos se utiliza como **electrodo de puesta a tierra** una varilla, pero cuando el valor medido de resistencia es alto, se pueden colocar de dos a tres varillas unidas entre sí y separadas a una distancia de al menos dos longitudes de la varilla. En casos especiales para lograr bajar la resistencia se pueden utilizar varillas más largas ( seccionadas y unidas entre sí ) tratando de conseguir a mayor profundidad, menor resistividad o alcanzar el nivel freático del terreno.

2. Realizar tratamiento del suelo.

El tratamiento del suelo se efectúa realizando una excavación para instalar la varilla y rellenando el hueco con **tierra** negra, carbón, sales y compuestos con menor resistividad (concreto, bentonita o gel). El tratamiento del suelo se basa en el uso de materiales de relleno con menor resistividad, tales como **tierra** negra (50 Ohmio\* m), concreto (40 Ohmio\* m), bentonita (2,5 Ohmio\* m) y gel (<1 Ohmio\* m).

3. Sistema de Puesta a Tierra Carson.

Para los sitios que define la norma LAR 450, como Alto y Muy Alto nivel ceráunico, se debe contemplar la opción de utilizar el Sistema de Puesta a Tierra Carson. El SPT Carson, utiliza dos (2) varillas de cobre de diámetro 15 mm (5/8 ") y longitud 2,4 m, conductor desnudo de cobre de calibre 3,8 mm<sup>2</sup> (4 AWG) y longitud 2,4 m; el conductor conecta las puntas de las dos varillas. Tiene dos bajantes, una bajante de los DPS en Media Tensión y la otra bajante de Baja Tensión, neutro y puesta a tierra del Transformador, las bajantes pueden ser en fleje de acero, ancho 22,22 mm y espesor 1,2 mm (ET 492); las bajantes no requieren estar cubiertas, no afectan al SPT las abrazaderas y demás elementos de fijación que puedan interconectar las bajantes. La configuración del SPT Carson, se muestra en el diagrama a continuación.

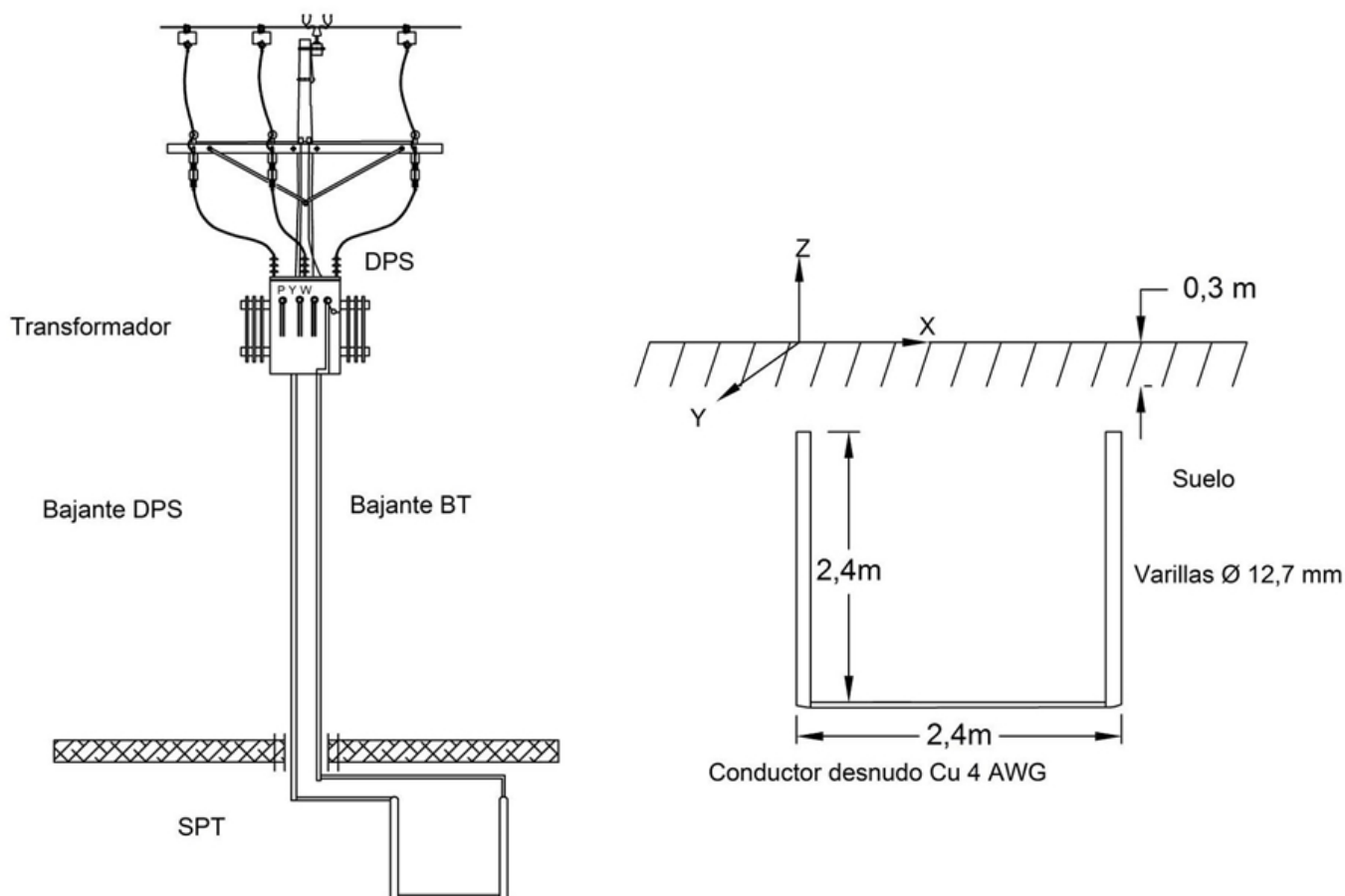


Figura 1. SPT Carson

#### 4. Compensación de tierra mediante [instalación](#) de contrapesos.

Cuando la [puesta a tierra](#) está localizada en terrenos de alta resistividad, es posible mejorar el valor de la resistencia de [puesta a tierra](#), mediante la [instalación](#) de contra pesos, para lo cual se mide la resistencia de [puesta a tierra](#) en por lo menos tres direcciones, buscando las partes más húmedas y se procede a lo largo de una zanja con una profundidad de 0,5 m, a enterrar un conductor como contrapeso en la dirección que indique la menor resistencia.

#### 5. Traslado de la red a terrenos con menor resistividad.

Generalmente en los sitios en que se presentan daños en transformadores en forma reiterada y no ha sido posible por los anteriores métodos bajar la resistencia de [puesta a tierra](#) a valores aceptables, se recomienda reubicar el transformador a terrenos con menor resistividad.

La selección de una de las alternativas dependerá de la resistividad del terreno y del valor que se quiere alcanzar, ya que el tratamiento del terreno (a excepción del concreto, la bentonita y el gel) se deteriora con el transcurso del tiempo, si no se toman las precauciones para que permanezca dicho tratamiento.

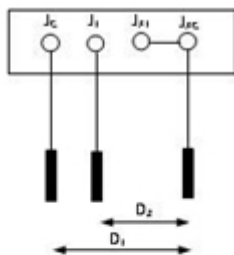


Figura 2

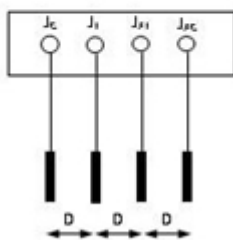


Figura 3

DEPENDENCIA: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_

### MEDIDA DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA : MÉTODO DE LA CAIDA DE TENSIÓN

Lugar de medición: \_\_\_\_\_ Punto significativo: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Estado superficial del terreno Húmedo Seco

Equipo utilizado: \_\_\_\_\_

### RESULTADO DE LAS MEDICIONES

| $D_1$ (m) | $D_2$ (m) | R(Ohmio) | $D_1$ (m) | $D_2$ (m) | R(Ohmio) | OBSERVACIONES |
|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|---------------|
| 25        | 15        |          | 36        | 22        |          |               |
| 30        | 18        |          | 42        | 25        |          |               |
| 36        | 22        |          | 50        | 30        |          |               |
| PROMEDIO  |           |          |           |           |          |               |

\*SEGUNDA MEDICIÓN, SI LA PRIMERA DIFIERE EL 5%> DEL PROMEDIO.

### MEDIDA DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO: MÉTODO DE LOS 4 PUNTOS

Lugar de medición: \_\_\_\_\_ Punto significativo: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Estado superficial del terreno Húmedo Seco



Equipo utilizado: \_\_\_\_\_

| D(m) | R(Ohmio) | $\rho = \frac{2(3.14)DR}{\pi}$<br>(Ohmio * m) | OBSERVACIONES |
|------|----------|-----------------------------------------------|---------------|
| 2    |          |                                               |               |
| 5    |          |                                               |               |
| 10   |          |                                               |               |
| 20   |          |                                               |               |
| 36   |          |                                               |               |