

## DIVISIÓN DE INGENIERÍA DE ELECTRICIDAD

### PLIEGO TÉCNICO NORMATIVO : RPTD N° 06.

MATERIA	: PUESTA A TIERRA.
FUENTE LEGAL	: DECRETO CON FUERZA DE LEY N° 4/20.018, DE 2006, DEL MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN, LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS.
FUENTE REGLAMENTARIA	: DECRETO N° 109, DE 2017, DEL MINISTERIO DE ENERGÍA, REGLAMENTO DE SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN, TRANSPORTE, PRESTACIÓN DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS, SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
DICTADO POR	: RESOLUCIÓN EXENTA N° 33.277 DE FECHA 10/09/2020, DE LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES MODIFICADA POR RESOLUCIÓN EXENTA N° 34.770, DE FECHA 22/07/2021, DE LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES.

#### 1 Objetivo

El objetivo del presente pliego técnico es establecer los requisitos de seguridad que deben cumplir las instalaciones de puesta a tierra.

#### 2 Alcance

Este pliego técnico aplica a las instalaciones de producción, transporte, prestación de servicios complementarios, sistemas de almacenamiento y distribución de energía eléctrica.

#### 3 Referencias normativas

Las normas técnicas a las que se hace referencia a continuación, son parte integrante del presente pliego técnico y solo deben ser aplicadas en los puntos en los cuales son citadas.

3.1	ASTM F 1136	2011	Standard Specification for Zinc/Aluminum Corrosion Protective Coatings for Fasteners.
3.2	IEC 60364-5-54 ed3.0	2011	Low-voltage electrical installations - Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment - Earthing arrangements and protective conductors.
3.3	IEC 61936-1	2010	Power installations exceeding 1kV a.c. -Part 1: Common rules.

3.4	IEC 62305-3 ed2.0	2010	Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard.
3.5	IEC 62305-SER ed2.0	2013	Protection against lightning - ALL PARTS.
3.6	IEEE 80	2013	Approved Draft Guide for Safety in AC Substation Grounding.
3.7	IEEE Std. 81	2012	Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.
3.8	IEEE 837	2002	Standard for Qualifying Permanent Connections Used in Substation Grounding.
3.9	UL 467	2013	Grounding and Bonding Equipment.

#### 4 Terminología y definiciones

Para los propósitos de este Pliego, se aplican los términos y definiciones siguientes:

4.1	Armadura	Protección metálica contra efectos mecánicos, constituida entre otros elementos por alambres de sección circular o rectangular, flejes (bandas) o trenzas colocadas sobre un cable.
4.2	Aumento de potencial de tierra	Es el potencial eléctrico que una malla de puesta a tierra de una instalación puede alcanzar respecto de un punto de conexión a tierra distante, suponiendo que está al potencial de tierra remota.
4.3	Cable de guardia	Conductor conectado a tierra, colocado a una altura superior de los conductores energizados, con el objeto de protegerlos de descargas atmosféricas, y que puede ser usado además como retorno metálico para fallas a tierra y comunicaciones.
4.4	Malla de puesta a tierra	Sistema de electrodos de tierra interconectados, compuesto de un número de conductores desnudos enterrados, que proporciona una base de potencial común de conexión a tierra para los dispositivos eléctricos o estructuras metálicas, para obtener una medida de protección adicional, minimizando el peligro a la exposición a altos voltajes de paso o de contacto.

4.5 Mantenimiento	Conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.
4.6 Mástil	Elemento metálico resistente a la corrosión, cuya función es interceptar los rayos que podrían impactar directamente sobre la instalación que deberá proteger.
4.7 Puesta a tierra	Toma o conexión que permite el establecimiento de un circuito de retorno a tierra y el mantenimiento de su potencial de tierra.
4.8 Puesta a tierra temporal	Puesta a tierra provisional de las líneas de transmisión y de distribución sin electricidad, que se utiliza con la finalidad de proteger a los linieros u operarios, mientras duran los trabajos de construcción o de mantención de estas instalaciones.
4.9 Sistema de puesta a tierra	Conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente. Comprende todas las instalaciones de puesta a tierra interconectadas en un sistema específico.
4.10 Tensión de contacto	Diferencia de potencial entre el aumento de potencial de tierra y el potencial de superficie en el punto en que una persona está de pie, mientras que al mismo tiempo tiene una mano en contacto con una estructura conectada a tierra.
4.11 Tensión de la malla	Tensión máxima de contacto dentro de una malla de tierra.
4.12 Tensión de paso	Diferencia de potencial que experimenta una persona con una separación de 1 metro entre sus pies, sin tocar ningún objeto conectado a tierra.
4.13 Tierra	Expresión que generaliza todo lo referente a conexiones con tierra y que presenta un potencial común, idealmente sin tensión. Se asocia a suelo, terreno, tierra, masa, chasis, carcasa, armazón o estructura.
4.14 Tierra de protección	La destinada a evitar la aparición de tensiones peligrosas entre partes de las instalaciones que normalmente están sin tensión y otras partes vecinas que puedan encontrarse al potencial local de tierra.

4.15 Tierra de servicio	La destinada a conectar en forma permanente a tierra ciertos puntos del circuito eléctrico de las instalaciones eléctricas.
-------------------------	---

## 5 Criterio de tensión de paso y de contacto tolerables

La seguridad de una persona depende de que la cantidad crítica de energía no sea por ésta absorbida antes que la falla sea despejada y el sistema eléctrico se desenergice.

Para lo anterior, se establecen las siguientes exigencias:

- 5.1 La tensión de paso tolerable límite es:

$$V_{\text{paso}} = (R_c + 2 \cdot R_f) \cdot I_c$$

Para un cuerpo de 50 kg de peso:

$$V_{\text{paso}50} = (1000 + 6 C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

Para un cuerpo de 70 kg de peso:

$$V_{\text{paso}70} = (1000 + 6 C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

- 5.2 La tensión de contacto tolerable límite es:

$$V_{\text{contacto}} = (R_c + \frac{R_f}{2}) \cdot I_c$$

Para un cuerpo de 50 kg de peso:

$$V_{\text{contacto}50} = (1000 + 1,5 C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

Para un cuerpo de 70 kg de peso:

$$V_{\text{contacto}70} = (1000 + 1,5 C_s \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,157}{\sqrt{t_s}}$$

El factor  $C_s$  se calcula con la siguiente expresión:

$$C_s = 1 - \frac{0,09 \cdot (1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 \cdot h_s + 0,09}$$

donde:

$V_{\text{contacto}}$  Tensión de contacto en V.

$V_{\text{paso}}$  Tensión de paso en V.

$R_c$  Resistencia del cuerpo

$R_f$  Es la resistencia a tierra de un pie en  $\Omega$  (ignorando la presencia del sistema de puesta a tierra de la subestación)

$I_c$  Magnitud rms de la corriente a través del cuerpo en Amperes

C <sub>s</sub>	Calculado con la fórmula antes descrita.
$\rho_s$	Resistividad de la superficie del terreno en $\Omega \text{ m}$ .
P	Resistividad de la tierra por debajo de la superficie del material en $\Omega \text{ m}$ .
t <sub>s</sub>	Duración de la corriente de falla a tierra en segundos. El cálculo se deberá realizar con un valor de t <sub>s</sub> menor o igual al tiempo de operación de la protección de respaldo. Este tiempo deberá ser al menos el tiempo de despeje indicado en la Norma Técnica de Seguridad, y Calidad de Servicio (NTSyCS).
h <sub>s</sub>	Espesor del material de la superficie.

C<sub>s</sub> corresponde a un factor de corrección para calcular la resistencia efectiva del pie en la presencia de un espesor finito de material de la superficie.

Si no se utiliza ninguna capa protectora de la superficie, C<sub>s</sub>= 1 y  $\rho_s=\rho$ .

- 5.3 En toda instalación de producción, transporte, prestación de servicios complementarios, sistemas de almacenamiento y distribución de energía eléctrica, se deberá asegurar que bajo ninguna circunstancia se sobrepongan los límites de tensión de paso y de contacto tolerables.

## 6 Principales consideraciones de diseño

- 6.1 Un sistema de puesta a tierra se deberá instalar de manera que limite el efecto de gradientes de potencial de tierra a niveles tales de voltaje y corriente que no ponga en peligro la seguridad de las personas o equipos en condiciones normales y de falla. El sistema también deberá garantizar la continuidad del servicio.
- 6.2 Dentro del perímetro del sistema de puesta a tierra, los conductores se deberán colocar en líneas paralelas y, cuando no sea posible lo anterior, a lo largo de las estructuras o de las filas de equipos para permitir conexiones a tierra cortas, formando una malla de puesta a tierra.
- 6.3 La malla de puesta a tierra deberá cubrir al menos el área de patios, bahías o paños, equipos y salas de comando y, si es necesario, más allá del cerco de tales instalaciones.
- 6.4 Se deberán utilizar cables de tierra múltiples o conductores de mayor tamaño en donde pueden producirse altas concentraciones de corriente, tal como en una conexión de neutro a tierra de generadores, bancos de condensadores o transformadores.

## 7 Diseño en condiciones difíciles

- 7.1 En las zonas donde la resistividad del suelo es más bien alta o el espacio de la subestación es reducido, se hará uso de aditivos y tratamiento del suelo, de electrodos de tipo químico, de conexión a mallas de tierra remota, entre otras soluciones.
- 7.2 Cuando por los valores de la resistividad del terreno, de la corriente de puesta a tierra o del tiempo de eliminación de la falla, no sea posible técnicamente mantener los valores de las tensiones aplicadas de paso y de contacto dentro de los límites tolerables, deberá recurrirse al empleo de medidas adicionales de seguridad, a fin de reducir los riesgos a las personas y las cosas.

Sin que el listado sea taxativo, tales medidas podrán ser:

- a. Hacer inaccesibles las zonas peligrosas.
- b. Disponer suelos o pavimentos que aíslen suficientemente de tierra las zonas de servicio peligrosas.
- c. Aislamiento de todas las empuñaduras o mandos que hayan de ser tocados.
- d. Establecer conexiones equipotenciales entre la zona donde se realice el servicio y todos los elementos conductores accesibles desde la misma.
- e. Aislamiento de los conductores de tierra a su entrada en el terreno.

Se dispondrá el suficiente número de rótulos avisadores con instrucciones adecuadas en las zonas peligrosas y existirá a disposición del personal de servicio, medios de protección tales como calzado aislante, guantes, banquetas o alfombrillas aislantes.

## **8 Exigencias para el sistema de puesta a tierra**

- 8.1 Deberán conectarse al sistema de puesta a tierra todas las partes metálicas de una instalación que normalmente están sin tensión, como carcasa y chasis de máquinas, transformadores o aparatos, partes conductoras y accesibles de estructuras y edificios.
- 8.2 Deberán conectarse a un sistema de puesta a tierra los dispositivos de puesta a tierra de las líneas aéreas y el cable de guardia de las mismas.
- 8.3 Deberán conectarse a un sistema de puesta a tierra los limitadores, descargadores, autoválvulas, mástiles y pararrayos, para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas, en conformidad a la norma IEC 62305-SER.
- 8.4 La puesta a tierra de los dispositivos utilizados como descargadores de sobretensiones se conectarán a la puesta a tierra del aparato o aparatos que protejan. Estas conexiones deberán realizarse procurando que su recorrido sea mínimo y sin cambios bruscos de dirección.

La instalación de puesta a tierra asegurará, en cualquier caso, que para las intensidades de descarga previstas, las tensiones a tierra de estos dispositivos no alcancen valores que puedan ser origen de tensiones de retorno o transferidas, de carácter peligroso, para otras instalaciones o aparatos igualmente puestos a tierra.

Los conductores empleados para la puesta a tierra del descargador o descargadores de sobretensiones no dispondrán de cintas ni tubos de protección de material magnético.

- 8.5 Las partes de la instalación y las carcasa que por razones técnicas justificadas del fabricante, no llevan tierra de protección, deberán ser de doble aislamiento o aislamiento clase II, o de lo contrario deberán considerarse que están con la tensión de servicio completa. Deberá, por lo tanto, impedirse el acceso a ellas, o bien, disponerlas de tal manera que solamente sean accesibles desde un lugar aislado para la tensión completa.
  - 8.6 Los elementos metálicos de la construcción que queden accesibles en edificaciones que alberguen instalaciones de alta tensión, deberán conectarse a la tierra de protección.
- En los edificios de hormigón armado, se evaluará en cada caso la necesidad de aterrizar las armaduras.
- 8.7 Los elementos metálicos que salen fuera del recinto de la instalación, tales como rieles y tuberías, deberán estar conectados a la instalación de tierra general en varios puntos. Se deberá tomar en cuenta no transferir potenciales peligrosos.
  - 8.8 Las vallas y cercas metálicas del recinto de la instalación deberán conectarse a tierra,

pudiendo adoptarse diversas soluciones en función de las dimensiones de la instalación y características del terreno.

- 8.9 Deberán conectarse a la tierra de servicio los neutros de los transformadores de poder, de los alternadores y otros aparatos o equipos que lo precisen, como ser los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida o protección.

Se consideran como excepción los casos considerados en los puntos 8.10 y 8.11 siguientes.

- 8.10 Para evitar tensiones peligrosas provocadas por defectos en la red de alta tensión, los neutros de baja tensión de las líneas que salen fuera de la instalación general y la puesta a tierra de los transformadores de medida ubicados en tableros de baja tensión para distribución, se conectarán a un sistema de puesta a tierra separada de la general, que se denominará tierra de los neutros de baja tensión. El resto de los elementos, tales como los pararrayos, permanecerán conectados a la tierra general de la instalación.

- 8.11 Cuando existan circuitos de comunicación o de baja tensión protegidos mediante transformadores de aislación, el lado de línea de éstos se conectará a una tierra separada.

- 8.12 Los conductores a tierra deberán ser dimensionados para la mayor corriente de cortocircuito a tierra previsible.

- 8.13 No deberán intercalarse dispositivos de desconexión, ni fusibles, en los circuitos de tierra de protección.

- 8.14 Los conductores que conectan el sistema de puesta a tierra a las instalaciones deberán ser, en lo posible, del mismo material que los electrodos que se emplean. Su sección mínima será de 25 mm<sup>2</sup>, cuando el conductor sea de cobre.

- 8.15 Los conductores desnudos y los electrodos utilizados para conexiones a tierra y para la construcción de mallas de puesta a tierra deberán ser principalmente de cobre. Se prohíbe la utilización de conductores desnudos de aluminio o de aleación de aluminio para aplicaciones en contacto directo con el suelo.

- 8.16 Los conductores de conexión a tierra con sus conexiones y uniones, en la parte que no estén enterrados, deberán poder ser identificados fácilmente y accesibles para permitir su control. Deberán estar alejados de las partes combustibles de los edificios y protegidos contra los deterioros mecánicos y los efectos de la corrosión.

- 8.17 Las conexiones de las puestas a tierra que van bajo el nivel del suelo deberán ser realizadas mediante soldadura exotérmica o conector apropiado para enterramiento, en conformidad a la norma IEEE 837, las que deberán asegurar la permanencia de la unión, no experimentar al paso de la corriente calentamientos superiores a los del conductor y estar protegidos contra la corrosión galvánica.

- 8.18 Los electrodos de puesta a tierra estarán formados por materiales metálicos en forma de picas, varillas, conductores, chapas o perfiles, que presenten una resistencia elevada a la corrosión por sí mismos, o mediante una protección adicional, tales como el cobre o el acero debidamente protegido, en cuyo caso se tendrá especial cuidado de no dañar el recubrimiento de protección durante el hincado.

Los electrodos de puestas a tierra deberán cumplir las dimensiones y valores establecidos en las normas: IEC 62305-3 o IEC 60364-5-54, según corresponda o alternativamente, UL 467, o ASTM F 1136.

- 8.19 Cuando se construya una malla de tierra alejada de la instalación o cuando se interconecten dos mallas alejadas, la unión deberá hacerse mediante al menos dos conductores desnudos independientes, de igual o mayor sección al conductor de la malla.

- 8.20 Para verificar que las características del electrodo de puesta a tierra y su unión con la red cumplan con el presente pliego, se deberán dejar puntos de conexión y

medición accesibles e inspeccionables al momento de la medición. Cuando para este efecto se construyan cajas de inspección, sus dimensiones deberán ser como mínimo de 30 x 30 cm, o de 30 cm de diámetro si es circular, y su tapa deberá ser removible.

- 8.21 Todo sistema de puesta a tierra será comprobado en el momento de su establecimiento, y verificado por las empresas de producción, transporte, prestación de servicios complementarios, sistemas de almacenamiento y distribución de energía eléctrica, a fin de comprobar el estado del mismo. La frecuencia de verificación de los sistemas de puesta a tierra será determinada según lo señalado en 5.2 del Pliego RPTD N°15.

Esta verificación consistirá en la inspección visual, la medición de la resistencia de puesta a tierra y el registro de la información, de acuerdo con los procedimientos descritos en la norma IEEE Std. 81 o la IEC 61936-1, y de lo señalado en 8.22 y 8.23 del presente Pliego.

En aquellos casos en los que cambien sustancialmente las condiciones del terreno o las características del sistema eléctrico, en particular los niveles de cortocircuito, la empresa deberá asegurar que el sistema de puesta a tierra cumple con la exigencia 8.24 de este Pliego.

- 8.22 Las pruebas que deberán realizarse como parte de inspección del sistema de puesta a tierra son:

- Medir resistencia de puesta a tierra. Los resultados deberán quedar consignados en los reportes de inspección.
- Medir tensiones de paso y contacto.

- 8.23 La inspección del sistema de puesta a tierra deberá documentar y evidenciar mediante registros, como mínimo la siguiente información:

- Condiciones generales de los conductores del sistema.
- Nivel de corrosión.
- Estado de las uniones de los conductores y componentes.
- Valores de resistencia.
- Desviaciones de los requisitos respecto del pliego técnico.
- Documentar todos los cambios frente a la última inspección.
- Resultados de las pruebas realizadas.
- Registro visual.
- Rediseño o propuesta de mejoras del sistema de puesta a tierra si se requieren.

- 8.24 En toda instalación de producción, transporte, prestación de servicios complementarios, sistemas de almacenamiento y distribución de energía eléctrica, se deberá asegurar que bajo ninguna circunstancia se sobrepasarán los límites de tensión de paso y de tensión de contacto tolerables, establecidos en el punto 5 de este pliego.

- 8.25 Los cálculos necesarios para asegurar la exigencia del punto 8.21 anterior, se realizarán según las especificaciones de la norma internacional IEEE Std 80-2013 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding".

- 8.26 Las estructuras y las torres metálicas de las líneas cuya tensión sobrepase 250 V con respecto a tierra, deberán estar conectados a una tierra de protección. Esta conexión se realizará mediante un electrodo dimensionado de modo tal que en caso de falla no se presenten potenciales locales de valores peligrosos.

8.27 El valor de puesta a tierra no puede ser mayor de 20 Ohm.

## 9 Puestas a tierra temporales

### 9.1 Requisitos generales

El equipo de puesta a tierra temporal deberá cumplir las siguientes especificaciones:

- a. Electrodo de tipo Barreno con longitud mínima de 1,5 m.
- b. Grapas o pinzas, las que deberán ser adecuadas según la geometría del elemento a conectar (puede ser plana o con dientes).
- c. Cable en cobre flexible, cilíndrico y con cubierta transparente o translúcida, que permita su inspección visual y cuyo calibre soporte una corriente de falla mínima de 40 kA eficaces en un segundo, en alta tensión; 8 kA eficaces en un segundo, en media tensión; y 3 kA eficaces en un segundo, en baja tensión, con temperatura final de 700°C. Se podrá utilizar cables de puestas a tierra de menor calibre, siempre que la corriente de falla calculada sea menor a los valores antes citados y el tiempo de despeje sea tal que la temperatura en el conductor no supere los 700°C. Si la corriente de falla es superior a los valores indicados, se deberá usar un cable de capacidad suficiente para soportarla.
- d. La instalación y operación se deberá realizar en base a la guía de instalación, inspección y mantenimiento entregada por el fabricante.

### 9.2 Requisitos de instalación

La puesta a tierra temporal deberá instalarse de acuerdo con los siguientes requisitos:

- a. El montaje deberá hacerse de tal manera que los pies del liniero queden al potencial de tierra y que los conductores que se conectan a las líneas tengan la menor longitud e impedancia posible.
- b. La secuencia de montaje deberá ser desde la tierra hasta la última fase y para desmontarlo deberá hacerse desde las fases hasta la tierra.
- c. En el caso que una línea presente una falla en un vano, se deberá conectar a tierra en las estructuras correspondientes al vano.