

NORMAS TÉCNICAS PARA CONSTRUCCIÓN
DE ELECTROHUILA

CAPÍTULO 3

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA:



**NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA
ELETROHUILA S.A. E.S.P**

Este documento hace parte del conjunto de normas elaboradas por ELETROHUILA S.A. E.S.P. con el fin de normalizar los procedimientos sobre sus redes de distribución, adoptando buenas prácticas de ingeniería que permitan cumplir las exigencias del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE [3], y las recomendaciones y criterios de seguridad de normas mundialmente aceptadas como lo son la norma IEEE 80 “IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding” [1], IEEE 81 “IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System” [2], entre otras.

La presente norma define los conceptos básicos relacionados con los Sistemas de Puesta a Tierra (SPT), estableciendo además, los requerimientos mínimos exigidos por ELECTROHUILA S.A. E.S.P. para el diseño, montaje e inspección de los SPT asociados con sus redes. Dichos criterios son generales y no pretenden remplazar los procedimientos y exigencias establecidos en las normas técnicas y las buenas prácticas de ingeniería, las cuales deben aplicarse para complementar lo establecido en este documento.

El siguiente es el conjunto de documentos que ELECTROHUILA S.A. S.E.P. ha elaborado para la normalización de sus sistemas de puesta a tierra.

Tabla 1. Normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P.

ÍTEM	TEMA	CÓDIGO	NOMBRE NORMA TÉCNICA
1.1	General	EH-SPT-000	Norma general para sistemas de puesta a tierra
2.1	Subestaciones	EH-SPT-010	SPT Subestaciones de patio
2.2		EH-SPT-011	SPT Subestaciones tipo pedestal
2.3		EII-SPT-012	SPT Subestaciones tipo poste sencillo
2.4		EH-SPT-013	SPT Subestaciones tipo poste en estructura en H
3.1	Edificaciones	EH-SPT-015	SPT Subestaciones interiores
3.2		EH-SPT-022	SPT Medidores de baja tensión



NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE
PUESTA A TIERRA

EH – SPT -000

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO IIUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	1 de 21


ÍTEM	TEMA	CÓDIGO	NOMBRE NORMA TÉCNICA
4.1	Redes Aéreas	EH-SPT-014	SPT Transición de cable aéreo a cable aislado
4.2		EH-SPT-016	SPT Redes trifásicas de 13.2 kV con cable de guarda poste sencillo
4.3		EH-SPT-017	SPT Redes trifásicas de 13.2 kV con cable de guarda estructura en H
4.4		EH-SPT-018	SPT Redes trifásicas de 34.5 kV con cable de guarda poste sencillo
4.5		EH-SPT-019	SPT Redes trifásicas de 34.5 kV con cable de guarda estructura en H
4.6		EH-SPT-020	SPT Redes de 13.2 kV compactas.
4.7		EH-SPT-021	SPT Redes de 34.5 kV compactas.
4.8		EII-SPT-023	SPT Redes de baja tensión
4.9		EH-SPT-024	Electrodos de puesta a tierra
4.10		EII-SPT-025	Conectores para varillas de puesta a tierra
4.11		EH-SPT-026	Kits de puesta a tierra en acero inoxidable

1. Definiciones y Siglas

Las definiciones aplicables a la presente norma serán las contenidas en el Artículo 3 del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas de Colombia.

En el siguiente listado se presentan las siglas aplicadas en el presente documento.

RETIE:	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
GPR:	Ground potential rise (máxima elevación de potencial).
SPT:	Sistema de puesta a tierra.
RPT:	Resistencia de puesta a tierra.
CA:	Corriente alterna.
EH:	Electrohuala.
ESP:	Empresa de servicios públicos.
S.A.:	Sociedad anónima.

		<p>NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA</p>		<p>EH – SPT -000</p>
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO IIUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	2 de 21

2. Diseño de sistemas de puesta a tierra

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas [3] en su numeral 15.2 plantea el procedimiento recomendado para la realización de los diseños de los sistemas de puesta a tierra para centrales de generación, líneas de transmisión de alta, extra alta tensión y subestaciones. Allí se presentan los diferentes pasos que por Ley deben cumplir los diseños antes de ser aprobados. El objetivo fundamental de este procedimiento es que el diseño sea seguro y garantice que las tensiones de paso, las tensiones de contacto y las tensiones transferidas que se presenten durante una falla queden controladas, manteniendo valores por debajo de los umbrales de soportabilidad del ser humano. El siguiente diagrama resume el procedimiento allí planteado, el cual busca satisfacer los requerimientos de la Norma IEEE 80 [1].

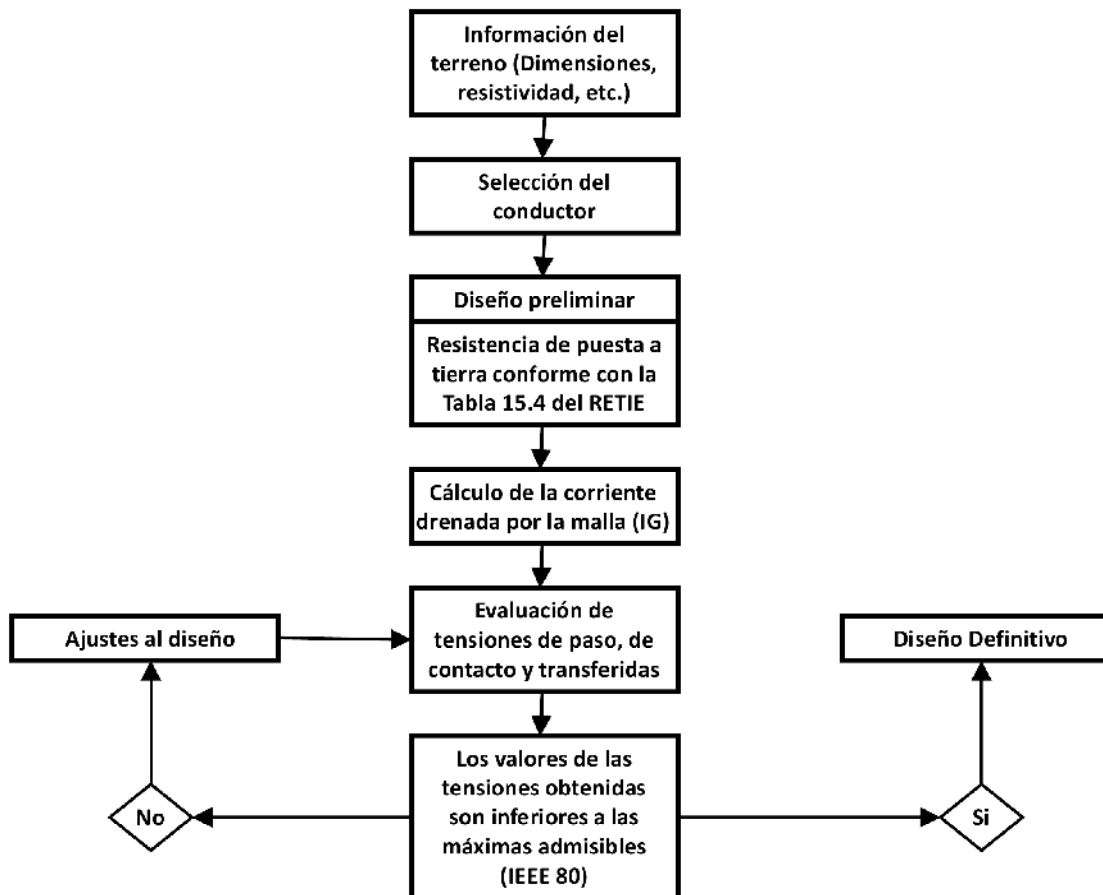



Ilustración 1. Diagrama de bloques de diseño de SPT según RETIE.

		NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA		EH – SPT -000
Elaboró: ACIEM CAPÍTULO IUULA	Revisó: NJEC	Aprobó: COMITÉ TÉCNICO	Fecha de Aprobación: 23-12-2016	Página: 3 de 21

2.1. Recopilación de información del terreno

Para iniciar con el proceso de diseño se requiere un plano con la disposición física de la subestación, donde se muestren las dimensiones de la misma, así como los cerramientos y equipos a instalar. Además, se requiere hacer las correspondientes medidas de resistividad del terreno en el área de ubicación del sistema de puesta a tierra, para realizar una adecuada simulación del terreno y así alcanzar resultados que no se alejen de lo que se encontrará en terreno una vez construido el SPT diseñado. Para la ejecución de las medidas de resistividad del terreno ELECTROHUILA S.A. E.S.P. aceptará los métodos presentados en la norma IEEE 81 [2], de los cuales, el RETIE recomienda el método tetraclectródico de Wenner que se explica a continuación.

2.2. Resistividad del terreno

La caracterización del suelo a partir de las medidas de resistividad realizadas en campo es fundamental para realizar un adecuado diseño de sistemas de puesta a tierra, dado que tiene un alto impacto en la resistencia de puesta a tierra (RPT) que tendría un sistema instalado en dicho terreno. Un buen conocimiento de la resistividad del suelo y de la variación de la misma con parámetros como la humedad, la temperatura y la profundidad, permite desarrollar una adecuada configuración del SPT para lograr el valor de la resistencia de puesta a tierra requerida sin incurrir en excesivos costos o sobredimensionamientos.

Para lograr una buena caracterización del terreno se requiere realizar varias mediciones sobre el área de interés. El número de medidas a tomar debe ser más alto en terrenos donde las variaciones son mayores, especialmente cuando no hay concordancia en la tendencia de los datos tomados para una profundidad específica. A continuación se presenta el procedimiento recomendado por ELECTROHUILA S.A. E.S.P. para la medición de resistividad del terreno, el cual corresponde al método de Wenner, referenciado en el RETIE y ampliamente explicado en la norma IEEE 81 [2].

2.1.2 Medida de Resistividad del terreno

Existen diferentes métodos para evaluar la resistividad aparente del terreno. El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE [3] recomienda el método tetraelectródico de Wenner, el cual es el más usado para aplicaciones eléctricas. Este consiste en enterrar cuatro electrodos tipo varilla a una profundidad “b” y espaciados en línea recta una distancia “a” como se muestra en la siguiente Ilustración.

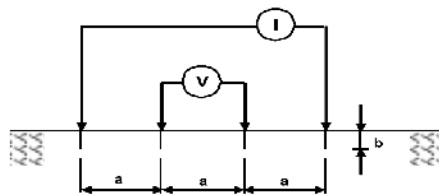



Ilustración 2. Método de Wenner para la medida de resistividad del terreno (Fig. 15.4 RETIE).

		NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA		EH – SPT -000
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO IIUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	4 de 21

El equipo de medida (Telurómetro) se encarga de inyectar una corriente “I” entre los electrodos externos y de medir, mediante un potenciómetro o un voltímetro de alta impedancia, la magnitud de la tensión que se presenta entre los electrodos internos. Con los valores de la tensión medida y de la corriente inyectada, el instrumento calcula la resistencia R. La resistividad aparente del terreno para la separación “a” se calcula de manera aproximada a partir de la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{4\pi Ra}{\left(1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{2a}{\sqrt{4a^2 + 4b^2}}\right)} \quad (1)$$

Donde:

- ρ: Resistividad del suelo [Ω.m].
- a: Distancia entre electrodos adyacentes en metros [m].
- b: Profundidad de enterramiento de los electrodos en metros [m].
- R: Resistencia eléctrica medida [Ω].

Cuando la distancia de enterramiento “b” es despreciable comparada con la distancia de separación entre electrodos “a”, la anterior expresión se puede simplificar de la siguiente manera:

$$\rho = 2\pi Ra \quad (2)$$

Para determinar el cambio de resistividad con la profundidad, el espaciamiento entre electrodos “a” se varía desde unos pocos metros hasta distancias similares a la máxima dimensión esperada del sistema de puesta a tierra. El espaciamiento “a” corresponde a la profundidad aproximada a la cual se lee la resistividad del terreno.

Para los diseños presentados a ELECTROHUILA S.A. E.S.P., se deben elegir como mínimo dos rutas lineales, preferiblemente sobre área de interés o lo más cerca que sea posible, las cuales deben tener entre sí un ángulo entre 45° y 90°, la longitud total de estas debe ser de 30 m. El número de rutas y la longitud de las mismas puede aumentar según los criterios del diseñador. Las distancias mínimas de medida requeridas para los diseños son las presentadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Tabla para tabulación de medidas de resistividad del terreno.

		Longitud [m]	1	2	4	6	8	10
RUTA 1	R	Valor medido [Ω]						
	ρ	Valor calculado o medido [Ω*m]						



NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

EH – SPT -000

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO IIUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	5 de 21

		Longitud [m]		1	2	4	6	8	10
RUTA 2	R	Valor medido [Ω]							
	ρ	Valor calculado o medido [$\Omega \cdot m$]							

Cada una de las rutas trazadas y de las lecturas obtenidas debe ser documentada y registrada fotográficamente. En las Ilustraciones 2 y 3 se muestra lo anteriormente descrito para una medida de resistividad típica. Debe tenerse en cuenta que algunos equipos entregan directamente los resultados de resistividad del terreno y no es necesario aplicar la fórmulas (1) o (2) para calcular los valores de resistividad, en estos casos se eliminarían las filas correspondientes a "Valor medido [Ω]" en la Tabla 3.

Cuando los valores de resistividad medidos en ambas rutas no presentan tendencias similares, se deben elegir otras rutas de medida sobre el área de interés para realizar una mejor caracterización del terreno. De igual manera, cuando las dimensiones del SPT a construir son de gran magnitud, tal como en subestaciones de alta tensión, dos rutas de medida no son suficientes para realizar una buena caracterización del terreno, por lo que se hace necesario incrementar el número y área de cobertura de las mismas. Esto hace posible visualizar la existencia de diferentes capas de terreno con su profundidad y valor de resistividad, permitiendo la construcción de un modelo de varias capas que se aproxima mejor a las características existentes en campo.

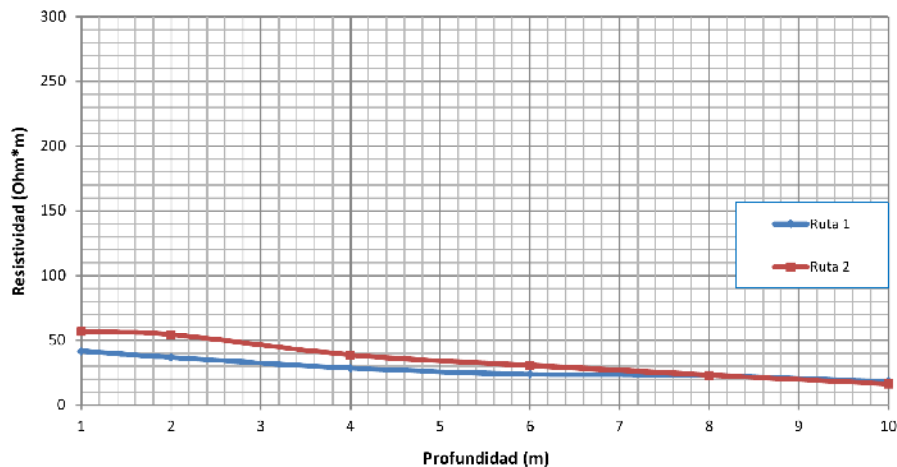


Ilustración 3. Curvas de una medida de resistividad típica.



NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE
PUESTA A TIERRA

EH – SPT -000

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO IIUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	6 de 21

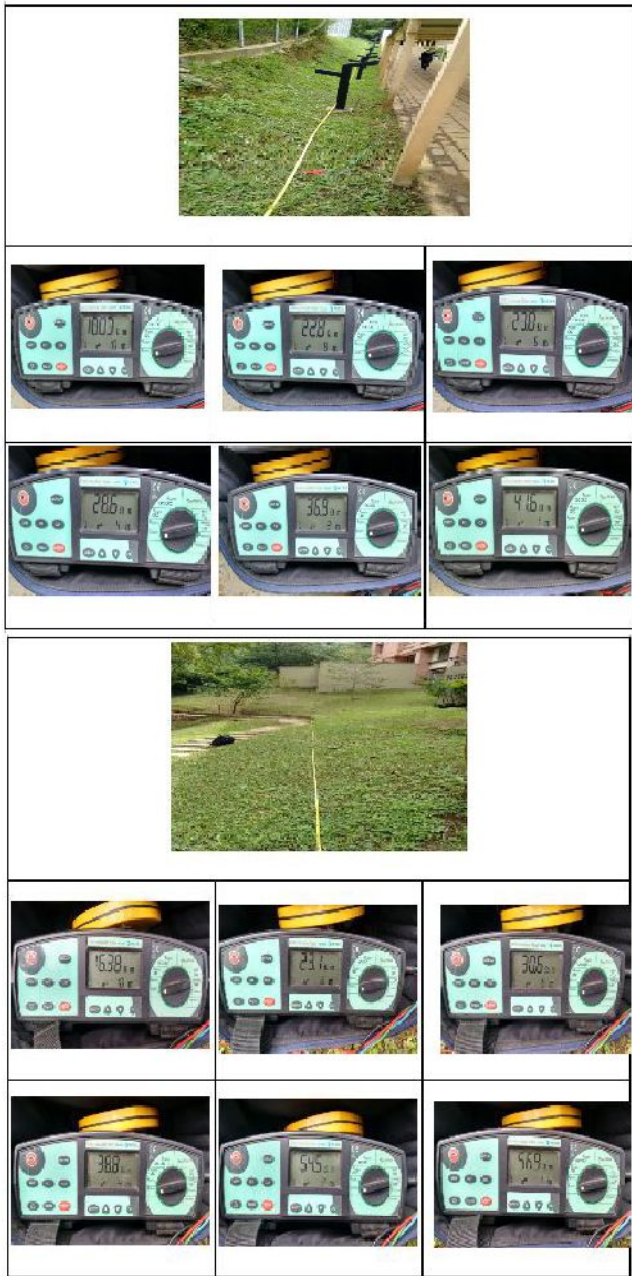


Ilustración 4. Registro fotográfico de una medida de resistividad típica.



NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE
PUESTA A TIERRA

EH – SPT -000

Elaboró: ACIEM CAPÍTULO ITULA	Revisó: NJC	Aprobó: COMITÉ TÉCNICO	Fecha de Aprobación: 23-12-2016	Página: 7 de 21
-------------------------------------	----------------	------------------------------	---------------------------------------	--------------------

2.3. Selección del calibre del conductor

Según el artículo 15 del RETIE, el calibre del conductor del sistema de puesta a tierra debe calcularse teniendo en cuenta las corrientes de corto de media y de baja tensión. Dado que en una subestación asociada con instalaciones de uso final las corrientes de falla en baja tensión normalmente poseen mayor magnitud que las corrientes de falla que se presentan en la red de media tensión, es con estas corrientes de baja que se debe realizar la selección del calibre de los conductores de la malla de puesta a tierra.

De acuerdo con la norma IEEE 80 [1] el conductor se selecciona de acuerdo con su capacidad térmica ante una ocurrencia de falla de determinada duración. En el RETIE [3] se plantea la siguiente ecuación para la realización de dicho cálculo, la cual es adaptada de la norma IEEE 80:

$$A_{mm^2} = \frac{(I_{cc} * K_f * \sqrt{t_c})}{1.9737} \quad (3)$$

Donde:

A_{mm^2} : Área del conductor [mm^2].

I_{cc} : Corriente de falla rms [kA].

t_c : Tiempo de duración de la falla (normalmente en baja tensión) [s].

K_f : Constante de la Tabla 15.3 del RETIE, para diferentes materiales y valores de T_m . (T_m es la temperatura de fusión o el límite de temperatura del conductor a una temperatura ambiente de 40 °C).

Para los cálculos del calibre del conductor en ELECTROHUILA S.A. E.S.P. el tiempo de duración de la falla t_c , en ningún caso debe ser menor a 300 ms. Esto quiere decir que el diseñador podrá utilizar cualquier valor por encima de 300 ms de acuerdo con las condiciones de cada instalación o con sus criterios de diseño. Es de resaltar que este tiempo es diferente al tiempo de despeje de falla de la red de distribución, dado que las corrientes de falla en baja tensión normalmente son despejadas por las protecciones internas de la instalación.

En la siguiente tabla se presenta la constante K_f para algunos materiales utilizados en cables de sistemas de puesta a tierra. Esta tabla fue extraída del artículo 15 del RETIE.


		NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA		EH – SPT -000
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO IIUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	8 de 21

Tabla 4. Constantes de materiales de la IEEE 80 (Tabla 15.3 del RETIE).

MATERIAL	CONDUCTIVIDAD (%)	Tm (°C)	KF
Cobre blando	100	1083	7
Cobre duro cuando se utiliza soldadura exotérmica	97	1084	7.06
Cobre duro cuando se utiliza conector mecánico	97	250	11.78
Alambre de acero recubierto de cobre	40	1084	10.45
Alambre de acero recubierto de cobre	30	1084	14.64
Varilla de acero recubierta de cobre	20	1084	14.64
Aluminio grado EC	61	657	12.12
Aleación de aluminio 5005	53.5	652	12.41
Aleación de aluminio 6201	52.5	654	12.47
Alambre de acero recubierto de aluminio	20.3	657	17.2
Acero 1020	10.8	1510	15.95
Varilla de acero recubierta en acero inoxidable	9.8	1400	14.72
Varilla de acero con baño de cinc (galvanizado)	8.5	419	28.96
Acero inoxidable	2.4	1400	30.05


Como se puede observar en la anterior tabla, cuando se utiliza un conductor de cobre con soldadura exotérmica la constante K_r es de 7.06, mientras que cuando se usa conector mecánico es de 11.78, lo cual equivale a que una malla de tierra construida con conectores mecánicos requiere un cable de tierra de mayor calibre que una construida con soldadura exotérmica. En el Apéndice 1 de este documento se presenta un ejemplo de cálculo del calibre del conductor para un SPT, teniendo en cuenta todos los criterios antes descritos.

2.4. Determinación del máximo tiempo de despeje de falla

El tiempo máximo de despeje de falla es un parámetro muy importante en el diseño de los sistemas de puesta a tierra, pues mientras más largo sea, mayor debe ser la robustez del diseño, ya que durante una falla se requiere un control de tensiones de paso, de contacto y transferidas más prolongado. Este tiempo se determina a partir del estudio de coordinación de protecciones del proyecto, en el cual se puede establecer el tiempo máximo de operación de las protecciones ante una falla en la subestación. Para los cálculos en las redes de ELECTROHUILA S.A.E.S.P. dicho tiempo no será inferior a 150 ms en ningún caso. Este tiempo es diferente del utilizado para el cálculo del conductor de la malla de puesta a tierra, dado que en dicho caso se utiliza el tiempo de despeje de falla aplicable para el lado de baja tensión del transformador.

2.5. Cálculo preliminar de la resistencia de puesta a tierra

Una vez conocidos todos los parámetros de diseño y las características resistivas del terreno donde será instalado el sistema de puesta a tierra, se debe proceder a realizar un diseño preliminar de la malla, el cual

		NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA		EH – SPT -000
Elaboró: ACIEM CAPÍTULO IIUILA	Revisó: NJE	Aprobó: COMITÉ TÉCNICO	Fecha de Aprobación: 23-12-2016	Página: 9 de 21

debe incluir un conductor perimetral que cubra toda el área de la subestación y una grilla con cuadrículas cuya separación entre conductores permita una fácil conexión de los equipos presentes dentro de la subestación y un adecuado control de las tensiones de paso y de contacto que puedan presentarse a raíz de una falla con la máxima corriente esperada. En el área de las puertas o de las mallas eslabonadas se debe ubicar el conductor perimetral de la malla al menos 1 m por fuera de las mismas, con el fin de brindar seguridad respecto a las tensiones de contacto que se puedan presentar en estas zonas, tal como se ilustra en las normas EH-SPT-010 y EH-SPT-011.


Mediante simulación a través de software de diseño se debe determinar la resistencia de puesta a tierra (RPT) de la malla diseñada. El valor de la RPT debe, en la medida de lo posible, estar por debajo de los valores de referencia para resistencia de puesta a tierra establecidos en la Tabla 15.4 del RETIE. Cuando por cualquier circunstancia no sea posible alcanzar estos valores, se debe garantizar que las tensiones de paso y de contacto dentro de la malla sean inferiores a las máximas permisibles según las ecuaciones planteadas en la norma IEEE 80 para su cálculo.

2.6. Determinación de la distribución de corrientes a tierra

De acuerdo con el RETIE, numeral 15.2.b, la corriente máxima de falla a tierra, requerida para el diseño de los sistemas de puesta a tierra, debe ser suministrada por el operador de red. Esta corriente es la que se tiene en el punto de conexión, para calcular la corriente de falla de una forma detallada se requieren varios parámetros como lo son las máximas corrientes de falla simétricas y asimétricas, tanto monofásicas como trifásicas, así como sus respectivas relaciones X/R. Además, se deben especificar las características de la red de distribución desde la subestación alimentadora del operador de red hasta el punto de conexión con la instalación a diseñar, es decir, que se debe conocer la configuración de la red, su longitud, el tipo de conductores, el calibre de los mismos, etc.

Para el cálculo de las tensiones de paso y de contacto que se pueden presentar en la subestación se requiere conocer la corriente que circulará a través de la malla de puesta a tierra durante una falla. Es importante tener en cuenta que no siempre toda la corriente de falla es inyectada a la malla de puesta a tierra, pues gran parte de ella puede circular por los cables de guarda de las líneas de transmisión y de los circuitos de distribución. La manera más exacta de determinar la distribución de las corrientes a tierra durante una falla consiste en realizar simulaciones detalladas en programas como el ATP, por medio de las cuales se determina la máxima corriente de falla que realmente es drenada por la malla de puesta a tierra de la subestación. De acuerdo con lo planteado en la Norma IEEE 80, en el cálculo de la corriente drenada por la malla se tiene en cuenta la porción de la corriente de falla que circula por la malla, el efecto de la asimetría en la forma de onda de la corriente de falla y el incremento de la misma con el crecimiento del sistema. De esta manera, la corriente realmente inyectada a la malla es:

$$I_G = C_p * D_f * S_f * I_f \quad (4)$$

		NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA		EH – SPT -000
Elaboró: ACIEM CAPÍTULO IIUTLA	Revisó: NJC	Aprobó: COMITÉ TÉCNICO	Fecha de Aprobación: 23-12-2016	Página: 10 de 21

Donde:

- I_G : Máxima corriente inyectada a la malla [A].
- C_P : Factor de proyección de crecimiento del sistema. 1 cuando no hay proyección de crecimiento.
- D_f : Factor de decrecimiento para la duración total de la falla. Tiene en cuenta los efectos de la asimetría de la onda de corriente de falla.
- S_f : Factor de división de corriente.
- I_f : Corriente simétrica de falla a tierra [A].

El Factor de división de corriente (S_f) relaciona la magnitud de la corriente de falla con la porción de esta corriente que fluye entre la malla y la tierra circundante. En el caso de ELECTROHUILA S.A. E.S.P. este factor es 1 para todas las subestaciones de uso final, ya que toda la corriente de falla fluye a través de la malla de puesta a tierra por ausencia de conductores de neutro y cables de guarda.

Cuando ELECTROHUILA S.A. E.S.P. no suministre la totalidad de los datos asociados con el cortocircuito para realizar un cálculo detallado, podrá diseñarse tomando la corriente de falla monofásica asimétrica de media tensión, siempre y cuando dicha corriente no supere la relación entre la tensión de fase en media tensión y la resistencia de puesta a tierra del SPT calculada (V_{LN}/RPT). Esto quiere decir que el GPR calculado ($I_G \times RPT$) será como máximo la tensión de fase del sistema en media tensión. En ningún caso se diseñarán SPT para subestaciones utilizando corrientes de falla del lado de baja tensión de los transformadores.

2.7. Cálculo de las tensiones de paso y de contacto máximas tolerables


El cálculo de las tensiones de paso y de contacto en las subestaciones debe realizarse de acuerdo con el numeral 8.4 de la norma IEEE 80 [1]. Según este numeral, para un peso corporal de 50 kg, las tensiones de paso y de contacto están dadas respectivamente por las ecuaciones (5) y (6):

$$E_{Paso50} = (1000 + 6C_S * \rho_S) \frac{0.116}{\sqrt{t}} \quad (5)$$

$$E_{Contacto50} = (1000 + 1.5C_S * \rho_S) \frac{0.116}{\sqrt{t}} \quad (6)$$

Donde:

- E_{Paso} : Es la tensión de paso en V.
- $E_{Contacto}$: Es la tensión de contacto en V.
- C_S : Factor de reducción de la capa superficial.
- ρ_S : Es la resistividad del material de la capa superficial en Ω -m.

		NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA			EH – SPT -000
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:	
ACIEM CAPÍTULO IIUILA	NJEK	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	11 de 21	

ts: Es la duración de la falla en segundos.

2.8. Validación del diseño preliminar de la malla de puesta a tierra

Una vez calculados los potenciales máximos admisibles en la malla se deben comparar con los potenciales máximos calculados y simulados para la misma, si los valores de las tensiones de paso, de contacto y transferidas calculadas para la malla son inferiores a las máximas admisibles, el diseño es apropiado para las condiciones de la subestación y se puede tomar como diseño definitivo agregándole puntos de conexión para los equipos y estructuras metálicas ubicadas dentro de la subestación. Si las tensiones de paso y de contacto no cumplen con lo anterior se debe modificar el diseño preliminar hasta cumplir.

2.9. Modificación del diseño inicial

Si el diseño preliminar no cumple con tensiones de paso, contacto o transferidas, porque exceden los valores máximos admisibles, se deben realizar modificaciones al diseño como por ejemplo reducir el tamaño de las retículas anexando conductores o incorporando varillas de puesta a tierra adicionales. Una vez realizados estos ajustes se debe proceder a realizar de nuevo la validación de las tensiones de paso, de contacto y transferidas hasta que se cumpla que los valores de las mismas estén por debajo de los máximos admisibles.


2.10. Diseño definitivo

Después de que se cumpla que las tensiones de paso, de contacto y transferidas para la malla diseñada son inferiores a las máximas admisibles, se toma como diseño definitivo para este diseño se realizan las simulaciones y memorias de cálculo que validen las condiciones de seguridad de la misma.

También, debe realizarse un plano que ilustre la configuración de la malla diseñada, los puntos de conexión para equipos y estructuras de la subestación, los puntos de ubicación de cajas de registro y la conexión equipotencial con otros sistemas de puesta a tierra presentes en la instalación. Dicho plano debe contener detalles típicos de montaje y notas que aclaren aspectos importantes a tener en cuenta durante la construcción del sistema de puesta a tierra.

2.11. Valores de referencia de la Resistencia de Puesta a Tierra (RPT)

De acuerdo con el numeral 15.4 del RETIE, los sistemas de puesta a tierra deben controlar adecuadamente las tensiones de paso y de contacto, pero en subestaciones de media y alta tensión el control de las tensiones transferidas es igualmente importante. Dado que la resistencia de puesta a tierra es un parámetro que limita directamente la máxima elevación de potencial (GPR) y controla las tensiones transferidas, su valor debe ser bajo para que el SPT ofrezca una adecuada seguridad a las personas y equipos. En la tabla 15.4 del

		NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA		EH – SPT -000
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO IIUTLA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	12 de 21

RETIE se establecen los valores de referencia para la resistencia de puesta a tierra de diferentes sistemas. En este numeral se aclara además, que cuando por aspectos como la alta resistividad del terreno, las altas corrientes de falla o tiempos de despeje de falla muy largos no se puedan alcanzar condiciones adecuadas de seguridad, se deben implementar medidas para no exponer a las personas a tensiones de paso, de contacto o transferidas que superen los umbrales de soportabilidad del ser humano.

Tabla 5. Valores de referencia para Resistencia de puesta a tierra (Tabla 15.4 RETIE)

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Estructuras y torrecillas metálicas de líneas o redes con Cable de guarda	20 Ω
Subestaciones de alta y extra alta tensión	1 Ω
Subestaciones de media tensión	10 Ω
Protección contra rayos	10 Ω
Punto neutro de acometida en baja tensión	25 Ω
Redes para equipos electrónicos o sensibles	10 Ω

2.12. Medida de la Resistencia de Puesta a Tierra

La Norma IEEE 81 [2] plantea varias alternativas para la realización de la medida de Resistencia de puesta a tierra. Sin embargo, el RETIE [3] en el numeral 15.5.2 recomienda el método de la caída de potencial, el cual se presenta en la siguiente ilustración.

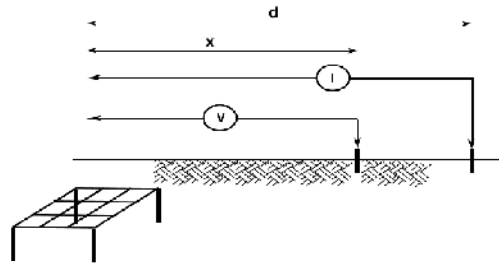



Ilustración 5. Esquema del método de la caída de potencial (FIG. 15.4 RETIE).

El método de la caída de potencial consiste en inyectar una corriente "I" a través de un electrodo auxiliar ubicado a una distancia "d" del sistema de puesta a tierra bajo prueba, y medir la tensión que se produce entre dicho sistema y un electrodo de potencial ubicado a una distancia "x" del mismo. Para minimizar la influencia entre los electrodos, el electrodo remoto de corriente se ubica a una distancia sustancial del SPT, según el RETIE [3] esta debe ser de 6.5 veces la máxima dimensión del sistema bajo prueba para lograr una precisión de aproximadamente el 95%.

		NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA		EH – SPT -000
Elaboró: ACIEM CAPÍTULO IUULA	Revisó: NJEC	Aprobó: COMITÉ TÉCNICO	Fecha de Aprobación: 23-12-2016	Página: 13 de 21

El electrodo de potencial debe ubicarse en línea recta con el electrodo de corriente. En la práctica la resistencia de puesta a tierra se mide ubicando el electrodo de potencia ubicado a una distancia $x = 0.618*d$. Esta distancia está basada en la posición teóricamente correcta para medir la resistencia exacta de un electrodo para un suelo de resistividad homogénea.

Debido a que los terrenos generalmente no poseen resistividad uniforme, normalmente se traza la curva de resistencia con respecto a la distancia "x", la cual se obtiene variando la ubicación del electrodo de potencial y realizando una lectura de resistencia para cada una de las ubicaciones de dicho electrodo, tal como se presenta en la siguiente ilustración. Para mejorar la confiabilidad de los resultados se recomienda realizar varias rutas de medida en direcciones diferentes con respecto al SPT bajo prueba.

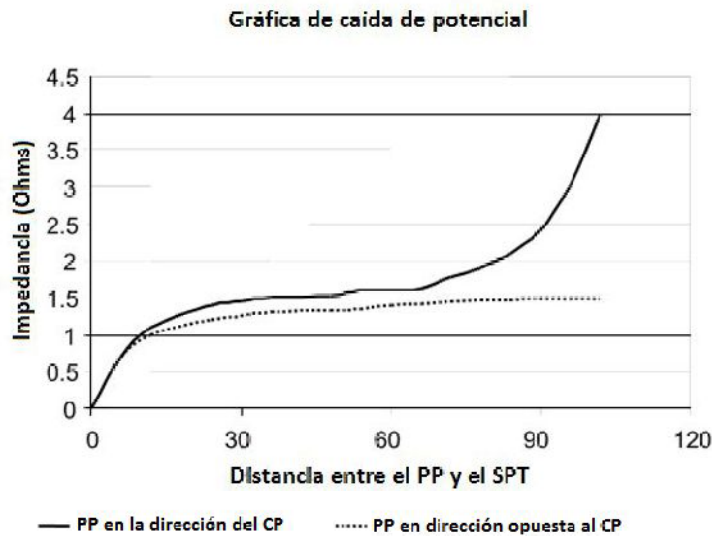



Ilustración 6. Curva RPT Vs distancia "x" (FIG. 7 IEEE 81).

Al igual que en el caso de las medidas de Resistividad del terreno, las medidas de resistencia de puesta a tierra deben tener su respectivo registro fotográfico donde se muestre la dirección de las rutas trazadas y el valor de resistencia obtenido para cada una de las distancias de ubicación "x" del electrodo de potencial.

2.13. Medida de tensiones de Paso y de Contacto

De acuerdo con el artículo 15.5.3 del RETIE, las tensiones de paso y de contacto deben medirse siempre antes de la puesta en operación de las subestaciones de alta y extra alta tensión, al igual que en las estructuras de las líneas de transmisión con tensiones iguales o mayores a los 110 kV cercanas a zonas pobladas. Adicionalmente, según el párrafo de este mismo artículo: "En subestaciones de media tensión

		NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA			EH – SPT -000
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:	
ACIEM CAPÍTULO IIUILA	NJEK	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	14 de 21	

2.14. Subestaciones elevadas

De acuerdo con Thasananutariya, Spuntupong y Chatratana [4], el diseño de los sistemas de puesta a tierra para las subestaciones elevadas se divide en dos partes. La primera corresponde al diseño de puesta a tierra para equipos, cerramientos y estructuras dentro del cuarto de la subestación, el cual busca esencialmente generar un área equipotencial con el fin de controlar los riesgos de tensiones de paso y de contacto dentro de la subestación. La segunda parte corresponde al diseño de la malla de puesta a tierra enterrada, la cual debe ir instalada en el terreno natural a una profundidad de 0.5 m por debajo de la superficie del mismo.

El diseño de la malla enterrada debe realizarse de acuerdo con el procedimiento presentado en el numeral 4 del presente documento. Esta malla de tierra debe quedar instalada en terreno natural debajo de la subestación elevada.

Para la malla de tierra elevada se debe instalar una malla metálica embebida dentro del concreto de la losa de la subestación, acompañada de un cable de cobre, el cual se equipotencializará a la malla metálica y a la malla enterrada, el calibre de este conductor será igual al utilizado en la malla enterrada. La función de estas mallas equipotenciales es controlar el potencial en los pisos y paredes de hormigón para proteger a las personas de tensiones de paso y de contacto producto de fallas a tierra en la subestación.

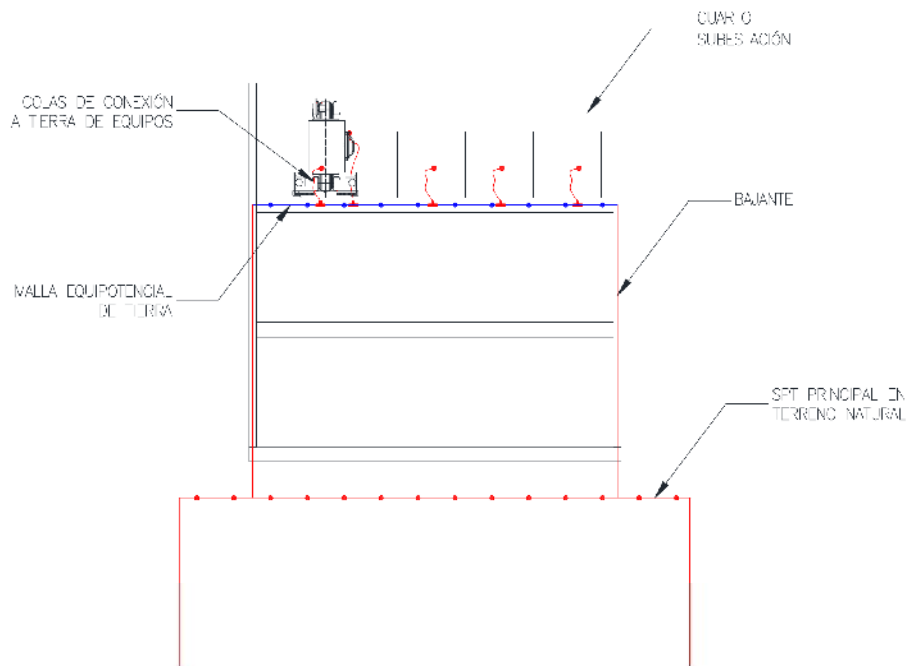



Ilustración 8. SPT para subestaciones elevadas.

		<p>NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA</p>		<p>EH – SPT -000</p>
<p>Elaboró:</p> <p>ACIEM CAPÍTULO IIUILA</p>	<p>Revisó:</p> <p>NJEC</p>	<p>Aprobó:</p> <p>COMITÉ TÉCNICO</p>	<p>Fecha de Aprobación:</p> <p>23-12-2016</p>	<p>Página:</p> <p>16 de 21</p>

La malla metálica equipotencial utilizada en la subestación elevada será una malla electrosoldada de acero embebida en mortero de concreto con diámetro de varilla mínimo de 6.5 mm y separación máxima entre varillas de 250 mm.

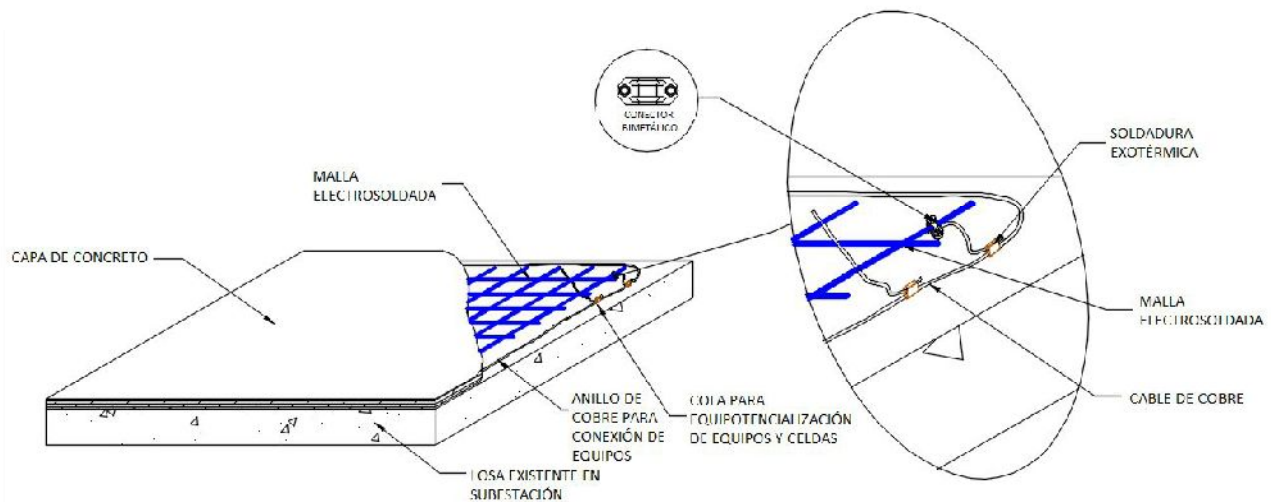


Ilustración 9. Detalle de la malla equipotencial embebida en concreto.

Cuando se tengan varias mallas elevadas se aplicarán para todas ellas los requerimientos presentados en esta norma. Todas las mallas equipotenciales de tierra embebidas en las losas de concreto deben quedar equipotencializadas con la malla de puesta a tierra enterrada, por medio de bajantes ubicados en las columnas de la subestación, mínimo dos (2). Además, los bajantes deben quedar conectados con el acero de refuerzo, de manera que no se generen diferencias de potencial durante la circulación de corrientes de falla que puedan generar arcos eléctricos.



NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE
PUESTA A TIERRA

EH – SPT -000

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	17 de 21

Subestación elevada 2

Subestación elevada 1

SPT principal, enterrado en terreno natural

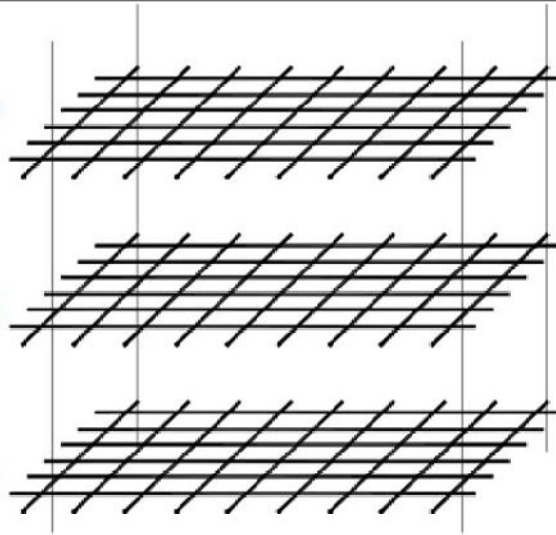



Ilustración 10. Mallas de tierra equipotenciales embebidas en concreto.

Por otra parte, las estructuras, cerramientos y equipos disponibles en el cuarto de la subestación deben quedar unidas a la malla de puesta a tierra enterrada en terreno natural. Para dicha unión, se deben emplear conductores de cobre que unan las estructuras a los bajantes, los cuales en su recorrido hacia el terreno, deben estar unidos a las mallas equipotenciales embebidas en concreto y al acero de refuerzo de la edificación como se mencionó anteriormente. El calibre de los cables usados para los bajantes y para las colas de equipotencialización de equipos y estructuras debe ser el mismo que el seleccionado para la malla de puesta a tierra enterrada en terreno natural. Además, las conexiones de equipotencialización entre los equipos y el sistema de puesta a tierra deben ser lo más cortas y rectas posible con el fin de evitar el efecto inductivo.


2.15. Sistemas de Puesta a Tierra para redes de alumbrado público

Donde las redes de alumbrado público compartan infraestructura con las redes eléctricas operadas por ELETROHUILA S.A. E.S.P., las redes de alumbrado deben contar con un sistema de puesta a tierra que haya sido diseñado teniendo en cuenta los criterios establecidos en el RETIE, de manera que se garantice la seguridad de las personas y de los equipos ante la ocurrencia de una falla en cualquier punto de la instalación. Los siguientes son requerimientos mínimos que deben cumplir los sistemas de puesta a tierra

		NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA		EH – SPT -000
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO IIUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	18 de 21

para las redes de alumbrado público:

- Como mínimo, se deben instalar dos puestas a tierra en una red de alumbrado público, una en el origen y otra en el final de la misma.
- El neutro de la red de alumbrado público debe estar equipotencializado con el neutro de la red de distribución, de manera que se garantice la continuidad de este desde el transformador de distribución hasta las cargas de alumbrado.
- A cada carga de alumbrado público le deben llegar un conductor tierra independiente del conductor de neutro.
- Para redes de alumbrado público con grandes longitudes se debe instalar un electrodo de puesta a tierra cada 200 metros en promedio, el cual se conectará al conductor de tierra.
- Todos los postes metálicos usados en redes de alumbrado público deben estar conectados a tierra.
- Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE y RETILAP cuando aplique.
- En las redes de alumbrado público con alimentación subterránea, el conductor de puesta a tierra debe estar debidamente marcado o poseer un recubrimiento verde cumpliendo con el código de colores establecido por el RETIE.
- Todas las partes metálicas accesibles de soportes y luminarias deben estar conectadas a tierra.
- Cualquier elemento metálico, presente a menos de 2 m de la red de alumbrado público, debe conectarse a tierra, de manera que no se generen diferencias de potencial que puedan causar un arco eléctrico.

		<p>NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA</p>		<p>EH – SPT -000</p>
<p>Elaboró:</p>	<p>Revisó:</p>	<p>Aprobó:</p>	<p>Fecha de Aprobación:</p>	<p>Página:</p>
<p>ACIEM CAPÍTULO IIUILA</p>	<p>NJEC</p>	<p>COMITÉ TÉCNICO</p>	<p>23-12-2016</p>	<p>19 de 21</p>

3. Referencias

[1] IEEE Std 80TM-2013, IEEE guide for safety in AC Substation Grounding.

[2] IEEE Std 81TM-2012, IEEE guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.

[3] RETIE-2013, Reglamento técnico de instalaciones eléctricas.

[4] Thasananutariya, T. and Spuntupong, K. and Chatratana, S. 2004. Design of grounding system for GIS indoor substation. Chaingmai, Thailand, 21-24 November.

[5] RA5-010-2015, Sistemas de Puesta a Tierra para redes de alumbrado público. Medellín, Colombia: EPM.



NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE
PUESTA A TIERRA

EH – SPT -000

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO IIUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	20 de 21

APÉNDICE I


EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE UN CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

A continuación se presenta, a manera de ejemplo, un cálculo del calibre del conductor para una malla de puesta a tierra empleando conexiones con conector mecánico y con soldadura exotérmica. En la tabla se puede observar que en el primer caso el calibre requerido es un 3/0 AWG, mientras que en el segundo es un 1/0 AWG. Esto significa que para una misma malla de tierra el calibre del conductor a utilizar será mayor cuando los empalmes se realicen con conectores mecánicos que cuando estos se realicen con soldaduras exotérmicas.

Tabla 6. Cálculo del calibre del conductor del SPT.

FÓRMULA	DATO	CARACTERÍSTICA	VALOR
$I_{cc} = S / (\text{raiz}(3) * V_n * Z)$	S	Potencia nominal en kVA	300
	V _n	Voltaje nominal en kV	0.22
	Z	impedancia de corto circuito del trafo	0.0428
	I _{cc}	Corriente de corto circuito, A	18416
$A_{\text{mm}^2} = I_{cc} K_f * \text{raiz}(t_c) / 1.9737$	I _{cc}	Corriente de falla a tierra, kA	18.42
	K _f	Constante para materiales con conector mecánico	11.78
	K _f	Constante para materiales para soldadura exotérmica	7.06
	t _c	Tiempo de despeje de la falla a tierra (s)	0.5
	A _{mm²}	Sección del conductor en mm ² (Conector mecánico)	77.72
	A _{mm²}	Sección del conductor en mm ² (Soldadura exotérmica)	46.58
CALIBRE MÍNIMO DE LA MALLA	Calibre Mínimo con conector mecánico (AWG)		3/0
	A _{mm²}	Sección del conductor 3/0 AWG (mm ²)	85.02
	Calibre Mínimo Con soldadura exotérmica (AWG)		1/0
	A _{mm²}	Sección del conductor 1/0 AWG mm ²	53.50

De acuerdo con la Tabla 15.2 del RETIE, el cable de las mallas de puesta a tierra debe tener una sección transversal de mínimo 50 mm², la cual equivale aproximadamente al calibre 1/0 AWG. Por tanto, cuando el cálculo descrito anteriormente arroje como resultado un calibre inferior, se debe construir las mallas con conductores cuyo calibre mínimo sea 1/0 AWG de cobre desnudo.

		NORMA GENERAL PARA SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA		EH – SPT -000
Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO IIUTLA	NJECS	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	21 de 21

Malla de puesta a tierra

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
B	1411	Nota 3	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
F		Nota 3	Soldadura exotermica varilla-cable
G		Nota 3	Soldadura exotermica cable-cable en T
H		Nota 3	Soldadura exotermica cable-cable en cruz
J		1	Caja de inspección de 500x500 mm, mínimo 300x300 mm
K		Nota 3	Cable de cobre desnudo seleccionado de acuerdo con EH-SPT-000
M		2	Cable de cobre clase C
N		4	Conector tipo poste de cercas

Opción 1: Cobre

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
C		Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre 1/0 AWG
D		30	Conector de compresión tipo C en cobre
E		10	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
I		10	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" y arandela redonda de 3/8"
L		2	Punta captadora en Al tipo Franklin de 1000 mm
N		4	Conector tipo poste de cercas

Opción 2: Acero galvanizado

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
C	2815	Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
D		30	Conector de compresión tipo H (Conexión Acero-Cobre)
E		10	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
I		10	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" y arandela redonda de 3/8"
L		2	Punta captadora en Al tipo Franklin de 1000 mm
N		4	Conector tipo poste de cercas

Opción 3: Acero inoxidable

NOTA: Dadas las grandes dimensiones exigidas en la tabla 16.1 del RETIE, para los flejes de acero inoxidable empleados en sistemas de apantallamiento, el costo de emplearlos es elevado, por lo que no se recomiendan. Sin embargo, el diseñador puede adoptar una alternativa empleando estos elementos, siempre y cuando cumpla con lo exigido en la Tabla 16.1 del RETIE.



SPT SUBESTACIONES DE PATIO

EH-SPT
010

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

FECHA APROBACION:

PAGINA:

ACIEM CAPITULO HUILA

NJEC

COMITE TECNICO

30-12-2016

3 de 4

NOTAS:

1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de los conductores empleados para conectar a tierra los cables de guarda, las crucetas y los demás elementos depende de las características propias de cada instalación y de la longitud del poste empleado.
3. La cantidad de elementos y la configuración de la malla de puesta a tierra presentada son indicativas de las características mínimas que debe tener el SPT. Sin embargo, en todos los casos se debe realizar un diseño del SPT de acuerdo con el RETIE y siguiendo el procedimiento presentado en la norma EH-SPT-000. De ser requerido, para garantizar las condiciones de seguridad, se podrán complementar los elementos del sistema de puesta a tierra presentados en esta norma, pero en ningún caso se podrán disminuir los mismos.
4. Los bajantes pueden instalarse dentro del poste o por fuera del mismo usando tubería eléctrica galvanizada IMC de 1/2" para protegerlos. Ver gráfica ilustrativa en la norma EH-SPT-021.
5. La malla de tierra deberá construirse en cable de cobre desnudo, cuyo calibre debe seleccionarse de acuerdo con la norma EH-SPT-000.
6. Se deben conectar a tierra todos los gabinetes, al igual que todo equipo eléctrico o metálico (incluyendo elementos no energizados) que se encuentren en el área de la subestación.
7. Sobre toda el área de la malla se debe instalar un material de alta resistividad, equivalente a una capa de 20 cm de altura con resistividad igual o superior a 2500 ohm-m. En la Tabla 5 de la norma EH-SPT-000 se presentan las características de los materiales típicamente utilizados para este propósito.
8. La conexión al sistema de puesta a tierra de los gabinetes de baja tensión se realizará utilizando el conductor de puesta a tierra para equipos conectado al buje del neutro del transformador, para estos tableros no se requiere cola del sistema de puesta a tierra, siempre que se cumpla con el esquema TNS.
9. En el caso de subestaciones con piso de concreto debe tenerse en cuenta que de acuerdo con lo establecido en la norma IEEE 80, la resistividad del concreto varía cuando se encuentra seco entre 1×10^6 y 1×10^9 ohm*m y entre 20 y 200 ohm*m cuando está húmedo. con el fin de cumplir con los límites de tensiones tolerables de paso y de contacto es necesario garantizar una completa impermeabilización de las losas ubicadas sobre las mallas de puesta a tierra, de no ser posible será necesaria la instalación de un piso dieléctrico sobre la losa, el cual tendrá un nivel de soportabilidad a la tensión mayor al GPR de la malla diseñada, adicional a esto, el concreto no debe llevar aditivos conductores como metales u otros elementos que modifiquen sus propiedades.
10. Con el propósito de evitar la incompatibilidad entre los materiales del sistema de puesta a tierra, no se permite la combinación de los mismos entre las diferentes opciones. Los elementos recomendados para los montajes del SPT son los que se presentan en las tablas de materiales.
11. Las alternativas de materiales sólo aplican para los elementos del SPT instalados por fuera del terreno, para la malla de puesta a tierra sólo se deben usar elementos de cobre.
12. Para la construcción de las mallas de puesta a tierra de las subestaciones sólo se aceptarán varillas cobre-cobre. No se deben emplear varillas de acero con recubrimiento de cobre u otros materiales.
13. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver tabla 1 de la norma EH-SPT-000.
14. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.



SPT SUBESTACIONES DE PATIO

EH-SPT
010

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

FECHA APROBACION:

PAGINA:

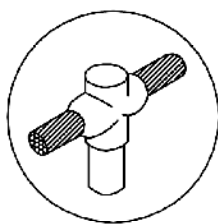
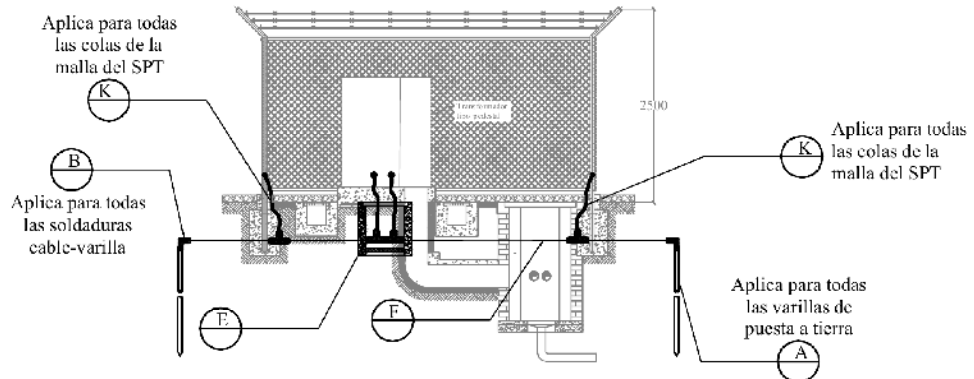
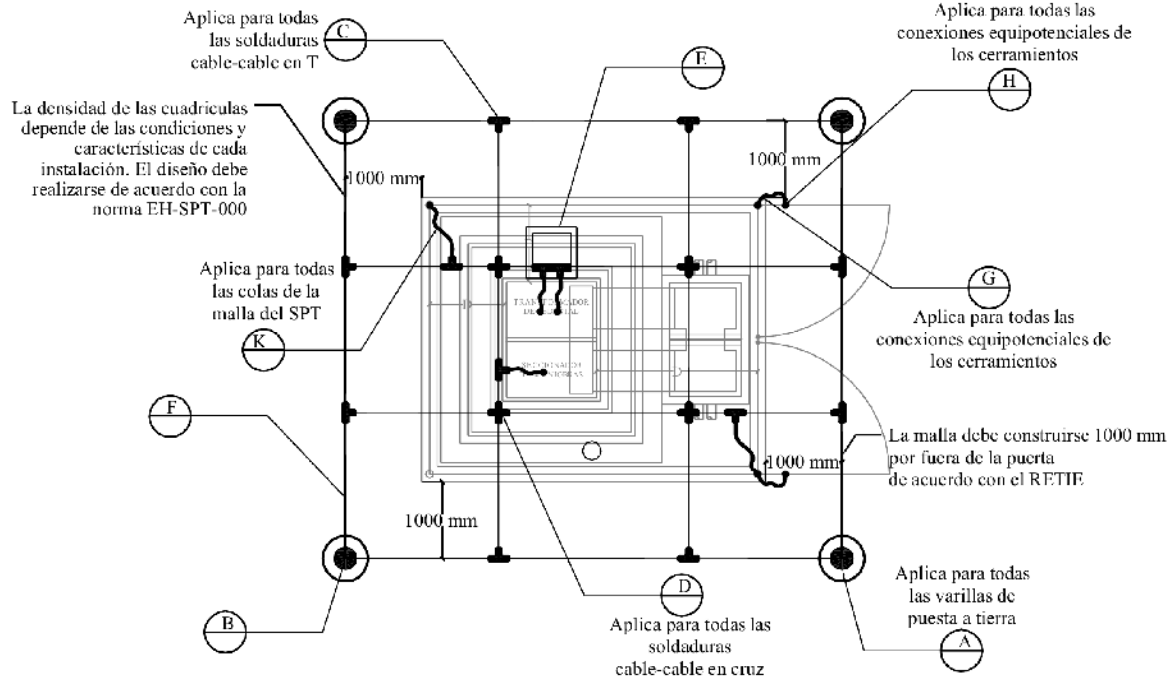
ACIEM CAPITULO HUILA

NJEC

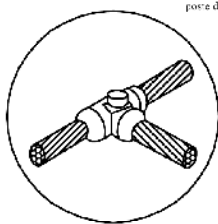
COMITE TECNICO

30-12-2016

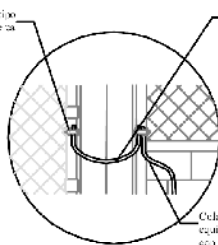
4 de 4



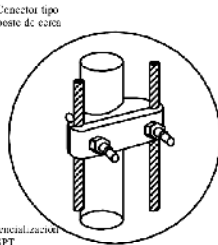
Soldadura exotérmica cable - varilla



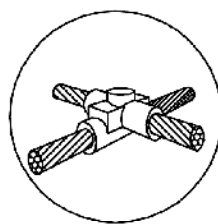
Soldadura exotérmica en T



Equipotencialización de puerta o malla de cerramiento



Conector tipo poste de cerca



Soldadura exotérmica en cruz



SPT SUBESTACIONES TIPO PEDESTAL

EH-SPT
011

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	1 de 2

Opción 1: Cobre

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	1411	Nota 3	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
B		Nota 3	Soldadura exotermica varilla-cable
C		Nota 3	Soldadura exotermica cable-cable en T
D		Nota 3	Soldadura exotermica cable-cable en cruz
E		1	Caja de inspección de 500x500 mm, mínimo 300x300 mm
F		Nota 3	Cable de cobre desnudo seleccionado de acuerdo con EH-SPT-000
G		2	Cable de cobre clase C
H		4	Conector tipo poste de cercas

NOTAS:

1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de las colas empleadas para conectar a tierra los equipos presentes dentro de la subestación depende de las características propias de cada instalación.
3. La cantidad de elementos y la configuración de la malla de puesta a tierra presentada son indicativas de las características mínimas que debe tener el SPT. Sin embargo, en todos los casos se debe realizar un diseño del SPT de acuerdo con el RETIE y siguiendo el procedimiento presentado en la norma EH-SPT-000. De ser requerido, para garantizar las condiciones de seguridad, se podrán complementar los elementos del sistema de puesta a tierra presentados en esta norma, pero en ningún caso se podrán disminuir los mismos.
4. La malla de tierra deberá construirse en cable de cobre desnudo, cuyo calibre debe seleccionarse de acuerdo con la norma EH-SPT-000.
5. Se deben conectar a tierra todos los gabinetes, al igual que todo equipo eléctrico o metálico (incluyendo elementos no energizados) que se encuentren en el área de la subestación.
6. Sobre toda el área de la malla se debe instalar un material de alta resistividad, equivalente a una capa de 20 cm de altura con resistividad igual o superior a 2500 ohm-m. En la Tabla 5 de la norma EH-SPT-000 se presentan las características de los materiales típicamente utilizados para este propósito.
7. La conexión al sistema de puesta a tierra de los gabinetes de baja tensión se realizará utilizando el conductor de puesta a tierra para equipos conectado al buje del neutro del transformador, para estos tableros no se requiere cola del sistema de puesta a tierra, siempre que se cumpla con el esquema TNS.
8. En el caso de subestaciones con piso de concreto debe tenerse en cuenta que de acuerdo con lo establecido en la norma IEEE 80, la resistividad del concreto varía cuando se encuentra seco entre 1×10^6 y 1×10^9 ohm*m y entre 20 y 200 ohm*m cuando está húmedo. con el fin de cumplir con los límites de tensiones tolerables de paso y de contacto es necesario garantizar una completa impermeabilización de las losas ubicadas sobre las mallas de puesta a tierra, de no ser posible será necesaria la instalación de un piso dieléctrico sobre la losa, el cual tendrá un nivel de soportabilidad a la tensión mayor al GPR de la malla diseñada, adicional a esto, el concreto no debe llevar aditivos conductores como metales u otros elementos que modifiquen sus propiedades.
9. Para la construcción de las mallas de puesta a tierra de las subestaciones sólo se aceptarán varillas cobre-cobre. No se deben emplear varillas de acero con recubrimiento de cobre u otros materiales.
10. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver Tabla 1 de la norma EH-SPT-000.
11. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.



SPT SUBESTACIONES TIPO PEDESTAL

EH-SPT
011

ELABORÓ:

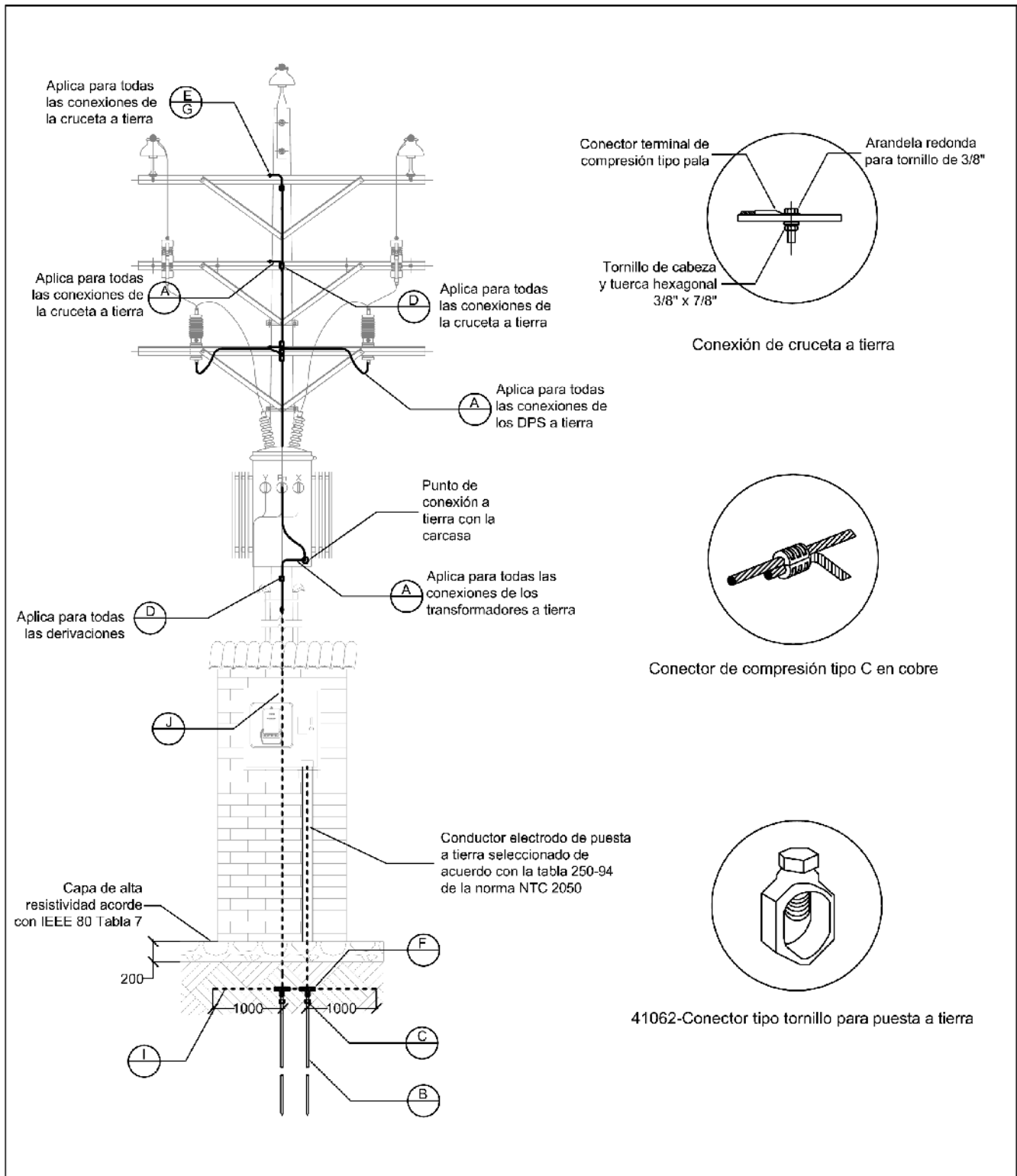
FECHA APROBACION:

PAGINA:

ACIEM CAPITULO HUILA

30-12-2016

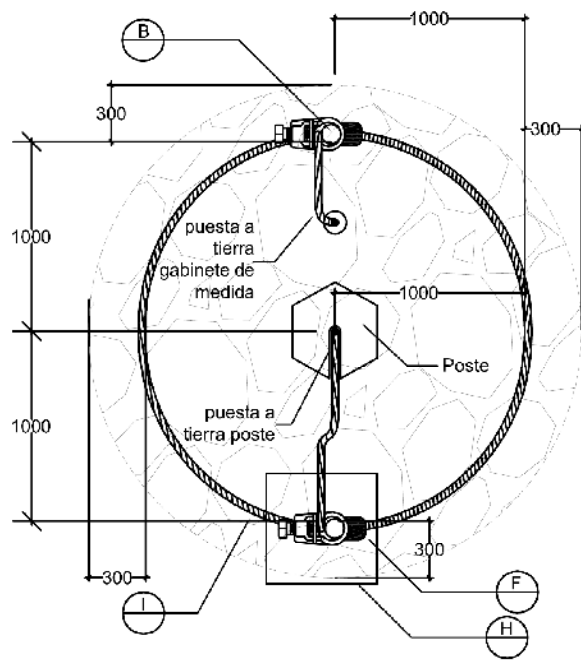
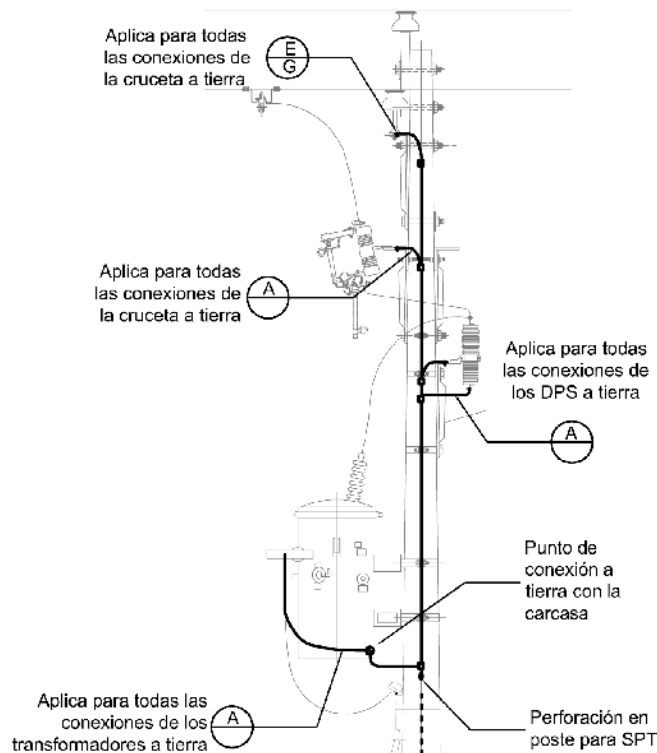
2 de 2



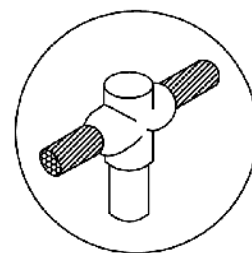
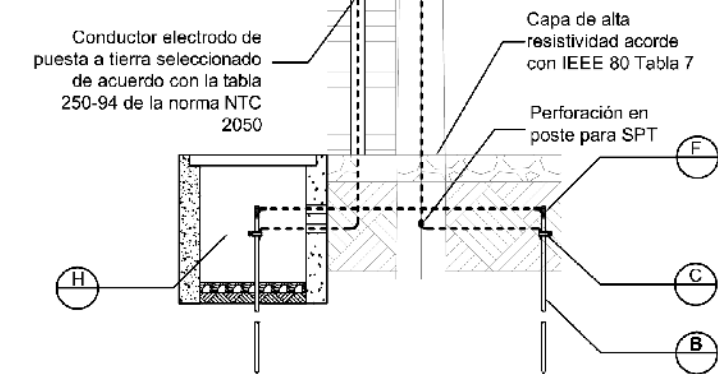
SPT SUBESTACIONES TIPO POSTE TRANSFORMADOR
MONOFÁSICO EN POSTE SENCILLO

EH-SPT
012

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	1 de 6



DETALLE E
Sistema de puesta a tierra



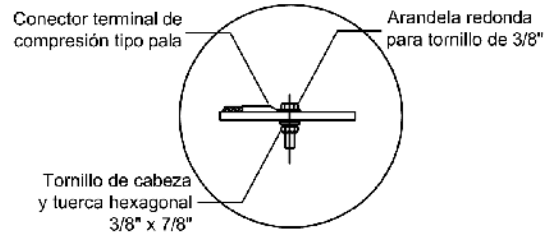
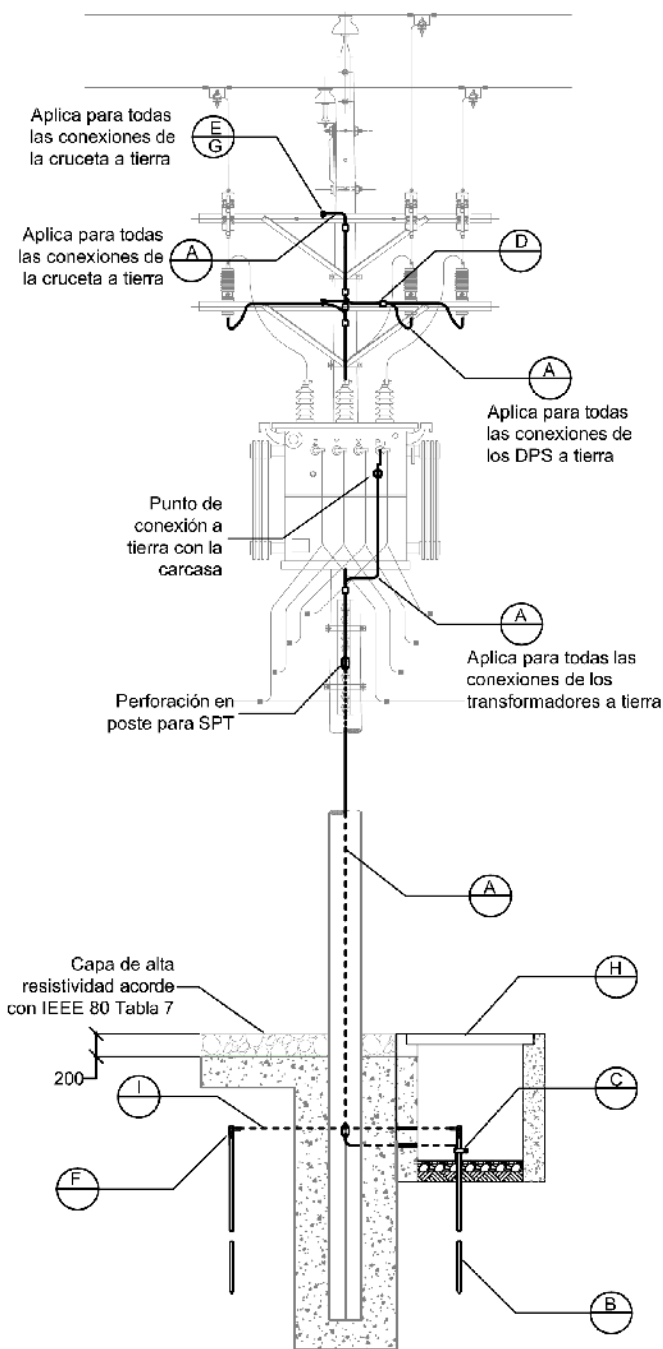
Soldadura exotérmica cable - varilla



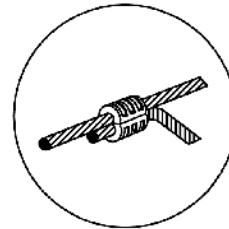
SPT SUBESTACIONES TIPO POSTE TRANSFORMADOR
MONOFÁSICO EN POSTE SENCILLO

EH-SPT
012

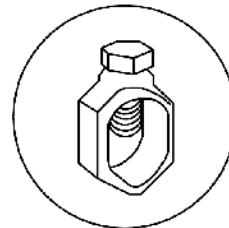
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	2 de 6



Conexión de cruzeta a tierra



Conector de compresión tipo C en cobre



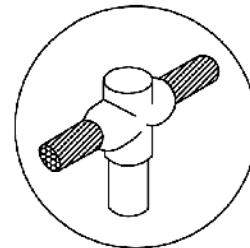
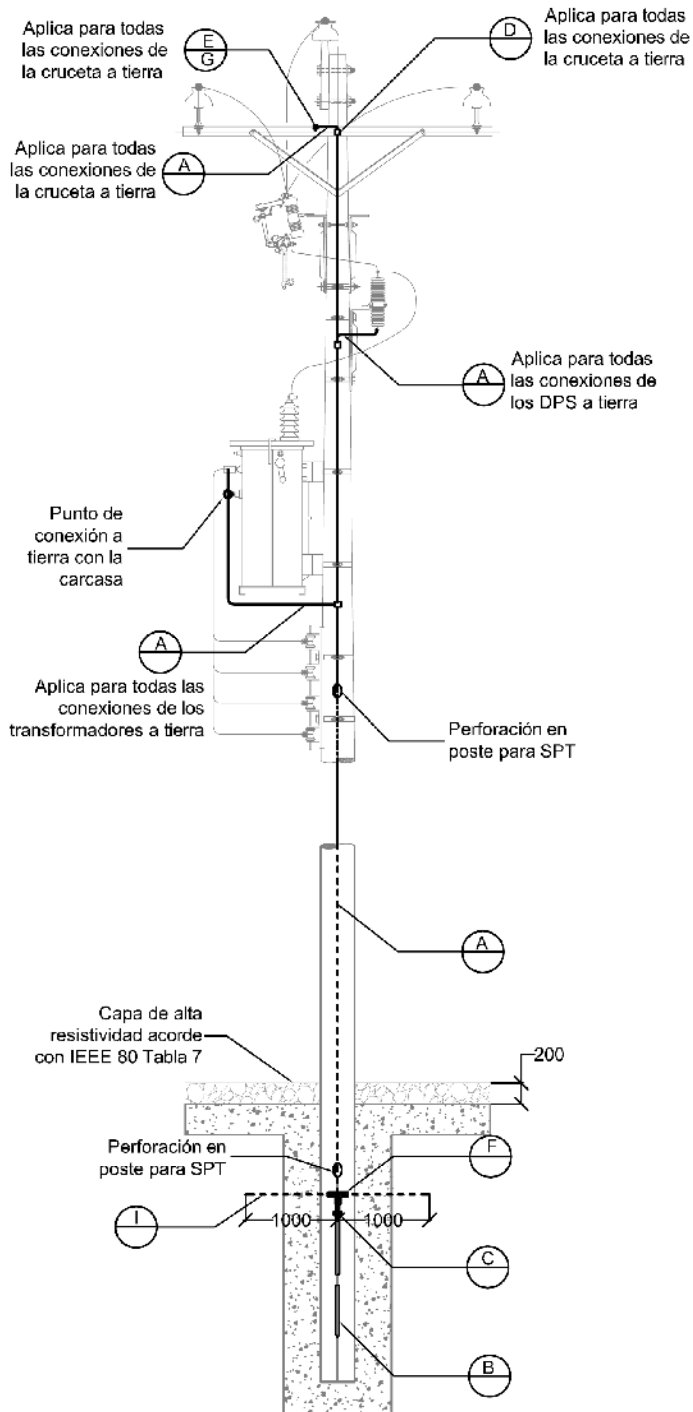
41062-Conector tipo tornillo para puesta a tierra



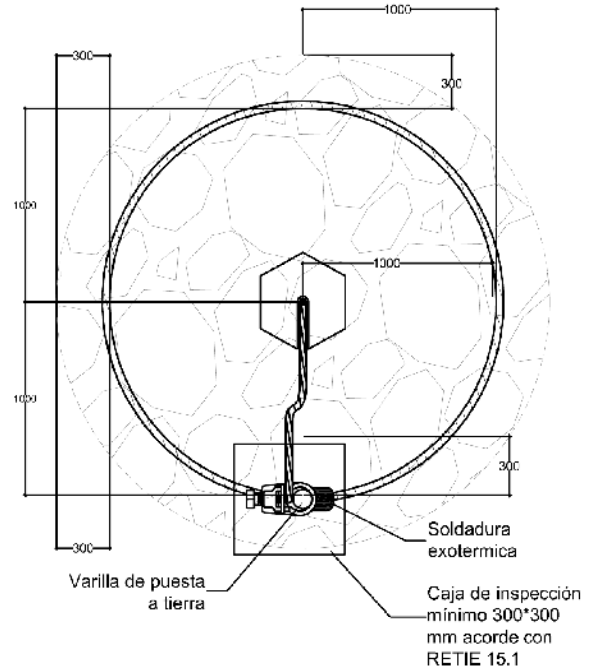
SPT SUBESTACIONES TIPO POSTE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO EN POSTE SENCILLO

EH-SPT 012

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	3 de 6



Soldadura exotérmica cable - varilla



DETALLE SISTEMA DE PUESTA A TIERRA SUBESTACIÓN EN POSTE SENCILLO



SPT SUBESTACIONES TIPO POSTE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO EN POSTE SENCILLO

EH-SPT 012

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	4 de 6

Opción 1: Cobre - Cofiguración transformador monofásico

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
B	1411	2	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
C	41062	2	Conector tipo tornillo para puesta a tierra
D		6	Conector de compresión tipo C en cobre
E		3	Conector de compresion tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		2	Soldadura exotermica varilla-cable
G		3	Tornillo en acero galvanizado de cabeza y tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H		1	Caja de inspección minimo 300x300 mm
I		Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 1/0 AWG
J	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

Opción 2: Acero galvanizado - Cofiguración transformador monofásico

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
B	1411	2	Electrodo de puesta a tierra de acero galvanizado 2438 x 15.88 mm
C	41062	2	Conector preinstalado en varilla de acero galvanizado
D		6	Conector de compresión tipo H
E		3	Borna terminal de un ojo
F		2	Grapa tipo abrazadera
G		3	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" y arandela redonda de 3/8"
H		1	Caja de inspección minimo 300x300 mm
I		Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
J	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

NOTAS

1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de los conductores empleados para conectar a tierra los cables de guarda, las crucetas, los transformadores y otros elementos dependen de las características propias de cada instalación.
3. Alrededor del poste se debe instalar un anillo de 1 m de radio, el cual debe elaborarse usando los materiales especificados en las tablas de las opciones de materiales.
4. Los bajantes pueden instalarse dentro del poste o por fuera del mismo usando tubería eléctrica galvanizada IMC de 1/2" para protegerlos. Ver gráfica ilustrativa en la norma EH-SPT-021.
5. Se deben conectar a tierra todos los gabinetes, al igual que todo equipo eléctrico o metálico (incluyendo elementos no energizados) que se encuentren en el área de la subestación.
6. Sobre toda el área de la malla se debe instalar un material de alta resistividad, equivalente a una capa de 20 cm de altura con resistividad igual o superior a 2500 ohm-m. En la Tabla 5 de la norma EH-SPT-000 se presentan las características de los materiales típicamente utilizados para este propósito.
7. La conexión al sistema de puesta a tierra de los gabinetes de baja tensión se realizará utilizando el conductor de puesta a tierra para equipos conectado al buje del neutro del transformador, para estos tableros no se requiere cola del sistema de puesta a tierra, siempre que se cumpla con el esquema TNS.



SPT SUBESTACIONES TIPO POSTE

EH-SPT
012

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

FECHA APROBACION:

PAGINA:

ACIEM CAPITULO HUILA

NJEC

COMITE TECNICO

30-12-2016

5 de 6

NOTAS

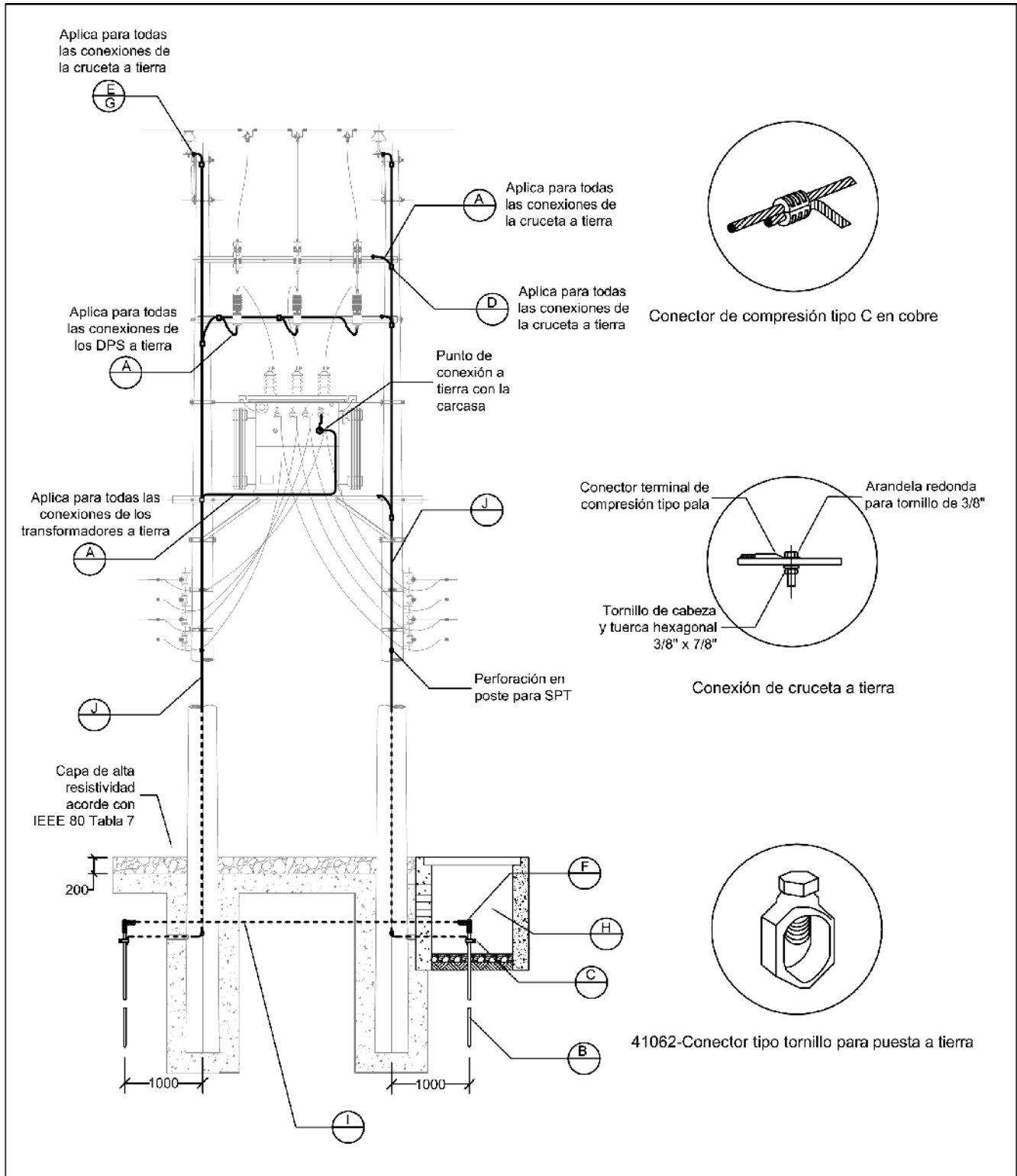
8. Con el propósito de evitar la incompatibilidad entre los materiales del sistema de puesta a tierra, no se permite la combinación de los mismos entre las diferentes opciones. Los elementos recomendados para los montajes del SPT son los que se presentan en las tablas de materiales.
9. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.
10. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver tabla 1 de la norma EH-SPT-000.



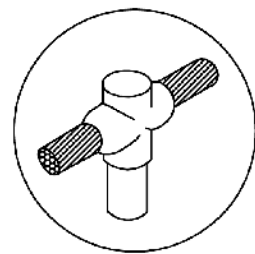
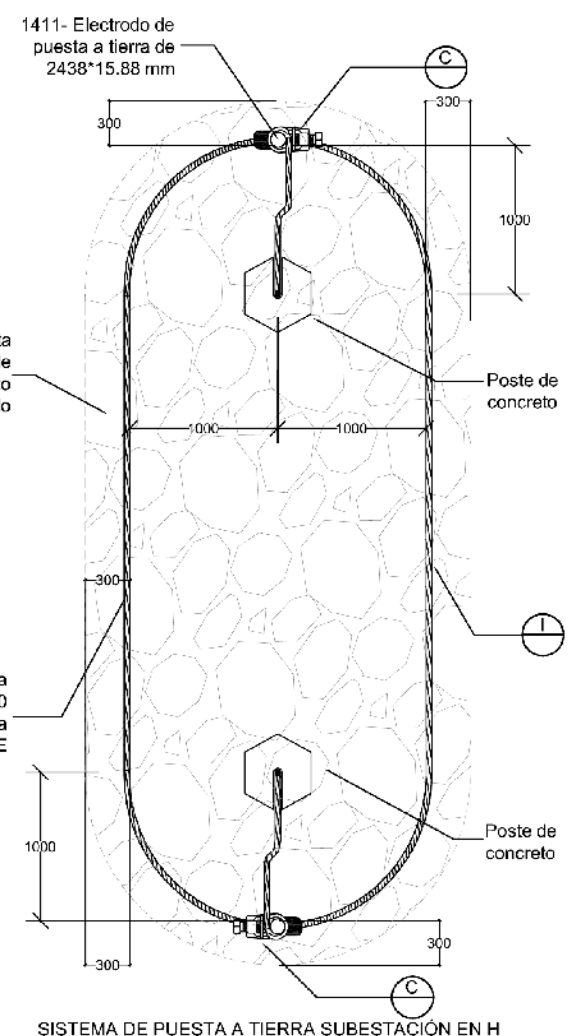
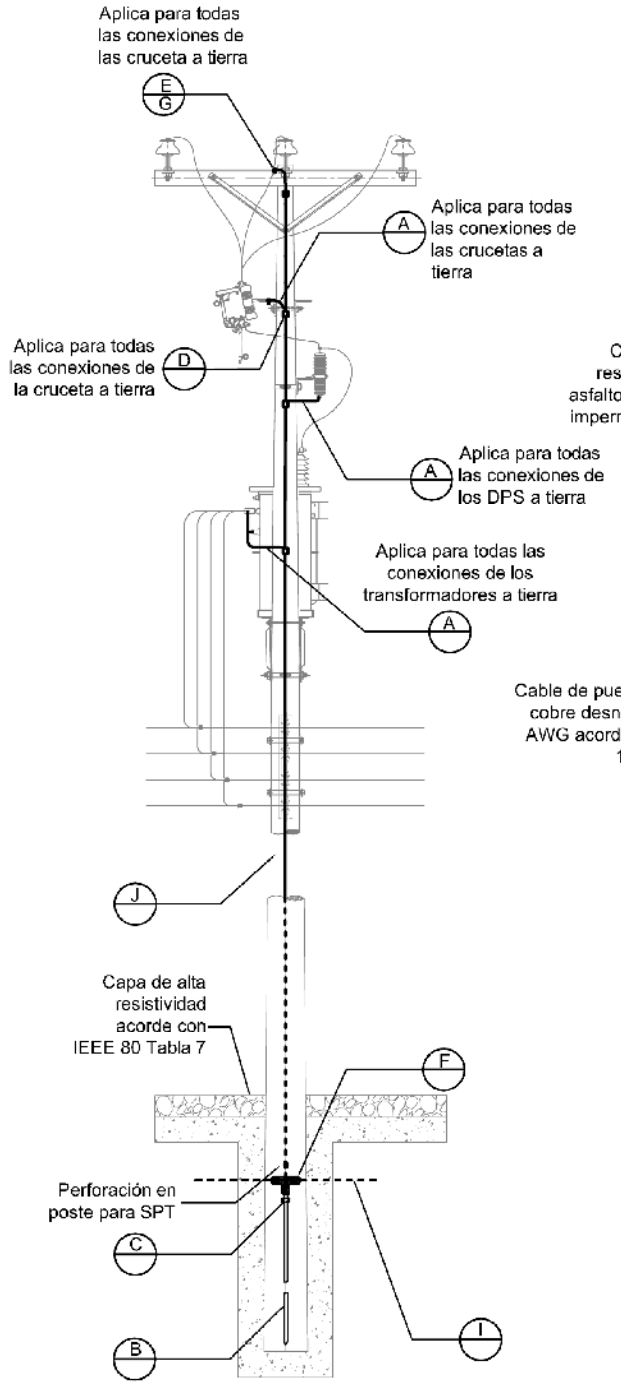
SPT SUBESTACIONES TIPO POSTE

EH-SPT
012


ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	6 de 6



ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	1 de 4



Soldadura exotérmica cable - varilla

		<p>SPT SUBESTACIONES TIPO POSTE EN ESTRUCTURA EN H</p>		<p>EH-SPT 013</p>
<p>ELABORÓ:</p> <p>ACIEM CAPITULO HUILA</p>	<p>REVISÓ:</p> <p>NJEC</p>	<p>APROBÓ:</p> <p>COMITE TECNICO</p>	<p>FECHA APROBACION:</p> <p>30-12-2016</p>	<p>PAGINA:</p> <p>2 de 4</p>

Opción 1: Cobre

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
B	1411	2	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
C	41062	2	Conector tipo tornillo para puesta a tierra
D		9	Conector de compresión tipo C en cobre
E		5	Conector de compresion tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		2	Soldadura exotermica varilla-cable
G		5	Tornillo en acero galvanizado de cabeza y tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H		1	Caja de inspección minimo 300x300 mm
I		Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 1/0 AWG
J	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

Opción 2: Acero galvanizado

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
B	1411	2	Electrodo de puesta a tierra de acero galvanizado 2438 x 15.88 mm
C	41062	2	Conector preinstalado en varilla de acero galvanizado
D		9	Conector de compresión tipo H
E		5	Borna terminal de un ojo
F		2	Grapa tipo abrazadera
G		5	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" y arandela redonda de 3/8"
H		1	Caja de inspección minimo 300x300 mm
I		Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
J	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

NOTAS

1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de los conductores empleados para conectar a tierra los cables de guarda, las crucetas, los transformadores y otros elementos dependen de las características propias de cada instalación.
3. Alrededor del poste se debe instalar un anillo de 1 m de radio, el cual debe elaborarse usando los materiales especificados en las tablas de las opciones de materiales.
4. Los bajantes pueden instalarse dentro del poste o por fuera del mismo usando tubería eléctrica galvanizada IMC de 1/2" para protegerlos. Ver gráfica ilustrativa en la norma EH-SPT-021.
5. Se deben conectar a tierra todos los gabinetes, al igual que todo equipo eléctrico o metálico (incluyendo elementos no energizados) que se encuentren en el área de la subestación.
6. Sobre toda el área de la malla se debe instalar un material de alta resistividad, equivalente a una capa de 20 cm de altura con resistividad igual o superior a 2500 ohm-m. En la Tabla 5 de la norma EH-SPT-000 se presentan las características de los materiales típicamente utilizados para este propósito.
7. La conexión al sistema de puesta a tierra de los gabinetes de baja tensión se realizará utilizando el conductor de puesta a tierra para equipos conectado al buje del neutro del transformador, para estos tableros no se requiere cola del sistema de puesta a tierra, siempre que se cumpla con el esquema TNS.
8. Con el propósito de evitar la incompatibilidad entre los materiales del sistema de puesta a tierra, no se permite la combinación de los mismos entre las diferentes opciones. Los elementos recomendados para los montajes del SPT son los que se presentan en las tablas de materiales.



SPT SUBESTACIONES TIPO POSTE EN ESTRUCTURA EN H

EH-SPT
013

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	3 de 4

NOTAS

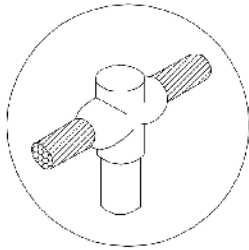
8. Con el propósito de evitar la incompatibilidad entre los materiales del sistema de puesta a tierra, no se permite la combinación de los mismos entre las diferentes opciones. Los elementos recomendados para los montajes del SPT son los que se presentan en las tablas de materiales.
9. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.
10. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver tabla 1 de la norma EH-SPT-000.



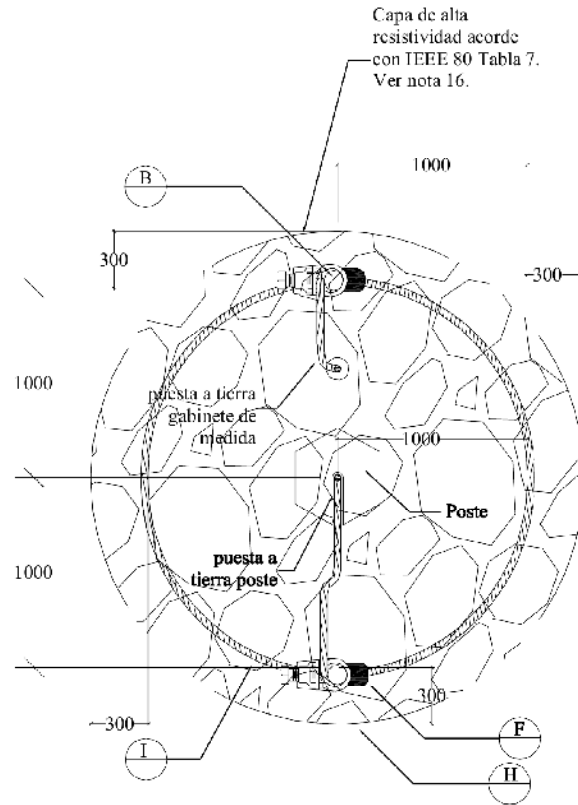
SPT SUBESTACIONES TIPO POSTE EN ESTRUCTURA EN H

EH-SPT
013

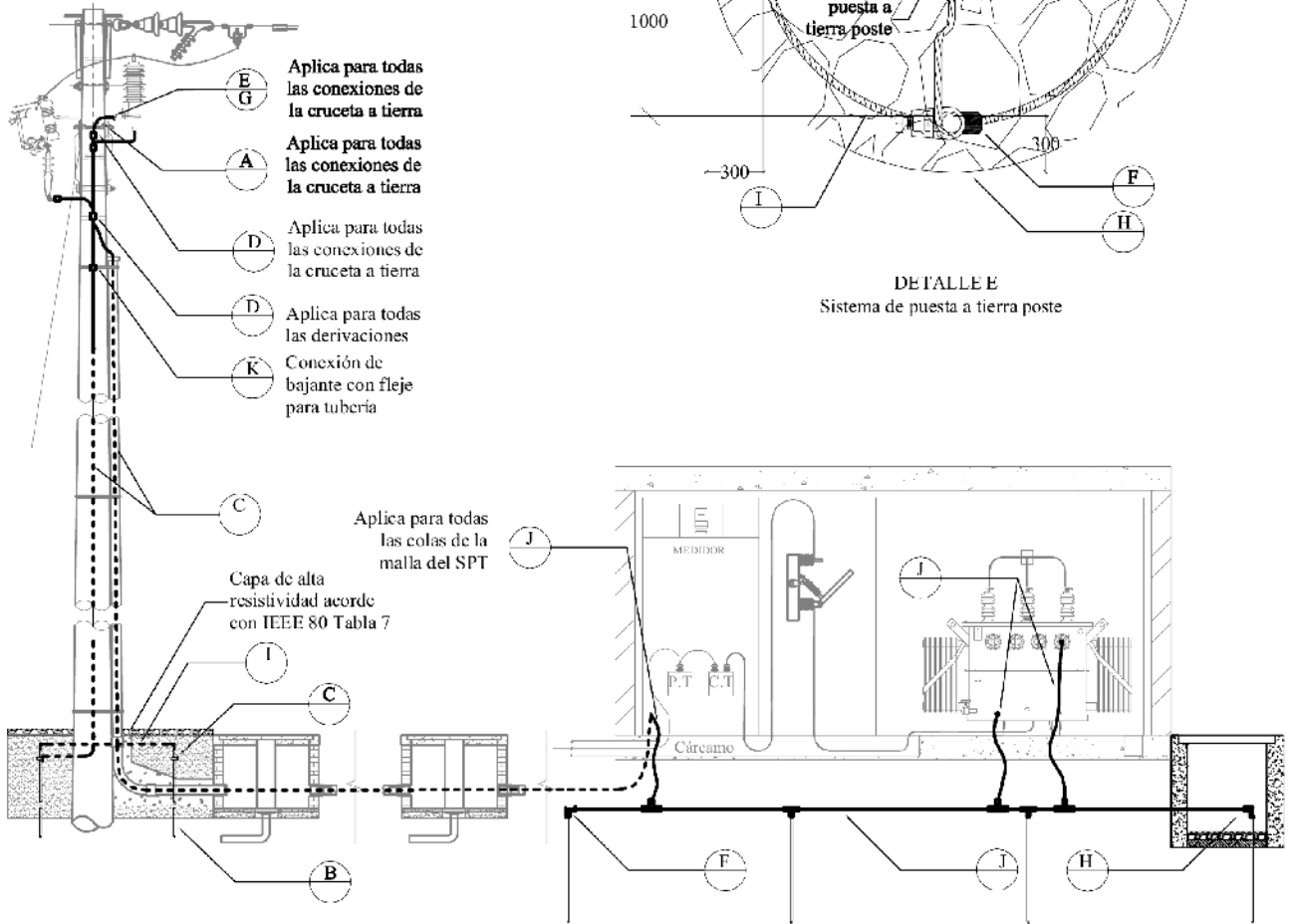
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	4 de 4



Soldadura exotérmica cable - varilla



DETALLE E
Sistema de puesta a tierra poste



SPT SUBESTACIONES TIPO POSTE TRANSFORMADOR
MONOFÁSICO EN POSTE SENCILLO

EH-SPT
014

ELABORÓ: ACIEM CAPITULO HUILA	REVISÓ: NJEK	APROBÓ: COMITE TECNICO	FECHA APROBACION: 30-12-2016	PAGINA: 1 de 3
----------------------------------	-----------------	---------------------------	---------------------------------	-------------------

Opción 1: Cobre

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
B	1411	Nota 3	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
C	41062	1	Conector tipo tornillo para puesta a tierra
D	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
E		1	Conector de compresion tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		Nota 3	Soldadura exotermica varilla-cable
G		1	Tornillo en acero galvanizado de cabeza y tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H		1	Caja de inspección minimo 300x300 mm
I		Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 1/0 AWG
J		Nota 3	Cable de cobre desnudo seleccionado de acuerdo con EH-SPT-000
K		1	Conector de compresión tipo H (Conexión Acero-Cobre)

Opción 2: Acero galvanizado

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
B	1411	Nota 3	Electrodo de puesta a tierra de acero galvanizado 2438 x 15.88 mm
C	41062	1	Conector preinstalado en varilla de acero galvanizado
D	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
E		1	Borna terminal de un ojo
F		Nota 3	Grapa tipo abrazadera
G		1	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" y arandela redonda de 3/8"
H		1	Caja de inspección minimo 300x300 mm
I		Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
J		Nota 3	Cable de cobre desnudo seleccionado de acuerdo con EH-SPT-000
K		1	Conector de compresión tipo H

NOTAS

1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de los conductores empleados para conectar a tierra los cables de guarda, las crucetas, los transformadores y otros elementos dependen de las características propias de cada instalación, incluyendo la longitud del poste.
3. La cantidad de elementos y la configuración de la malla de puesta a tierra presentada son indicativas de las características mínimas que debe tener el SPT. Sin embargo, en todos los casos se debe realizar un diseño del SPT de acuerdo con el RETIE y siguiendo el procedimiento presentado en la norma EH-SPT-000. De ser requerido, para garantizar las condiciones de seguridad, se podrán complementar los elementos del sistema de puesta a tierra presentados en esta norma, pero en ningún caso se podrán disminuir los mismos.
4. Alrededor del poste se debe instalar un anillo de 1 m de radio, el cual debe elaborarse usando los materiales especificados en las tablas de las opciones de materiales.
5. Los bajantes pueden instalarse dentro del poste o por fuera del mismo usando tubería eléctrica galvanizada IMC de 1/2" para protegerlos. Ver gráfica ilustrativa en la norma EH-SPT-021.
6. Se deben conectar a tierra todos los gabinetes, al igual que todo equipo eléctrico o metálico (incluyendo elementos no energizados) que se encuentren en el área de la subestación.



SPT SUBESTACIONES TIPO POSTE TRANSFORMADOR
MONOFÁSICO EN POSTE SENCILLO

EH-SPT
014

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	2 de 3

NOTAS

8. La conexión al sistema de puesta a tierra de los gabinetes de baja tensión se realizará utilizando el conductor de puesta a tierra para equipos conectado al buje del neutro del transformador, para estos tableros no se requiere cola del sistema de puesta a tierra, siempre que se cumpla con el esquema TNS.
9. Con el propósito de evitar la incompatibilidad entre los materiales del sistema de puesta a tierra, no se permite la combinación de los mismos entre las diferentes opciones. Los elementos recomendados para los montajes del SPT son los que se presentan en las tablas de materiales.
10. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.
11. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver tabla 1 de la norma EH-SPT-000.
12. La malla de tierra deberá construirse en cable de cobre desnudo, cuyo calibre debe seleccionarse de acuerdo con la norma EH-SPT-000
13. En el caso de subestaciones con piso de concreto debe tenerse en cuenta que de acuerdo con lo establecido en la norma IEEE 80, la resistividad del concreto varía cuando se encuentra seco entre 1×10^6 y 1×10^9 ohm*m y entre 20 y 200 ohm*m cuando está húmedo. con el fin de cumplir con los límites de tensiones tolerables de paso y de contacto es necesario garantizar una completa impermeabilización de las losas ubicadas sobre las mallas de puesta a tierra, de no ser posible será necesaria la instalación de un piso dieléctrico sobre la losa, el cual tendrá un nivel de soportabilidad a la tensión mayor al GPR de la malla diseñada, adicional a esto, el concreto no debe llevar aditivos conductores como metales u otros elementos que modifiquen sus propiedades.
14. Las alternativas de materiales sólo aplican para los elementos del SPT instalados por fuera del terreno, para la malla de puesta a tierra sólo se deben usar elementos de cobre.
15. Para la construcción de las mallas de puesta a tierra de las subestaciones sólo se aceptarán varillas cobre-cobre. No se deben emplear varillas de acero con recubrimiento de cobre u otros materiales.
16. Sobre toda el área de la malla se debe instalar un material de alta resistividad, equivalente a una capa de 20 cm de altura con resistividad igual o superior a 2500 ohm-m. En la Tabla 5 de la norma EH-SPT-000 se presentan las características de los materiales típicamente utilizados para este propósito.



SPT SUBESTACIONES TIPO POSTE TRANSFORMADOR
MONOFÁSICO EN POSTE SENCILLO

EH-SPT
014

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

FECHA APROBACION:

PAGINA:

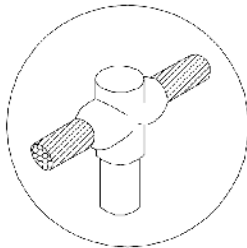
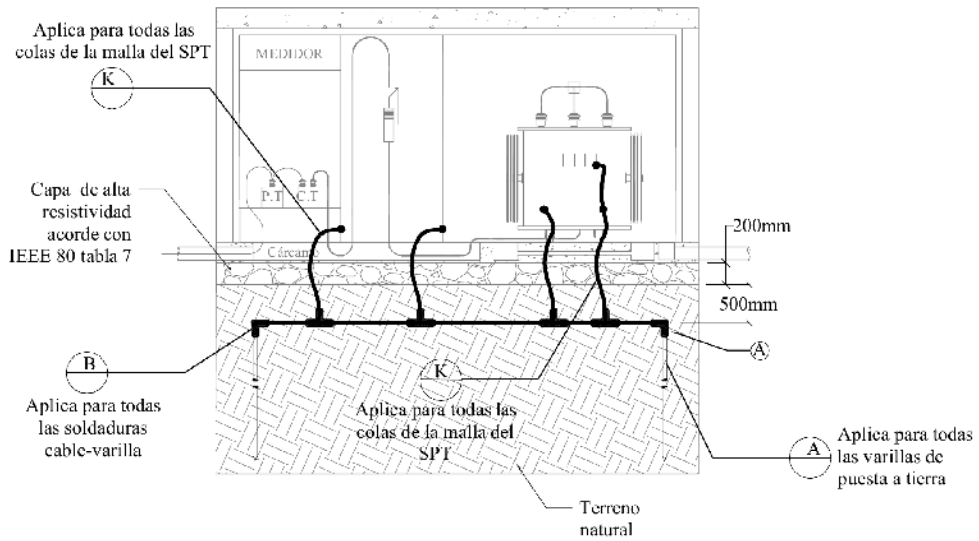
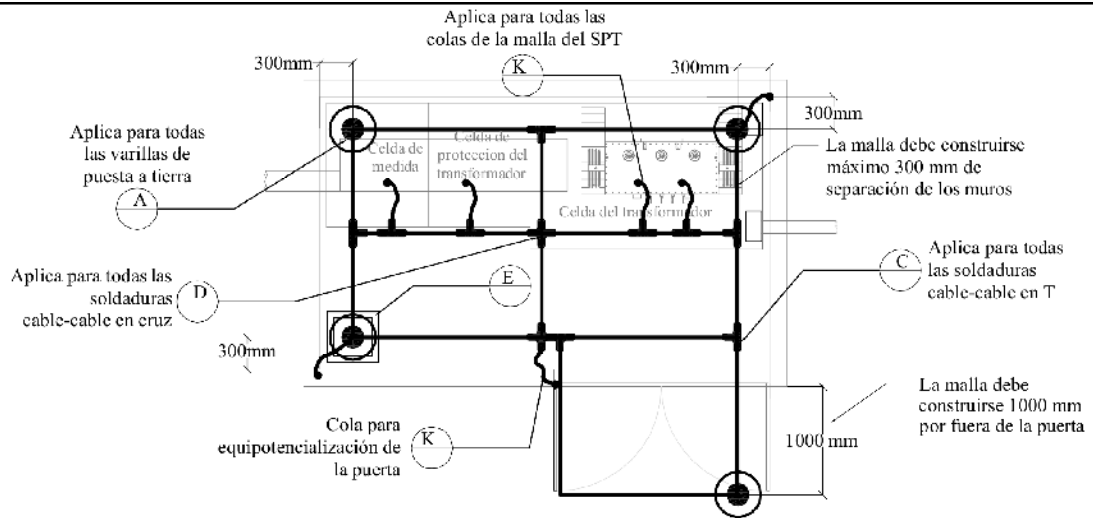
ACIEM CAPITULO HUILA

NJEC

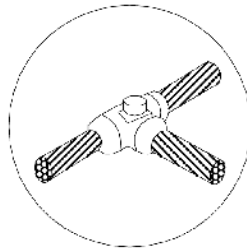
COMITE TECNICO

30-12-2016

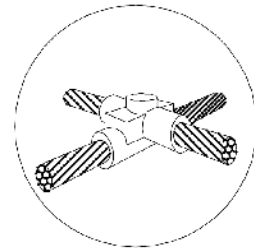
3 de 3



Soldadura exotérmica cable - varilla



Soldadura exotérmica en T



Soldadura exotérmica en cruz



SPT SUBESTACIONES INTERIORES

EH-SPT
015

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	1 de 2

Opción 1: Cobre

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	1411	Nota 3	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
B		Nota 3	Soldadura exotermica varilla-cable
C		Nota 3	Soldadura exotermica cable-cable en T
D		Nota 3	Soldadura exotermica cable-cable en cruz
E		1	Caja de inspección de 500x500 mm, mínimo 300x300 mm
F		Nota 3	Cable de cobre desnudo seleccionado de acuerdo con EH-SPT-000

NOTAS:

1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de las colas empleadas para conectar a tierra los equipos presentes dentro de la subestación depende de las características propias de cada instalación.
3. La cantidad de elementos y la configuración de la malla de puesta a tierra presentada son indicativas de las características mínimas que debe tener el SPT. Sin embargo, en todos los casos se debe realizar un diseño del SPT de acuerdo con el RETIE y siguiendo el procedimiento presentado en la norma EH-SPT-000. De ser requerido, para garantizar las condiciones de seguridad, se podrán complementar los elementos del sistema de puesta a tierra presentados en esta norma, pero en ningún caso se podrán disminuir los mismos.
4. La malla de tierra deberá construirse en cable de cobre desnudo, cuyo calibre debe seleccionarse de acuerdo con la norma EH-SPT-000.
5. Se deben conectar a tierra todos los gabinetes, al igual que todo equipo eléctrico o metálico (incluyendo elementos no energizados) que se encuentren en el área de la subestación.
6. Sobre toda el área de la malla se debe instalar un material de alta resistividad, equivalente a una capa de 20 cm de altura con resistividad igual o superior a 2500 ohm-m. En la Tabla 5 de la norma EH-SPT-000 se presentan las características de los materiales típicamente utilizados para este propósito.
7. La conexión al sistema de puesta a tierra de los gabinetes de baja tensión se realizará utilizando el conductor de puesta a tierra para equipos conectado al buje del neutro del transformador, para estos tableros no se requiere cola del sistema de puesta a tierra, siempre que se cumpla con el esquema TNS.
8. En el caso de subestaciones con piso de concreto debe tenerse en cuenta que de acuerdo con lo establecido en la norma IEEE 80, la resistividad del concreto varía cuando se encuentra seco entre 1×10^6 y 1×10^9 ohm*m y entre 20 y 200 ohm*m cuando está húmedo. con el fin de cumplir con los límites de tensiones tolerables de paso y de contacto es necesario garantizar una completa impermeabilización de las losas ubicadas sobre las mallas de puesta a tierra, de no ser posible será necesaria la instalación de un piso dieléctrico sobre la losa, el cual tendrá un nivel de soportabilidad a la tensión mayor al GPR de la malla diseñada, adicional a esto, el concreto no debe llevar aditivos conductores como metales u otros elementos que modifiquen sus propiedades.
9. Para la construcción de las mallas de puesta a tierra de las subestaciones sólo se aceptarán varillas cobre-cobre. No se deben emplear varillas de acero con recubrimiento de cobre u otros materiales.
10. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver Tabla 1 de la norma EH-SPT-000.
11. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.



SPT SUBESTACIONES INTERIORES

EH-SPT
015

ELABORÓ:

FECHA APROBACION:

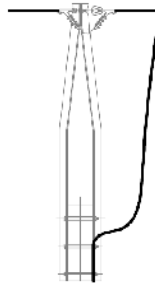
PAGINA:

ACIEM CAPITULO HUILA

30-12-2016

2 de 2

Aplica para todas las conexiones del cable de guarda a tierra



Aplica para todas las conexiones de la cruzeta a tierra



Aplica para todas las conexiones de la cruzeta a tierra



Aplica para todas las conexiones de la cruzeta a tierra



Aplica para todas las conexiones de la cruzeta a tierra



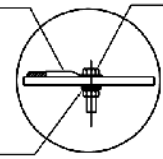
Perforación en poste para SPT



Perforación en poste para SPT



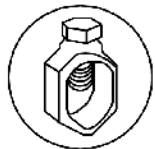
Conector terminal de compresión tipo pala



Tornillo de acero galvanizado de cabeza y tuerca hexagonal 3/8" x 1"

Arandela redonda para tornillo de 3/8"

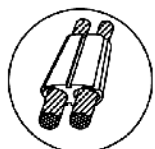
Conexión de cruzeta a tierra



41062-Conector tipo tornillo para puesta a tierra



Conector de compresión tipo C en cobre



Conector de compresión tipo H



SPT REDES TRIFÁSICAS DE 13.2 kV CON CABLE DE GUARDA
POSTE SENCILLO

EH-SPT
016

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

FECHA APROBACION:

PAGINA:

ACIEM CAPITULO HUILA

NJEC

COMITE TECNICO

30-12-2016

1 de 3

Opción 1: Cobre

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
B	1411	1	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
C	41062	1	Conector tipo tornillo para puesta a tierra
D		3	Conector de compresión tipo C en cobre
E		3	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector de compresión tipo H
G		3	Tornillo en acero galvanizado de cabeza y tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

Opción 2: Acero galvanizado

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	2815	Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
B		1	Electrodo de puesta a tierra de acero galvanizado 2438 x 15.88 mm
C		1	Conector preinstalado en varilla de acero galvanizado
D		3	Conector de compresión tipo H
E		3	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector de compresión tipo H
G		3	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

Opción 3: Acero inoxidable

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A		Nota 2	Fleje 22,2 mm x 1,2 mm (incluye transductor de 20 cm acoplado en el extremo superior)
B		1	Electrodo de puesta a tierra en acero inoxidable 2400 x 15 mm
C		1	Conector fleje – varilla en acero inoxidable, ajustable con tornillo 10-14 mm (fleje-varilla)
D		3	Conector tipo H en acero inoxidable
E		3	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector tipo H en acero inoxidable
G		3	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
		Nota 5	Abrazaderas en acero inoxidable de 3/8" x 1,5 m



SPT REDES TRIFÁSICAS DE 13.2 kV CON CABLE DE GUARDA
POSTE SENCILLO

EH-SPT
016

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

FECHA APROBACION:

PAGINA:

ACIEM CAPITULO HUILA

NJEC

COMITE TECNICO

30-12-2016

2 de 3

NOTAS

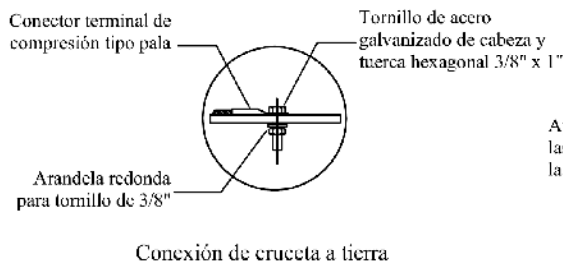
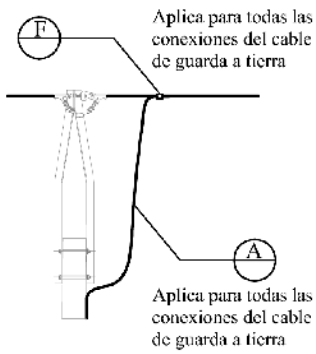
1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de los conductores empleados para conectar a tierra los cables de guarda, las crucetas y los demás elementos depende de las características propias de cada instalación y de la longitud del poste empleado.
3. Los bajantes pueden instalarse dentro del poste o por fuera del mismo usando tubería eléctrica galvanizada de 1/2" para protegerlos. Ver gráfico de alternativa de bajante en la norma EH-SPT-021.
4. Con el propósito de evitar la incompatibilidad entre los materiales del sistema de puesta a tierra, no se permite la combinación de los mismos entre las diferentes opciones. Los elementos recomendados para los montajes del SPT son los que se presentan en las tablas de opciones de materiales.
5. Las abrazaderas en acero inoxidable de 3/8"x1.5 m se instalarán a 2 m del suelo la primera y a partir de ahí cada 1.5 m se instalarán las restantes. El kit de puesta a tierra en acero inoxidable contiene seis abrazaderas.
6. Con el fin de brindar protección a los cables de puesta a tierra los postes deben contar con dos perforaciones. La perforación superior debe quedar 20 cm por debajo de la última perforación utilizada para la fijación de herrajes, mientras que la perforación inferior debe estar 20 cm por debajo de la línea de enterramiento del poste.
7. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver tabla 1 de la norma EH-SPT-000.
8. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.
9. Los cables de guarda deberán conectarse a tierra cada poste intermedio (una conexión a tierra cada dos postes) o en postes adyacentes cuando la separación entre postes supere los 200 metros.



SPT REDES TRIFÁSICAS DE 13.2 kV CON CABLE DE GUARDA
POSTE SENCILLO

EH-SPT
016

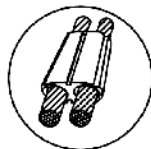
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	3 de 3



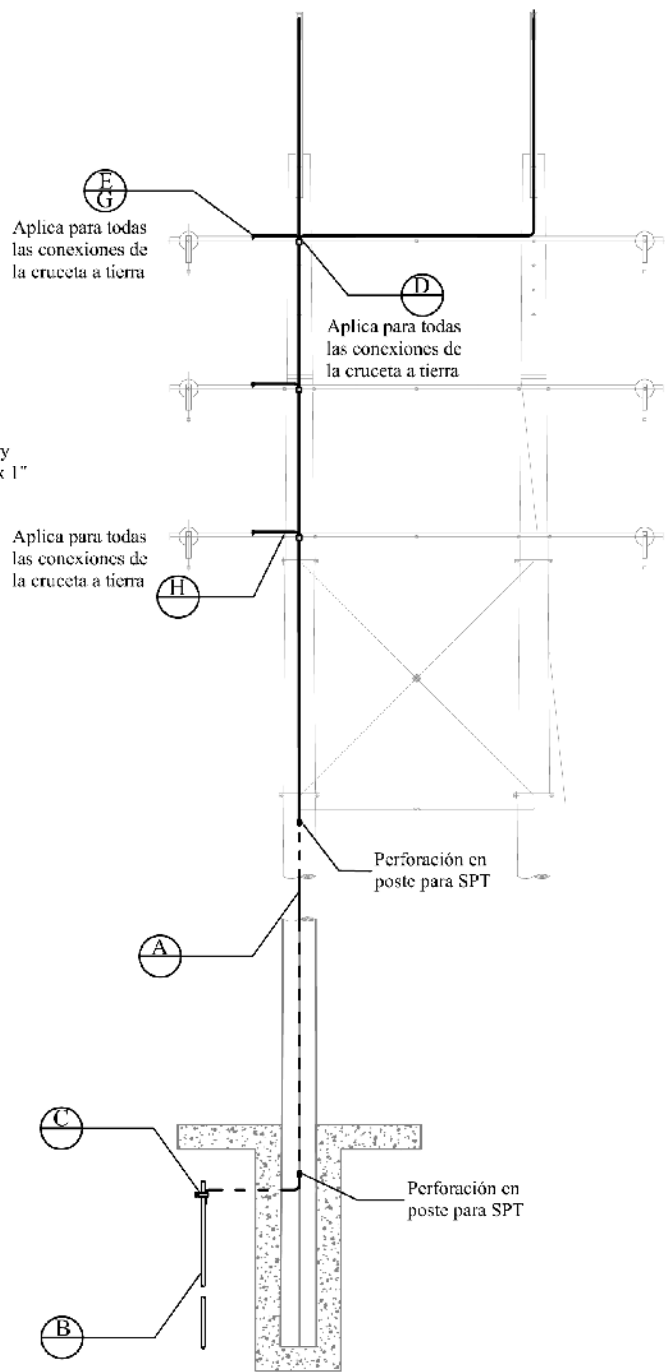
41062-Conector tipo tornillo para puesta a tierra



Conector de compresión tipo C en cobre



Conector de compresión tipo H



SPT REDES TRIFÁSICAS DE 13.2 kV CON CABLE DE GUARDA ESTRUCTURA EN II

EH-SPT 017

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	1 de 3

Opción 1: Cobre

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
B	1411	1	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
C	41062	1	Conector tipo tornillo para puesta a tierra
D		3	Conector de compresión tipo C en cobre
E		3	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector de compresión tipo H
G		3	Tornillo en acero galvanizado de cabeza y tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

Opción 2: Acero galvanizado

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	2815	Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
B		1	Electrodo de puesta a tierra de acero galvanizado 2438 x 15.88 mm
C		1	Conector preinstalado en varilla de acero galvanizado
D		3	Conector de compresión tipo H
E		3	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector de compresión tipo H
G		3	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

Opción 3: Acero inoxidable

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A		Nota 2	Fleje 22,2 mm x 1,2 mm (incluye transductor de 20 cm acoplado en el extremo superior)
B		1	Electrodo de puesta a tierra en acero inoxidable 2400 x 15 mm
C		1	Conector fleje – varilla en acero inoxidable, ajustable con tornillo 10-14 mm (fleje-varilla)
D		3	Conector tipo H en acero inoxidable
E		3	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector tipo H en acero inoxidable
G		3	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
		Nota 5	Abrazaderas en acero inoxidable de 3/8" x 1,5 m



SPT REDES TRIFÁSICAS DE 13.2 kV CON CABLE DE GUARDA
ESTRUCTURA EN II

EH-SPT
017

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

FECHA APROBACION:

PAGINA:

ACIEM CAPITULO HUILA

NJEC

COMITE TECNICO

30-12-2016

2 de 3

NOTAS

1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de los conductores empleados para conectar a tierra los cables de guarda, las crucetas y los demás elementos depende de las características propias de cada instalación y de la longitud del poste empleado.
3. Los bajantes pueden instalarse dentro del poste o por fuera del mismo usando tubería eléctrica galvanizada de 1/2" para protegerlos. Ver gráfico de alternativa de bajante en la norma EH-SPT-021.
4. Con el propósito de evitar la incompatibilidad entre los materiales del sistema de puesta a tierra, no se permite la combinación de los mismos entre las diferentes opciones. Los elementos recomendados para los montajes del SPT son los que se presentan en las tablas de opciones de materiales.
5. Las abrazaderas en acero inoxidable de 3/8"x1.5 m se instalarán a 2 m del suelo la primera y a partir de ahí cada 1.5 m se instalarán las restantes. El kit de puesta a tierra en acero inoxidable contiene seis abrazaderas.
6. Con el fin de brindar protección a los cables de puesta a tierra los postes deben contar con dos perforaciones. La perforación superior debe quedar 20 cm por debajo de la última perforación utilizada para la fijación de herrajes, mientras que la perforación inferior debe estar 20 cm por debajo de la línea de enterramiento del poste.
7. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver tabla 1 de la norma EH-SPT-000.
8. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.
9. Los cables de guarda deberán conectarse a tierra cada poste intermedio (una conexión a tierra cada dos postes) o en postes adyacentes cuando la separación entre postes supere los 200 metros.

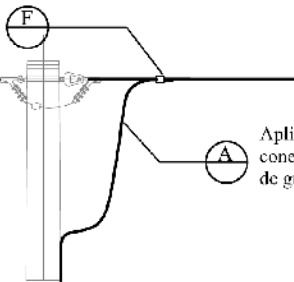


SPT REDES TRIFÁSICAS DE 13.2 kV CON CABLE DE GUARDA
ESTRUCTURA EN II

EH-SPT
017

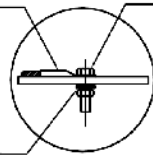
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	3 de 3

Aplica para todas las conexiones del cable de guarda a tierra



Aplica para todas las conexiones del cable de guarda a tierra

Borne terminal de un ojo



Arandela redonda para tornillo de 3/8"

Conexión de cruzeta a tierra

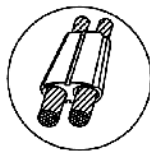
Tornillo de acero galvanizado de cabeza y tuerca hexagonal 3/8" x 1"



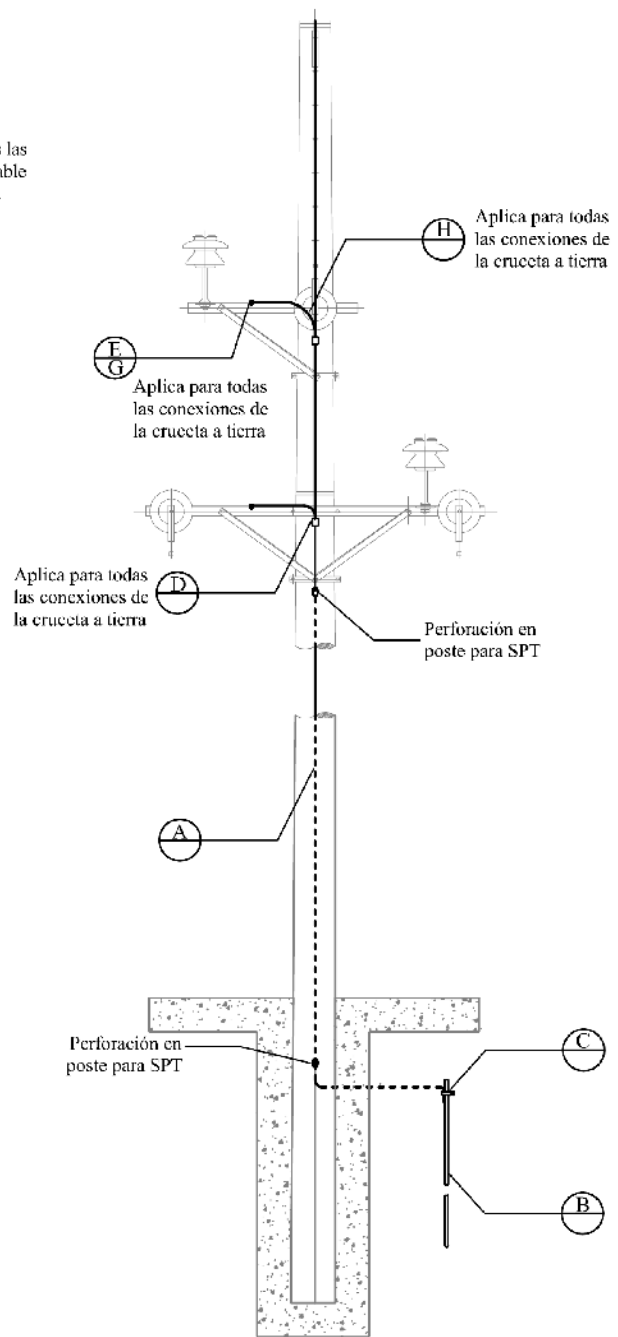
41062-Conector tipo tornillo para puesta a tierra



Conector de compresión tipo C en cobre



Conector de compresión tipo H



SPT REDES TRIFÁSICAS DE 34.5 kV CON CABLE DE GUARDA
POSTE SENCILLO

EH-SPT
018

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	1 de 3

Opción 1: Cobre

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
B	1411	1	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
C	41062	1	Conector tipo tornillo para puesta a tierra
D		2	Conector de compresión tipo C en cobre
E		2	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector de compresión tipo H
G		2	Tornillo en acero galvanizado de cabeza y tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

Opción 2: Acero galvanizado

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	2815	Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
B		1	Electrodo de puesta a tierra de acero galvanizado 2438 x 15.88 mm
C		1	Conector preinstalado en varilla de acero galvanizado
D		2	Conector de compresión tipo H
E		2	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector de compresión tipo H
G		2	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

Opción 3: Acero inoxidable

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A		Nota 2	Fleje 22,2 mm x 1,2 mm (incluye transductor de 20 cm acoplado en el extremo superior)
B		1	Electrodo de puesta a tierra en acero inoxidable 2400 x 15 mm
C		1	Conector fleje – varilla en acero inoxidable, ajustable con tornillo 10-14 mm (fleje-varilla)
D		2	Conector tipo H en acero inoxidable
E		2	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector tipo H en acero inoxidable
G		2	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
		Nota 5	Abrazaderas en acero inoxidable de 3/8" x 1,5 m



SPT REDES TRIFÁSICAS DE 34.5 kV CON CABLE DE GUARDA
POSTE SENCILLO

EH-SPT
018

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

FECHA APROBACION:

PAGINA:

ACIEM CAPITULO HUILA

NJEC

COMITE TECNICO

30-12-2016

2 de 3

NOTAS

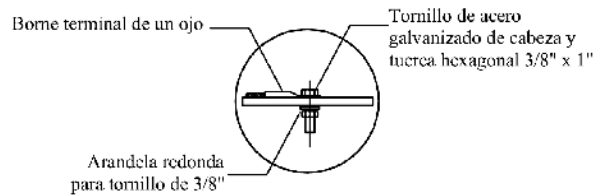
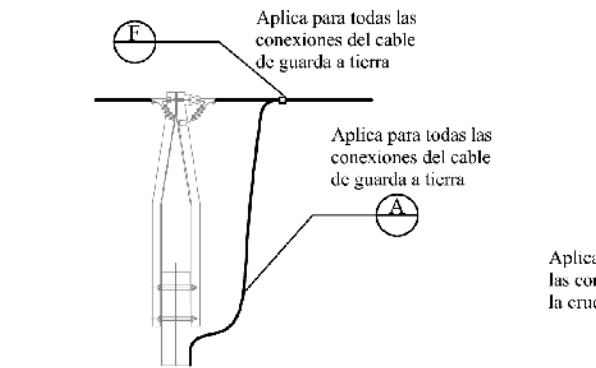
1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de los conductores empleados para conectar a tierra los cables de guarda, las crucetas y los demás elementos depende de las características propias de cada instalación y de la longitud del poste empleado.
3. Los bajantes pueden instalarse dentro del poste o por fuera del mismo usando tubería eléctrica galvanizada de 1/2" para protegerlos. Ver gráfico de alternativa de bajante en la norma EH-SPT-021.
4. Con el propósito de evitar la incompatibilidad entre los materiales del sistema de puesta a tierra, no se permite la combinación de los mismos entre las diferentes opciones. Los elementos recomendados para los montajes del SPT son los que se presentan en las tablas de opciones de materiales.
5. Las abrazaderas en acero inoxidable de 3/8"x1.5 m se instalarán a 2 m del suelo la primera y a partir de ahí cada 1.5 m se instalarán las restantes. El kit de puesta a tierra en acero inoxidable contiene seis abrazaderas.
6. Con el fin de brindar protección a los cables de puesta a tierra los postes deben contar con dos perforaciones. La perforación superior debe quedar 20 cm por debajo de la última perforación utilizada para la fijación de herrajes, mientras que la perforación inferior debe estar 20 cm por debajo de la línea de enterramiento del poste.
7. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver tabla 1 de la norma EH-SPT-000.
8. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.
9. Los cables de guarda deberán conectarse a tierra cada poste intermedio (una conexión a tierra cada dos postes) o en postes adyacentes cuando la separación entre postes supere los 200 metros.



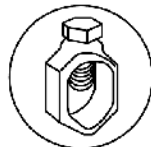
SPT REDES TRIFÁSICAS DE 34.5 kV CON CABLE DE GUARDA
POSTE SENCILLO

EH-SPT
018

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	3 de 3



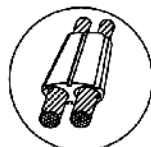
Conexión de cruzeta a tierra



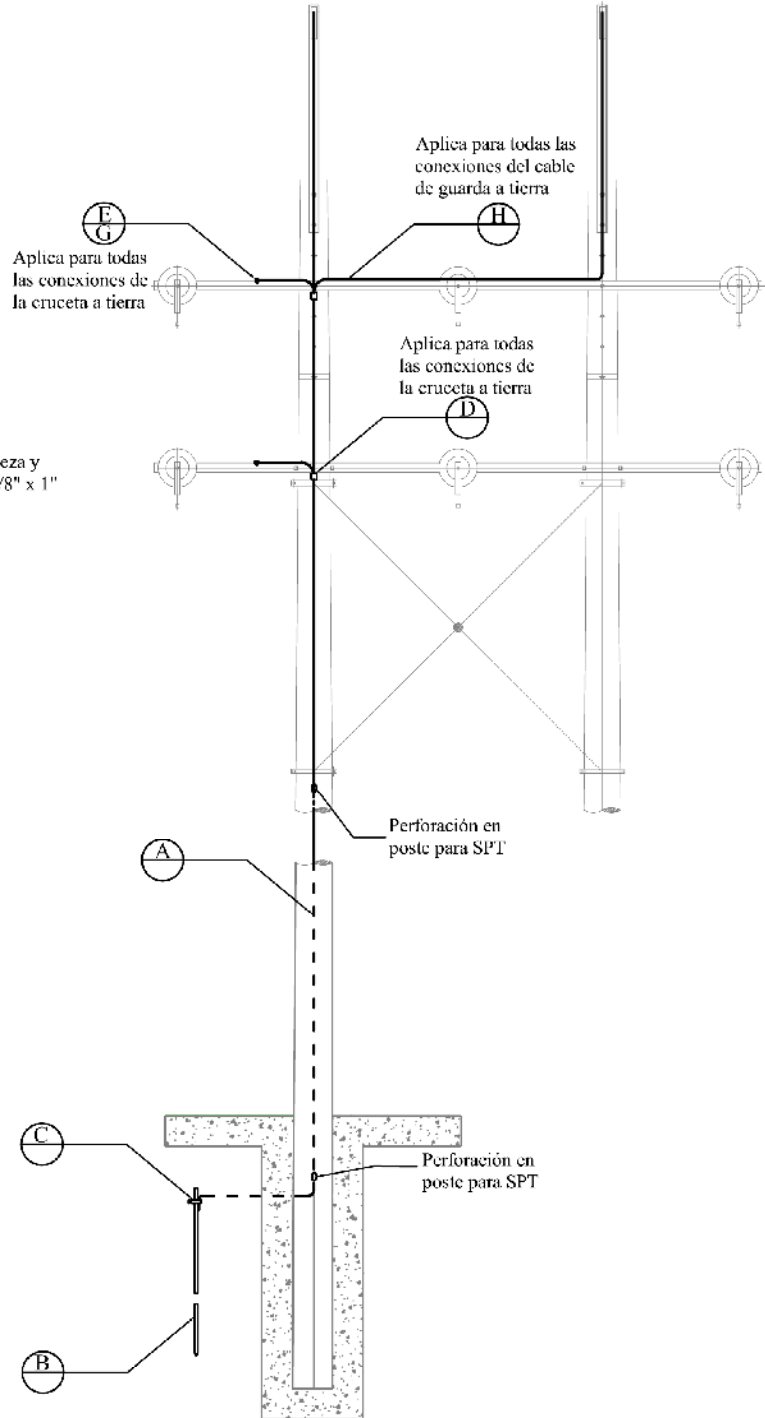
41062-Conector tipo tornillo para puesta a tierra



Conector de compresión tipo C



Conector de compresión tipo H



SPT REDES TRIFÁSICAS DE 34.5 kV CON CABLE DE GUARDA ESTRUCTURA EN II

EH-SPT 019

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	1 de 3

Opción 1: Cobre

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
B	1411	1	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
C	41062	1	Conector tipo tornillo para puesta a tierra
D		2	Conector de compresión tipo C en cobre
E		2	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector de compresión tipo H
G		2	Tornillo en acero galvanizado de cabeza y tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

Opción 2: Acero galvanizado

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	2815	Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
B		1	Electrodo de puesta a tierra de acero galvanizado 2438 x 15.88 mm
C		1	Conector preinstalado en varilla de acero galvanizado
D		2	Conector de compresión tipo H
E		2	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector de compresión tipo H
G		2	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

Opción 3: Acero inoxidable

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A		Nota 2	Fleje 22,2 mm x 1,2 mm (incluye transductor de 20 cm acoplado en el extremo superior)
B		1	Electrodo de puesta a tierra en acero inoxidable 2400 x 15 mm
C		1	Conector fleje – varilla en acero inoxidable, ajustable con tornillo 10-14 mm (fleje-varilla)
D		2	Conector tipo H en acero inoxidable
E		2	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector tipo H en acero inoxidable
G		2	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
		Nota 5	Abrazaderas en acero inoxidable de 3/8" x 1,5 m



SPT REDES TRIFÁSICAS DE 34.5 kV CON CABLE DE GUARDA
ESTRUCTURA EN II

EH-SPT
019

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

FECHA APROBACION:

PAGINA:

ACIEM CAPITULO HUILA

NJEC

COMITE TECNICO

30-12-2016

2 de 3

NOTAS

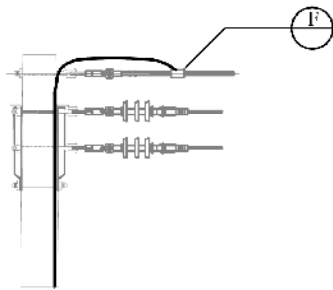
1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de los conductores empleados para conectar a tierra los cables de guarda, las crucetas y los demás elementos depende de las características propias de cada instalación y de la longitud del poste empleado.
3. Los bajantes pueden instalarse dentro del poste o por fuera del mismo usando tubería eléctrica galvanizada de 1/2" para protegerlos. Ver gráfico de alternativa de bajante en la norma EH-SPT-021.
4. Con el propósito de evitar la incompatibilidad entre los materiales del sistema de puesta a tierra, no se permite la combinación de los mismos entre las diferentes opciones. Los elementos recomendados para los montajes del SPT son los que se presentan en las tablas de opciones de materiales.
5. Las abrazaderas en acero inoxidable de 3/8"x1.5 m se instalarán a 2 m del suelo la primera y a partir de ahí cada 1.5 m se instalarán las restantes. El kit de puesta a tierra en acero inoxidable contiene seis abrazaderas.
6. Con el fin de brindar protección a los cables de puesta a tierra los postes deben contar con dos perforaciones. La perforación superior debe quedar 20 cm por debajo de la última perforación utilizada para la fijación de herrajes, mientras que la perforación inferior debe estar 20 cm por debajo de la línea de enterramiento del poste.
7. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver tabla 1 de la norma EH-SPT-000.
8. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.
9. Los cables de guarda deberán conectarse a tierra cada poste intermedio (una conexión a tierra cada dos postes) o en postes adyacentes cuando la separación entre postes supere los 200 metros.



SPT REDES TRIFÁSICAS DE 34.5 kV CON CABLE DE GUARDA
ESTRUCTURA EN II

EH-SPT
019

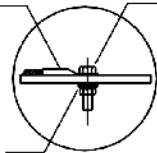
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	3 de 3



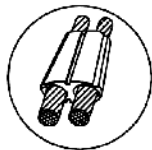
Conector terminal de compresión tipo pala

Arandela redonda para tornillo de 3/8"

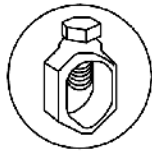
Tornillo de cabeza y lucera hexagonal 3/8" x 7/8"



Conexión de cruzeta a tierra



Conector de compresión tipo II



41062-Conector tipo tornillo para puesta a tierra



Conector de compresión tipo C en cobre

Aplica para todas las conexiones de la cruzeta a tierra

E
G

Aplica para todas las conexiones de la cruzeta a tierra

H

Aplica para todas las conexiones de la cruzeta a tierra

D

Perforación en poste para SPT

A

Perforación en poste para SPT

C

B



SPT REDES DE 13.2 kV COMPACTAS

EH-SPT
020

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

FECHA APROBACION:

PAGINA:

ACIEM CAPITULO HUILA

NJEC

COMITE TECNICO

30-12-2016

1 de 3

Opción 1: Cobre

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
B	1411	1	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
C	41062	1	Conector tipo tornillo para puesta a tierra
D		1	Conector de compresión tipo C en cobre
E		1	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector de compresión tipo H
G		1	Tornillo en acero galvanizado de cabeza y tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

Opción 2: Acero galvanizado

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	2815	Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
B		1	Electrodo de puesta a tierra de acero galvanizado 2438 x 15.88 mm
C		1	Conector preinstalado en varilla de acero galvanizado
D		1	Conector de compresión tipo H
E		1	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector de compresión tipo H
G		1	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG

Opción 3: Acero inoxidable

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A		Nota 2	Fleje 22,2 mm x 1,5 mm (incluye transductor de 20 cm acoplado en el extremo superior)
B		1	Electrodo de puesta a tierra en acero inoxidable 2400 x 15 mm
C		1	Conector fleje – varilla en acero inoxidable, ajustable con tornillo 10-14 mm (fleje-varilla)
D		1	Conector tipo H en acero inoxidable
E		1	Conector de compresión tipo pala 4 AWG de 1 hueco
F		1	Conector tipo H en acero inoxidable
G		1	Tornillo en acero galvanizado de cabeza, tuerca hexagonal 3/8" x 1" con arandela redonda de 3/8"
H	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
		Nota 5	Abrazaderas en acero inoxidable de 3/8" x 1,5 mm



SPT REDES DE 13.2 kV COMPACTAS

EH-SPT
020

ELABORÓ:

REVISÓ:

APROBÓ:

FECHA APROBACION:

PAGINA:

ACIEM CAPITULO HUILA

NJEK

COMITE TECNICO

30-12-2016

2 de 3

NOTAS

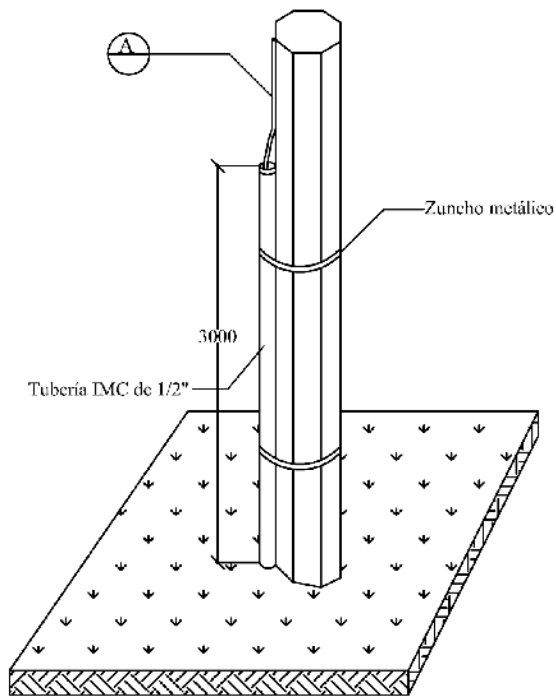
1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de los conductores empleados para conectar a tierra los cables de guarda, las crucetas y los demás elementos depende de las características propias de cada instalación y de la longitud del poste empleado.
3. Los bajantes pueden instalarse dentro del poste o por fuera del mismo usando tubería eléctrica galvanizada de 1/2" para protegerlos. Ver gráfico de alternativa de bajante en la norma EH-SPT-021.
4. Con el propósito de evitar la incompatibilidad entre los materiales del sistema de puesta a tierra, no se permite la combinación de los mismos entre las diferentes opciones. Los elementos recomendados para los montajes del SPT son los que se presentan en las tablas de opciones de materiales.
5. Las abrazaderas en acero inoxidable de 3/8"x1.5 m se instalarán a 2 m del suelo la primera y a partir de ahí cada 1.5 m se instalarán las restantes. El kit de puesta a tierra en acero inoxidable contiene seis abrazaderas.
6. Con el fin de brindar protección a los cables de puesta a tierra los postes deben contar con dos perforaciones. La perforación superior debe quedar 20 cm por debajo de la última perforación utilizada para la fijación de herrajes, mientras que la perforación inferior debe estar 20 cm por debajo de la línea de enterramiento del poste.
7. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver tabla 1 de la norma EH-SPT-000.
8. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.
9. Los cables de guarda deberán conectarse a tierra cada poste intermedio (una conexión a tierra cada dos postes) o en postes adyacentes cuando la separación entre postes supere los 200 metros.



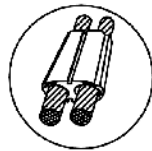
SPT REDES DE 13.2 kV COMPACTAS

EH-SPT
020

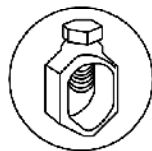
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	3 de 3



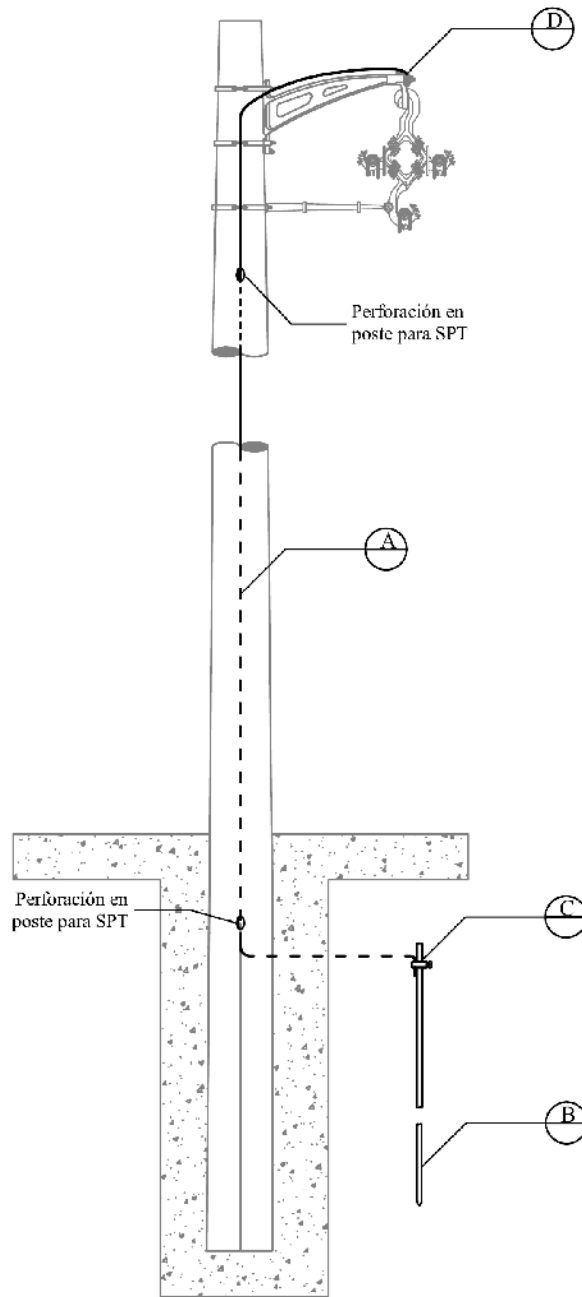
Alternativa para bajante



Conector de compresión tipo H



41062-Conector tipo tornillo para puesta a tierra



SPT REDES DE 34.5 kV COMPACTAS

EH-SPT
021

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	1 de 2

Opción 1: Cobre

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
B	1411	1	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
C	41062	1	Conector tipo tornillo para puesta a tierra
D		1	Conector de compresión tipo H

Opción 2: Acero galvanizado

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	2815	Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
B		1	Electrodo de puesta a tierra de acero galvanizado 2438 x 15.88 mm
C		1	Conector preinstalado en varilla de acero galvanizado
D			Conector de compresión tipo H

Opción 3: Acero inoxidable

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A		Nota 2	Fleje 22,2 mm x 1,5 mm (incluye transductor de 20 cm acoplado en el extremo superior)
B		1	Electrodo de puesta a tierra en acero inoxidable 2400 x 15 mm
C		1	Conector fleje – varilla en acero inoxidable, ajustable con tornillo 10-14 mm (fleje-varilla)
D		1	Conector tipo H en acero inoxidable

NOTAS

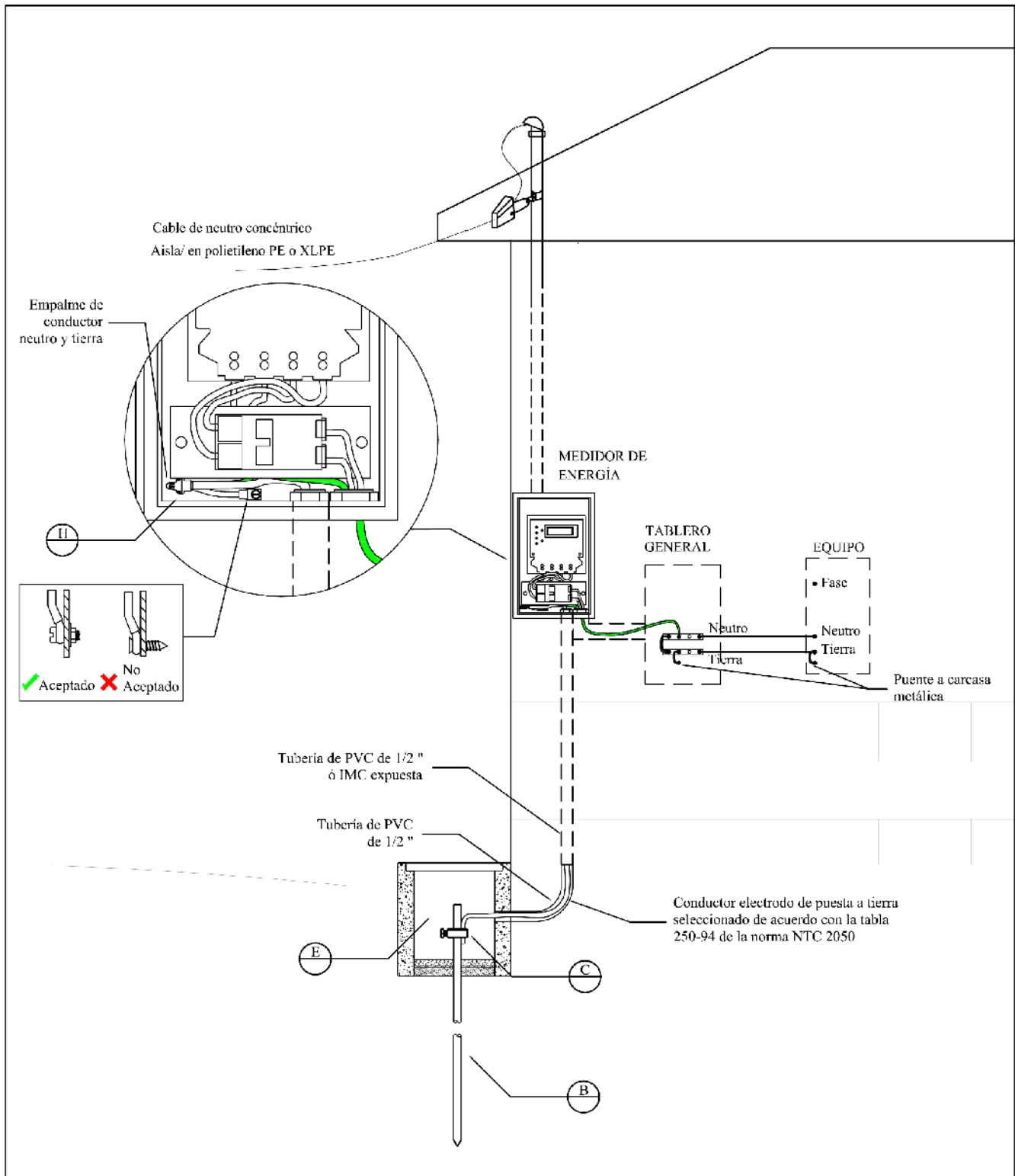
1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de los conductores empleados para conectar a tierra los cables de guarda, las crucetas y los demás elementos depende de las características propias de cada instalación y de la longitud del poste empleado.
3. Los bajantes pueden instalarse dentro del poste o por fuera del mismo usando tubería eléctrica galvanizada de 1/2" para protegerlos. Ver gráfico de alternativa de bajante en la norma EH-SPT-021.
4. Con el propósito de evitar la incompatibilidad entre los materiales del sistema de puesta a tierra, no se permite la combinación de los mismos entre las diferentes opciones. Los elementos recomendados para los montajes del SPT son los que se presentan en las tablas de opciones de materiales.
5. Las abrazaderas en acero inoxidable de 3/8"x1.5 m se instalarán a 2 m del suelo la primera y a partir de ahí cada 1.5 m se instalarán las restantes. El kit de puesta a tierra en acero inoxidable contiene seis abrazaderas.
6. Con el fin de brindar protección a los cables de puesta a tierra los postes deben contar con dos perforaciones. La perforación superior debe quedar 20 cm por debajo de la última perforación utilizada para la fijación de herrajes, mientras que la perforación inferior debe estar 20 cm por debajo de la línea de enterramiento del poste.
7. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver tabla 1 de la norma EH-SPT-000.
8. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.
9. Los cables de guarda deberán conectarse a tierra cada poste intermedio (una conexión a tierra cada dos postes) o en postes adyacentes cuando la separación entre postes supere los 200 metros.



SPT REDES DE 34.5 kV COMPACTAS

EH-SPT
021

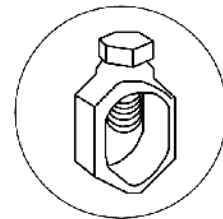
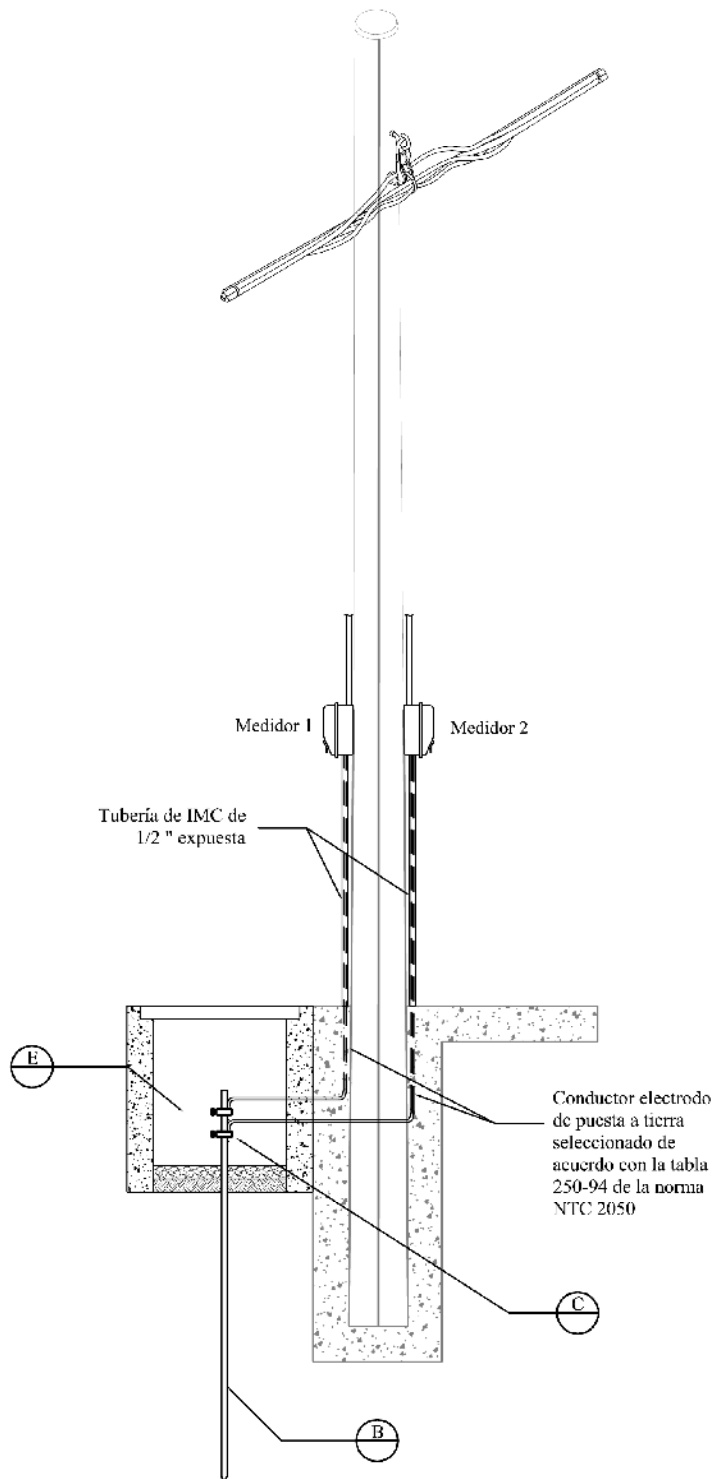
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	2 de 2



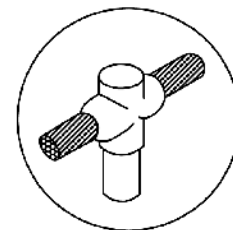
SPT MEDIDORES DE BAJA TENSIÓN

EH-SPT
022


ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	1 de 4

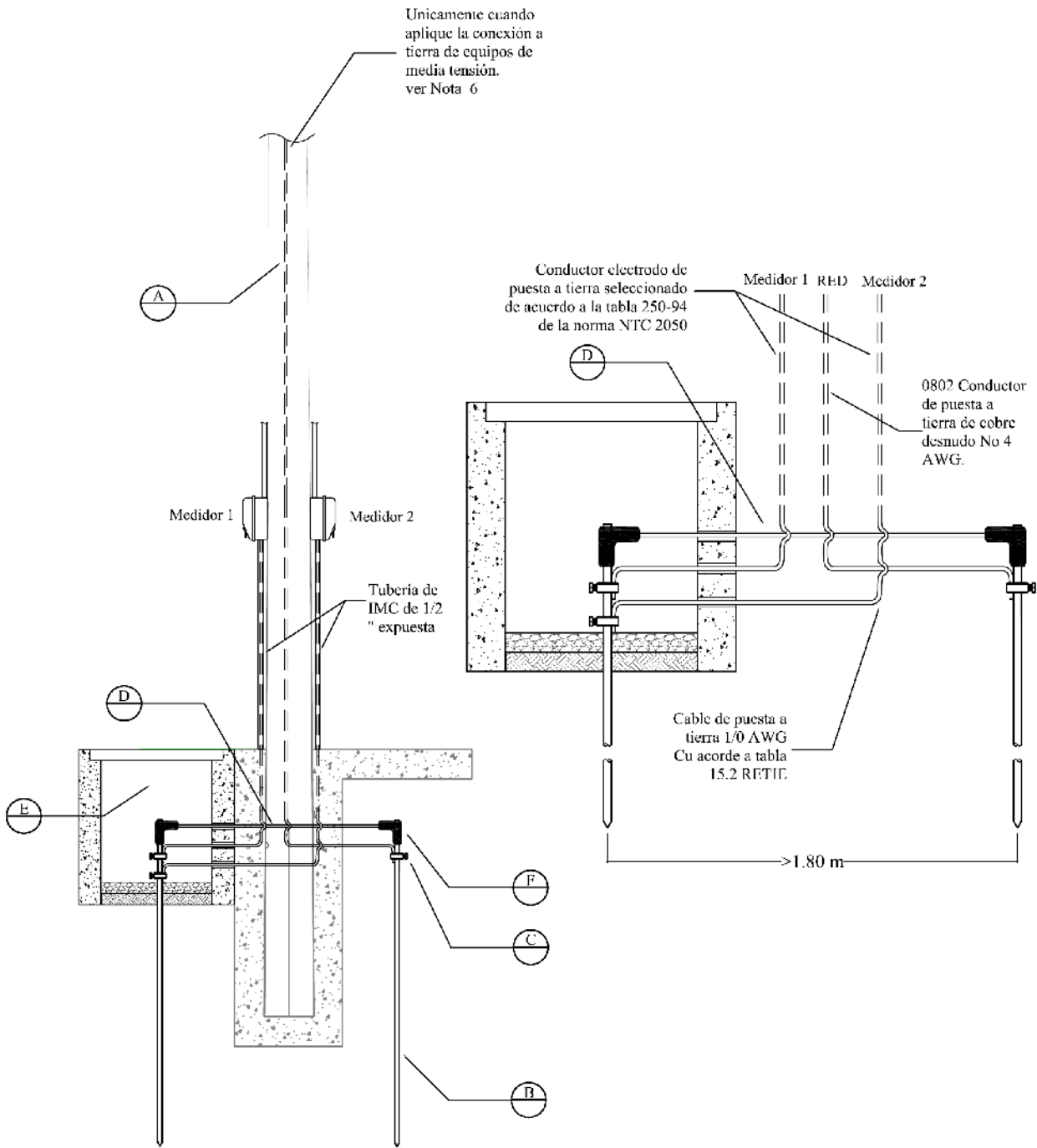


41062- Conector tipo tornillo para puesta tierra



Soldadura exotérmica cable - varilla

		SPT MEDIDORES DE BAJA TENSIÓN		EH-SPT 022
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	2 de 4



ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	3 de 4


TABLA 250-94 NTC 2050 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de c.a.

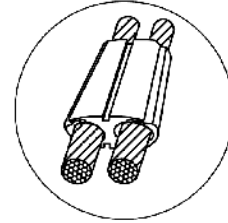
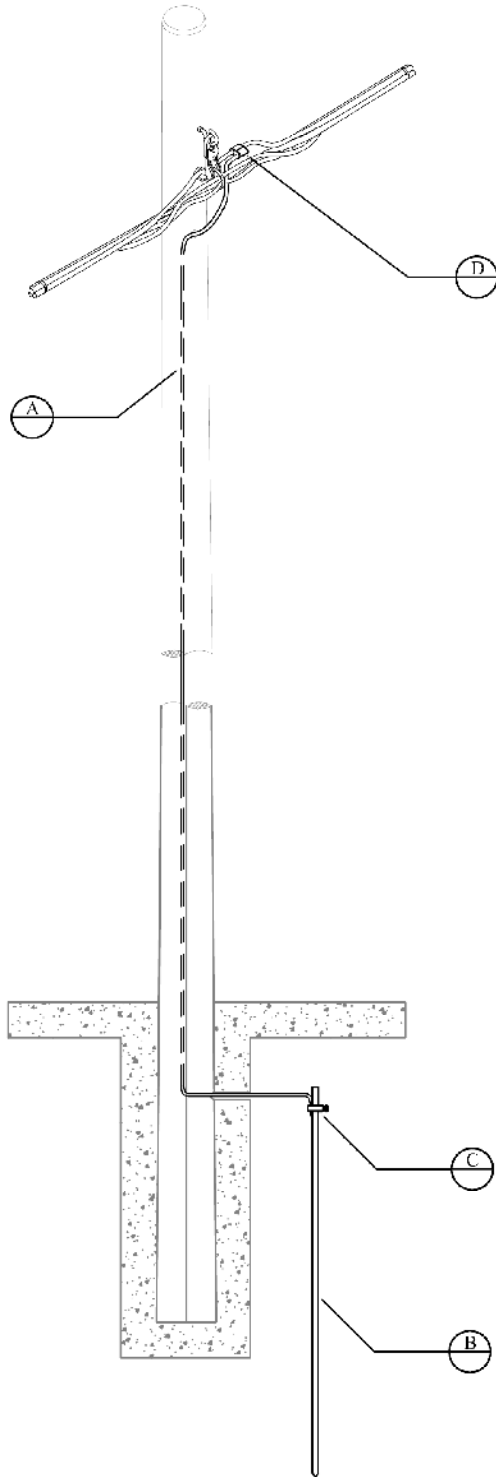
Sección Transversal del mayor conductor de acometida o su equivalente para conductores en paralelo		Sección Transversal (calibre) del conductor al melectrodo de puesta a tierra	
Cobre		Cobre	
mm ²	AWG o Kcmil	mm ²	AWG o Kcmil
33.62 o menor	2 o menor	8.36	8
42.2 o 53.5	1 o 1/0	13.29	6
67.44 o 85.02	2/0 3/0	21.14	4
107.21 hasta 177.34	4/0 hasta 350 Kcmil	33.62	2
202.68 a 304.02	400 a 600 Kcmil	53.5	1/0

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	-	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
B	1411	-	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
C	41062	-	Conector tipo tornillo para puesta a tierra
D		-	Cable de cobre desnudo calibre No 1/0 AWG
E		-	Caja de inspección mínimo 300mm x 300 mm
F		-	Soldadura exotermica varilla-cable
G	41064	-	Conector tipo resorte

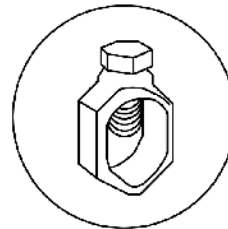
NOTAS

1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de los conductores empleados para conectar a tierra los cables de guarda, las crucetas, los transformadores y otros elementos dependen de las características propias de cada instalación.
3. Los bajantes pueden instalarse dentro del poste o por fuera del mismo usando tubería eléctrica galvanizada IMC de 1/2" para protegerlos. Ver gráfica ilustrativa en la norma EH-SPT-021.
4. Se deben conectar a tierra todos los gabinetes, al igual que todo equipo eléctrico o metálico (incluyendo elementos no energizados) que se encuentren en el área de la subestación.
5. Se aceptará la conexión de máximo cuatro medidores por una varilla de puesta a tierra.
6. Se utilizarán electrodos independientes, pero interconectados, para la conexión a tierra de los medidores de baja tensión y la red de media tensión. Ver página 3.
7. El conductor de neutro de la red de baja tensión debe conectarse a tierra en todo poste terminal y cada 200 m como máximo en tramos largos.
8. Cuando se instalen dos o mas electrodos tipo varilla se deben unir en cable de cobre desnudo calibre acorde con la tabla 15.2 del RETIE.
9. Cuando se instalen dos o mas electrodos tipo varilla deben estar a una distancia de 1.8 m entre ellas o mayor.
10. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.
7. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver tabla 1 de la norma EH-SPT-000.

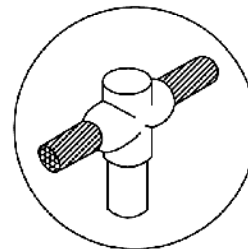
		SPT MEDIDORES DE BAJA TENSIÓN		EH-SPT 022
ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	4 de 4



Conector de compresión tipo H



41062-Conector tipo tornillo para puesta a tierra



xxx - Soldadura exotérmica cable - varilla



SPT REDES DE BAJA TENSIÓN

EH-SPT
023

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	1 de 2

Opción 1: Cobre

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	0803	Nota 2	Cable de cobre desnudo calibre No 4 AWG
B	1411	1	Electrodo de puesta a tierra de cobre 2438 x 15.88 mm
C	41062	1	Conector tipo tornillo para puesta a tierra
D		1	Conector de compresión tipo H

Opción 2: Acero galvanizado

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A	2815	Nota 2	Cable de acero galvanizado de 3/8" de extra alta resistencia
B		1	Electrodo de puesta a tierra de acero galvanizado 2438 x 15.88 mm
C	41062	1	Conector preinstalado en varilla de acero galvanizado
D		1	Conector de compresión tipo H (Conexión Acero-Cobre)

Opción 3: Acero inoxidable

Ident. Mat.	Ref. Mat.	Cant.	Descripción Materiales
A		Nota 2	Fleje 22,2 mm x 1,2 mm
B		1	Electrodo de puesta a tierra en acero inoxidable 2400 x 15 mm
C		1	Conector H en acero inoxidable
D		1 Nota 5	Conector tipo C en acero inoxidable (Unión de flejes) Abrazaderas en acero inoxidable de 3/8" x 1,5 m

NOTAS

1. Todas las medidas están dadas en milímetros.
2. La longitud de los conductores empleados para conectar a tierra los cables de guarda, las crucetas y los demás elementos depende de las características propias de cada instalación y de la longitud del poste empleado.
3. Los bajantes pueden instalarse dentro del poste o por fuera del mismo usando tubería eléctrica galvanizada de 1/2" para protegerlos. Ver gráfico de alternativa de bajante en la norma EH-SPT-021.
4. Con el propósito de evitar la incompatibilidad entre los materiales del sistema de puesta a tierra, no se permite la combinación de los mismos entre las diferentes opciones. Los elementos recomendados para los montajes del SPT son los que se presentan en las tablas de opciones de materiales.
5. Las abrazaderas en acero inoxidable de 3/8"x1.5 m se instalarán a 2 m del suelo la primera y a partir de ahí cada 1.5 m se instalarán las restantes. El kit de puesta a tierra en acero inoxidable contiene seis abrazaderas.
6. Con el fin de brindar protección a los cables de puesta a tierra los postes deben contar con dos perforaciones. La perforación superior debe quedar 20 cm por debajo de la última perforación utilizada para la fijación de herrajes, mientras que la perforación inferior debe estar 20 cm por debajo de la línea de enterramiento del poste.
7. Todos los SPT deben cumplir con las normas para Sistemas de Puesta a Tierra ELECTROHUILA S.A. E.S.P que les sean aplicables. Ver tabla 1 de la norma EH-SPT-000.
8. Todos los materiales empleados en la construcción del sistema de puesta a tierra deben contar con certificado de conformidad RETIE cuando aplique.
9. El conductor de neutro de la red de baja tensión debe conectarse a tierra en todo poste terminal y cada 200 m como máximo en tramos largos.



SPT REDES DE BAJA TENSIÓN

EH-SPT
023

ELABORÓ:	REVISÓ:	APROBÓ:	FECHA APROBACION:	PAGINA:
ACIEM CAPITULO HUILA	NJEC	COMITE TECNICO	30-12-2016	2 de 2

NORMA PARA ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA ELECTROHUILA S.A. E.S.P

La presente Norma tiene como objeto definir los requisitos y características mínimas que deben cumplir los electrodos tipo varilla instalados en los sistemas de puesta a tierra de las redes eléctricas de ELECTROHUILA S.A. E.S.P. Los elementos aquí presentados cumplen con los requerimientos establecidos por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE.

El electrodo de puesta a tierra es un elemento conductor en contacto directo con el terreno que permite una conexión eléctrica entre éste y los elementos y equipos objeto de protección (puestos a tierra). Cuando por condiciones particulares de una instalación se requieren reemplazar o complementar las varillas de puesta a tierra se pueden emplear los demás tipos de electrodos aceptados por el RETIE, los cuales son tubos, placas, flejes, alambres o cables desnudos, los cuales deben cumplir las características presentadas en la Tabla 15.2 de dicho reglamento y contar con certificado de producto.

1. Materiales de los electrodos tipo Varilla

Dependiendo de las características propias de cada instalación se debe seleccionar un determinado tipo de varilla que se adapte a las necesidades en cada caso. Los tipos de varillas de puesta a tierra, disponibles comercialmente, son los siguientes:

- Varilla de cobre: Deben ser de temple duro para ser enterradas en el suelo, según normas ASTM. Son obligatorias en sistemas de puesta a tierra de subestaciones tipo patio, tipo pedestal y tipo interior.
- Varilla de núcleo de acero recubierto de cobre: El núcleo de acero debe ser de alta resistencia para ser enterrado. El cobre del revestimiento debe ser de alta pureza, mínimo del 99%. La unión entre el cobre y el acero debe ser por electrofusión o fusionada, no debe existir separación física entre ambos materiales. En cualquier punto, el espesor del recubrimiento de cobre debe ser mayor a 0.25 mm. Este tipo de varilla de puesta a tierra no debe emplearse en subestaciones tipo patio, tipo pedestal y tipo interior.



ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

EH – SPT -024

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	1 de 5

- Varilla de acero inoxidable: El acero inoxidable debe ser no magnético y resistente a la corrosión. Además, deben ser de alta calidad y cumplir con la norma AISI; tipos 304. Este tipo de electrodos tampoco se debe emplear en sistemas de puesta a tierra de subestaciones tipo patio, tipo pedestal y tipo interior.
- Varilla de acero galvanizado en caliente: Se puede emplear en suelos no corrosivos. La materia prima del acero debe ser como lo establece la norma ANSI C 135.30.

No es permitido el uso de aluminio en los electrodos de puesta tierra, según el numeral 15.3.1.b del RETIE.

De acuerdo con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, en su numeral 15.1.3.c, los fabricantes de los electrodos deben garantizar que la resistencia a la corrosión de los materiales sea de mínimo 15 años contados a partir de la fecha de instalación en tierra de los mismos. Lo cual se debe certificar mediante pruebas basadas en las normas ASTM G 162 y ASTM G 1.

Como se mencionó anteriormente, cuando por condiciones propias de la instalación no sea posible instalar electrodos tipo varilla, o se requiera complementarlos para el cumplimiento de los requisitos de la instalación, se podrán usar los electrodos enumerados en la tabla 15.2 del RETIE, siempre y cuando cumplan con las características allí descritas y cuenten con certificado de producto bajo RETIE.

Tabla 1. Requisitos para electrodos de puesta a tierra (Tabla 15.2 RETIE)

TIPO DE ELECTRODO	MATERIALES	DIMENSIONES MÍNIMAS			
		Diámetro mm	Area mm ²	Espesor mm	Recubrimiento μm
VARILLA	Cobre	12.7			
	Aleaciones de cobre	12.7			
	Acero inoxidable	15			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodepositado de cobre	14			250
	Acero con recubrimiento total en cobre	15			2000
TUBO	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		100	3	



ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

EH – SPT -024

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	2 de 5

TIPO DE ELECTRODO	MATERIALES	DIMENSIONES MÍNIMAS			
		Diámetro mm	Area mm ²	Espesor mm	Recubrimiento μm
FLEJE O CINTA SÓLIDA	Cobre cincado		50	2	40
	Cobre o cobre estañado	1.8 para cada hilo	50		
CABLE TRENZADO	Acero galvanizado en caliente	1.8 para cada hilo	70		
	Cobre	8	50		
ALAMBRE REDONDO	Acero Galvanizado	10	78.5		70
	Acero inoxidable	10			
	Acero recubierto de cobre	10			250
	Cobre		250000	1.5	
PLACA SÓLIDA	Acero inoxidable		360000	6	

2. Geometría, dimensiones, acabados y marcación de los electrodos tipo Varilla.

La longitud de las varillas de puesta a tierra debe ser mínimo de 2.4 m, la sección transversal debe ser circular y su diámetro debe cumplir con la Tabla 15.2 del RETIE. La terminación puede ser en cualquiera de las puntas que se muestran en la Ilustración 1.

Los electrodos tipo varilla deben estar libres de imperfecciones, de burbujas de aire, flujos escamas o materiales extraños incrustados.

Las varillas de puesta a tierra deben marcarse con la razón social del fabricante y con sus dimensiones, en los primeros 30 cm medidos desde la parte superior.

Los fabricantes de electrodos de puesta a tierra deben informar al usuario los procedimientos específicos para la instalación y conservación de los electrodos de puesta a tierra.

La unión entre los electrodos y los cables de tierra debe hacerse mediante soldadura exotérmica o conector mecánico de compresión certificado para enterramiento directo.

De acuerdo con las recomendaciones del RETIE, el electrodo de puesta a tierra debe quedar completamente enterrado, dejando acceso al punto de unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y la puesta a tierra. Además, la parte superior del electrodo enterrado debe quedar a mínimo a 15 cm de la superficie. Salvo en casos especiales como en el caso de electrodos enterrados horizontalmente o en sistemas de puesta a tierra



ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

EH – SPT -024

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	3 de 5

de líneas de transmisión, donde el electrodo puede enterrarse inclinado a 45° o de forma horizontal a 75 cm de la superficie.

Para evitar daño durante el transporte, manipulación y almacenamiento las varillas de puesta a tierra deben empacarse perfectamente amarradas, en paquetes que no excedan los 50 kg de peso. De igual manera, los accesorios que se incluyan con las varillas deben empacarse en cajas o costales que no pasen de los 50 kg de peso.

A continuación se presentan algunas alternativas para la forma geometría de los electrodos de puesta a tierra tipo varilla, las cuales fueron extractadas de la norma NEMA GR 1 de 2007.

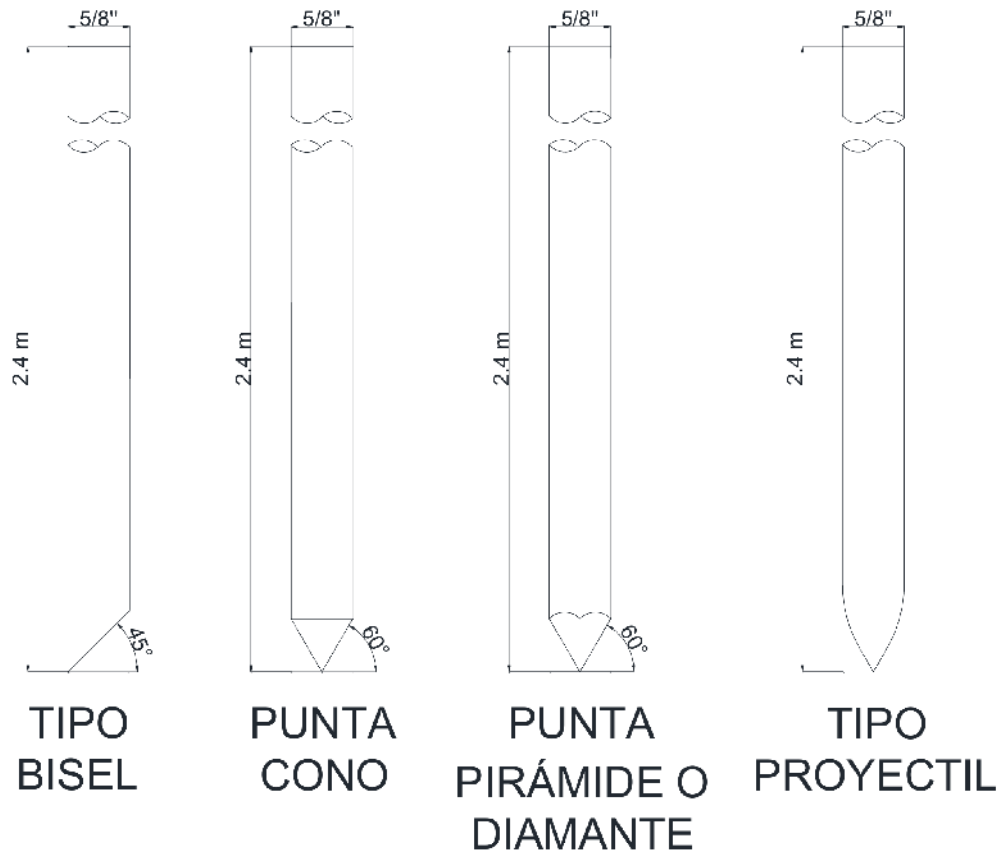


Ilustración 2. Alternativas para electrodos de puesta a tierra (Tabla 3-2 NEMA GR-1)



ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

EH – SPT -024

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	4 de 5

3. Referencias

- [1] RETIE-2013, Reglamento técnico de instalaciones eléctricas. Colombia: Ministerio de minas y energía.
- [2] ANSI/NEMA GR-1-2007, Grounding rod electrodes and grounding rod electrode couplings. USA: National electrical manufacturers association.
- [3] RA7-017-2005, Electrodo de Puesta a Tierra. Medellín, Colombia: EPM.



ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

EH – SPT -024

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	5 de 5

NORMA PARA CONECTORES DE VARILLAS DE PUESTA A TIERRA ELECTROHUILA S.A. E.S.P

La presente norma tiene como objeto definir las características que deben cumplir los conectores usados para las varillas de puesta a tierra en las redes eléctricas de ELECTROHUILA S.A. E.S.P.

Los conectores son accesorios que permiten la unión entre los conductores de puesta a tierra y los electrodos como varillas y cables enterrados. Estos se emplean en los sistemas de puesta a tierra (SPT) de redes de distribución, acometidas de servicios de energía en redes de distribución, entre otros SPT de instalaciones eléctricas. Los conectores pueden usarse para enterramiento directo o para conexiones por encima de la superficie del terreno, en cada caso se debe contar con el certificado del producto según el uso requerido.

Entre los tipos más comunes de conectores para varillas de puesta a tierra se tienen los siguientes, los cuales son aceptados por ELECTROHUILA S.A. E.S.P.:



Ilustración 1. Conector de compresión para varilla de puesta a tierra.



CONECTORES PARA VARILLAS DE
PUESTA A TIERRA

EH – SPT -025

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	1 de 3

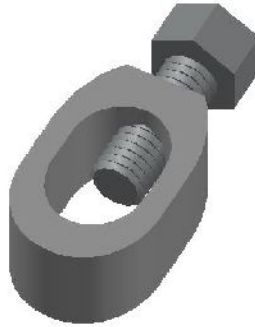


Ilustración 2. Conector tipo grapa de 1 tornillo para varilla de puesta a tierra.



Ilustración 3. Conector tipo tornillo para varilla de puesta a tierra.



Ilustración 4. Conector tipo grapa de doble tornillo para varilla de puesta a tierra.



CONECTORES PARA VARILLAS DE
PUESTA A TIERRA

EH – SPT -025

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	2 de 3

1. Características requeridas de los conectores para Varillas de puesta a tierra

Los conectores que se instalen directamente enterrados deben estar fabricados en cobre o en bronce con mínimo un 80% de cobre o un material no ferroso que posca una alta resistencia a la corrosión. No se aceptan conectores fabricados en aluminio para conexiones en contacto directo con el terreno. Cuando se usen materiales diferentes al cobre, se debe garantizar que este no presenta problemas de par galvánico con el material de la varilla de puesta a tierra. Se aceptarán conectores de acero inoxidable cuando los electrodos empleados en la construcción del SPT también estén fabricados en este material.

El conector debe garantizar el contacto eléctrico entre la varilla y el conductor de puesta a tierra durante la vida útil de la instalación, la cual debe ser mínimo de 15 años según el numeral 15.3.1.c del RETIE. Además, el conector debe ser el preciso para el calibre del conductor y de la varilla del SPT en el que se instale.

ELECTROHUILA S.A. E.S.P. aceptará conectores que cumplan con las especificaciones de la norma NTC 2206. En la tabla 5.1 de dicha norma se establecen las dimensiones que deben tener los conectores tipo grapa o abrazadera y sus respectivos accesorios. Además, señala que los materiales deben estar diseñados para soportar las sobrecorrientes provenientes de descargas atmosféricas, fallas a tierra y demás alteraciones que se presenten en las redes de distribución de energía eléctrica.

Los conectores para varillas de sistemas de puesta a tierra deben poseer su respectiva marcación de manera visible e indeleble. Esta marcación debe contener el nombre o marca registrada del fabricante, el número de catálogo o referencia que lo identifique, el tamaño del electrodo y el rango de calibres de conductores para el que está diseñado. Además, se debe rotular con el uso para el que ha sido diseñado, es decir, si es bimetálico, si está certificado para enterramiento directo, entre otros.

2. Referencias

[1] RETIE-2013, Reglamento técnico de instalaciones eléctricas. Colombia: Ministerio de minas y energía.

[2] NTC-2206-(UL-467)-2001, Equipo de conexión y puesta a tierra, Colombia.

[3] RA7-018-2002, Conectores para electrodos de Puesta a Tierra. Medellín, Colombia: EPM.

[4] ANSI/NEMA GR-1-2007, Grounding rod electrodes and grounding rod electrode couplings. USA: National electrical manufacturers association.



CONECTORES PARA VARILLAS DE
PUESTA A TIERRA

EH – SPT -025

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	3 de 3

**KITS DE PUESTA A TIERRA EN ACERO INOXIDABLE
ELETROHUILA S.A. E.S.P**

1. Alcance

Esta especificación técnica tiene por objeto establecer requisitos y condiciones de utilización que deben cumplir los sistemas de puesta a tierra en acero inoxidable que serán instalados por ELECTROHUILA S.A. en las redes aéreas de baja y media tensión.

2. Servicio

El tipo de material a utilizar es el acero inoxidable, donde estos elementos se usarán para instalación de las puestas a tierra de uso continuo, no aplica para sistemas de puesta a tierra temporales.

3. Requisitos técnicos

Los sistemas de puesta a tierra en acero inoxidables deberán cumplir con las características particulares indicadas en esta especificación y deberán contar con certificación de producto bajo RETIE y con su respectiva norma de construcción.

El conector del electrodo no debe ser afectado por electrólisis y/o corrosión galvánica cuando se instale bajo las condiciones reales de servicio y esté expuesto a la humedad. Debe tener rigidez y resistencia mecánica adecuadas para permitir su instalación en el terreno sin rotura o deformaciones que afecten su servicio.

El conector del electrodo debe garantizar una conexión eléctrica y mecánica entre la varilla de puesta a tierra y el fleje. La unión mecánica debe ser rígida.

Las puestas a tierra de acero inoxidable deberán estar formadas por elementos que deben ser de alta calidad y cumplir la norma AISI; tipos 304.

El electrodo tipo varilla debe ser de acero Inoxidable con las siguientes dimensiones mínimas: 10 mm x 2,44 m.



KITS DE PUESTA A TIERRA EN ACERO
INOXIDABLE

EH – SPT -026

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEK	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	1 de 3

Los elementos que componen los kit de los sistemas de puesta a tierra deberán estar libres de soldaduras, de deformaciones, fisura, aristas cortantes, y defectos de laminación. No se permiten dobleces ni rebabas en las zonas de corte, perforadas o punzadas.

4. Diseño

Condiciones de instalación

Los elementos que forman parte del kit de sistema de puesta a tierra en acero inoxidable estarán diseñados para ser instalados en cualquier área. Los conectores estarán instalados con las varillas de puesta a tierra, el fleje será unido al poste mediante elementos del kit del sistema de puesta a tierra.

Material del Sistema de Puesta a Tierra

Los SPT se deberán ser fabricados en acero inoxidable austenítico de calidad AISI 304.

Requisitos químicos

ELEMENTO	AISI 304
% Carbono, min.	0.08
% Manganeso máx.	2.00
% Fósforo, máx.	0.045
% Azufre, máx.	0.03
% Cromo,	18-20
% Níquel,	8-10.5
% Silicio	1.00

Requisitos físicos

ELEMENTO	AISI 304
Densidad	7.8 gr/cm ³ (0.28lb/in ³)



KITS DE PUESTA A TIERRA EN ACERO
INOXIDABLE

EH – SPT -026

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	2 de 3

Requisitos mecánicos

ELEMENTO	AISI 304
Resistencia máxima	620MPa (90KSI)
Resistencia a la fluencia	310MPa (45KSI)
Elongación	30% (en 50 mm)
Reducción en área	40%
Módulo de elasticidad	200GPa (29000KSI)

4. Referencias

[1] ET492-2007, Sistema de puesta a tierra en acero inoxidable. CODENSA.

[2] CNS-NT-11-1, Especificaciones técnicas sistema de puesta a tierra en acero inoxidable. CENS S.A. E.S.P.



KITS DE PUESTA A TIERRA EN ACERO
INOXIDABLE

EH – SPT -026

Elaboró:	Revisó:	Aprobó:	Fecha de Aprobación:	Página:
ACIEM CAPÍTULO HUILA	NJEC	COMITÉ TÉCNICO	23-12-2016	3 de 3