La fuerza que transforma

Anexo

ANEXO C4: Pliego De Condiciones - Técnicas De Montaje

Centros De Transformación Tipo Poste

Código: **DE.MA.022-AX01**

Edición: **01**

Fecha de aprobación: 07/01/2022

Elaborador:	Véase aprobación documento: DE.MA.022
Revisor:	Véase aprobación documento: DE.MA.022
Aprobador:	Véase aprobación documento: DE.MA.022

ANEXO C4.

PLIEGO DE CONDICIONES

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. OBJETO

2. EJECUCIÓN DEL TRABAJO
   2.1. POSTES Y CIMENTACIONES
   2.2. CONEXIÓN DE LÍNEA AÉREA DE M.T.
   2.3. CONECTORES Y HERRAJES
   2.4. DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES YSOBRETENSIONES
   2.5. TRANSFORMADOR
   2.6. PUENTES DE BT DEL TRANSFORMADOR
   2.7. PUESTA A TIERRA
   2.8. NIVELES DE AISLAMIENTO DE LOS CIRCUITOS DE B.T
   2.9. EQUIPO DE MEDIDA
   2.10. ACCESORIOS DIVERSOS

3. RECEPCIÓN DE OBRA
3.1. PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO
3.2. PROTOCOLOS DE ENSAYO DE MATERIALES

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

1. OBJETO

Este pliego de condiciones determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de montaje de un Centro de Transformación según el PROYECTO TIPO AIR-E CENTRO DE TRANSFORMACION TIPO POSTE para transformadores de distribución propios de la empresa y para transformadores particulares.

Estas obras contemplan el suministro y montaje de los materiales necesarios en la construcción de los CT, así como la puesta en servicio de estas.

Los pliegos de condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

2. EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Corresponde al Contratista la responsabilidad en la ejecución de los trabajos que deberán realizarse conforme a lo reglamentado por el Proyecto Tipo, RETIE y la NTC 2050.

2.1. POSTES Y CIMENTACIONES

El contratista realizará los trabajos de excavación de hoyos, hincado y cimentación de postes teniendo en cuenta las técnicas de montaje indicadas en el Pliego de Condiciones del Proyecto Tipo de Líneas Aéreas de MT Sin Neutro.

2.2. CONEXION DE LA LINEA AEREA DE MT

La línea de alimentación se conectará una vez esté instalado y sujetado el transformador en el poste con la indicación del director de Obra.

2.3. CONECTORES Y HERRAJES

Los conectores y herrajes se instalarán como se indica en el Apartado 3 del Anexo 1.

2.4. DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES Y SOBRETENSIONES

Los transformadores convencionales y autoprotegidos vienen provistos de los equipos de protección contra sobreintensidades. Adicionalmente, los autoprotegidos tienen incorporado internamente en el lado de MT, fusibles, como protección contra sobreintensidades.

Los transformadores se equiparán de los correspondientes dispositivos de protección contra sobreintensidades (cortacircuitos) los cuales irán instalados en el mismo poste del CT en una cruceta adecuada para ello.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

2.5. TRANSFORMADOR

Los transformadores serán de tipo poste convencional o autoprotegidos respondiendo a la norma ANSI C57.12.00 y la norma ANSI C57.12.20. El montaje de los transformadores se muestra en el Anexo 4.

En líneas en configuración compacta y horizontal el transformador se instalará transversalmente al eje de la línea de forma tal que la fuerza vertical por excentricidad de peso de equipos se sume a los componentes longitudinales actuantes.

En las líneas en configuración bandera el transformador se instalará hacia la calzada para facilitar la ejecución de los bajantes a los bujes del transformador.

2.6. PUENTES DE BT DEL TRANSFORMADOR

Estos puentes se realizarán con cables aislados de aluminio o aleación de la sección indicada en el Proyecto. Las conexiones se realizarán empleando los terminales o piezas de conexión adecuadas (Ver Norma de construcción).

2.7. PUESTA A TIERRA

Las puestas a tierra se realizarán en la forma indicada en el Proyecto, debiendo cumplirse estrictamente lo referente a forma de construcción y valores deseados para las puestas a tierra, expuestos en el Documento de Memoria. Se instalará de acuerdo a lo establecido en el RETIE. La puesta a tierra será única y a ella se unirán: (Ver Anexo 5)

- Todas las partes metálicas del CT (herrajes, amarres, protecciones, cuba del transformador, etc.).
- Los descargadores de sobretensión.
- Neutro del secundario del transformador.

2.8. NIVELES DE AISLAMIENTO DE LOS CIRCUITOS DE BT

El nivel de aislamiento será de 10 kV eficaces en ensayo de corta duración (1 min) a frecuencia industrial y de 20 kV a impulso con onda tipo rayo 1,2/50µs.

2.9. EQUIPO DE MEDIDA

El equipo de medida se instalará de acuerdo con la Norma de medidas de Air-e S.A.S. ESP.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

2.10. ACCESORIOS DIVERSOS

El soporte del CT deberá llevar:

a) La señal triangular de riesgo eléctrico.
b) Una placa destinada a identificar el CT.
c) El Logo Corporativo de **AIR-E**.

3. RECEPCIÓN DE OBRA

Durante la obra o una vez finalizada la misma, el Director de Obra podrá verificar que los trabajos realizados están de acuerdo con las especificaciones de este Pliego de Condiciones. Esta verificación se realizará por cuenta del Contratista.

Todos los materiales deben cumplir con la certificación de conformidad de producto como lo establece el RETIE.

Igualmente, antes de la energización y puesta en servicio el contratista deberá presentar ante Air-e la respectiva certificación de RETIE emitida por un ente acreditado Una vez finalizadas las instalaciones, el Contratista deberá solicitar la oportuna recepción global de la obra.

En la recepción de la instalación se incluirán los siguientes conceptos:

3.1. PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO

- Aislamiento. Consistirá en la medición de la resistencia de aislamiento del conjunto de la instalación y de los aparatos más importantes antes de ser conectados a la red de mediatensión.

- Resistencia de puesta a tierra. Se comprobará la medida de las resistencias de tierra como máximo valor admitido de 10Ω, en caso de que esta sea mayor será necesario realizar tratamientos al terreno para alcanzar dicho valor.

- Prueba de Tensión. Se comprobará que la tensión de salida en los bornes secundarios del transformador sea la correcta teniendo en cuenta la caída de tensión prevista para la red de B.T. Al conectarse la carga se realizarán mediciones en horas pico y en las colas de los circuitos a fin de determinar que la tensión de servicio a los clientes sea la adecuada. En caso contrario se desconectará la carga para cambiar el selector de voltaje del transformador hasta conseguir la tensión deseada.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

- Los instrumentos de medición deberán contar con los respectivos protocolos de calibración.

3.2. PROTOCOLOS DE ENSAYOS DE MATERIALES

Están destinados a verificar las características de los equipos asociados al CT que dependen de la calidad de fabricación y de los materiales empleados. Todo el material que forma parte del equipo eléctrico del CT deberá haber soportado por separado las tensiones de prueba a frecuencia industrial y a impulso tipo rayo.

Todos los equipos deberán contar con sus respectivos protocolos de pruebas eléctricas y se realizara una inspección visual para verificar el buen estado de los equipos.

Se debe presentar el respectivo protocolo original de pruebas de los transformadores con fecha de expedición no mayor a seis meses.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

ANEXO C4.

TÉCNICAS DE MONTAJE

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

TÉCNICAS DE MONTAJE

ÍNDICE

Capítulo 1: Técnicas de Instalación

1 Postes de Hormigón
2 Transformador
3 Conexión a la línea aérea de M.T.
4 Herrajes
5 Cortacircuitos
6 Fusibles de expulsión
7 Descargadores de sobretensión

Capítulo 2: Sistema de Puesta a tierra

1 Medición de Resistividad Aparente del suelo
2 Instalación
3 Medición de la resistencia de Puesta a Tierra

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

CAPÍTULO 1.

TÉCNICAS DE INSTALACIÓN

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

1. POSTES DE HORMIGON

El contratista seguirá las pautas que indica el Pliego de Condiciones del Proyecto Tipo de Líneas Eléctricas Aéreas MT Sin Neutro en todo lo que aplica a transporte, almacenamiento, excavaciones, hincado y cimentación de postes.

2. TRANSFORMADOR

2.1 Manejo

El transformador nunca se debe levantar o mover sujetándolo por los terminales de media y baja tensión o cualquier otro accesorio que no sea las orejas para izar el transformador, debido a que son piezas altamente frágiles.

La base de madera sobre la cual se despacha el transformador puede utilizarse para moverlo con montacargas. Es recomendable conservar el transformador en ella hasta el sitio donde será instalado, ya que le brinda mayor protección.

Por ningún motivo permita que el transformador sea directamente arrastrado sobre el piso ya que la caja podría sufrir deformaciones o la pintura podría deteriorarse dando lugar a la corrosión de la lámina.

Se debe tener mucho cuidado en no golpear el transformador ya que puede ocasionar daños internos en la parte activa de este.

De no ser posible la utilización de una grúa o montacargas puede deslizar el transformador sobre rodillos. Para esto, utilice la misma base del transformador ya que está diseñada para deslizar su transformador en ambas direcciones.

Por ninguna razón haga palanca apoyándose de la caja para intentar deslizarlo o levantarlo ya que esta estructura no está diseñada para ser sometidas a este tipo de esfuerzos y pueden presentarse fugas de aceite o deformaciones.

2.2 Almacenamiento

Los transformadores no deben ser colocados uno encima del otro a no ser que se encuentren totalmente protegidos por jaulas de madera y deben almacenarse en un terreno sólido, seco y nivelado.

2.3 Montaje

- El montaje de los transformadores monofásicos y trifásicos en poste se realizará con una grúa siempre que sea posible con el fin de levantar el transformador hasta el punto donde sujetará al poste. En los demás casos se utilizará un diferencial que se colgará

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

de una ménsula movible auxiliar desmontable instalada sobre el poste para este fin. Durante la maniobra los operarios deben estar en el suelo guiando el transformador mediante cuerdas.

- La sujeción del transformador al poste se realizará por medio de dos abrazaderas galvanizadas para transformador de 2" x 1/4" por 1 salida o tornillos de acero galvanizado de 5/8" de diámetro (Ver fig. 1).

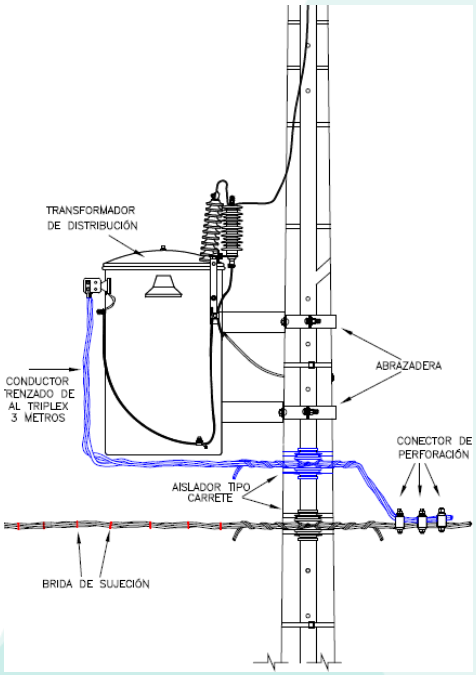
- Una vez posicionado y colgado el transformador de la abrazadera, este deberá quedar en posición perfectamente vertical y centrado en el poste.

- En el caso de los transformadores convencionales, los bujes de MT se conectan mediante cable de Cu No 2 a la parte superior de los descargadores y de allí a la parte inferior del cortacircuito. Se instalará una cruceta metálica para soporte de los cortacircuitos.

- Los transformadores autoprotegidos tendrán el mismo esquema de conexión que los no autoprotegidos. El cortacircuito en media tensión con fusible se puede reemplazar por un seccionador o un cortacircuito con barra seccionadora en lugar de porta fusible y fusible.

- Los bujes de BT del transformador serán cubiertos con cinta autofundente y cinta vinílica de alta performance.

Figura 1. Montaje de transformador en poste



Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

2.4 Puentes desde el transformador a la red de B.T.

- Los puentes se realizarán con cables aislados de cobre o aluminio o aleación de la sección indicada en el Proyecto.

- El cable de BT se conectará directamente a los bujes de baja tensión del transformador o mediante conectores tipo pletina.

- En las acometidas de Baja Tensión, los conductores serán continuos, desde el punto de conexión del transformador al equipo de medida y desde éste continuarán en el mismo calibre hasta los bornes del equipo de protección general de la instalación del usuario.

- No se aceptan empalmes, ni derivaciones en ningún tramo de la acometida.

- Se considera acometida aérea a los conductores que van en forma aérea desde los bornes de BT del transformador hasta el equipo de medida y desde éste al inmueble.

- Los puentes de baja tensión del transformador a la red de distribución serán hasta de calibre No 4/0 AWG con conductores de aluminio trenzados.

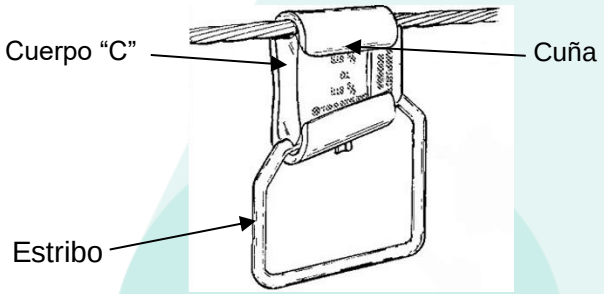
- Para los transformadores particulares los puentes desde el transformador hasta el medidor instalado en poste serán de igual forma aérea con conductores de cobre o aluminio, y la acometida que sale del medidor será aérea hasta calibre # 4 AWG, para calibres mayores la acometida deberá ser subterránea.

- Para los transformadores de distribución la conexión de los conductores del puente desde los bujes de B.T. a la red de distribución deberá hacerse con conectores de perforación.

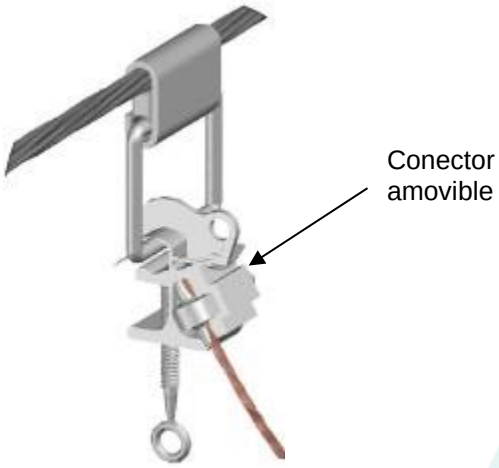
3. CONEXION A LA LÍNEA AÉREA DE M.T.

La conexión a la línea de media tensión se realizará con conector tipo cuña con estribo y conectoramovible para estribo (Ver fig. 3).

Figura 3. Conectores



Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

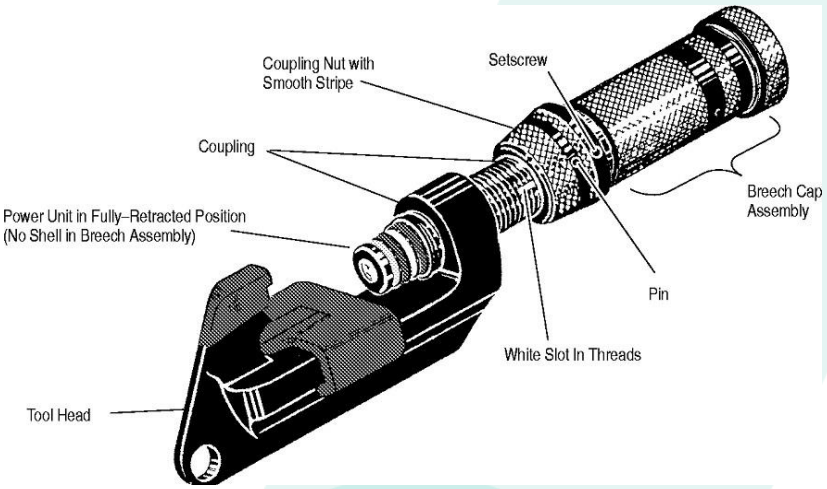


- Se debe seleccionar el conector de cuña con estribo de acuerdo con el calibre del conductor de media tensión a conectar, para garantizar una conexión adecuada.

- El conector tipo cuña se instalará con la ayuda de una herramienta denominada pistola. Esta debe ajustarse según el conector a instalar.

- Una vez instalado el conector con estribo se procede a instalar el conector amovible en el estribo.

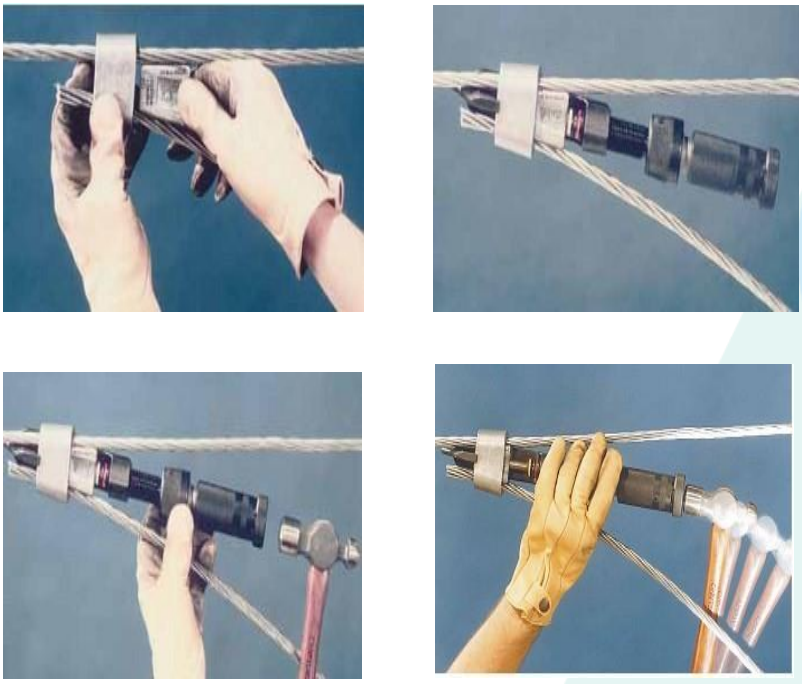
Figura 4. Pistola para conector tipo cuña[1]



[1] figura 4 tomada de www.te.com/usa

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Figura 5. Instalación del conector tipo cuña[1]



4. HERRAJES

Dependiendo de la configuración de la línea los transformadores convencionales requieren de la instalación de una cruceta auxiliar metálica galvanizada de 2400 mm para soporte de los cortacircuitos. El montaje lo realizara personal calificado el cual contará con los elementos de protección adecuados para este tipo de trabajo.

- La conexión al cable de tierra se realizará por medio de un conector tipo cuña. Este cable es continuo hasta la varilla de puesta a tierra.

- En caso de que el poste no tenga los orificios requeridos para asegurar la cruceta con tornillos ésta se asegurará al poste mediante abrazaderas galvanizadas tal como se muestra en la Norma de Construcción de Air-e Centro de Transformación Tipo Poste.

- Una vez instalada y asegurada la cruceta auxiliar, se procederá a instalar los cortacircuitos los cuales se fijarán con un soporte en "L" para seccionador fusible en cruceta angular.

[1] figura 5 tomada de www.te.com/usa

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

- En la configuración compacta para transformadores monofásicos convencionales los cortacircuitos se instalarán sobre el poste, montados sobre soportes tipo "L" para poste. (Fig. 7) (Ver norma de construcción de Air-e).

Figura 6. Cruceta Auxiliar

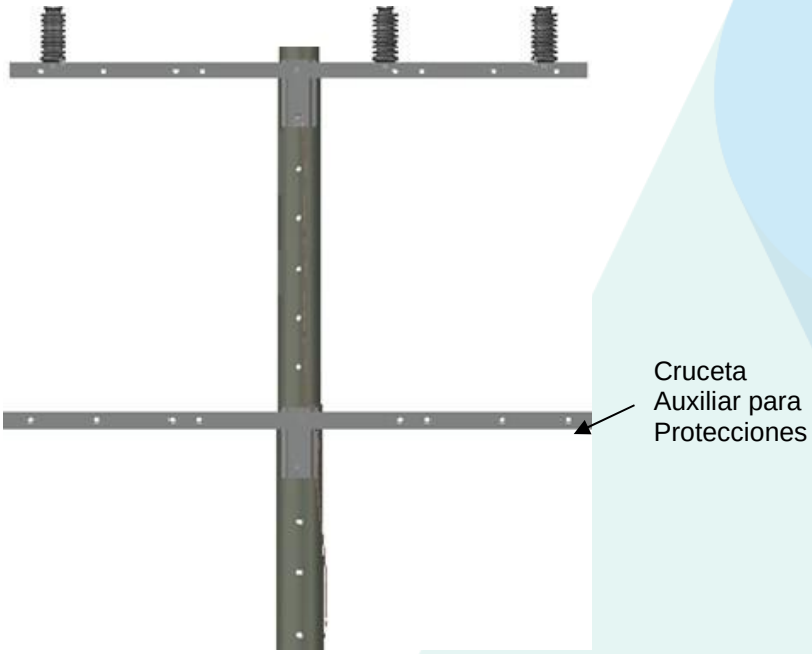
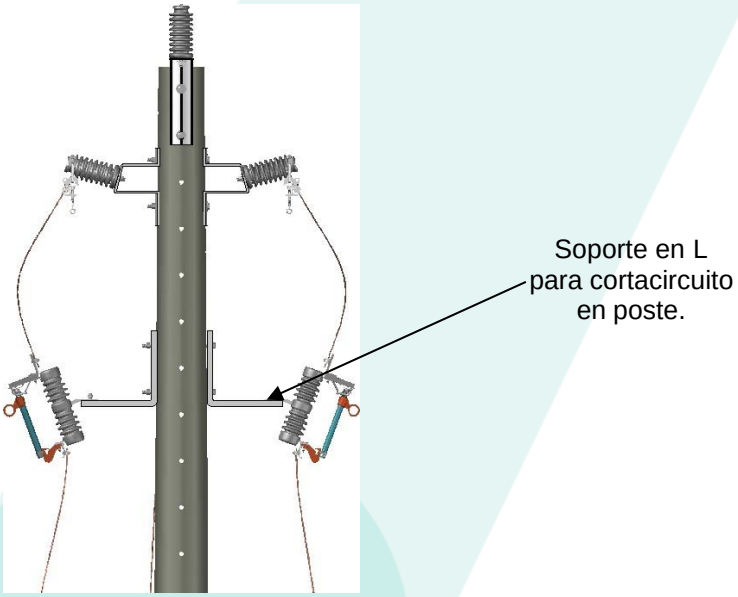


Figura 7. Soporte L para cortacircuito en poste

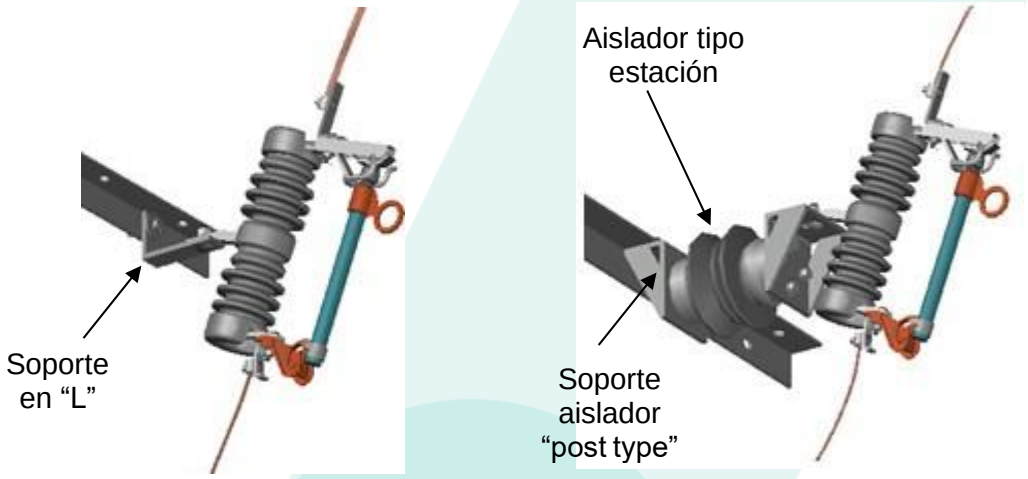


Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

5. CORTACIRCUITO

- El montaje del cortacircuito se realiza con un soporte en "L" para seccionador fusible en cruceta angular o en poste. (Ver fig. 7 y 8).
- El cortacircuito se fijará al soporte para seccionador por medio de un tornillo de carruaje de 3/8" mínimo con una arandela de presión y una tuerca.
- En el caso de instalación de cortacircuito en poste el soporte en "L" se fijará al apoyo mediante tornillos de 5/8" Ø x 12" de longitud. De no existir los agujeros necesarios en el poste se podrá fijar por medio de dos abrazaderas de dos salidas de 6"- 8" u 8"- 10".
- Para aquellas zonas con características de alta contaminación o con redes que requieran frecuencia de lavado, el cortacircuitos se fijara a la cruceta por medio del soporte para aislador post type, aumentando la distancia a tierra por medio de un aislador tipo estación (Ver figura 8, CT005).
- El cortacircuito se instalará manteniendo una posición que ofrezca la máxima facilidad de operación. Se cuidará de dar el torque adecuado al apriete de la tuerca del tornillo carruaje.
- Al hacer las conexiones eléctricas se debe usar un cepillo de alambre para limpiar los conductores de cobre.
- Se aplicará una capa de antioxidante antes de insertar dichos conductores en los bornes del cortacircuito.
- Los terminales superior e inferior del tramo de cable bajante de la línea de M.T. al cortacircuito deben ser del tipo ojo de presión adecuados para recibir conductores calibres desde No. 2 AWG.

Figura 8. Montaje de cortacircuito en cruceta metálica



Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

- Se comprobará que la operación del seccionador no afecte mecánicamente a los postes, a los bornes de los transformadores, ni a los conductores de conexionado.
- Los seccionadores fusibles una vez instalados y conectados a las líneas y al transformador, deberán permanecer en la posición de "abierto" hasta que culminen las pruebas con tensión de la línea.
- Se debe atender lo especificado en el capítulo 10 del documento Memoria del presente proyecto tipo.

- **FUSIBLES DE EXPULSIÓN**

  - El elemento fusible será fijado a la base del tubo por medio de tuerca y arandela o por medio de tuerca de cara plana que cumpla la función de una arandela (Ver fig. 9).

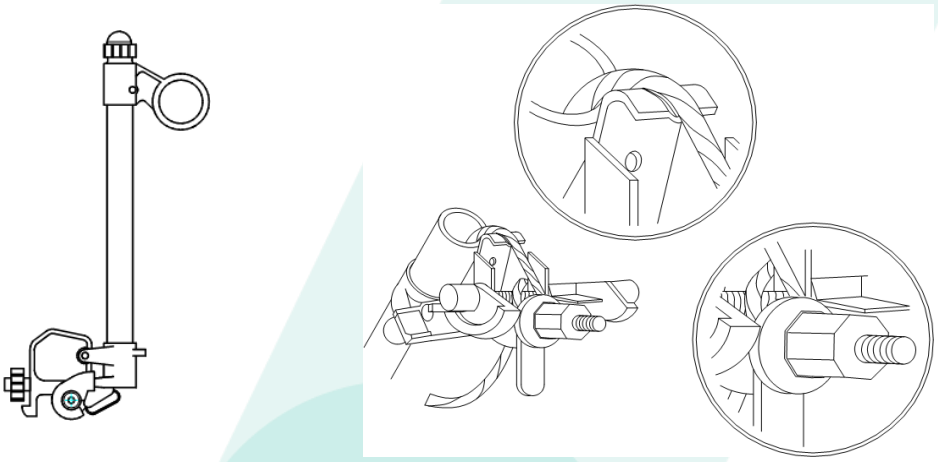
  - La lengüeta de tensión del elemento fusible contendrá una hendidura y diseño curvo que evite el corte de las hebras.

  - El recorrido de la tuerca de fijación del elemento fusible sobre el perno estará restringido, a objeto de evitar el jalado de hebras del hilo tensor durante el montaje del elemento.

  - Los terminales de la base serán diseñados con una rigidez tal que evite la vibración del conductor ante solicitaciones normales de viento.

  - Los tipos de fusibles a utilizar son los tipos D (VS) con un rango de disparo del 200% y el tipo D (SR) que tienen un rango de disparo del 300% (Ver Especificaciones Técnicas de Materiales).

Figura 9. Montaje de hilo fusible[1]



[1] figura 9 tomada de: https://likinormas.micodensa.com/Especificacion/equipos_maniobra_proteccion_sobrecorriente_sobretensiones/et518_tubo_porta_fusible_15_kv_100

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

6. DESCARGADORES DE SOBRETENSIÓN

- Los descargadores deben ir ubicados en la parte superior de la cuba del transformador y deben fijarse verticalmente alineados mediante pernos sobre un bastidor.

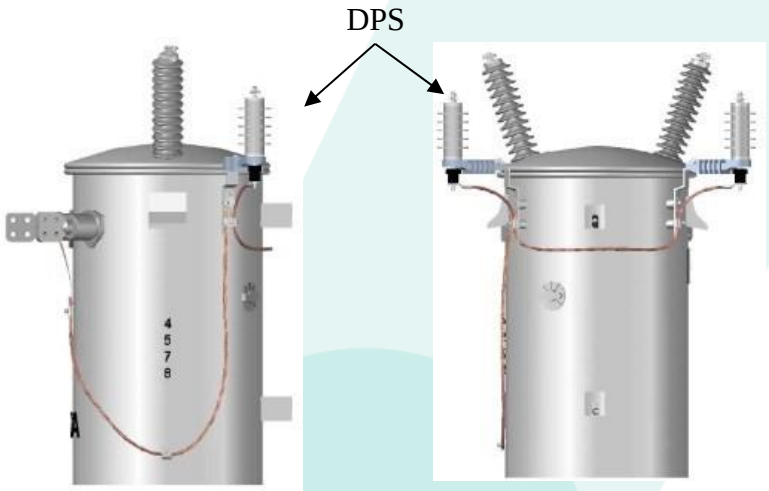
- El terminal superior del descargador para el conductor de línea será del tipo "conductor pasante", apto para conexión directa de conductor de cobre Nº 2AWG y será parte integral del descargador. Se conectará hacia la parte inferior del cortacircuito mediante un cable de cobre desnudo No 2 AWG.

- El buje del neutro del transformador se conecta hacia el tornillo del neutro, de éste al tornillo de la puesta a tierra de la cuba del transformador y de aquí se conecta mediante grapa al cable que conecta los descargadores de sobretensión. Alternativamente se pueden conectar directamente al bajante de puesta a tierra del C.T.

- Los bornes de tierra de los descargadores de sobretensión se interconectarán mediante conductor de cobre desnudo Nº 2 AWG y luego al bajante de tierra de forma que el recorrido de este cable se hará continúo sin ningún corte. El empalme al bajante se hará con conector tipo cuña si el bajante es en Copper Clad Steel o cobre. En la tierra de acero austenítico se utilizará una pieza de transición cable a fleje.

- El cable bajante será de cobre No 2 AWG el cual va conectado a una varilla de tierra de cobre o también podrá ser un fleje de acero inoxidable austenítico conectado a una varilla de acero inoxidable austenítico, para dejar protegido el transformador.

Figura 10. Montaje de descargador en cuba de transformador



Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

7. BAJANTES SECUNDARIOS.

El bajante secundario tendrá una longitud de tres metros para permitir la instalación inmediata o futura de puntos de control interno (PCI).
El tipo de conductor y su cantidad por fases de acuerdo con el tipo de transformador está determinada en el documento de memorias del presente proyecto tipo.
La fijación del cable a los bujes de baja tensión del transformador se realizará mediante conectores tipo pletina de dos huecos cuando el buje tiene paletas de dos o cuatros huecos (transformadores trifásicos o monofásicos de 50 kVA o más) o conectores tipo pletina de un hueco cuando la paleta del transformador es de dos huecos (transformadores monofásicos de 37,5 kVA o menos). Si se utilizan cables de aluminio, los conectores deberán ser aluminio estañado.

El ponchado de los conectores tipo pletina se realizarán con ponchadoras y con los dados que corresponden al tipo de conector a instalar. Por ejemplo, para el caso de los conectores de aluminio estañado, se deberá seleccionar el dado de acuerdo al calibre del conector y que sea apto para conectores de aluminio. No se permite el uso de dados aptos para conectores de cobre en conectores de aluminio estañado ni de dados aptos para conectores de aluminio en conectores de cobre estañado. El uso de herramientas y/o dados inadecuados redunda en una mala conexión lo que a su vez ocasiona calentamientos, lo que reduce la vida útil del transformador.
Se utilizarán tornillos de acero inoxidable para la fijación del conector tipo pletina con el buje tipo pala del transformador.

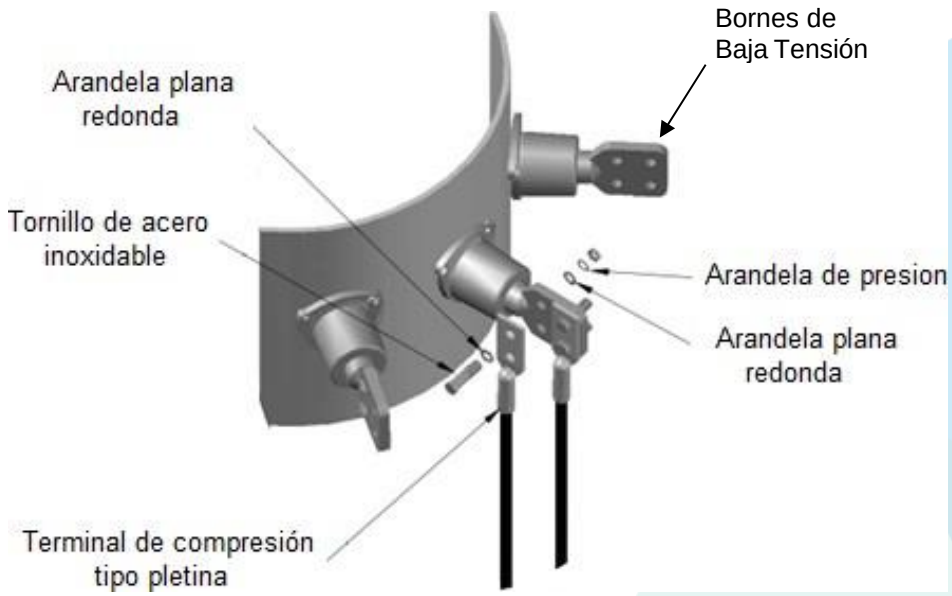
Opcionalmente se podrán usar kits de tornillos de acero recubiertos con una capa de aluminio-zinc (>10 µm) y una capa exterior de polímeros o silicatos de titanio (>6 µm), con una desempeño probado contra la corrosión certificado en cámara salina de al menos 1200 horas y que permita realizar conexiones bimetálicas, complementados con un sistema de arandelas que permita contrarrestar los efectos de los cambios de temperaturas cíclicas que se presentan en esta interface cable-pletina del buje del transformador y que producen deformaciones permanentes en los conectores y a su vez ocasionan perdida del desempeño de la conexión. El kit debe incluir un manual de instalación y crema inhibidora de la corrosión.

El orden de instalación de las arandelas es la siguiente:

Lado de la cabeza del tornillo: cabeza del tornillo, arandela plana. Lado de la tuerca: tuerca, arandela de presión, arandela plana. Para realizar el correcto apriete de los tornillos se deberá usar un torquímetro apto para tornillo de ½" y torques de apriete de entre 30 y 50 lbf.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Figura 11. Montaje de bajantes BT en bujes secundarios de transformador



8. DPS EN BAJA TENSION (Opcional).

De acuerdo con el estudio de riesgos y según lo establece el RETIE, se usarán DPS en la baja tensión del transformador.

Se instalará un DPS por cada fase en baja tensión y en el neutro. El hilo de tierra en cable de cobre No 2 AWG se conectará al bajante de tierra del transformador.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

CAPÍTULO 2.

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN TIPO POSTE.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

1 MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD APARENTE DEL SUELO

El perfil de la resistividad del suelo determinará el valor de la resistencia a tierra y la profundidad de la malla de tierra. La medición de la resistividad del suelo se realiza con un telurómetro o Megger de tierras de cuatro terminales.

Se debe tener cuidado cuando se hace la medición de resistividad con los telurómetros para evitar que se midan voltajes y corrientes que no se deban al aparato, es decir si la medición se realiza cerca de subestaciones o de líneas en servicio o sistemas van a inducir corrientes por el suelo debido a los campos electromagnéticos de 60 Hz y causarán una lectura errónea.

Como la medición obtenida es puntual, se deben hacer mediciones en un sentido y en otro a 90 grados del primero. En la medición de resistividad de un terreno, es común encontrar valores muy dispares, causados por la geología del terreno, por lo que es una práctica común de una tabla con lecturas, el eliminar los valores que estén 50% arriba o abajo del promedio aritmético de todos los valores medidos.

Figura 12. Telurómetro[1]

Existen diversas técnicas para medir la resistividad aparente del terreno, pero el método más adecuado y preciso es el de tetraelectródico de Wenner. Dicho método obtiene la resistividad del suelo para capas profundas sin enterrar los electrodos a dichas profundidades.

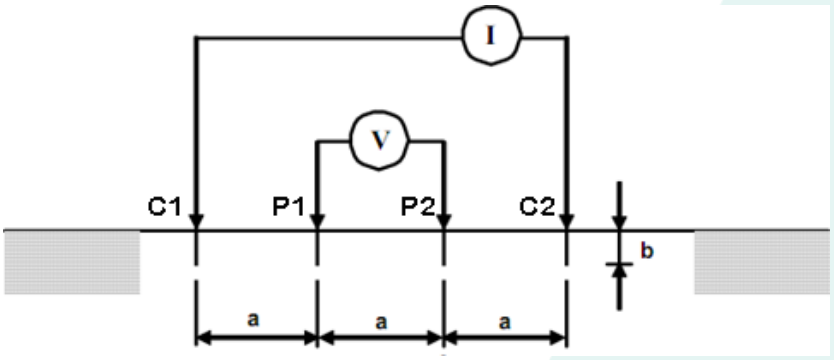
Con objeto de medir la resistividad del suelo se hace necesario insertar 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno, y por el contrario no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

[1] figura 12 tomada de https://www.megabras.com/es/productos/telurometro/telurometro-digital-MTD20KWe.php

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La relación V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo. En la siguiente figura se expone la disposición del montaje para su medición. Igualmente, se podrán utilizar otros métodos debidamente reconocidos y documentados en las normas y prácticas de la ingeniería.

Figura 13. Método de medición de resistividad aparente[1]



La expresión para el cálculo de la resistividad está dada por:

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

Donde:

ρ: Resistividad aparente del suelo (Ω-m)

a: Distancia entre electrodos adyacentes (m)

b: Profundidad de enterramiento de los electrodos (m)

R: Resistencia eléctrica medida calculada como V/I (Ω)

Cuando b es muy pequeño comparado con a, se tiene la siguiente expresión:

$$\rho = 2\pi a R$$

[1] figura 13 tomada de RETIE

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

2 INSTALACIÓN

- El cable de puesta a tierra en el transformador será un bajante que puede ser de Copper clad steel No 2 AWG o de acero austenítico, el cual estará conectado desde la cruceta.

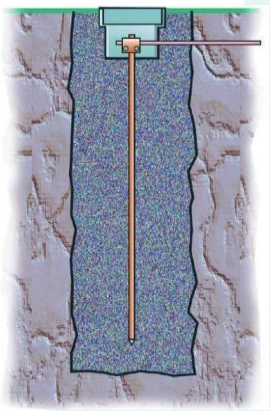
- Con un conector tipo cuña se hace la derivación para conectar sin interrupción de cable los descargadores de sobretensión entre sí.

- El neutro del secundario del transformador se conectará mediante conductor de cobre desnudo Nº 2 AWG a la cuba del transformador y de ésta al bajante a tierra.

- El cable bajante de Copper Clad Steel se llevará por el interior del poste y se conectará al electrodo de tierra.

- Otra opción de bajante es con un fleje de acero austenítico desde el cual se derivarán las conexiones del transformador y herrajes con conectores tipo pletina. El fleje se llevará por fuera del poste sujetado con fleje de acero o con abrazaderas adecuadas y se conectará a una varilla de acero inoxidable austenítico. Todas las derivaciones hacia el bajante serán en cobre No 2 AWG.

Figura 14. Varilla de Cu de Puesta a tierra



- La unión entre el electrodo y el conductor cuando la puesta a tierra es de Copper Clad Steel debe hacerse con un conector de compresión de Cu certificado para enterramiento directo, cada electrodo debe quedar enterrado en su totalidad. En el caso de acero austenítico se utilizará el conector mecánico en U, suministrado con el kit.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

Figura 15. Conector de compresión electrodo y conductor

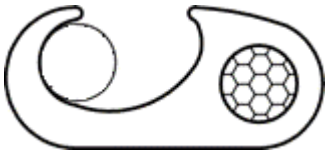
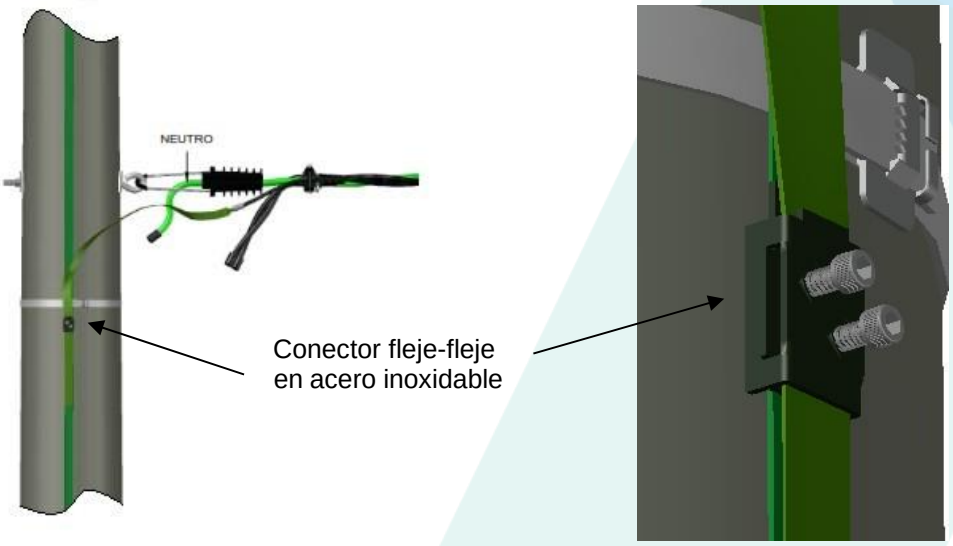


Figura 16. Conector fleje-fleje para acero austenítico



- El punto de unión entre el conductor y el electrodo de puesta a tierra debe ser accesible y la parte superior del electrodo enterrado debe quedar a mínimo 50 cm de la superficie y a una distancia de 1 metro desde el centro del poste si éste no está cimentado con hormigón. En caso de ser hormigonado esta distancia será medida desde el borde del bloque de concreto de la cimentación.

- El electrodo debe ser enterrado en forma vertical. No se permite el uso de aluminio en los electrodos de las puestas a tierra.

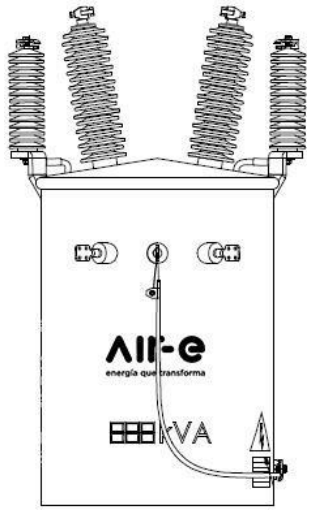
- Los conductores del sistema de puesta a tierra deben ser continuos, sin interrupciones o medios de desconexión y cuando se empalmen, deben quedar mecánica y eléctricamente seguros mediante soldadura o conectores certificados para tal uso.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

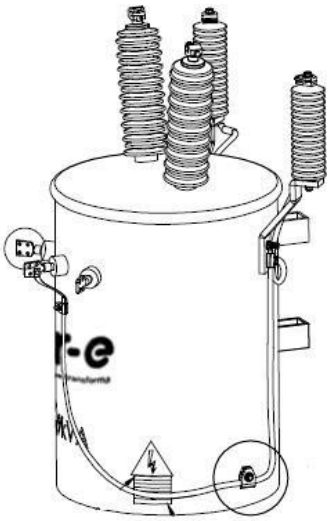
- El valor máximo de la resistencia de puesta debe ser de 10Ω y se deben garantizar las tensiones máximas de contacto establecidas en RETIE.

Figura 17. Conexionado de puesta a tierra

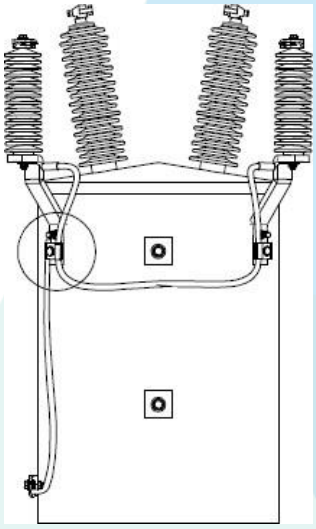
(a) Vista Frontal



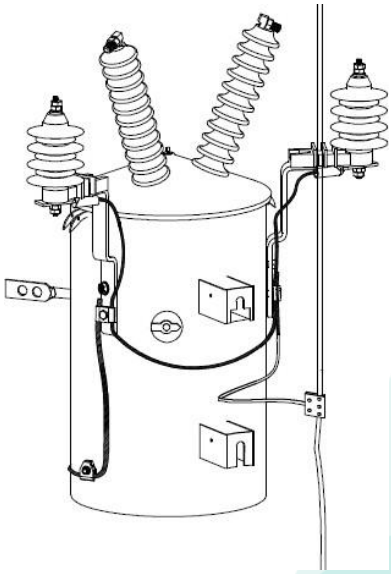
(b) Vista lateral



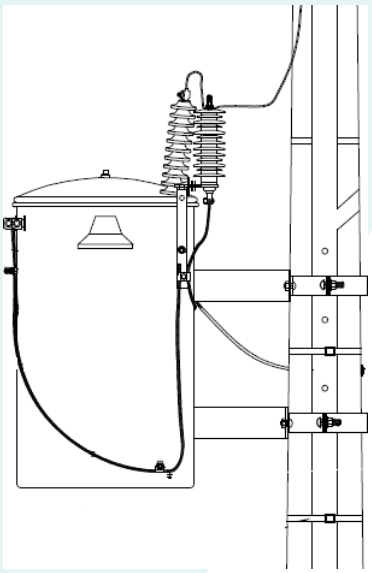
(c) Conexionado DPS



(d) Conexionado con Acero Austenitico



(e) Conexionado general



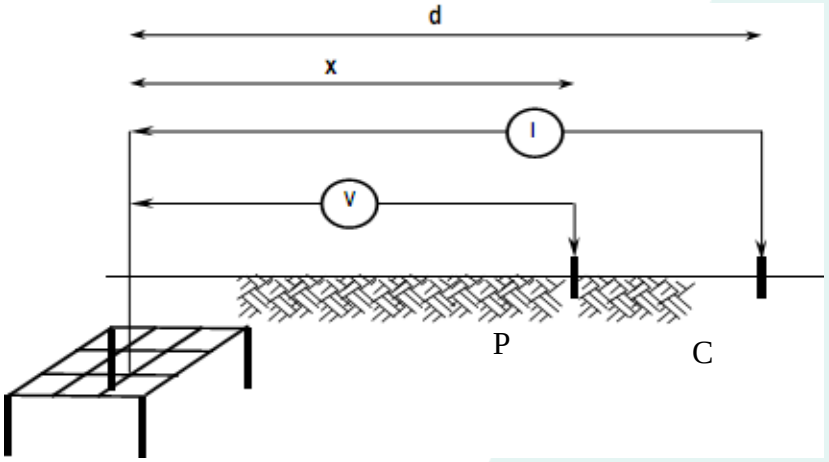
Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

3 Medición de la resistencia de puesta a tierra

La resistencia de puesta a tierra según RETIE para los sistemas de distribución debe ser de máximo 10Ω, en algunos casos donde la resistividad del suelo es muy alta y no se pueda lograr la resistencia máxima permitida por el RETIE se procederá a mejorar las condiciones del terreno mediante productos químicos.

La resistencia de puesta a tierra debe ser medida antes de la puesta en marcha de un sistema eléctrico, como parte de la rutina de mantenimiento o excepcionalmente como parte de la verificación de un sistema de puesta a tierra. Para su medición se puede aplicar la técnica de Caída de Potencial, cuya disposición de montaje se muestra en la siguiente Figura:

Figura 18. Método de medición de resistencia de puesta a tierra[1]



d: Distancia de ubicación del electrodo auxiliar de corriente, la cual debe ser 6.5 veces la mayor dimensión de la puesta a tierra a medir, para lograr una precisión del 95% (según IEEE 81).

X: Distancia del electrodo auxiliar de tensión.

R_{PT}: Resistencia de puesta a tierra en ohmios (Ω) calculada como V/I

Este método consiste en pasar una corriente entre el electrodo o sistema de puesta a tierra a medir y un electrodo de corriente auxiliar punto (C) y medir la tensión entre la puesta a tierra bajo prueba y un electrodo de potencial auxiliar (P). Para minimizar la influencia entre electrodos, el electrodo de corriente se coloca generalmente a una distancia como mínimo de 6.5 veces superior a la dimensión más grande de la puesta a tierra bajo estudio.

[1] figura 18 tomada de RETIE

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*

El electrodo de potencial debe ser colocado en la misma dirección del electrodo de corriente, pero también puede ser colocado en la dirección opuesta. Para medir una resistencia exacta la distancia "d" para el electrodo auxiliar de potencial debe estar al 61.8% de la distancia del electrodo auxiliar de corriente para un suelo de resistividad homogénea.

Control de cambios

Edición	Fecha de aprobación	Motivo de la edición y/o resumen de cambios
01	07/01/2022	Documento de primera edición que reemplaza el proyecto tipo relacionado a Centros De Transformación Tipo Poste de fecha 3 de noviembre del 2020. En relación con este; se realizan los siguientes ajustes: • Se organiza el documento acorde a la nueva codificación • Actualización de fuentes de imágenes presentes en documento.

Protejamos el medio ambiente, imprime este documento solo si es necesario. Las copias impresas son *no controladas.*