

ET-TRA-DI-1500-1.0

DISEÑO PARA PAT DE NEUTRO EN MT Y ST

VIGENCIA: 11/09/2023

Revisado por:	Aprobado por:
Comité Operativo del Proyecto de Normalización (COP)	Gerente Área Trasmisión Ing. Daniel Castagna Gerente División EST Ing. Pablo Bergalli Gerente División DET Ing. Gabriel Rodríguez
FECHA: 2023-08-16	FECHA: 2023-09-07

ÍNDICE

0.- TRÁMITE Y REVISIONES	3
0.1.- TRÁMITE	3
0.2.- REVISIONES.....	3
1.- OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	3
1.1.- VIGENCIA.....	4
2.- REFERENCIAS NORMATIVAS.....	4
3.- DEFINICIONES / ABREVIATURAS / SÍMBOLOS	4
3.1.- DEFINICIONES	4
3.2.- ABREVIATURAS.....	4
3.3.- SÍMBOLOS	4
4.- MARCO GENERAL	5
4.1.- INTRODUCCIÓN.....	5
4.2.- DISEÑO GENERAL.....	6
4.2.1.- MÓDULO DE CONFORMACIÓN DE NEUTRO.....	9
4.2.2.- MÓDULO DE RPAT	11
4.2.3.- COFRE DE ZONA DE NEUTRO (CZN)	14
5.- ANEXOS	14

0.- TRÁMITE Y REVISIONES

0.1.- TRÁMITE

Este documento fue elaborado por Andrés Pietrafesa, Federico Patrone, Fernando Berrutti, Fiorella Rebella, Gastón Badano, Ismael Rodríguez, Lorgio Riva, Marcelo Machado, Martín Puppo y Pablo Iguini en colaboración con Normalización de Trasmisión.

Fue enviado a Revisión a todos los gerentes y subgerentes de Trasmisión.

Fue aprobado por el Comité de Dirección del Proyecto de Normalización, integrado por el Gerente de Área de TRA y los Gerentes de las Divisiones EST y DET.

0.2.- REVISIONES

Fecha	N° de versión	Elaborado por	Aprobado por	Párrafos modificados	Surge de:
2023-09-07	1.0	Andrés Pietrafesa Federico Patrone Fernando Berrutti Fiorella Rebella Gastón Badano Ismael Rodríguez Lorgio Riva Marcelo Machado Martín Puppo Pablo Iguini	Ing. Daniel Castagna Ing. Pablo Bergalli Ing. Gabriel Rodríguez	Documento nuevo	Comité Operativo del Proyecto de Normalización

1.- OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Especificar aspectos de diseño que se deben considerar en la implementación de la puesta a tierra del neutro de media tensión y subtrasmisión en subestaciones de Trasmisión con transformación hacia Distribución.

Lo definido aplica para instalaciones existentes de Trasmisión que incluyan transformación hacia Distribución.

Las instalaciones nuevas deben considerar los aspectos conceptuales de diseño que se desarrollen en este documento, pero no necesariamente los planos de referencia que se generen (por ejemplo, actualmente no parece necesario que se consideren los planos constructivos desarrollados en este documento para una instalación GIS nueva donde existen otras ventajas y otras restricciones).

A lo largo de este documento, se desarrollan aspectos a considerar para el montaje electromecánico. Las especificaciones de los equipos de media tensión y de los cables de potencia se desarrollan en las especificaciones técnicas correspondientes. En el documento IT-EST-AO-0001 se especifican las restricciones a considerar para la explotación.

1.1.- VIGENCIA

La presente especificación técnica entra en vigencia a partir de su publicación, establecida en la carátula y pie de página.

2.- REFERENCIAS NORMATIVAS

Los documentos indicados a continuación, en su totalidad o en parte, son referencias para consulta indispensables para la aplicación de este documento:

IEC 61936-1	Power installations exceeding 1 kV AC and 1,5 kV DC - Part 1: AC
IT-EST-AO-0001	Operación y maniobra de sistemas de aterramiento de neutro
ET-TRA-MA-1110	Seccionadores de neutro 24 y 36 kV
ET-TRA-MA-1501	Transformadores Zig Zag
ET-TRA-MA-4501	Resistencias de puesta a tierra
ET-TRA-MA-5001	Cables de media tensión

3.- DEFINICIONES / ABREVIATURAS / SÍMBOLOS

3.1.- DEFINICIONES

No aplica.

3.2.- ABREVIATURAS

CZN	Cofre de zona de neutro
MT	Media Tensión
PAT	Puesta a tierra
PCC	Panel de corriente continua
PCA	Panel de corriente alterna
PTA	Panel de Transformador Auxiliar
RPAT	Resistencia de puesta a tierra
ST	Subtrasmisión

3.3.- SÍMBOLOS

No aplica.

4.- MARCO GENERAL

4.1.- INTRODUCCIÓN

La puesta a tierra del neutro en las instalaciones de media tensión y subtrasmisión tiene un rol muy importante en los aspectos de seguridad física e integridad de las instalaciones de Trasmisión: establecer una corriente máxima para los cortocircuitos fase-tierra, a un valor que sea independiente de la explotación de la red, permite también mayor selectividad con las protecciones de la red aguas abajo, minimizando así la afectación a clientes ante este tipo de faltas (que son las más frecuentes en la red).

Existen antecedentes en los que se han dañado irreversiblemente resistencias de puesta a tierra, por envejecimiento, acortamiento de vida útil (debido a acumulación de faltas soportadas), o también por efecto térmico ante alguna falta que el sistema de protección no despejó a tiempo. Una vez aislada la falta y desvinculada la resistencia dañada de la instalación, eléctricamente se puede volver a proveer el servicio con neutro aislado o rígidamente aterrado. Sin embargo, las condiciones son claramente distintas y el riesgo a asumir para las personas y los equipos puede resultar inadmisibles.

El tiempo de reemplazo de una resistencia de puesta a tierra depende de la existencia en stock de otra compatible con la que falla, del tiempo de disposición y traslado, de aspectos de diseño de la instalación (si existen elementos de maniobra, si la resistencia está accesible para ser retirada con una grúa, si se requiere indisponer la instalación para efectuar maniobras, si es necesario realizar nuevos terminales de cable, sustitución de cables de medida de corriente, realizar ensayos de puesta en funcionamiento, etc.). En definitiva, ante el fallo de una resistencia de puesta a tierra, se está ante un incidente con afectación del orden de varias horas, en el mejor de los casos.

Para mitigar esta situación de afectación de al menos varias horas se entendió conveniente, como criterio de diseño, disponer de una segunda resistencia de puesta a tierra en cada subestación con transformación hacia Distribución. Además, en la medida que se vayan realizando obras de mejora en las instalaciones, se deben ir incorporando también adecuaciones asociadas a minimizar el tiempo de restitución del aterramiento del neutro de MT o ST.

Este documento considera la conformación del neutro en una barra con seccionadores unipolares hacia el neutro de cada transformador y hacia cada resistencia. Esta configuración permite restablecer el servicio en tiempos tan cortos como lo permita el acceso a la instalación y la realización de maniobra para conmutar resistencias (la que tuvo la falla con la de reserva en frío), logrando así el propósito de minimizar el tiempo de afectación.

Incorpora los planos unifilar, de planta y corte, fundaciones, especificación de cofre de zona, de materiales y de equipos de potencia.

Considera aspectos de montaje, distancias de seguridad, adaptación a distintas variantes de resistencias, malla de tierra, canalización, tendido de cables, fundaciones, etc.

El diseño es modular y permite la reubicación de sus módulos componentes en sitio, a fin de flexibilizar la adaptación a las distintas situaciones que se encuentran en cada instalación en servicio en particular.

4.2.- DISEÑO GENERAL

Para los transformadores de potencia que tienen el neutro de MT o ST accesible, la instalación para su puesta a tierra debe estar compuesta por tres módulos, un módulo de conformación de neutro y dos módulos de RPAT.

El denominado “módulo de conformación de neutro” corresponde al que implementa la conformación del neutro con un conjunto de seccionadores unipolares montados en un bastidor entre dos columnas.

El “módulo de RPAT” corresponde al que implementa la puesta a tierra del neutro conformado, y consiste en una resistencia de puesta a tierra junto a su base y elementos de montaje.

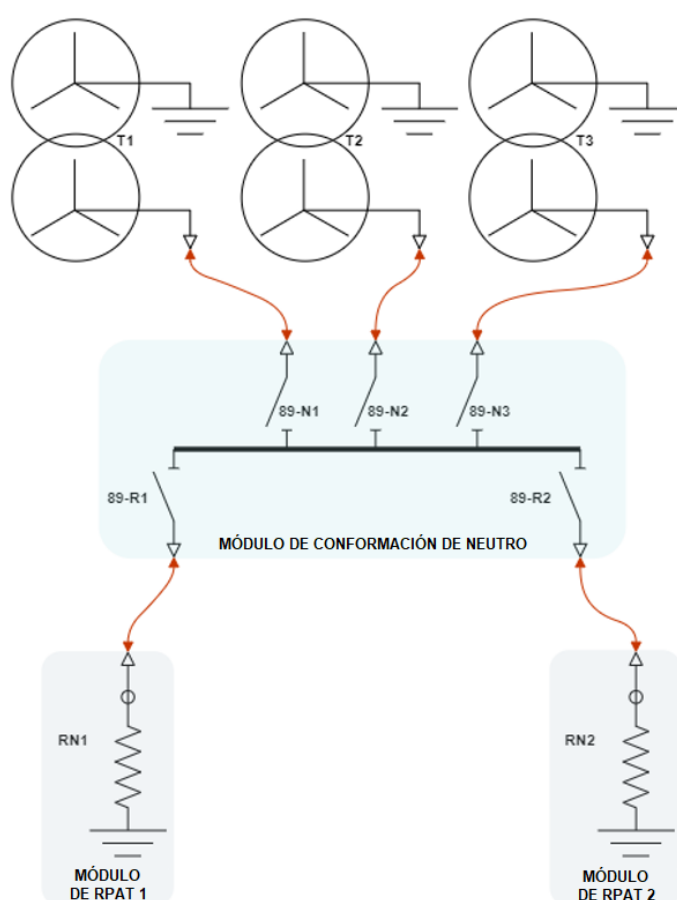


Figura 1 - Módulo de conformación de neutro y módulos de RPAT en transformadores con neutro accesible

Esto debe ser así siempre que cada transformador tenga el neutro de MT o ST accesible. Cuando no sea el caso, se ha de incorporar un transformador Zig-Zag asociado a cada transformador de potencia en su proximidad. Esto permite simplificar el tendido de cables de MT o ST en el predio de la subestación y facilita el objetivo de recolección de aceite, pudiéndose recurrir a vincular las cubas. Los transformadores Zig-Zag incorporados han de cumplir con las especificaciones del documento ET-TRA-MA-1501 de las referencias normativas, y los cables de media tensión y subtrasmisión deben cumplir con lo especificado en el documento ET-TRA-MA-5001.

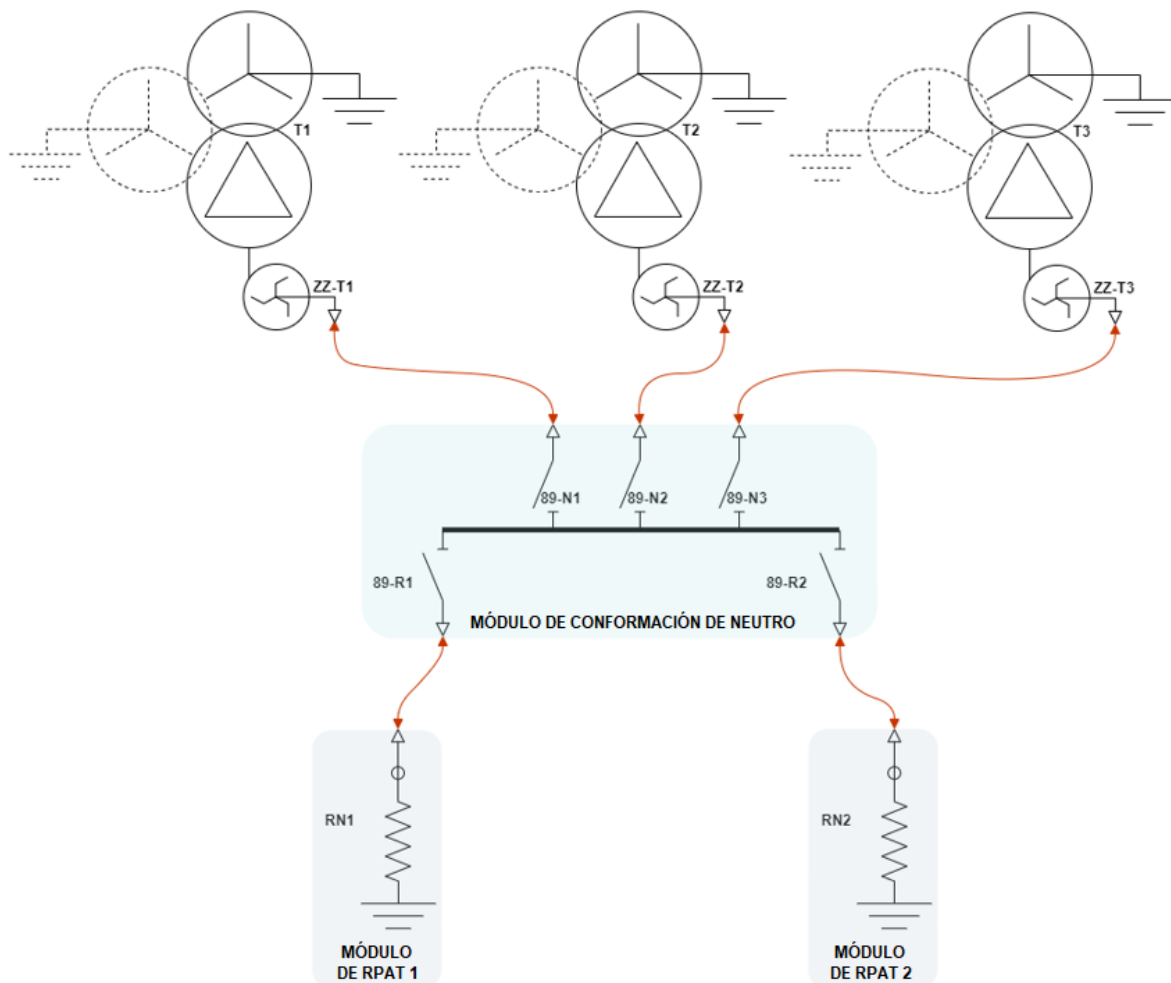


Figura 2 - Módulo de conformación de neutro y módulos de RPAT en transformadores sin neutro accesible (con transformador Zig-Zag asociado)

La propuesta modular apunta a que la disposición del conjunto se pueda adaptar en sitio a conveniencia, de acuerdo a las restricciones establecidas por lo existente y a ejecutarse sin obstaculizar ampliaciones previsibles.

Deben considerarse los siguientes aspectos para su implementación en cada sitio concreto:

- No obstaculizar el pasaje de maquinaria utilizada en el mantenimiento de los equipos de la subestación, ni se los exponga a un accidente eléctrico al restringir el pasaje por zonas muy estrechas. Para esto se requiere intercambiar con personal de experiencia en cada instalación particular.
- No obstaculizar posibles oportunidades de crecimiento de la instalación. También se debe evitar ocupar sitios que puedan resultar atractivos para montajes transitorios para renovación de equipos. Para esto se requiere conocer los planes de expansión de la red a corto y mediano plazo, por lo que se requiere intercambiar con la alta gerencia.

Se sugiere analizar sitios:

- Que no hayan tendidos de cables de potencia.

Trasmisión

- Cercanos a la puesta a tierra existente (si el espacio es suficiente, se puede montar un provisorio mientras se reacondiciona el sector).
- Que haya blindaje ante descargas atmosféricas, o que con algún tendido adicional se pueda proteger la zona.
- Que no requieran largos tendidos de cables, cruzar caminos, canales de cables, y salidas en cable de potencia.

En condiciones normales de servicio la tensión de neutro es la que resulta de la circulación por la resistencia de aterramiento del desbalance de carga de la subestación en cada momento. Para determinar la máxima tensión de neutro esperada en condiciones de servicio normales, se considera que las resistencias deben soportar una corriente de 40 A en régimen permanente; esto equivale a una tensión de neutro de 2 kV en resistencias de 50 Ohm y a 0,72 kV en resistencias de 18 Ohm.

La tensión de neutro se eleva al valor de tensión de fase (18 kV en la red de 31,5 kV y 13 kV en la red de 22 kV) durante una falta a tierra en la red de media tensión aguas abajo. El entorno de la conformación del neutro se expone a estos valores de tensión hasta que el sistema de protección de respaldo despeje la falta.

Independientemente de los valores de tensión esperados en los distintos escenarios, la instalación del neutro de media tensión o subtrasmisión se ejecuta con equipamiento clase de aislación 36 kV; la misma debe estar conforme a la norma IEC 61936-1.

En relación a las distancias eléctricas, dicha norma establece para 36 kV una distancia mínima fase-tierra $N = 320$ mm. En función de ésta, establece una mínima altura del conductor energizado $H = N + 2250$ mm (mínimo 2500 mm). En nuestro caso $H = 320$ mm + 2250 mm = 2570 mm.

La elevación de las partes energizadas, incluyendo el borne de neutro de las resistencias, por encima de los 3 m, ayuda a evitar cualquier contacto accidental con partes energizadas, e incluso considera un margen de seguridad respecto a la normativa.

Si se considera necesario tomar una medida de seguridad extra, o para el caso de las instalaciones previas a la vigencia de este documento que no cumplan con la altura especificada, se recomienda ejecutar un cerco que delimite la zona, con el cuidado de no comprometer la accesibilidad para montaje y prever la entrada de los cables de neutro enterrados. El tejido debe vincularse con la malla de tierra en cada vértice, y también la puerta de acceso al entorno.

Todas las superficies metálicas de la estructura, puntos de anclaje y soldaduras deben tratarse para evitar la corrosión mediante galvanizado en frío con al menos 95% de zinc, atentos a que un eventual futuro tratamiento de esa superficie en condiciones seguras requiera desenergizar el neutro y consecuentemente toda la instalación.

La zona debe contar con una capa de 20 cm de piedra partida.



Figura 3 - Zona de instalación de puesta a tierra delimitada por cerco

4.2.1.- MÓDULO DE CONFORMACIÓN DE NEUTRO

Para la disposición en planta del módulo de conformación de neutro se debe evitar el acercamiento a pasajes de frecuente circulación de objetos elevados (escaleras, vehículos, plataformas elevadoras, etc.).

Se recomienda considerar un despeje horizontal de 1,5 m para reducir la probabilidad de un contacto accidental al circular en el entorno con herramientas o accesorios que podrían entrar en contacto a la altura de las partes energizadas.

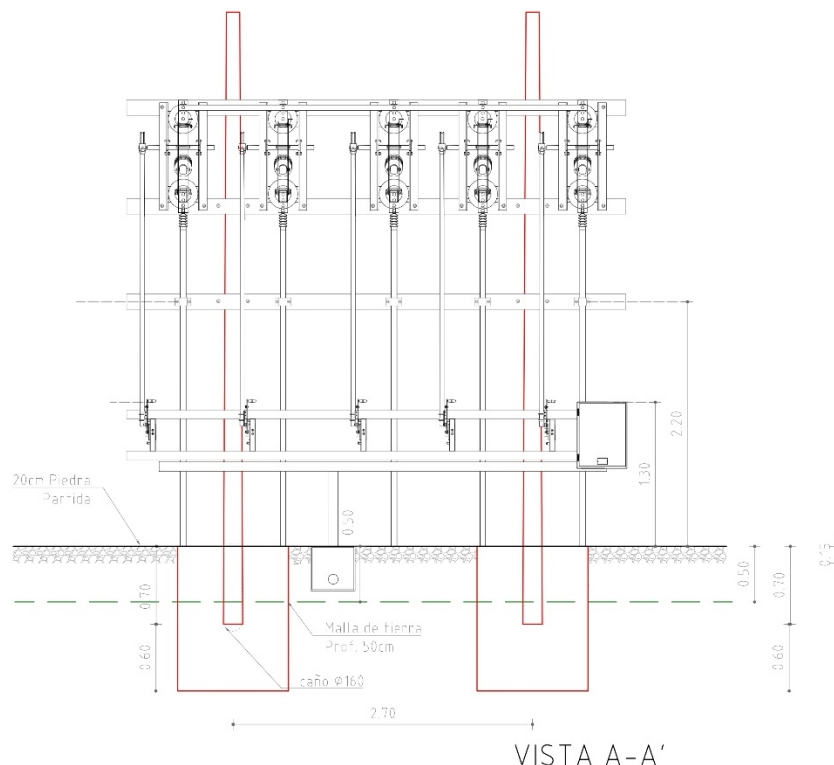


Figura 4 - Conformación del módulo de neutro

Los seccionadores unipolares deben cumplir con los requisitos expuestos en el documento ET-TRA-MA-1110 de las referencias normativas. Se deben disponer en vertical, con el neutro conformado en el contacto superior (mediante una barra de cobre de 5 mm x 50 mm) y con los terminales de cable hacia abajo.

Las columnas a utilizar corresponden a las A3 o en su defecto A2, no admitiéndose menores, normalizadas en fábrica de columnas UTE. Otra de similares características se considera adecuada. Las fundaciones sugeridas se indican en los planos de planta y corte de referencia, que se encuentran en los [Anexos](#) de este documento.

El reemplazo de las columnas por perfiles PNU requiere de un diseño que evite la flexión del conjunto. Esto se puede hacer mediante la selección de perfiles adecuados y la eventual incorporación de apoyos adicionales a modo de traba.

Entre las columnas se conforma un bastidor con perfiles PNU 120 o PNU 100 sobre el cual se montan los seccionadores unipolares hacia el neutro de cada transformador y hacia cada resistencia, mandos y cepos para los cables de media tensión.



Figura 5 - Bastidor con seccionadores unipolares montados

Entre seccionadores unipolares se conserva una distancia de 1 m para preservar condiciones seguras durante maniobra y eventual consignación local del cable de media tensión hacia los transformadores de potencia y resistencias de PAT, así como el trabajo sobre los terminales de cables. Por restricciones de espacio, la distancia entre seccionadores puede reducirse hasta 80 cm, no admitiéndose distancias menores.

Deben vincularse con la malla de tierra de la subestación los bastidores sobre los cuales se montan los seccionadores unipolares y sus mandos, así como la perfilería para sujeción de los cables de potencia y todo herraje accesible sobre el cual se realice el montaje. Para esto, cada módulo debe prever un mallado de referencia en su entorno al que se vinculan las bajadas desde los elementos antes mencionados, siendo necesario conectar este mallado a la malla de tierra de la subestación.



Figura 6 - Columnas con bastidor conformado para el montaje de los seccionadores unipolares y aterramiento de los perfiles

Todas las uniones de malla de tierra deben ejecutarse mediante soldadura exotérmica y con los calibres indicados. No se admiten grampas de sujeción para ningún tipo de unión que permanezca enterrada ya que no es posible reconocer su grado de degradación.

4.2.2.- MÓDULO DE RPAT

Para la disposición en planta del módulo de RPAT también se debe evitar el acercamiento a pasajes de frecuente circulación de objetos elevados (escaleras, vehículos, plataformas elevadoras, etc.), pero debe poder mantenerse el acceso mediante un camión con grúa pluma para el montaje y eventual recambio.

Se recomienda considerar un despeje horizontal de 1,5 m para reducir la probabilidad de un contacto accidental al circular en el entorno con herramientas o accesorios que puedan entrar en contacto a la altura de las partes energizadas.

El módulo de RPAT se compone de una resistencia de puesta a tierra, conforme al documento ET-TRA-MA-4501 de las referencias normativas, su base y elementos de montaje.

La resistencia se vincula a la barra de neutro mediante un seccionador unipolar, que forma parte del módulo de conformación de neutro.

La base se conforma por dos apoyos premoldeados en T sobre los cuales se anclan dos perfiles transversales a estos apoyos. Se admite una estructura de hormigón de resistencia y altura equivalentes. En los planos de referencia se muestran las fundaciones sugeridas para suelos normales (terreno tipo A) y rocosos (terreno tipo B).

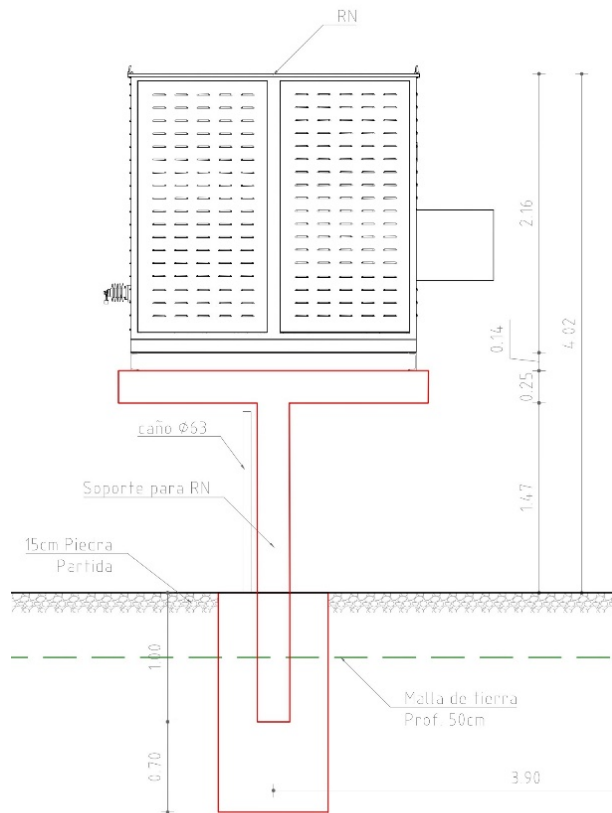


Figura 7 - Conformación de módulo de RPAT



Figura 8 - Resistencia montada sobre perfiles transversales

Si la resistencia a instalar lo requiere, se pueden incorporar otros perfiles transversales sobre los ya instalados, que permitan adaptarse a los puntos de anclaje del modelo concreto. Si los apoyos de las RPAT requirieran que los perfiles estuvieran en el otro sentido, se puede colocar un perfil C acostado sobre todo el largo de cada soporte T para apoyo de los perfiles que van a sustentar la RPAT. En los planos de referencia listados en el [Anexo](#) se encuentra un plano de las columnas soporte y un detalle de los anclajes.



Figura 9 - Montaje de resistencia sobre perfiles transversales, anclados a los perfiles principales

Del mismo modo que se aterran los bastidores metálicos, se deben aterrar los perfiles PNU utilizados para el anclaje, y se deben prever las bajadas para los circuitos de corriente.



Figura 10 - A la izquierda, aterramiento de los perfiles PNU. A la derecha, bajada de los circuitos de corriente.

4.2.3.- COFRE DE ZONA DE NEUTRO (CZN)

El cofre de zona de neutro consiste en un tablero destinado a centralizar en playa el cableado de los equipos que conforman la puesta a tierra. Se debe disponer de un cofre de zona junto al bastidor; a éste se cablean los estados de cada seccionador, tensiones auxiliares de mando, las corrientes de medida provenientes de cada resistencia y de cada transformador Zig-Zag cuando sea el caso, y señales auxiliares de las protecciones propias también en este último caso.

En el panel de distribución de corriente alterna de la subestación (PCA) se debe asignar un interruptor bipolar para alimentar los tomacorriente y resistencias calefactoras en los equipos. Como nomenclatura para esta derivación se sugiere “CZN y Equipos de Playa”.

En el panel de distribución de corriente continua de la subestación (PCC) se debe asignar un interruptor bipolar para alimentar el circuito de mando de los seccionadores unipolares asociados a las RPAT. Como nomenclatura para esta derivación se sugiere “Mando RPAT”.

La alimentación para el mando de los seccionadores unipolares asociados a los neutros de cada transformador se toma desde el mando de la sección de media tensión de cada transformador. La alimentación para los relés auxiliares asociados a cada Zig-Zag se toma desde la alimentación hacia cada PLT de cada transformador.

Cada circuito de medida de corriente de neutro proveniente de las resistencias de puesta a tierra se debe cablear a las borneras IR en el CZN, y de ahí hacia el panel de protección de barras de media tensión. Los secundarios que no se utilizan se cortocircuitan y aterran en el CZN.

Cada circuito de medida de corriente de neutro proveniente de cada Zig-Zag se debe cablear a las borneras IZZ en el CZN. Según la subestación, en caso de necesitarse pueden cablearse al PTA en lugar del CZN.

Para el cableado desde el cofre de zona hacia la sala de mando de la subestación, se debe prever en el bastidor la canalización hacia una cámara en su proximidad.

5.- ANEXOS

Los planos de corte de la instalación se encuentran en los siguientes enlaces:

- [FO-TRA-AN-0002 Montaje Módulo \(vista A-A\)](#)
- [FO-TRA-AN-0004 Montaje Módulo \(vista B-B\)](#)

Los planos de planta y corte de la fundación y de la columna soporte de la base de las RPAT se encuentran en los siguientes enlaces:

- [FO-TRA-AN-0006 Fundación para RPAT en terreno tipo A](#)
- [FO-TRA-AN-0008 Fundación para RPAT en terreno tipo B](#)
- [FO-TRA-AN-0010 Soporte para RPAT](#)