



NOTA: Las infografías se corresponden a la fase de licitación del proyecto, existiendo variaciones en el programa funcional.

REVISIÓN FECHA

Rev. 00 Enero '16

Rev. 01 Junio '16

1 | MEMORIA AT

NOVO CEIP CULLEREDO

Avenida Rufís S/N C.P. 15180

Culleredo | A Coruña | Galicia | España

TOMO XI

INST. DE ELECTRICIDAD E
ILUMINACIÓN

2016

JUNIO



XUNTA DE GALICIA

CONSELLERÍA DE CULTURA, EDUCACIÓN
E ORDENACIÓN UNIVERSITARIA

Secretaría Xeral Técnica

ARQUITECTOS

D. Alfredo Norniella López

D. Alfredo Norniella Menéndez

D. David Norniella Menéndez

COLABORADORES

D. Manuel Cuesta García

D. Jose Ignacio Fuentes Blanco

estudio **norniella**



www.norniella.com | estudio@norniella.com | servicios profesionales | arquitectura, construcción, ingeniería e inspección
C/ ALCALDE GARCÍA CONDE 3, 8º | T +34 98 521 81 12 | FAX +34 98 521 25 24 | 33001 OVIEDO
C/ PASEO DE LA CASTELLANA 141, PISOS 18 20 | T +34 91 554 68 60 | FAX +34 98 521 25 24 | 28046 MADRID

0

Índice

1	Memoria descriptiva de Alta Tensión y Centro de Transformación	2
1.1	OBJETO DEL PROYECTO.....	2
1.2	SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. CARACTERÍSTICAS DE LA RED.....	2
1.3	REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES	2
1.4	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	3
	<i>CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</i>	<i>3</i>
	<i>CATEGORÍA DE LA INSTALACIÓN. ITC-RAT 04.....</i>	<i>3</i>
	<i>CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS DE PROTECCIÓN.....</i>	<i>3</i>
	<i>CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS DE LÍNEA</i>	<i>3</i>
1.5	DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	3
	<i>OBRA CIVIL.....</i>	<i>3</i>
	<i>INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....</i>	<i>4</i>
1.6	MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	6
1.7	PUESTA A TIERRA. ITC-RAT 13	7
	<i>TIERRA DE PROTECCIÓN.....</i>	<i>7</i>
	<i>TIERRA DE SERVICIO.....</i>	<i>7</i>
	<i>TIERRAS INTERIORES.....</i>	<i>7</i>
	<i>ELEMENTOS A CONECTAR A TIERRA POR MOTIVOS DE PROTECCIÓN.....</i>	<i>7</i>
	<i>ELEMENTOS A CONECTAR A TIERRA POR MOTIVOS DE SERVICIO.....</i>	<i>7</i>
1.8	INSTALACIONES SECUNDARIAS	7
	<i>ALUMBRADO.....</i>	<i>7</i>
	<i>PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....</i>	<i>8</i>
	<i>VENTILACIÓN</i>	<i>8</i>
	<i>MEDIDAS DE SEGURIDAD.....</i>	<i>8</i>
1.9	CONCLUSIÓN.....	8
2	Memoria de Cálculo	9
2.1	ANEXO DE CÁLCULOS	9
	<i>INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.....</i>	<i>9</i>
	<i>INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN</i>	<i>9</i>
	<i>CORTOCIRCUITOS.....</i>	<i>10</i>
2.2	DIMENSIONADO DEL EMBARRADO	11
	<i>COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE</i>	<i>11</i>
	<i>COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA.....</i>	<i>11</i>
	<i>COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA. SOBREINTENSIDAD TÉRMICA ADMISIBLE</i>	<i>11</i>
2.3	SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN	11
	<i>ALTA TENSIÓN.....</i>	<i>11</i>
	<i>BAJA TENSIÓN.....</i>	<i>12</i>
2.4	DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL C.T.....	12
2.5	DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS	12
2.6	CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA	12
	<i>INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO</i>	<i>12</i>
	<i>DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE DE ELIMINACIÓN DE DEFECTO</i>	<i>12</i>
	<i>DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA.....</i>	<i>13</i>
	<i>CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS.....</i>	<i>15</i>
	<i>CÁLCULO DE LAS TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN.....</i>	<i>15</i>
	<i>CÁLCULO DE LAS TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN</i>	<i>16</i>
	<i>CÁLCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS.....</i>	<i>16</i>
	<i>INVESTIGACIÓN DE TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR.....</i>	<i>17</i>
	<i>CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL ESTABLECIENDO EL DEFINITIVO.....</i>	<i>18</i>

1

Memoria descriptiva de Alta Tensión y Centro de Transformación

1.1 OBJETO DEL PROYECTO

Este proyecto tiene por objeto definir las características de las instalaciones mencionadas en los antecedentes, así como justificar y valorar los materiales empleados.

Así mismo debe servir para conseguir la preceptiva autorización administrativa y posterior autorización de puesta en marcha que otorgue la Dirección General de Industria del Principado de Asturias.

El alcance del proyecto será:

- Centro de Transformación 250 KVA 20 KV en ubicado en el límite de la parcela.

1.2 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. CARACTERÍSTICAS DE LA RED

La conexión del centro de transformación proyectado a la red de HCDE se realizará en anillo, mediante una doble línea eléctrica subterránea de Alta Tensión, de entrada y salida, formada por conductores HEPRZ1 12/20 1X240AL+H16. Esta línea eléctrica subterránea no es objeto del presente proyecto.

La línea de media tensión enterrada de acometida al nuevo centro de transformación será ejecutada por la Compañía Suministradora, pendiente de fijar el punto de conexión.

1.3 REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES OFICIALES

Normas generales:

RD 337/2014. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

RD 223/2008. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.

Ley 54/1997 de 27 de noviembre de Regulación del Sector Eléctrico.

Normas UNE/IEC y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.

Normas particulares de Gas Natural Unión Fenosa.

Ordenanzas municipales del ayuntamiento de Soutomaíor.

Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

Normas y recomendaciones de diseño de aparamenta eléctrica:

CEI 60694 UNE-EN 60694

Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de Alta Tensión.

CEI 61000-4-X UNE-EN 61000-4-X

Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.

CEI 60298 UNE-EN 60298

Aparamenta bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.

CEI 60129 UNE-EN 60129

Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

RU 6407B

Aparamenta prefabricada bajo envolvente metálica con dieléctrico de Hexafloruro de Azufre SF6 para Centros de Transformación de hasta 36 kV.

CEI 60265-1 UNE-EN 60265-1
Interruptores de Alta Tensión. Parte 1: Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.

Normas y recomendaciones de diseño de transformadores:

CEI 60076-X UNE-EN 60076-X
Transformadores de potencia.
UNE 20101-X-X
Transformadores de potencia.

1.4 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 62271-200.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 15 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora Gas Natural Fenosa.

CATEGORÍA DE LA INSTALACIÓN. ITC-RAT 04

Según la instrucción técnica ITC-RAT 04, la instalación eléctrica objeto de este proyecto se clasifica como de tercera categoría.

CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS DE PROTECCIÓN

Las celdas a emplear serán de la serie CGMCOSMOS-P de Ormazábal, o equivalente, un conjunto de celdas compactas equipadas con apartamento de alta tensión, bajo envolvente única metálica con aislamiento integral, para una tensión admisible hasta 24 kV, acorde a las siguientes normativas.

- ▶ UNE-E ISO 90-3, UNE-EN 60420.
- ▶ UNE-EN 62271-102, UNE-EN 60265-1.
- ▶ UNE-EN 62271-200, UNE-EN 62271-105, IEC 62271-103, UNE-EN 62271-102.
- ▶ UNESA Recomendación 6407 B.

Toda la apartamenta estará agrupada en el interior de una cuba metálica estanca rellena de hexafluoruro de azufre con una presión relativa de 0.1 bar (sobre la presión atmosférica), sellada de por vida y acorde a la norma UNE-EN 62271-1.

CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS DE LÍNEA

Las celdas a emplear serán de la serie CGMCOSMOS-L de Ormazábal, o equivalente, celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción de arco. Responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 62271-200.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes.

- ▶ Compartimento de aparellaje.
- ▶ Compartimento del juego de barras.
- ▶ Compartimento de conexión de cables.
- ▶ Compartimento de mando.
- ▶ Compartimento de control.

1.5 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

OBRA CIVIL

Local

El Centro de Transformación estará ubicado en una caseta independiente destinada únicamente a esta finalidad.

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón con dos puertas peatonales, de dimensiones 6.080 x 2.380 y altura útil 2.585 mm, cuyas características se describen en esta memoria.

El C.T. estará dividido en dos zonas: una, llamada zona de Compañía y otra, llamada zona de Abonado. La zona de Compañía contendrá las celdas de entrada y salida, así como la de seccionamiento si la hubiera. El acceso a esta zona estará restringido al personal de la Cía Eléctrica, y se realizará a través de una puerta peatonal cuya cerradura estará normalizada por la Cía

Eléctrica. La zona de Abonado contendrá el resto de celdas del C.T. y su acceso estará restringido al personal de la Compañía Eléctrica y al personal de mantenimiento especialmente autorizado.

Características del local

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO.

Las características más destacadas del prefabricado son:

- ▶ **Compacidad**
Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:
 - Calidad en origen
 - Reducción del tiempo de instalación
 - Posibilidad de posteriores traslados
- ▶ **Facilidad de instalación**
La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación.
- ▶ **Material**
El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250 Kg/cm² a los 28 días de su fabricación) y una perfecta impermeabilización.
- ▶ **Equipotencialidad**
La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la RU 1303A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencial. Entre la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10.000 ohmios (RU 1303A). Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.
- ▶ **Impermeabilidad**
Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.
- ▶ **Grados de protección**
Serán conformes a la UNE 20324/93 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP23, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP33.
Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:
- ▶ **Envolvente**
La envolvente (base, paredes y techos) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica.
La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.
En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de Alta y Baja Tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.
- ▶ **Suelos**
Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos en forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no queden cubiertos por las celdas o cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.
- ▶ **Cuba de recogida de aceite**
La cuba de recogida de aceite se integrará en el propio diseño del hormigón. Estará diseñada para recoger en su interior todo el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base.
En la parte superior irá dispuesta una bandeja apagafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.
- ▶ **Puertas y rejillas de ventilación**
Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxy. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.
Las puertas estarán abisagradas para que se puedan abatir 180º hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90º con un retenedor metálico.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Características de la red de alimentación

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 15 kV y 50 Hz de frecuencia. La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación en el punto de entronque se estima en 130 MVA (I_{cc} 4,9 kA), mientras que la potencia máxima de cortocircuito en la red será de 400 MVA.

Características de la aparamenta de alta tensión

Las características generales de las celdas en el lado de compañía son las siguientes.

- ▶ Tensión asignada: 24 kV.

- ▶ Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
 - A frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV e.
 - A impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- ▶ Intensidad asignada en funciones de línea: 400 A.
- ▶ Intensidad asignada en funciones de protección: 200 A (400 A en interrump. automat).
- ▶ Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA ef.

Las características generales de las celdas SM6 en el lado de abonado son las siguientes.

- ▶ Tensión asignada: 24 kV.
- ▶ Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra:
 - a frecuencia industrial (50 Hz), 1 minuto: 50 kV ef.
 - a impulso tipo rayo: 125 kV cresta.
- ▶ Intensidad asignada en funciones de línea: 400-630 A.
- ▶ Intensidad asignada en interruptor automático 400-630 A.
- ▶ Intensidad asignada en ruptofusibles: 200 A.
- ▶ Intensidad nominal admisible durante un segundo: 16 kA ef.
- ▶ Valor de cresta de la intensidad nominal admisible: 40 kA cresta, es decir, 2.5 veces la intensidad nominal admisible de corta duración.
- ▶ Grado de protección de la envolvente: IP307 según UNE 20324.
- ▶ Puesta a tierra. El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 62271-200, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.
- ▶ Embarrado. El embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se puedan presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

Celdas

-Celdas de seccionamiento de compañía.- (entrada y salida) CGMCOSMOS-L

Conjunto equipado con un interruptor de línea, de dimensiones: 1.740 mm de alto, 365 mm de ancho, 735 mm de profundidad. Conjunto compacto estanco en atmósfera de hexafluoruro de azufre SF₆, 24 KV tensión nominal, para una intensidad nominal de 400 A en las funciones de línea, conteniendo:

- ▶ El interruptor de la función de línea será un interruptor-seccionador de las siguientes características:
 - ↳ Intensidad térmica: 16 kA eficaces.
 - ↳ Poder de cierre: 40 kA cresta.
- ▶ Seccionador de puesta a tierra en SF₆.
- ▶ Palanca de maniobra.
- ▶ Dispositivos de detección de presencia de tensión en todas las funciones de línea.
- ▶ 3 lámparas individuales (una por fase) para conectar a dichos dispositivos.
- ▶ Pasatapas de tipo roscados M16 de 400 A en las funciones de línea.
- ▶ Cubrebornas metálicos en todas las funciones.
- ▶ Manómetro para el control de la presión del gas.
- ▶ 3 Equipamientos de 3 conectores apantallados en "T" roscados M16 400A cada uno.

La conexión de los cables se realizará mediante conectores de tipo roscados de 400 A en cada función, asegurando así la estanqueidad del conjunto y, por tanto, la total insensibilidad al entorno en ambientes extraordinariamente polucionados, e incluso soportando una eventual sumersión.

-Celda de paso de barras.- CGMCOSMOS-L

Celda de paso de barras, de dimensiones: 365 mm de anchura, 735 mm de profundidad, 1.740 mm de altura, para separación entre la zona de Compañía y la zona de Abonado, a una intensidad de 400 A y 16 kA.

-Celda de remonte.- CGMCOSMOS-L

Celda de remonte de cables, de dimensiones: 365 mm. de anchura, 735 mm. de profundidad, 1.740 mm. de altura, y conteniendo:

- ▶ Juego de barras interior tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- ▶ Remonte de barras de 400 A para conexión superior con otra celda.
- ▶ Preparada para conexión inferior con cable seco unipolar.
- ▶ Embarrado de puesta a tierra.

-Celda de protección general.- CGMCOSMOS-RC

Celda de protección general, de dimensiones: 365 mm de anchura, 735 mm de profundidad, 1.740 mm de altura, para protección general del Transformador, a una intensidad de 400 A y 16 kA.

-Celda de protección con interruptor-fusibles combinados.- CGMCOSMOS-P

Celda de protección general con interruptor y fusibles combinados, de dimensiones: 470 mm. de anchura, 735 mm. de profundidad y 1.740 mm. de altura, conteniendo:

- ▶ Juego de barras tripolar de 400 A, para conexión superior con celdas adyacentes.
- ▶ Interruptor-seccionador en SF₆ de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA., equipado con bobina de apertura a emisión de tensión a 220 V 50 Hz.
- ▶ Mando C11 manual de acumulación de energía.
- ▶ Tres cortacircuitos fusibles de alto poder de ruptura con baja disipación térmica tipo MESA CF (DIN 43625), de 24kV, y calibre 31.5 A.
- ▶ Señalización mecánica de fusión fusibles.
- ▶ Indicadores de presencia de tensión con lámparas.

- ▶ Embarrado de puesta a tierra.
- ▶ Seccionador de puesta a tierra de doble brazo (aguas arriba y aguas abajo de los fusibles).
- ▶ Enclavamiento por cerradura tipo C4 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso a los fusibles en tanto que el disyuntor general B.T. no esté abierto y enclavado. Dicho enclavamiento impedirá además el acceso al transformador si el seccionador de puesta a tierra de la celda QM no se ha cerrado previamente.

-.Celda de medida.- CGMCOSMOS-M

Celda de medida de tensión e intensidad con entrada y salida inferior por cable, de dimensiones: 800 mm de anchura, 1.025 mm de profundidad, 1.740 mm de altura, y conteniendo:

- ▶ Juegos de barras tripolar de 400 A y 16 kA.
- ▶ Entrada y salida por cable seco.
- ▶ 3 Transformadores de intensidad de aislamiento seco, de relación 7,5-15/5 A, de clase 0.5 S, con potencia de precisión 5 VA, $I_{TÉRMICA}=200$ In y nivel de aislamiento 24 kV.
- ▶ 3 Transformadores de tensión de aislamiento seco, antiexplosivos, de relación 16.500:V3/110:V3-110:3, de clase 0.5, con potencia de precisión de 15 VA y nivel de aislamiento 24 kV. El segundo secundario tendrá las características adecuadas para conectar una resistencia de contraferro-resonancia (25 Ω /800W).
- ▶ 1 Resistencia vitrificada de 25 Ω y 800W.

Transformador. ITC-RAT 07

Será una máquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 15 kV y la tensión a la salida en vacío de 420V entre fases y 242V entre fases y neutro¹.

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural, en baño de aceite mineral.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y absorción de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21428, siendo las siguientes:

- ▶ Potencia nominal: 250 kVA.
- ▶ Tensión nominal primaria: 15.000-20.000 V.
- ▶ Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%.
- ▶ Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- ▶ Tensión de cortocircuito: 4 %.
- ▶ Grupo de conexión: Dyn11.
- ▶ Nivel de aislamiento:
 - ↳ Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 95 kV².
 - ↳ Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV².

La conexión en el lado de alta tensión se realizará mediante juego de puentes III de cables AT unipolares de aislamiento seco RHZ1, aislamiento 12/20 kV, de 95 mm² en Al con sus correspondientes elementos de conexión.

La conexión en el lado de baja tensión se realizará mediante juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0.6/1 kV, de 2x240 mm² Al para las fases y de 1x240 mm² Al para el neutro.

-.Dispositivo térmico de protección.-

Termómetro para protección térmica de transformador, incorporado en el mismo, y sus conexiones a la alimentación y al elemento disparador de la protección correspondiente, debidamente protegidas contra sobreintensidades, instalados.

Características material vario de alta tensión.

-.Embarrado general celdas.-

El embarrado general de los conjuntos compactos se construye con barras cilíndricas de cobre semiduro (F20) de 16 mm de diámetro.

-.Aisladores de paso celdas.-

Son los pasatapas para la conexión de los cables aislados de alta tensión procedentes del exterior. Cumplen la norma UNESA 5205B y serán de tipo roscado para las funciones de línea y enchufables para las de protección.

-.Embarrado general celdas.-

El embarrado general de las celdas se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

-.Piezas de conexión celdas.-

La conexión del embarrado se efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2.8 m.da.N.

1.6 MEDIDA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Según el Reglamento de Puntos de Medida de Consumos y Tránsitos de Energía Eléctrica, aprobado por el R.D. 1110/2007, esta instalación se clasifica como un tipo 3. Es decir, está incluida en los puntos de medida instalados en fronteras de clientes cuya potencia contratada sea superior a 50 kW e inferior o igual a 450 kW.

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario normalizado para Gas Natural Unión Fenosa, de CAHORS o URIARTE, modelo AT-UF de dimensiones 776mm de alto x 750mm de largo y 300mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

¹ Tensiones según UNE 21301 y UNE 21428

² Tensiones según UNE 21.301 y UNE 21.428

- ▶ Modem para comunicación remota.
- ▶ Regleta de comprobación de 10 contactos, homologada.
- ▶ Elementos de conexión.
- ▶ Equipos de protección necesarios.

1.7 PUESTA A TIERRA. ITC-RAT 13

TIERRA DE PROTECCIÓN

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a causa de averías o circunstancias externas.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

TIERRA DE SERVICIO

Se conectarán a tierra el neutro del transformador y los circuitos de baja tensión de los transformadores del equipo de medida, según se indica en el apartado de "Cálculo de la instalación de puesta a tierra" del anexo de cálculos de este proyecto.

TIERRAS INTERIORES

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm² de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm² de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP54.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1m.

ELEMENTOS A CONECTAR A TIERRA POR MOTIVOS DE PROTECCIÓN

Se pondrán a tierra las partes metálicas de una instalación que no estén en tensión normalmente pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones.

Se pondrán a tierra los siguientes elementos.

- ▶ Los chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- ▶ Los envolventes de los conjuntos de armarios metálicos (deberá existir una línea de tierra común para la puesta a tierra de las envolventes de sección mínima Cu 25 mm²).
- ▶ Las puertas metálicas podrán exceptuarse a elección de la D.O.
- ▶ Las vallas y cercas metálicas.
- ▶ Las columnas, soportes, pórticos, etc. f) Las estructuras y armaduras metálicas de los edificios que contengan instalaciones de alta tensión
- ▶ Las armaduras metálicas de los cables.
- ▶ Las tuberías y conductos metálicos.
- ▶ Las carcasas de transformadores, generadores, motores y otras máquinas.
- ▶ Hilos de guarda o cables de puesta a tierra de las líneas aéreas.
- ▶ Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.
- ▶ Pantalla de separación de los circuitos primario y secundario de los transformadores de medida o protección.

ELEMENTOS A CONECTAR A TIERRA POR MOTIVOS DE SERVICIO

Se conectarán a tierra los elementos de la instalación necesarios, como mínimo los siguientes.

- ▶ Los neutros de los transformadores, que lo precisen, en instalaciones o redes con neutro a tierra de forma directa o a través de resistencias o bobinas.
- ▶ El neutro de los alternadores y otros aparatos o equipos que lo precisen.
- ▶ Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida o protección, salvo que existan pantallas metálicas de separación conectadas a tierra entre los circuitos de alta y baja tensión de los transformadores.
- ▶ Los limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.

1.8 INSTALACIONES SECUNDARIAS

ALUMBRADO

En el interior del centro de transformación deberá existir un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo, que proporcionen un nivel medio de iluminación mínimo de 150 lux.

Los focos luminosos estarán colocados sobre soportes rígidos y dispuestos de tal forma que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Además, se deberá poder efectuar la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión.

Se dispondrá también un punto de luz de emergencia de carácter autónomo que señalará los accesos al centro de transformación.

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Según el apartado 5.1 de la instrucción técnica ITC-RAT 14, se instalará un extintor móvil de eficacia mínima 21A-113B.

VENTILACIÓN

La ventilación del centro de transformación se realizará mediante las rejas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto.

Estas rejas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

La justificación técnica de la correcta ventilación del centro se encuentra en el anexo de cálculos de este proyecto.

MEDIDAS DE SEGURIDAD

-Seguridad en celdas de protección.-

Los conjuntos compactos estarán provistos de enclavamientos de tipo mecánico que relacionan entre sí los elementos que la componen.

El sistema de funcionamiento del interruptor con tres posiciones, impedirá el cierre simultáneo del mismo y su puesta a tierra, así como su apertura y puesta inmediata a tierra.

En su posición cerrada se bloqueará la introducción de la palanca de accionamiento en el eje de la maniobra para la puesta a tierra, siendo asimismo bloqueables por candado todos los ejes de accionamiento.

Un dispositivo anti-reflex impedirá toda tentativa de reapertura inmediata de un interruptor.

Asimismo es de destacar que la posición de puesta a tierra será visible, así como la instalación de dispositivos para la indicación de presencia de tensión.

El compartimento de fusibles, totalmente estanco, será inaccesible mediante bloqueo mecánico en la posición de interruptor cerrado, siendo posible su apertura únicamente cuando éste se sitúe en la posición de puesta a tierra y, en este caso, gracias a su metalización exterior, estará colocado a tierra todo el compartimento, garantizándose así la total ausencia de tensión cuando sea accesible.

-Seguridad en celdas de línea.-

Las celdas de línea dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 62271-200, y que serán los siguientes:




- ▶ Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- ▶ El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- ▶ La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- ▶ Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en anteriores apartados.

1.9 CONCLUSIÓN

Los arquitectos que suscriben, estima que los datos aportados en el presente proyecto técnico, sean lo suficientemente claros y justificativos de la instalación que se pretende realizar, y espera de los Organismos de la Administración Pública, ante quienes se eleve, se sirvan aceptarlo, y merezca ser aprobado a efectos de su ejecución y puesta en servicio.

En Santiago de Compostela, Junio de 2016
Los Arquitectos,

		
Fdo. D. Alfredo Norniella López	Fdo. D. Alfredo Norniella Menéndez	Fdo. D. David Norniella Menéndez

2

Memoria de Cálculo

2.1 ANEXO DE CÁLCULOS

INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN

En un sistema trifásico, la intensidad primaria I_p viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U = Tensión compuesta primaria en kV (15 kV).

I_p = Intensidad primaria en Amperios.

Sustituyendo valores, se obtiene el siguiente resultado.

P TRANSFORMADOR (kVA)	I_p (A)
250	15,4

siendo la intensidad total primaria de 15,4 Amperios.

INTENSIDAD DE BAJA TENSIÓN

En un sistema trifásico la intensidad secundaria I_s viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} \cdot U}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

W_{fe} = Pérdidas en el hierro.

W_{cu} = Pérdidas en los arrollamientos.

U = Tensión compuesta en carga del secundario en kilovoltios (0.4 kV).

I_s = Intensidad secundaria en Amperios.

Sustituyendo valores, se obtiene el siguiente resultado.

P TRANSFORMADOR (kVA)	I_p (A)
250	361,27

CORTOCIRCUITOS

Observaciones

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia máxima de cortocircuito de 400 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

Cálculo de las corrientes de cortocircuito.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito se utilizarán las expresiones:

- ▶ Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} * U}$$

Si

endo:

S_{cc} = Potencia de cortocircuito de la red en MVA.

U = Tensión primaria en kV.

I_{ccp} = Intensidad de cortocircuito primaria en kA.

- ▶ Intensidad primaria para cortocircuito en el lado de baja tensión. No se calculará ya que será menor que la calculada en el punto anterior.
- ▶ Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión (despreciando la impedancia de la red de alta tensión):

$$I_{ccs} = \frac{S}{\sqrt{3} * \frac{U_{cc}}{100} * U_s}$$

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U_{cc} = Tensión porcentual de cortocircuito del transformador.

U_s = Tensión secundaria en carga en voltios.

I_{ccs} = Intensidad de cortocircuito secundaria en kA.

Cortocircuito en el lado de alta tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente con:

- ▶ $S_{cc} = 400$ MVA.
- ▶ $U = 15$ kV.

Sustituyendo dichos valores se obtiene una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T. de $I_{ccp} = 9,03$ kA.

Cortocircuito en el lado de baja tensión.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores, se obtiene lo siguiente.

P TRANSFORMADOR (kVA)	Ucc (%)	Iccs (kA)
250	4	9,03

Siendo:

Ucc: Tensión de cortocircuito del transformador en tanto por ciento.

Iccs: Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión.

2.2 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO

Como resultado de los ensayos que han sido realizados a las celdas fabricadas por Schneider Electric no son necesarios los cálculos teóricos ya que con los certificados de ensayo ya se justifican los valores que se indican tanto en esta memoria como en las placas de características de las celdas.

COMPROBACIÓN POR DENSIDAD DE CORRIENTE

La comprobación por densidad de corriente tiene como objeto verificar que no se supera la máxima densidad de corriente admisible por el elemento conductor cuando por el circule una corriente igual a la corriente nominal máxima.

Para las celdas de protección seleccionadas para este proyecto se dispone de la correspondiente certificación que garantiza que cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo tipo.

Para las celdas de línea seleccionadas para este proyecto se dispone de la correspondiente certificación que garantiza que cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo tipo.

COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN ELECTRODINÁMICA

La comprobación por solicitud electrodinámica tiene como objeto verificar que los elementos conductores de las celdas incluidas en este proyecto son capaces de soportar el esfuerzo mecánico derivado de un defecto de cortocircuito entre fase.

Para las celdas de protección seleccionadas para este proyecto se dispone de la correspondiente certificación que garantiza que cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo tipo.

Para las celdas modelo de líneas seleccionadas para este proyecto se dispone de la correspondiente certificación que garantiza que cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo tipo.

Los ensayos garantizan una resistencia electrodinámica de 40kA.

COMPROBACIÓN POR SOLICITACIÓN TÉRMICA. SOBREINTENSIDAD TÉRMICA ADMISIBLE

La comprobación por solicitud térmica tiene como objeto comprobar que por motivo de la aparición de un defecto o Para las celdas de protección seleccionadas para este proyecto se dispone de la correspondiente certificación que garantiza que cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo tipo.

Para las celdas modelo de líneas seleccionadas para este proyecto se dispone de la correspondiente certificación que garantiza que cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo tipo.

Los ensayos garantizan una resistencia térmica de 16kA 1 segundo.

2.3 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN

ALTA TENSIÓN

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundo es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger.

Sin embargo, en el caso de utilizar como interruptor de protección del transformador un disyuntor en atmósfera de hexafluoruro de azufre, y ser éste el aparato destinado a interrumpir las corrientes de cortocircuito cuando se produzcan, no se instalarán fusibles para la protección de dicho transformador.

P TRANSFORMADOR (kVA)	I nominal fusible A.T. (A)
400	19,6

El calibre de los fusibles de la celda de protección general será de 19,6 A.

BAJA TENSIÓN

Los elementos de protección de las salidas de Baja Tensión del C.T. no serán objeto de este proyecto sino del proyecto de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión.

2.4 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL C.T.

Las rejillas de ventilación del edificio prefabricado están diseñadas y dispuestas sobre las paredes de manera que la circulación del aire ventile eficazmente la sala del transformador. El diseño se ha realizado cumpliendo los ensayos de calentamiento según la norma UNE-EN 62271-102, tomando como base de ensayo los transformadores de 1000 KVA según la norma UNE 21428-1. Todas las rejillas de ventilación van provistas de una tela metálica mosquitero.

2.5 DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS

El foso de recogida de aceite será capaz de alojar la totalidad del volumen de agente refrigerante que contiene el transformador en caso de su vaciamiento total.

P TRANSFORMADOR (kVA)	V mín de fosos (L)
250	312

Dado que el foso de recogida de aceite del prefabricado será de 760 litros para el transformador, no habrá ninguna limitación en este sentido.

2.6 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA

INVESTIGACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Según la investigación previa del terreno donde se instalará este Centro de Transformación, se determina una resistividad media superficial de valor 150 Ω m.

DETERMINACIÓN DE LAS CORRIENTES MÁXIMAS DE PUESTA A TIERRA Y TIEMPO MÁXIMO CORRESPONDIENTE DE ELIMINACIÓN DE DEFECTO

Dado que se prevé que la tensión de servicio pase en un futuro a 20 kV y que, cuando se produzca esta circunstancia se conservarán los valores característicos actuales del régimen de neutro, la instalación de tierras se dimensionará para la situación más desfavorable, que va a ser la de 20 kV. Por tanto, los cálculos que siguen van referidos a una tensión de 20 kV. Según los datos de la red proporcionados por la compañía suministradora (UFDSA), el tiempo máximo de desconexión del defecto es de 0,5/2 segundos, existiendo un reenganche rápido a 300 ms. Por ello el tiempo a considerar en el cálculo de tierras será de 0,5 s. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según ITC-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

- K = 72 y n = 1.

Por otra parte, el neutro de la red de distribución en Media Tensión está aislado. Por esto, la intensidad máxima de defecto dependerá de la capacidad entre la red y tierra. Dicha capacidad dependerá no sólo de la línea a la que está conectado el Centro, sino también de todas aquellas líneas tanto aéreas como subterráneas que tengan su origen en la misma subestación de cabecera, ya que en el momento en que se produzca un defecto (y hasta su eliminación) todas estas líneas estarán interconectadas.

En este caso, según datos proporcionados por UFDSA, la longitud de las líneas aéreas es de 5km. y la longitud de las líneas subterráneas es de 5 km.

Las expresiones a emplear para calcular la intensidad de defecto son:

$$I_d = \frac{20.000 \text{ V}}{\sqrt{3} \sqrt{R_t^2 + X_c^2}}$$

donde,

R_t : resistencia del sistema de puesta a tierra.

$X_c = 1 / (3 \cdot \omega \cdot C)$.

$C = L_a \cdot C_a + L_s \cdot C_s$ (=capacidad de la red).

$\omega = 2 \cdot \pi \cdot 50$ (=pulsación de la red).

L_a = longitud de las líneas aéreas en Km.

L_s = Longitud de las líneas subterráneas en Km.

$C_a = 0,005E-6$ faradios/Km (=capacidad homopolar de las líneas aéreas de M.T.).

$C_s = 0,25E-6$ faradios/Km (=capacidad homopolar de las líneas subterráneas de M.T.).

Según datos proporcionados por la Compañía Eléctrica:

- ▶ $L_a = 5$ Km.
- ▶ $L_s = 5$ Km.

Por lo tanto,

- ▶ $C = 1.28 \cdot 10^{-6}$ F.
- ▶ $X_c = 832.6 \Omega$

DISEÑO PRELIMINAR DE LA INSTALACIÓN DE TIERRA.

Para el diseño preliminar se estudiarán por separado la tierra de protección y la de servicio. Al presentar esta instalación las condiciones especificadas en los apartados 6.3 y 7.7.4 de la instrucción técnica ITC-RAT 13 y las del método UNESA ($U_d \leq 1000V$), las puestas a tierra de protección y de servicio de la instalación se interconectarán y constituirán una instalación de tierra general.

Tierra de protección

Se conectarán a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envoltorios metálicos de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar se emplean las expresiones y procedimientos según el "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría", editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección se opta por un sistema de las características que se indican a continuación:

- ▶ Identificación: código 5/32 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- ▶ Parámetros característicos:
 - $K_r = 0.135 \Omega/(\Omega \cdot m)$
 - $K_p = 0.0252 V/(\Omega \cdot m \cdot A)$

Descripción:

- ▶ Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.
- ▶ Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

Tierra de servicio

Se conectarán a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección.

- ▶ Identificación: código 5/32 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- ▶ Parámetros característicos:
 - ↳ $K_r = 0.135 \Omega/(\Omega \cdot m)$.
 - ↳ $K_p = 0.0252 V/(\Omega \cdot m \cdot A)$.

Descripción:

- ▶ Estará constituida por 3 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre desnudo de 50 mm² de sección.
- ▶ Las picas tendrán un diámetro de 14 mm. y una longitud de 2.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 3.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 6 m., dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

Nota: se pueden utilizar otras configuraciones siempre y cuando los parámetros K_r y K_p de la configuración escogida sean inferiores o iguales a los indicados en el párrafo anterior.

La conexión desde el Centro hasta la primera pica se realizará con cable de cobre aislado de 0.6/1 kV protegido contra daños mecánicos.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37 Ω . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de Baja Tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 Voltios ($37 \times 0,650$).

Existirá una separación mínima de 1m entre las picas de la tierra de protección y las picas de la tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de Baja Tensión, calculada a través de la siguiente expresión.

$$D \geq \frac{\rho \cdot I_d}{2000 \cdot \pi}$$

donde,

$\rho \rightarrow$ Resistividad del terreno, en $\Omega \cdot m$

$I_d \rightarrow$ la corriente de defecto por el electrodo de protección, en A

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS

Tierra de protección

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (R_t), intensidad y tensión de defecto correspondientes (I_d , U_d), utilizaremos las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t -

$$R_t = K_r \cdot \sigma$$

- Intensidad de defecto, I_d :

$$I_d = \frac{20.000 \text{ V}}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}}$$

- Tensión de defecto, U_d :

$$U_d = I_d \cdot R_t$$

Siendo:

$$\sigma = 150 \Omega \cdot m.$$

$$K_r = 0.135 \Omega / (\Omega \cdot m).$$

$$X_c = 832.6 \Omega.$$

se obtienen los siguientes resultados:

$$R_t = 20.3 \Omega.$$

$$I_d = 13.86 \text{ A}.$$

$$U_d = 280.8 \text{ V}.$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (U_d), por lo que deberá ser como mínimo de 2000 Voltios.

De esta manera se evitará que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de Alta Tensión deterioren los elementos de Baja Tensión del centro, y por ende no afecten a la red de Baja Tensión.

Tierra de servicio

$$R_T = K_R \cdot \sigma = 0.135 \cdot 150 = 20.3 \Omega, \text{ inferior a } 37 \Omega.$$

CÁLCULO DE LAS TENSIONES EN EL EXTERIOR DE LA INSTALACIÓN

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto elevadas en el exterior de la instalación, las puertas y rejas de ventilación metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistividad del terreno, por la expresión:

$$U_P = K_P \cdot \sigma \cdot I_D = 0.0252 \cdot 150 \cdot 13.86 = 52.4V$$

CÁLCULO DE LAS TENSIONES EN EL INTERIOR DE LA INSTALACIÓN

El piso del Centro estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferentemente opuestos a la puesta a tierra de protección del Centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, está sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10 cm. de espesor como mínimo.

El edificio prefabricado de hormigón estará construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto puertas y rejillas, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura con una resistencia igual o superior a 10.000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues, no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y contacto en el interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_{P_ACCESO} = U_D = R_T \cdot I_D = 20.3 \cdot 13.86 = 280.8V$$

CÁLCULO DE LAS TENSIONES APLICADAS

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar, según el RD 337/2014, será:

$$U_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

Siendo:

U_{ca} = Tensión máxima de contacto aplicada en Voltios.

$K = 72$.

$n = 1$.

t = Duración de la falta en segundos: 0 s

Se obtiene el siguiente resultado:

$$U_{ca} = 144 V$$

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso en el exterior, y en el acceso al Centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$Up(\text{exterior}) = 10 \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{6 * \sigma}{1.000} \right)$$

$$Up(\text{acceso}) = 10 \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{3 * \sigma + 3 * \sigma h}{1.000} \right)$$

Siendo:

Up = Tensiones de paso en Voltios.

K = 72.

n = 1.

t = Duración de la falta en segundos: 0.5 s

σ = Resistividad del terreno.

σh = Resistividad del hormigón = 3.000 $\Omega \cdot m$

Se obtienen los siguientes resultados:

Up(exterior) = 2736 V

Up(acceso) = 15048 V

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- ▶ en el exterior:

Up = 52.4 V. < Up(exterior) = 2736 V.

- ▶ en el acceso al C.T.:

Ud = 280.8 V. < Up(acceso) = 15048 V.

INVESTIGACIÓN DE TENSIONES TRANSFERIBLES AL EXTERIOR

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para su reducción o eliminación.

No obstante, con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto, existirá una distancia de separación mínima Dmín, entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión.

$$D_{\text{mín}} = \frac{\sigma * I_d}{2.000 * \pi}$$

con:

σ = 150 $\Omega \cdot m$.

I_d = 13.86 A.

obtenemos el valor de dicha distancia:

Dmín = 0.33 m.

CORRECCIÓN Y AJUSTE DEL DISEÑO INICIAL ESTABLECIENDO EL DEFINITIVO

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirían estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del Centro, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.

En Santiago de Compostela, Junio de 2016
Los Arquitectos,

		
Fdo. D. Alfredo Norniella López	Fdo. D. Alfredo Norniella Menéndez	Fdo. D. David Norniella Menéndez