



Universidad
Carlos III de Madrid

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELÉCTRICA

PROYECTO FIN DE CARRERA

DISEÑO DE CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN

AUTOR: SANTIAGO PÉREZ PALENCIANO

TUTOR. ESTEBAN DOMÍNGUEZ

INDICE

0.- OBJETIVO	5
1. MEMORIA	6
1.1 OBJETO DEL PROYECTO.....	6
1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN.....	8
1.3 REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES GENERALES	9
1.4 TITULAR	10
1.5 CENTRO DE SECCIONAMIENTO.....	10
1.5.1 Obra Civil del centro de seccionamiento.....	10
1.5.1.1 <i>Local</i>	10
1.5.1.2 <i>Características del local.</i>	10
1.5.2 Instalación Eléctrica del centro de seccionamiento.....	12
1.5.3 Medida de la Energía Eléctrica. del centro de seccionamiento	19
1.5.4 Puesta a Tierra. del centro de seccionamiento.....	19
1.5.4.1. <i>Tierra exterior.</i>	20
1.5.4.2. <i>Tierra interior.</i>	20
1.5.5 Instalaciones secundarias.....	21
1.5.5.1 <i>Alumbrado.</i>	21
1.5.5.2 <i>Medidas de Seguridad.</i>	21
1.6 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	22
1.6.1 Obra Civil del centro de transformación	22
1.6.2 Instalación Eléctrica del centro de transformación.....	24
1.6.2.1. <i>Características de la Red de Alimentación.</i>	24
1.6.2.2. <i>Características de la Aparamenta de Alta Tensión.</i>	25
1.6.2.3. <i>Características material vario de Alta Tensión.</i>	36
1.6.2.4. <i>Características de la aparamenta de Baja Tensión.</i>	36
1.6.3 Puesta a Tierra del Centro de Transformación	36
1.6.3.1. <i>Tierra de Protección.</i>	36
1.6.3.2. <i>Tierra de Servicio.</i>	36
1.6.3.3. <i>Tierras interiores.</i>	37
1.6.4 Instalaciones Secundarias. del centro de transformación	37
1.6.4.1 <i>Alumbrado.</i>	37
1.6.4.2 <i>Protección contra Incendios.</i>	37
1.6.4.4 <i>Medidas de Seguridad.</i>	39
1.7 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN .	40
1.7.1 Descripción de la instalación.....	40
1.7.2 Características de los materiales.....	40
1.7.3 CONDICIONES DE INSTALACIÓN	42
1.7.4 TIPO DE CANALIZACIÓN.....	44
2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	48
2.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO.....	48
2.2 CORTOCIRCUITOS DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO.....	48
2.2.1 Observaciones.....	48
2.2.2 Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.....	48
2.2.3 Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.....	48

2.3	DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO.....	49
2.4	DIMENSIONADO DEL EMBARRADO DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO.....	49
2.4.1	Comprobación por densidad de corriente.....	49
2.4.2	Comprobación por sollicitación electrodinámica.....	50
2.4.3	Comprobación por sollicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible.....	51
2.5	CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO.....	51
2.5.1	Investigación de las características del suelo.....	51
2.5.2	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.....	51
2.5.3	Diseño preliminar de la instalación de tierra.....	52
2.5.4	Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.....	53
2.5.5	Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	54
2.5.6	Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.....	54
2.5.7	Cálculo de las tensiones aplicadas.....	55
2.5.8	Investigación de tensiones transferibles al exterior.....	56
2.5.9	Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.....	56
2.6	CÁLCULOS DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN.....	56
2.6.1	Descripción de la instalación.....	56
2.6.2	Características de los materiales.....	56
2.6.3	CONDICIONES DE INSTALACIÓN.....	58
2.6.4	TIPO DE CANALIZACIÓN.....	60
2.7	CÁLCULOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	63
2.7.1	CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.....	63
2.7.2	CÁLCULO DE LA INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.....	63
2.7.3	CORTOCIRCUITOS del centro de transformación.....	64
2.7.3.1.	<i>Observaciones</i>	64
2.7.3.2.	<i>Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.</i>	65
2.8	DIMENSIONADO DEL EMBARRADO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	67
2.8.1	Comprobación por densidad de corriente.....	67
2.8.2	Comprobación por sollicitación electrodinámica.....	68
2.8.3	Comprobación por sollicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible.....	68
2.9	SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	69
2.10	DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL C.T.....	69
2.11	DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS DEL C.T.....	69
2.12	CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.....	70
2.12.1	Investigación de las características del suelo.....	70
2.12.2	Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.....	70
2.12.3	Diseño preliminar de la instalación de tierra.....	71
2.12.4	Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.....	73
2.12.5	Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación.....	74

2.12.6	Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación.....	74
2.12.7	Cálculo de las tensiones aplicadas.....	75
2.12.8	Investigación de tensiones transferibles al exterior.....	76
2.12.9	Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo.....	77
3	PLIEGO DE CONDICIONES	78
3.1	CALIDAD DE LOS MATERIALES DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO (CS)	78
3.1.3	Obra Civil.....	78
3.1.4	Aparamenta de Alta Tensión.....	78
3.2	NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL CS	81
3.3	PRUEBAS REGLAMENTARIAS DEL CS	82
3.4	CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DEL CS	82
3.5	CALIDAD DE LOS MATERIALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (CT)	83
3.5.3	Obra Civil.....	83
3.5.4	Aparamenta de Alta Tensión.....	83
3.5.5	Transformadores.....	86
3.5.6	Equipos de Medida.....	87
3.6	NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL CT	88
3.7	PRUEBAS REGLAMENTARIAS DEL CT	88
3.8	CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DEL CT	88
3.9	CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN.....	90
3.10	LIBRO DE ÓRDENES.....	90
4	PRESUPUESTO	91
4.1	CENTRO DE SECCIONAMINETO.....	91
4.2	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	94
4.3	TRANSFORMADORES	97
4.4	LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN.....	102
5	PLANOS	103
6	APÉNDICE.	108

0.- OBJETIVO

El objetivo del presente proyecto, que a continuación se describirá, tiene por finalidad el cálculo y diseño de una instalación completa de un centro de seccionamiento y un centro de transformación, conectados entre sí por una red subterránea de Media Tensión para dar suministro eléctrico a una industria de envasado, provista de maquinaria e instalaciones de gran potencia .

Se especificarán todos los cálculos e instalaciones de cada una de las partes que componen el proyecto, así como las aclaraciones técnicas y particulares de cada una de ellas.

1. MEMORIA

1.1 OBJETO DEL PROYECTO

Suministro de Energía Eléctrica para una nave, en la cual la actividad que se va a desarrollar es el envasado, transporte, palatizado, almacenaje y posterior distribución de yogures. El proyecto está compuesto por un centro de seccionamiento, línea subterránea y centro de transformación, todos ellos de abonado, al objeto de atender las necesidades de dotar de suministro de potencia eléctrica mediante Media Tensión a la nave industrial, anteriormente mencionada.

Dentro de la industria nos encontraremos unos servicios cuyas cargas se describen a continuación.

- 2 Máquinas envasadoras, en las cuales la irá entrando el producto para envasarse en paquetes o cajas de un número determinado de unidades, según proceda. Cada una de éstas máquinas tiene una potencia de 50 kW aproximadamente.
- 4 Baterías de paletizadoras. En las cuales se recargan los traspallets para transportar el producto ya envasado desde las máquinas hasta el Puente Grúa o para su distribución a los camiones. Las baterías tienen una carga 10 kW la unidad.
- 1 Puente Grúa puente para el sistema de almacenaje, cuya función es la distribución de los pallets en diferentes zonas y alturas del almacén, dependiendo de su contenido. Este puente tiene una potencia de 150 kW.
- 4 Cintas transportadoras, que comunican los máquinas anteriormente descritas, y permiten que el producto envasado llegue a la zona donde será palatizado para su posterior distribución. Éstas cintas se mueven por la fuerza de una serie de motores eléctricos. La potencia eléctrica de la totalidad de éstos es de 80kW.
- 2 Montacargas. Para el transporte de material al almacen superior (20 kW cada uno).
- Iluminación interior y exterior. La nave tiene una superficie de 4000 m², haciendo una aproximación para una buena iluminación, ya que es una nave donde se desarrollará una actividad continua, se necesitan 25W/m², por lo tanto la luminosidad consumirá 100 kW eléctricos.
- Sistema de calefacción, refrigeración y ventilación.
- Para el sistema de calefacción y ACS se dispone de 2 calderas de 60 kW de consumo eléctrico.

La nave se va a refrigerar con un grupo frigorífico de 565 kW, de potencia eléctrica, ya que hay que tener en cuenta que en las máquinas que actúan dentro de ella desprenden energía calorífica que influirá en el desarrollo profesional del personal que trabaja junto a ellas, por lo tanto se necesita tener un ambiente adecuado que se conseguirá con un sistema de 2 climatizadores de 18 kW de potencia eléctrica cada uno.

Además hay que sumarle un total de 12 bombas para para los circuitos de impulsión y retorno del agua, las cuales desarrollan una potencia de 9 kW cada unidad.

La ventilación del local también es un punto importante a tener en cuenta, por tanto es necesario el uso de extractores distribuidos por toda la superficie de la nave. Se instalarán un total de 12 extractores de 3 kW cada unidad.

Con los datos de potencia que se han proporcionado, se ha hecho un balance de la energía necesaria para la instalación.

La suma de potencias es de 1.375 kW. Se aplicará un coeficiente de simultaneidad del 90%. Teniendo en cuenta el tipo de actividad que se está desarrollando es posible tener funcionando las tres máquinas envasadoras, el Puente Grúa y algún otro sistema como las baterías, además de los sistemas de refrigeración, calefacción y extracción que entran en funcionamiento continuamente según se necesite para mantener unas condiciones adecuadas en el ambiente. Por lo tanto se tendrá en cuenta una potencia de 1237,5 kW.

Se instalarán dos transformadores de 1000 kVA cada uno. Éstos se instalarán en paralelo, con el objetivo, por una parte, de no sobrecargar ningún de ellos durante el funcionamiento normal de la actividad, y por otra parte para poder disponer de cada uno de ellos por separado en caso de avería o mantenimiento, de tal manera que se pueda quedar uno de ellos soportando la carga demandada mientras queda el otro fuera de servicio.

La nave es de nueva construcción y tiene espacio suficiente como para en un futuro poder ampliar su actividad con el consiguiente aumento de potencia que esto supondría, por tanto se ha decidido la instalación de 2000 kVA de potencia eléctrica.

1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN

La instalación estará compuesta por un centro de seccionamiento y un centro de transformación, los cuales estarán unidos por una línea subterránea.

El centro de seccionamiento se situará en el interior de un prefabricado de hormigón.

Se situará dentro de la parcela del cliente, con un acceso al mismo desde la vía pública para el personal de la compañía suministradora.

El centro estará compuesto por dos celdas de línea, una de protección, celda protección general y celda de medida desde la cual parte la línea subterránea de media tensión hasta el Centro de Transformación.

En las celdas de línea se conectará la línea de distribución, perteneciente a Iberdrola, la cual distribuye a la tensión de 15 kV.

Se instalará una línea subterránea que comunique el centro de seccionamiento con el centro de transformación. La línea tendrá las siguientes características:

- Longitud Total: 17 m
- Tensión: 12/20 kV
- Circuitos: Simple
- Conductor de MT: HEPRZ1 3(1x240) mm² Al, 12/20 kV

El Centro de Transformación, objeto de este proyecto, se instalará con el fin de suministrar energía eléctrica a la industria anteriormente descrita, la medición de ésta energía se realizará en Media Tensión.

Al igual que lo anterior, el Centro de Transformación también se instalará en un prefabricado de hormigón.

Estará compuesto por dos transformadores de 1000KVA, cada uno, dispuestos en paralelo, de tal manera que se conseguirá una mayor disponibilidad que si optáramos por instalar un único transformador.

El Centro que se va a instalar, es un Centro de Transformación prefabricado, ya que esto nos proporcionara una mayor fiabilidad, durabilidad y además una mayor comodidad para la instalación del mismo en un lugar adecuado y preparado para tal fin.

La energía eléctrica que llega al Centro de Transformación será suministrada a la tensión trifásica de 15 kV y con una frecuencia de 50 Hz, realizándose la acometida por medio de cables subterráneos.

1.3 REGLAMENTACIÓN Y DISPOSICIONES GENERALES

- Reglamento de R.L.A.T. Aprobado por Decreto 223/2008, de 15 de Febrero, y sus instrucciones técnicas ITC-LAT 01 a 09

- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Aprobado por Real Decreto 3.275/1982, de noviembre, B.O.E. 1-12-82.

Además se aplicará el Proyecto Tipo UNESA de "Líneas subterráneas de Alta Tensión hasta 30 kV", las normas IBERDROLA que existan, y en su defecto las Recomendaciones UNESA, normas UNE, EN y documentos de Armonización HD. Se tendrán en cuenta las Ordenanzas Municipales y los condicionados impuestos por los Organismos públicos afectados.

- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. B.O.E. 25-10-84.
- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, Real Decreto 3275/1982. Aprobadas por Orden del MINER de 18 de octubre de 1984, B.O.E. de 25-10-84.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Aprobado por Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, B.O.E. 224 de 18-09-02.
- Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional y desarrollos posteriores. Aprobado por Ley 40/1994, B.O.E. 31-12-94.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de Diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000).
- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Condiciones impuestas por los organismos Públicos afectados.
- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
- Normas particulares de la compañía suministradora.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.

1.4 TITULAR

INEMSA (INDUSTRIAS DE EMBASADO, S.A.)

1.5 CENTRO DE SECCIONAMIENTO

El centro de seccionamiento es una instalación eléctrica compuesta principalmente por una serie de Celdas y aparataje eléctrico de protección y corte. Su función es la de unir la Red eléctrica de compañía, con la instalación particular a la que está dando servicio. Su objetivo es dotar a la instalación de una protección capaz de separarla de la red en caso de incidencia.

El centro de seccionamiento objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envoltorio metálica según norma UNE-EN 60298.

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.

1.5.1 Obra Civil del centro de seccionamiento.

1.5.1.1 Local

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

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo EHC-3S con una puerta peatonal de Merlin Gerin, de dimensiones 3760 x 2.500 y altura útil 2.535 mm., cuyas características se describen en esta memoria.

1.5.1.2 Características del local.

El local destinado a ubicar el Centro de Seccionamiento va a ser una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo EHC de Merlin Gerin.

Las características más destacadas que nos ofrece el prefabricado de la serie EHC de Merlin Gein son las que a continuación se detallan:

- 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 20324/89 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.

- 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 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico.

- DIMENSIONES Y PESOS.

- Longitud total (mm)	3.760
- Anchura total (mm)	2.500
- Altura total (mm)	3.300
- Superficie ocupada (m ²)	9,40
- Volumen exterior (m ³)	31,02
- Longitud interior (mm)	3.640
- Anchura interior (mm)	2.240
- Altura interior (mm)	2.535
- Superficie interior (m ²)	8,15
- Peso vacío (tm)	13

1.5.2 Instalación Eléctrica del centro de seccionamiento

1.5.1.3 Características de la Red de Alimentación.

La red de suministro eléctrico al centro de seccionamiento discurre por canalización de tipo subterráneo a una tensión de 15 kV y 50 Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 350 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

1.5.1.4 Características de la Aparamenta de Alta Tensión.

CARACTERÍSTICAS DE LAS CELDAS

A continuación se hace una breve descripción de las características generales de las celdas que se van a instalar en el interior del Centro de Seccionamiento, descrito anteriormente.

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Merlin Gerin, celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre (**SF6**) como elemento de corte y extinción de arco en los aparatos siguientes:

- Interruptor-automático Fluarc SF1 Sfet.
- Seccionador.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Contactor ROLLARC.

La gama SM6 responde, en su concepción y fabricación, a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada, de acuerdo con la norma UNE-EN 60298.

Este tipo celdas con aislamiento de gas SF6 presentan en una de sus paredes exteriores la placa más débil que el resto de la envolvente, de tal manera que en caso de producirse un arco eléctrico en el interior, ésta se rompe por la sobrepresión producida en el gas. Es importante tener en cuenta que la placa de rotura está situada en un lugar adecuado para que los gases no incidan en las personas en caso de rotura.

El arco eléctrico es una reacción que se produce por un defecto de aislamiento, por una falsa maniobra o por una circunstancia de servicio excepcional. En este tipo de celdas con gas SF6 la posibilidad de que se produzcan es muy reducida.

Lo que produce el arco eléctrico es una serie de defectos debido a altas temperaturas que provocan el calentamiento y oxidación de los contactos, apareciendo una gran resistencia, provocando una fuerte caída de tensión y una pérdida de potencia importante. Al mismo tiempo pueden aparecer falsos contactos y cortocircuitos al deteriorarse las partes aislantes y conductoras.

Por otro lado, su aislamiento integral en SF6 las permite resistir en perfecto estado la polución e incluso la eventual inundación del Centro de Transformación / Seccionamiento donde están ubicadas, lo que reduce la necesidad de mantenimiento, reduciendo los costes derivados de los mismos para la propiedad.

Las cabinas con aislamiento en SF6 presentan unas dimensiones más reducidas

que las de aislamiento de aire, una ventaja importante a la hora de determinar el espacio de ubicación. Este se consigue gracias a que la rigidez dieléctrica de este gas con respecto al aire es mayor, permitiendo reducir la distancia entre las partes en tensión dentro de la cabina. Por otra parte, son especialmente adecuadas para situaciones de atmósferas contaminadas, corrosivas o salinas, ya que sus partes principales están en contacto con un gas dieléctrico y no con dichas atmósferas.

Las celdas SM6 permiten realizar la parte de MT de los centros de transformación MT/BT, de distribución pública y privada hasta 24 kV, así como de los centros de seccionamiento, como en este caso.

Además de sus características técnicas, SM6 aporta una respuesta a las exigencias en materia de seguridad de las personas, facilidad de instalación y explotación.

Las celdas SM6 están concebidas para instalaciones de interior (IP2XC según norma CEI 529), beneficiándose de unas dimensiones reducidas:

- Anchuras de 375 a 750 mm.
- Altura de 1600 mm.
- Profundidad a cota cero de 840mm.

Lo que permite su ubicación en un local de dimensiones reducidas o en el interior de un edificio prefabricado de hormigón.

El grado de protección, según UNE-20324-93, de la envolvente externa, así como para los tabiques laterales de separación de celdas en la parte destinada a la colocación de los terminales de cables y fusibles, es IP3X, para el resto de compartimentos es IP2X.

Responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 60298.

Los compartimentos diferenciados serán los siguientes:

- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento del juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables.
- d) Compartimento de mando.
- e) Compartimento de control.

Normas

Las celdas de la gama SM6 responden a las siguientes recomendaciones, normas y especificaciones:

- Recomendaciones internacionales: CEI 60298, 60129, 60265, 62271-1, 60694, 60420.

- Normas españolas: UNE-EN 60298, 60129, 60265-1, 60694, 21081.

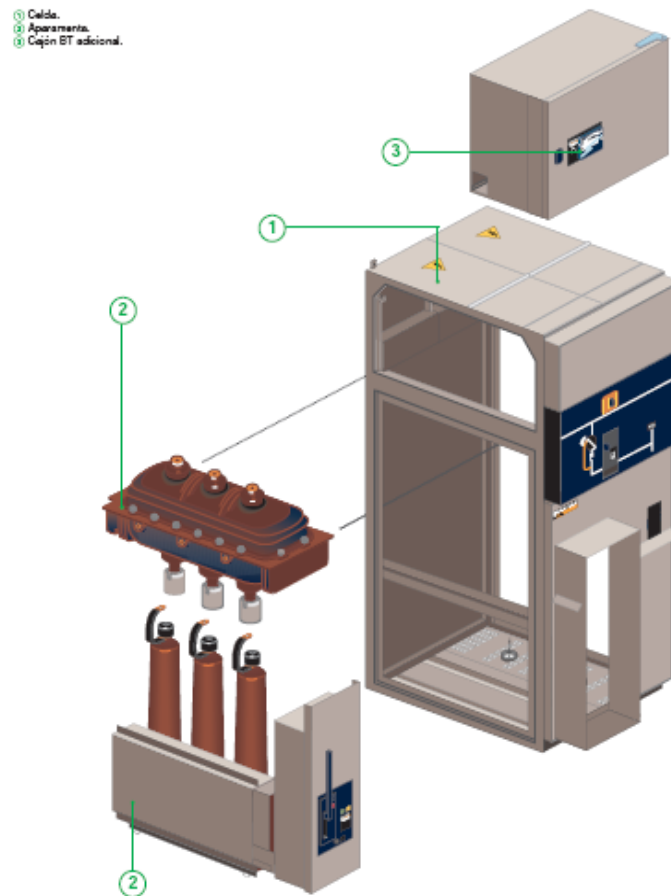


Figura 1. Celda SM6

CARACTERÍSTICAS GENERALES CELDAS SM6

- 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 A.
- Intensidad asignada en interrup. automat. 400 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 20324-94.
- Puesta a tierra.

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 60298 , 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.

CELDA :

A continuación se van a describir cada una de las celdas que forman el centro de seccionamiento.

CELDA DE LÍNEA (ENTRADA).

La Celda de Entrada es por donde entran los conductores de acometida eléctrica de compañía, alimentando, en este caso, al Centro de Seccionamiento directamente.

Celda Merlin Gerin de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CI2 manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm².

CELDA DE LÍNEA (SALIDA).

Celda Merlin Gerin de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.

- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CI2 manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm².

CELDA DE LÍNEA (SECCIONAMIENTO).

Celda Merlin Gerin de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CI2 manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm².

CELDA DE PROTECCIÓN GENERAL.

Celda Merlin Gerin de protección con interruptor automático gama SM6, modelo DM1C, de dimensiones: 750 mm. de anchura, 1.220 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior con celdas adyacentes, de 16 kA.
- Seccionador en SF6.
- Mando CS1 manual dependiente.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SFset, tensión de 24 kV, intensidad de 400 A, poder de corte de 16 kA, con

bobina de apertura a emisión de tensión 220 V c.a., 50 Hz.

- Mando RI de actuación manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra.
- Unidad de control VIP 300LL, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad, montados en la toma inferior del polo.

Sus funciones serán la protección contra sobrecargas, cortocircuitos y homopolar (50-51/50N-51N).

CELDA DE MEDIDA.

Celda Merlin Gerin de medida de tensión e intensidad con entrada inferior y salida superior laterales por barras gama SM6, modelo GBCA, de dimensiones: 750 mm de anchura, 1.038 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Entrada lateral inferior izquierda y salida lateral superior derecha.
- 3 Transformadores de intensidad doble debanado de relación X/5 en función de la potencia a proteger y aislamiento 24 kV.
- 3 Transformadores de tensión unipolares doble debanado, de relación X/5 y aislamiento 24 kV.

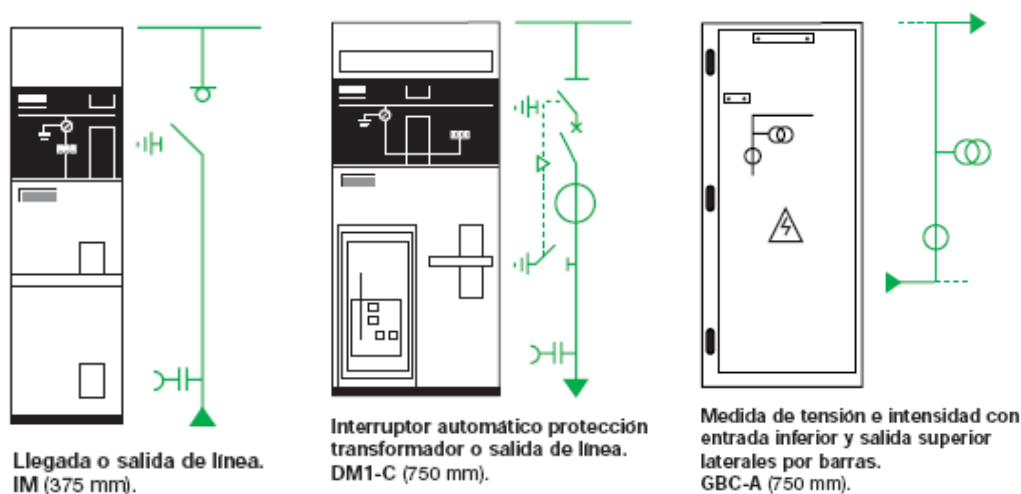


Figura 2. Celdas del CS

1.5.3 Medida de la Energía Eléctrica. del centro de seccionamiento

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 de doble aislamiento de HIMEL modelo PLA-753/AT-ID de dimensiones 750 mm de alto x 500 mm de ancho y 320 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Contador electrónico de energía eléctrica clase 1 con medida:
- Activa: monodireccional.
- Reactiva: dos cuadrantes.
- Registrador local de medidas con capacidad de lectura directa de la memoria del contado. Registro de curvas de carga horaria y cuartohoraria.
- Regleta de comprobación homologada.
- Elementos de conexión.
- Equipos de protección necesarios.

1.5.4 Puesta a Tierra. del centro de seccionamiento

El objetivo de las instalaciones de puesta a tierra es limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas (tensión de contacto), entre distintos lugares del suelo en las inmediaciones de la puesta a tierra (tensión de paso), asegurar la actuación de las protecciones (resistencia de la puesta a tierra) y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

Tensión de paso. Es la diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso, que se asimila a un metro.

La tensión de paso aplicada es la tensión de paso directamente aplicada entre los pies de un hombre, teniendo en cuenta todas las resistencias que intervienen en el circuito y estimándose la del cuerpo humano en 1000 ohmios.

Tensión de contacto. Es la diferencia potencial entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia igual a la distancia horizontal máxima que ese puede alcanzar, es decir, aproximadamente un metro.

La tensión de contacto aplicada es la tensión de contacto directamente aplicada entre dos puntos del cuerpo humano, considerando todas las resistencias que intervienen en el circuito y estimándose la del cuerpo humano en 1.000 ohmios.

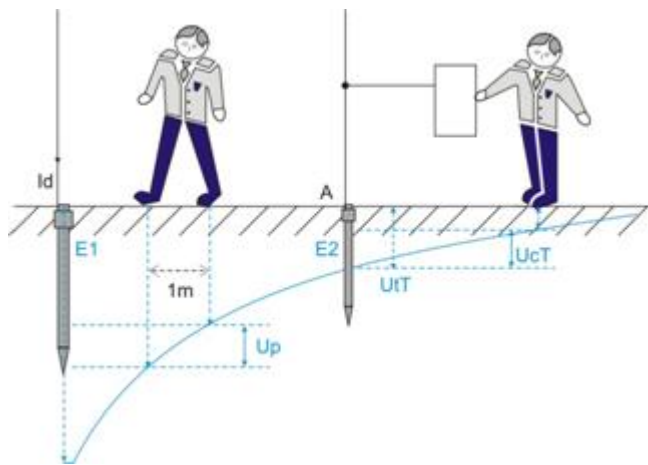


Figura 3. Tensión de paso y de contacto

La puesta a tierra es una unión metálica directa, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo, o grupo de electrodos, enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de falta.

1.5.4.1. Tierra exterior.

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, es decir, las envolventes de las celdas de Media Tensión, envolventes de los cuadros de Baja Tensión, armadura del centro prefabricado, etc.

Por el contrario, no se conectarán a esta tierra las rejillas de ventilación y puertas metálicas del centro por las que se pueda acceder desde el exterior.

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

1.5.4.2. Tierra interior.

La tierra interior del centro de seccionamiento tendrá la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deban estar conectados a la tierra exterior.

La tierra interior 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.

1.5.5 Instalaciones secundarias.

1.5.5.1 Alumbrado.

En el interior del centro de transformación se instalarán dos puntos de luz, mediante pantalla estanca de 2x36 W capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será como 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.

1.5.5.2 Medidas de Seguridad.

SEGURIDAD EN CELDAS SM6

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 60298, 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.

1.6 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

El Centro de Transformación objeto del presente proyecto será de tipo intemperie, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-EN 60298.

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.

1.6.1 Obra Civil del centro de transformación

- Local

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

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón tipo EHC-6T2L con una puerta peatonal de Merlin Gerin, de dimensiones 6.440 x 2.500 y altura útil 2.535 mm., cuyas características se describen en esta memoria.

El acceso al C.T. estará restringido al personal de la Cía Eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Cía Eléctrica.

- Características del local.

Se tratará de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo EHC de Merlin Gerin.

Las características más destacadas del prefabricado de la serie EHC serán:

- 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 1303^a, 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 ohmnios (RU 1303^a).

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 20324/89 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.

- PUERTAS Y REJILLAS DE VENTILACIÓN.

Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxi. 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 180° hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90° con un retenedor metálico.

- DIMENSIONES Y PESOS.

- Longitud total (mm)	6.440
- Anchura total (mm)	2.500
- Altura total (mm)	3.300
- Superficie ocupada (m ²)	16,10
- Volumen exterior (m ³)	53,13
- Longitud interior (mm)	6.320
- Anchura interior (mm)	2.240
- Altura interior (mm)	2.535
- Superficie interior (m ²)	14,16
- Peso vacío TM	21

1.6.2 Instalación Eléctrica del centro de transformación

1.6.2.1. 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 será de 350 MVA, según datos proporcionados por la Compañía suministradora.

1.6.2.2. Características de la Aparamenta de Alta Tensión.

En el Centro de Transformación las celdas que se van a instalar serán, al igual que en el Centro de Seccionamiento, de la serie SM6 de Merlin Gerin, celdas modulares de aislamiento en aire equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre (SF6).

CARACTERÍSTICAS GENERALES CELDAS SM6

- 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 A.
- Intensidad asignada en interrup. Automat. 400 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 20324-94.
- Puesta a tierra.

El conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE-EN 60298 , 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:

A continuación se describe cada una de las celdas que se van a instalar en el centro de transformación.

- CELDA DE LINEA (ENTRADA DESDE EL C.S)

Celda Merlin Gerin de interruptor-seccionador gama SM6, modelo IM, de dimensiones: 375 mm. de anchura, 940 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.

- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CI2 manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cable.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm².

- CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR AUTOMÁTICO (PARA T1)

Celda Merlin Gerin de protección con interruptor automático gama SM6, modelo DM1C, de dimensiones: 750 mm. de anchura, 1.220 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior con celdas adyacentes, de 16 kA.

- Seccionador en SF6.

- Mando CS1 manual.

- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc Sfet, tensión de 24 kV, intensidad de 400 A, poder de corte de 16 kA, con bobina de apertura a emisión de tensión 220 V c.a., 50 Hz.

- Mando RI de actuación manual.

- 3 captadores de intensidad modelo Cra para la alimentación del relé VIP 300LL.

- Embarrado de puesta a tierra.

- Seccionador de puesta a tierra.

- Unidad de control VIP 300LL, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad, montados en la toma inferior del polo.

Sus funciones serán la protección contra sobrecargas, cortocircuitos y homopolar (50-51/50N-51N).

- Enclavamiento por cerradura tipo E24 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso al compartimento inferior de la celda 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 DM1C no se ha cerrado previamente.

- CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR AUTOMÁTICO (PARA T2)

Celda Merlin Gerin de protección con interruptor automático gama SM6, modelo DM1C, de dimensiones: 750 mm. de anchura, 1.220 mm. de profundidad, 1.600 mm. de altura, y conteniendo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior con celdas adyacentes, de 16 kA.

- Seccionador en SF6.

- Mando CS1 manual.

- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc Sfset, tensión de 24 kV, intensidad de 400 A, poder de corte de 16 kA, con bobina de apertura a emisión de tensión 220 V c.a., 50 Hz.

- Mando RI de actuación manual.

- 3 captadores de intensidad modelo Cra para la alimentación del relé VIP 300LL.

- Embarrado de puesta a tierra.

- Seccionador de puesta a tierra.

- Unidad de control VIP 300LL, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad, montados en la toma inferior del polo.

Sus funciones serán la protección contra sobrecargas, cortocircuitos y homopolar (50-51/50N-51N).

- Enclavamiento por cerradura tipo E24 impidiendo el cierre del seccionador de puesta a tierra y el acceso al compartimento inferior de la celda 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 DM1C no se ha cerrado previamente.

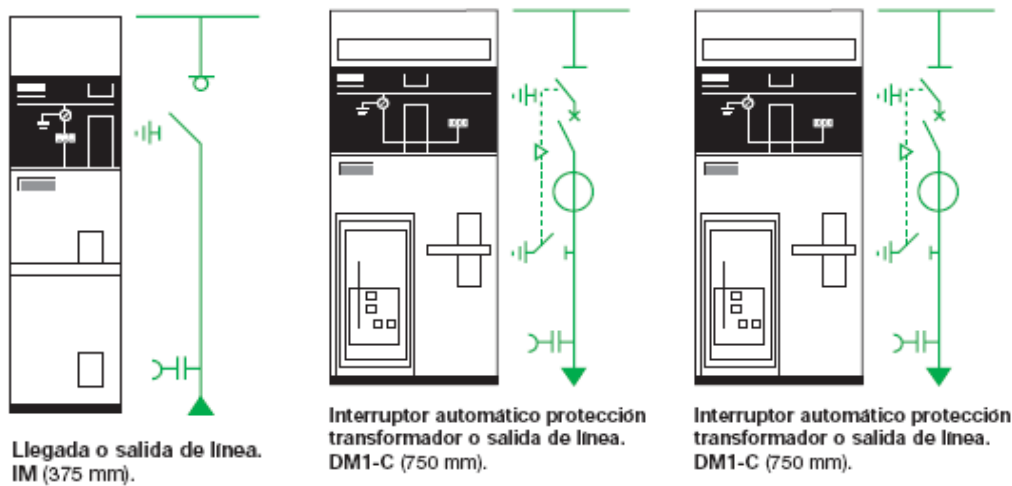


Figura 4. Celdas del CT

TRANSFORMADORES:

Se denomina transformador o trafo (abreviatura) a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de voltaje, en energía alterna de otro nivel de voltaje, por medio de la acción de un campo magnético. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente por lo general arrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente.

Un transformador consta de dos partes esenciales: El núcleo magnético y los devanados, estos están relacionados con otros elementos destinados a las conexiones mecánicas y eléctrica entre las distintas partes al sistema de enfriamiento, al medio de transporte y a la protección de la máquina en general. en cuanto a las disposiciones constructivas, el núcleo determina característica relevantes, de manera que se establece una diferencia fundamental en la construcción de transformadores, dependiendo de la forma del núcleo, pudiendo ser el llamado Núcleo tipo columnas y el Núcleo tipo acorazado, existen otros aspectos que establecen diferencias entre tipos de transformadores, como es por ejemplo el sistema de enfriamiento, que establece la forma de disipación del calor producido en los mismos, o bien en términos de su potencia y voltaje para aplicaciones, como por ejemplo clasificar en transformadores de potencia a tipo distribución.

Los transformadores a instalar serán de Merlin Gerin, modelo Trihal, de 1000 KVA, cada uno. Estos transformadores serán transformadores secos encapsulados, como el que se muestra en la imagen:

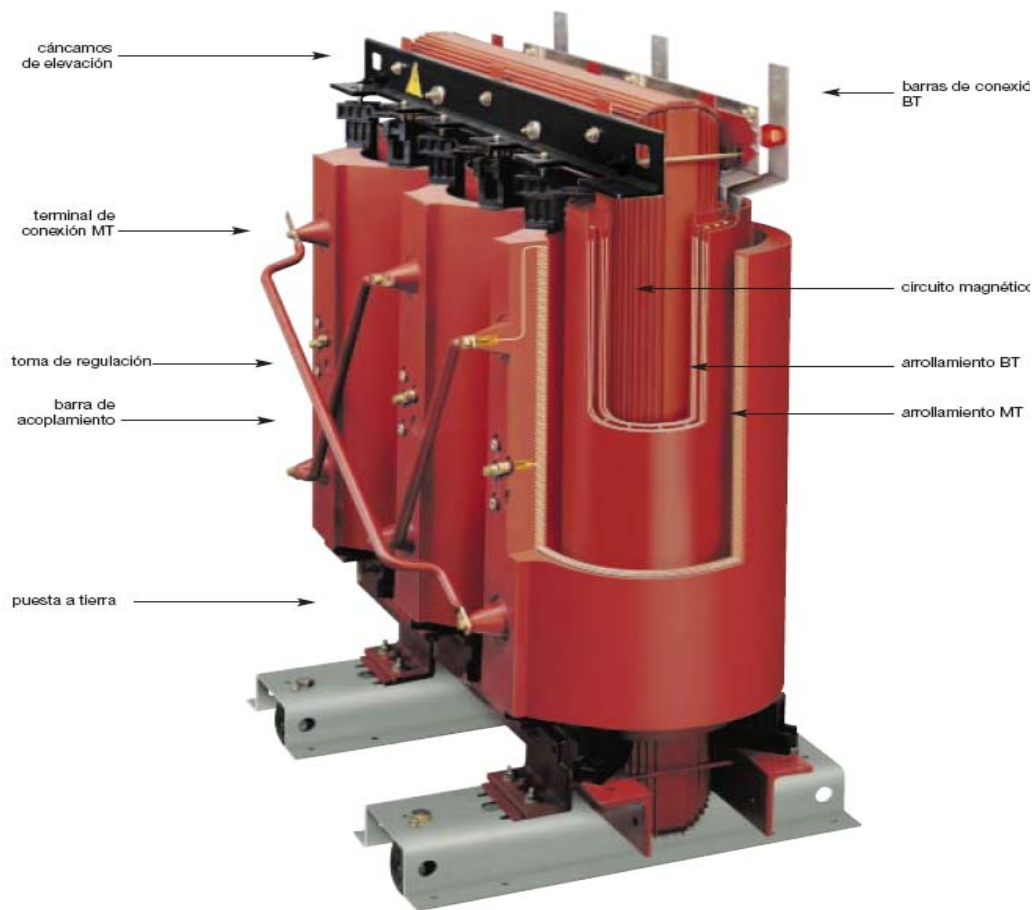


Figura 5. Transformador

Los transformadores secos encapsulados presentan las siguientes ventajas:

1. Autoextinguibles.

En caso de fuego externo al transformador que afecte al mismo, éste arde con mucha dificultad y con llama débil, la cual se extingue rápidamente al cesar el foco productor.

2. Inercia térmica elevada.

Debido a una mayor masa que sus equivalentes en líquido, su constante de tiempo es muy superior, por lo que soporta mejor las sobrecargas de corta duración.

3. Compactos.

Al ser sus únicos elementos el circuito magnético, las bobinas y los elementos de fijación, su diseño es muy compacto resultando un conjunto robusto y a prueba de vibraciones. Esto hace que sean idóneos para ser instalados en material móvil.

4. Gran resistencia al cortocircuito.

Como consecuencia del encapsulado, que rodea a los conductores además de unirlos fuertemente entre sí, la resistencia a los esfuerzos electrodinámicos generados en un cortocircuito es muy alta.

Por otro lado al ser la densidad de corriente más baja que en los transformadores con líquido, la temperatura máxima transitoria alcanzada en un cortocircuito es muy inferior a los límites señalados en UNE 20101.

5. Mantenimiento reducido.

Solamente se requiere alguna limpieza del polvo en las superficies, si éste llegara a producirse.

6. Facilidad de instalación.

Es suficiente una protección contra contactos, ya que no precisa foso de recogida de líquido ni instalación en local hecho de obra.

Las partes que componen el transformador se describen a continuación:

Circuito magnético

El circuito magnético se realiza con chapa de acero al silicio de grano orientado aislada por óxidos minerales.

La elección de la calidad de las chapas y de la técnica de corte y ensamblado garantiza un nivel de pérdidas, corriente en vacío y de ruido muy reducidos.

La protección contra la corrosión, tras el ensamblado, queda garantizada por una resina alquida de clase F, secada al horno.

El circuito magnético se realiza con chapa de acero al silicio de grano orientado aislado mediante óxidos minerales.

Arrollamiento de baja tensión

El arrollamiento de baja tensión se realiza generalmente siguiendo la técnica de bobinado en banda de aluminio. Esta técnica permite obtener esfuerzos axiales nulos en cortocircuitos.

Las espiras son separadas por una película aislante de clase F preimpregnada en resina epoxi reactivable en caliente. Una vez ensambladas y fijadas las bobinas sobre el circuito magnético, se impregna el conjunto de ambos con una resina de clase F, a continuación tiene lugar la polimerización de la resina.

Este proceso garantiza una excelente resistencia a las agresiones de la atmósfera industrial y una excelente resistencia dieléctrica.

La salida de cada bobinado BT se compone de terminales de conexión de aluminio estañado o de cobre, permitiendo realizar cualquier conexión sin tener que recurrir a una interfase de contacto (grasa, bimetál).

Arrollamiento de media tensión

El arrollamiento de media tensión se realiza según el método desarrollado y patentado por France Transfo: “Bobinado continuo de gradiente lineal sin entre capas”.

Este procedimiento permite obtener un gradiente de tensión entre espiras muy débil y una capacidad en serie más uniforme en la bobina, lo que favorece la linealidad de repartición de la onda de choque y disminuye los esfuerzos entre espiras.

Este arrollamiento, incluyendo exclusivamente el conductor (hilo esmaltado) sin aislante entre capas, es encapsulado y moldeado bajo vacío en una resina de clase F cargada e ignífuga

Gracias a esta técnica de bobinado y a este encapsulado en vacío, se consigue reforzar las características dieléctricas, y el nivel de descargas parciales es particularmente bajo, lo que evita la degradación de los aislantes y, por tanto, alarga la vida del transformador.

Las salidas de conexión MT en las barras de acoplamiento de cobre permiten realizar cualquier conexión sin recurrir a una interfase de contacto (grasa, placa bimetálica).

- TRANSFORMADOR 1

Será una máquina trifásica reductora de tensión, referencia JLJ3SE1000FZ, 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 neutro(*).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (AN), modelo TRIHAL de Merlin Gerin, encapsulado en resina epoxy (aislamiento seco-clase F).

El transformador tendrá los bobinados de AT encapsulados y moldeados en vacío en una resina epoxy con carga activa compuesta de alúmina trihidratada, consiguiendo así un encapsulado ignífugo autoextinguible.

Los arrollamientos de A.T. se realizarán con bobinado continuo de gradiente lineal sin entre capas, con lo que se conseguirá un nivel de descargas parciales inferior o igual a 10 pC. Se exigirá en el protocolo de ensayos que figuren los resultados del ensayo de descargas parciales.

Por motivos de seguridad en el centro se exigirá que los transformadores

cumplan con los ensayos climáticos definidos en el documento de armonización HD 464 S1:

- Ensayos de choque térmico (niveles C2a y C2b),
- Ensayos de condensación y humedad (niveles E2a y E2b),
- Ensayo de comportamiento ante el fuego (nivel F1).

No se admitirán transformadores secos que no cumplan estas especificaciones.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21538, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 1000 kVA.
- Tensión nominal primaria: 15.000 V-20.000 V
- Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 6 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:
 - Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 95 kV.
 - Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.

(*)Tensiones según:

- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada)(HD 472:1989)
- UNE 21538 (96)(HD 538.1 S1)

CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR EN EL LADO DE ALTA Y BAJA TENSIÓN:

Las conexiones que se realizarán entre el transformador y los partes de la instalación directamente adyacentes a él, presentarán un alto grado de aislamiento, protección ante la corrosión y una alta resistencia mecánica para soportar los esfuerzos a lo que puedan verse sometidos.

Para la conexión en Alta Tensión se dispondrá de un 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.

Para la conexión en Baja Tensión se dispondrá de un Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0.6/1 kV, de 4x240 mm² Al para las fases y de 3x240 mm² Al para el neutro.

DISPOSITIVO TÉRMICO DE PROTECCIÓN.

El transformador dispondrá de una protección térmica T que permite visualizar digitalmente las temperaturas de los bobinados e incluye:

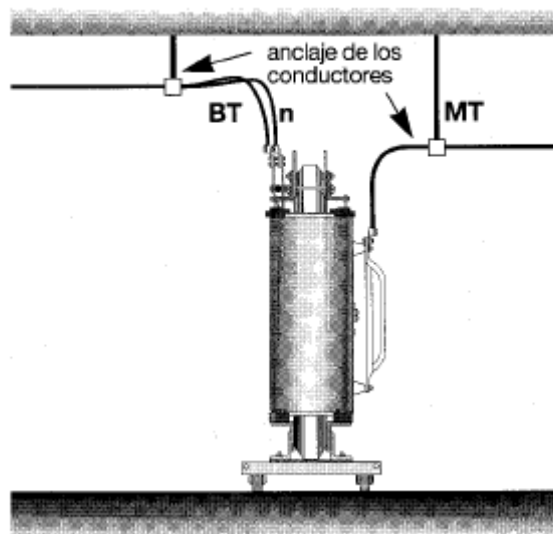


Figura 6. Conexiones del Transformador

- **Sondas PT 100.** La característica principal de una sonda PT 100 es que proporciona la temperatura en tiempo real y gradualmente de 0 °C a 200 °C, ver la curva al margen (precisión de $\pm 0,5\%$ de la escala de medida ± 1 grado).

El control de la temperatura y su visualización se realizan a través de un termómetro digital.

Las 3 sondas, compuestas cada una por un conductor blanco y dos rojos, están instaladas dentro de la parte activa del transformador **Trihal** a razón de una por fase. Las sondas van ubicadas dentro de un tubo, lo que permite su eventual sustitución.

- **1 bornero de conexión** de las sondas PT 100 al termómetro digital T. El bornero está equipado con un conector desenchufable. Las sondas PT 100 se suministran conectadas al bornero fijado en la parte superior del transformador.

- **1 termómetro digital T** caracterizado por tres circuitos independientes. Dos de los circuitos controlan la temperatura captada por las sondas PT 100, uno para la alarma 1 y otro para la alarma 2. Cuando la temperatura alcanza 140 °C (o 150 °C), la información de la alarma 1 (o la alarma 2) es tratada mediante dos relés de salida independientes equipados con contactos inversores. La posición de estos relés es señalizada mediante dos diodos (LED).

El tercer circuito controla el fallo de las sondas o el corte de la alimentación eléctrica. El relé correspondiente (FAULT), independiente y equipado con contactos inversores, los aísla instantáneamente de la alimentación del aparato. Su posición también se indica a través de un diodo (LED).

Una salida FAN está destinada a controlar el arranque de los ventiladores tangenciales en caso de ventilación forzada del transformador (AF): esta opción se describe en la página 4/10.

Una entrada adicional (CH4) puede recibir una sonda externa al transformador (no suministrada), destinada a medir la temperatura ambiente del centro de transformación. Una salida serie RS 232 o 485 o analógica 4-20 mA puede disponerse en opción para autómatas u ordenador.

- TRANSFORMADOR 2

Será una máquina trifásica reductora de tensión, referencia JLJ3SE1000FZ, 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 neutro(*).

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (AN), modelo TRIHAL de Merlin Gerin, encapsulado en resina epoxy (aislamiento seco-clase F).

El transformador tendrá los bobinados de AT encapsulados y moldeados en vacío en una resina epoxi con carga activa compuesta de alúmina trihidratada, consiguiendo así un encapsulado ignífugo autoextinguible.

Los arrollamientos de A.T. se realizarán con bobinado continuo de gradiente lineal sin entrecapas, con lo que se conseguirá un nivel de descargas parciales inferior o igual a 10 pC. Se exigirá en el protocolo de ensayos que figuren los resultados del ensayo de descargas parciales.

Por motivos de seguridad en el centro se exigirá que los transformadores cumplan con los ensayos climáticos definidos en el documento de armonización HD 464 S1:

- Ensayos de choque térmico (niveles C2a y C2b),
- Ensayos de condensación y humedad (niveles E2a y E2b),
- Ensayo de comportamiento ante el fuego (nivel F1).

No se admitirán transformadores secos que no cumplan estas especificaciones.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la Norma UNE 21538, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 1000 kVA.
- Tensión nominal primaria: 15.000 V-20.000 V.
- Regulación en el primario: +/-2,5%, +/-5%.
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V.
- Tensión de cortocircuito: 6 %.
- Grupo de conexión: Dyn11.
- Nivel de aislamiento:
 - Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 s 95 kV.
 - Tensión de ensayo a 50 Hz, 1 min, 50 kV.

(*)Tensiones según:

- UNE 21301:1991 (CEI 38:1983 modificada)(HD 472:1989)
- UNE 21538 (96)(HD 538.1 S1)

CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR EN EL LADO DE ALTA Y BAJA TENSIÓN:

Las conexiones que se realizarán entre el transformador y los partes de la instalación directamente adyacentes a él, presentarán un alto grado de aislamiento, protección ante la corrosión y una alta resistencia mecánica para soportar los esfuerzos a lo que puedan verse sometidos.

Para la conexión en Alta Tensión se dispondrá de un 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.

Para la conexión en Baja Tensión se dispondrá de un Juego de puentes III de cables BT unipolares de aislamiento seco tipo RV, aislamiento 0.6/1 kV, de 4x240 mm² Al para las fases y de 3x240 mm² Al para el neutro.

DISPOSITIVO TÉRMICO DE PROTECCIÓN.

El transformador dispondrá de una protección térmica T que permite visualizar digitalmente las temperaturas de los bobinados e incluye:

- **Sondas PT 100.** La característica principal de una sonda PT 100 es que proporciona la temperatura en tiempo real y gradualmente de 0 °C a 200 °C, ver la curva al margen (precisión de $\pm 0,5\%$ de la escala de medida ± 1 grado).

El control de la temperatura y su visualización se realizan a través de un termómetro digital.

Las 3 sondas, compuestas cada una por un conductor blanco y dos rojos, están instaladas dentro de la parte activa del transformador **Trihal** a razón de una por fase. Las sondas van ubicadas dentro de un tubo, lo que permite su eventual sustitución.

- **1 bornero de conexión** de las sondas PT 100 al termómetro digital T. El bornero está equipado con un conector desenchufable. Las sondas PT 100 se suministran conectadas al bornero fijado en la parte superior del transformador.

- **1 termómetro digital T** caracterizado por tres circuitos independientes. Dos de los circuitos controlan la temperatura captada por las sondas PT 100, uno para la alarma 1 y otro para la alarma 2. Cuando la temperatura alcanza 140 °C (o 150 °C), la información de la alarma 1 (o la alarma 2) es tratada mediante dos relés de salida independientes equipados con contactos inversores. La posición de estos relés es señalizada mediante dos diodos (LED).

El tercer circuito controla el fallo de las sondas o el corte de la alimentación eléctrica. El relé correspondiente (FAULT), independiente y equipado con contactos inversores, los aísla instantáneamente de la alimentación del aparato. Su posición también se indica a través de un diodo (LED).

Una salida FAN está destinada a controlar el arranque de los ventiladores tangenciales en caso de ventilación forzada del transformador (AF): esta opción se describe en la página 4/10.

Una entrada adicional (CH4) puede recibir una sonda externa al transformador (no suministrada), destinada a medir la temperatura ambiente del centro de transformación. Una salida serie RS 232 o 485 o analógica 4-20 mA puede disponerse en opción para autómatas u ordenador.

1.6.2.3. Características material vario de Alta Tensión.

EMBARRADO GENERAL CELDAS SM6.

El embarrado general de las celdas SM6 se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.

PIEZAS DE CONEXIÓN CELDAS SM6.

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.

1.6.2.4. Características de la aparamenta de Baja Tensión.

Los aparatos de protección en las salidas de Baja Tensión del Centro de Transformación no forman parte de este proyecto sino del proyecto de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión.

1.6.3 Puesta a Tierra del Centro de Transformación

1.6.3.1. 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.

1.6.3.2. Tierra de Servicio.

Se conectarán a tierra el neutro del transformador, según se indica en "Cálculo de la instalación de puesta a tierra" del capítulo 2 de este proyecto.

1.6.3.3. 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 sujección 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 sujección 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.

1.6.4 Instalaciones Secundarias. del centro de transformación

1.6.4.1 Alumbrado.

En el interior del centro de transformación se instalará 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. El nivel medio será como 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.

1.6.4.2 Protección contra Incendios.

De acuerdo con la instrucción MIE-RAT-14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B.

Al no tratarse de un local de pública concurrencia, sino que es catalogado como local industrial de menos de 300 m², no es necesaria una instalación automática de extinción.

1.6.4.3 Ventilación.

La ventilación del centro de transformación se realizará mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto en la caseta prefabricada de hormigón, ya descrita en puntos anteriores.

Para determinar la altura y las secciones de los orificios de ventilación, en el caso general de refrigeración natural (AN), la ventilación del local o de la envolvente tiene por objeto disipar por convección natural las calorías producidas por las pérdidas totales del transformador en funcionamiento.

Una correcta ventilación se consigue con un orificio de entrada de aire fresco y limpio de sección S en la parte inferior del local y de un orificio de salida de aire S' situado en la parte superior, en la pared opuesta del local y a una altura H del orificio de entrada (figuras 7). Para garantizar una ventilación eficaz del transformador mediante una circulación de aire suficiente, es obligatorio mantener una altura mínima de 150 mm una altura equivalente.

Debe observarse que una circulación de aire restringida conlleva una reducción de la potencia nominal del transformador.

- Fórmula para el cálculo de la ventilación natural (figura 7):

$$S = \frac{0,18P}{\sqrt{H}} \quad (1)$$

$$S' = 1,10 \cdot S \quad (2)$$

P Suma de las pérdidas en vacío y las pérdidas debidas a la carga del transformador expresada en kW a 120 °C.

S Superficie del orificio de llegada de aire limpio (deduciendo las rejillas) expresada en m².

S' Superficie del orificio de salida de aire (deduciendo las rejillas) expresada en m².

H altura entre los dos orificios expresada en metros.

Esta fórmula es válida para una temperatura ambiente media de 20 °C y una altitud de 1.000 m.

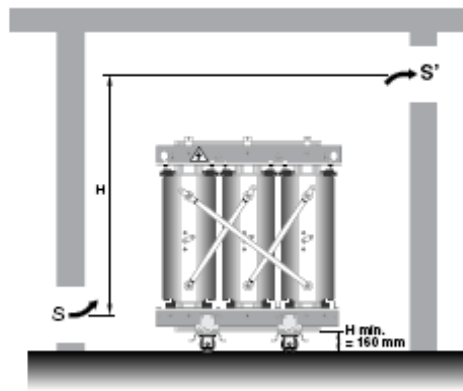


Figura 7. Ventilación del Transformador.

Estas rejillas 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.

1.6.4.4 Medidas de Seguridad.

SEGURIDAD EN CELDAS SM6

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la Norma UNE-EN 60298, 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.

DEFENSA DE LOS TRANSFORMADORES

Para evitar un posible contacto del personal autorizado al acceso en el centro de transformación, se protegerán los transformadores con unas defensas metálicas, las cuales distarán de las partes en tensión un mínimo de 30 centímetros, cubrirán una altura de 2 metros y su parte inferior no superará una altura de 30 centímetros sobre el suelo.

Como punto importante para evitar accidentes, estas defensas irán enclavadas con una cerradura metálica con la celda de protección correspondiente a cada transformador, de tal manera que no sea posible trabajar en su interior sin haber desconectado éstos de la red.

MATERIALES DE SEGURIDAD

Como medida de prevención de riesgos laborales, el centro de transformación deberán contar con una serie de elementos auxiliares de seguridad , que se describen a continuación:

- Alfombra o banqueta aislante.
- Guantes de goma homologados para trabajos en A.T.
- Placas de maniobra.
- Cartel de instrucciones de primeros auxilios.
- Carteles de identificación.
- Señalización de riesgos eléctrico.
- Cartel de medidas de seguridad para maniobra (Las 5 Reglas de Oro).



Figura 8. Las 5 Reglas de oro

1.7 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

1.7.1 Descripción de la instalación.

La presente instalación consistirá en una línea eléctrica de media tensión subterránea, que unirá los centro de seccionamiento y transformación descritos anteriormente.

La longitud total de la misma será de 17 metros, y su trazado irá desde la celda de salida de línea del CS hasta la celda de entra de línea del CT.

1.7.2 Características de los materiales.

- Clase: A
- Categoría de la red: UNE 20-435 A ó C
- Clase de corriente: Alterna trifásica
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión nominal 12/20 kV
- Tensión más elevada 24 kV
- Tensión soportada nominal:
- A impulso tipo rayo 125 kV
- A frecuencia industrial 50 kV

CONDUCTOR:

Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE 21-022.

Pantalla sobre el conductor: Mezcla semiconductor aplicada por extrusión.

AISLAMIENTO:

Etileno propileno de alto módulo (HEPR).

Pantalla sobre el aislamiento: Semiconductora pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contra espira de cobre.

CUBIERTA:

Termoplástica con base de etileno y sin componentes clorados u otros contaminantes.

Algunas otras características importantes son:

DENSIDAD DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO, EN A/mm², PARA CABLES DE AISLAMIENTO SECO Y CONDUCTORES DE ALUMINIO.					
Sección conductor Mm ²	Tensión nominal Kv.	Intensidad conductor A.	Resistencia máxima a 105°C Ω/Km.	Reactancia por fase Ω/Km.	Capacidad μF/Km.
240	12/20	435	0,169	0,105	0,453

Temperatura máxima en servicio permanente: 105° C

Temperatura máxima en cortocircuito t < 5s: 250° C

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores en servicio permanente y en cortocircuito se especifican en el cuadro siguiente:

Temperatura máxima, en °C, asignada al conductor		
Tipo de aislamiento	Tipo de condiciones	
	Servicio permanente	Cortocircuito t < 5s
Etileno Propileno de alto módulo (HEPR)	105	>250



Figura 9. Conductor HEPR Z1

1.7.3 CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Condiciones tipo de instalación enterrada:

Terna de cables secos unipolares agrupados en triángulo, bajo tubo de Ø160 mm en zanja de 1 m de profundidad en terreno de resistividad térmica media 1 Km/W y temperatura del terreno a dicha profundidad de 25° C.

La intensidad máxima admisible, en servicio permanente y con corriente alterna, con conductores de aluminio con aislamiento seco son:

Tensión nominal U _o /U	Sección nominal de los conductores	Intensidad 3 unipolares
12/20 kV.	240 mm ² .	435 A.

INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLES EN LOS CONDUCTORES:

Estas se calculan de acuerdo con las temperaturas específicas citadas anteriormente, considerando como temperatura inicial la de servicio permanente y como temperatura final la de cortocircuito. En el cálculo se considera que todo el calor desprendido es absorbido por los conductores, ya que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es relativamente corta. En estas condiciones tendremos:

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{t}}$$

donde:

- I** Corriente de cortocircuito en amperios
S Sección del conductor en mm².
K Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito.
t Duración del cortocircuito en segundos.

Si se desea conocer la intensidad máxima de cortocircuito para un valor de t distinto de los indicados, se aplica la fórmula anterior. K coincide con el valor de densidad de corriente indicado para t = 1 s, para los distintos tipos de aislamientos. Si, por otro lado, interesa conocer la densidad de corriente de cortocircuito correspondiente a un incremento $\Delta\theta'$ de temperatura distinta del indicado, basta multiplicar el correspondiente valor del esquema por el factor de corrección:

$$F = \sqrt{(\Delta\theta'/\Delta\theta)}$$

Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de cables secos (conductores de aluminio).

DENSIDAD DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO, EN kA/mm², PARA CABLES DE AISLAMIENTO SECO CON CONDUCTORES DE ALUMINIO (tipo HEPRZ1).											
Tipo de Aislamiento	Tensión kV	Sección mm ²	Duración del cortocircuito t en s								
			0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
HEPR	12/20	240	71,5	51,1	41,2	31,9	22,5	18,4	15,8	14,1	12,9

(para un incremento de la temperatura de 160 θ en °C)

INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO EN LAS PANTALLAS:

Para cables de aislamiento seco, las intensidades máximas admisibles en las pantallas metálicas en función del tiempo de duración del cortocircuito en A están calculadas para un cable con las siguientes características:

- Pantalla de hilos de cobre de 0,75 mm de diámetro, colocada superficialmente sobre la capa semiconductor exterior (alambres no embebidos)
- Cubierta exterior poliolefina: (Z1)
- Temperatura inicial pantalla: 70°C

- Temperatura final pantalla: 180°C.

Siendo por tanto las intensidades del cortocircuito admisible en la pantalla de cobre, en amperios, las siguientes:

Sección Pantalla mm ²	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
16	7.750	5.640	4.705	3.775	2.845	2.440	2.200	2.035	1.920

El cálculo se ha realizado siguiendo la guía de la norma UNE 21-193, aplicando el método indicado en la norma UNE 21-192.

ACCESORIOS:

Los empalmes y terminales serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Deberán ser, así mismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminaciones, etc.).

Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo el manual técnico MT 2.31.01, o en su defecto, las instrucciones del fabricante.

Terminales: las características de los terminales serán las establecidas en la NI 56.80.02 o en la NI 56.80.02. Los conectores para terminales quedan recogidos en la NI 56.86.01.

Empalmes: Las características de los empalmes estarán de acuerdo con la NI 56.80.02. Los manguitos de unión para empalmes en media tensión se ajustarán a la NI 58.10.11.

1.7.4 TIPO DE CANALIZACIÓN

CANALIZACIÓN SUBTERRÁNEA ENTUBADA HORMIGONADA

Estará constituida por tubos plásticos de $\phi 160$ mm, en total 3 tubos (1 de ellos de reserva) debidamente hormigonados y enterrados en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en la NI 52.95.03. En cruzamientos se instalarán 7 tubos de las mismas características.

En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito, evitándose en lo posible los cambios de dirección de estos. En los puntos donde estos se produzcan, se dispondrán preferentemente de calas de tiro y excepcionalmente arquetas ciegas, para facilitar la manipulación.

La zanja tendrá una anchura de 0,60 m. Si fuera necesario instalar tubo para los cables de control, se instalará un tubo más de red de 160 mmØ destinado a este fin.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos.

La profundidad de la zanja será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad aproximada de 0,60 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo

La zanja estará hormigonada en toda su longitud, antes de la colocación de la capa inferior de los tubos, se extenderá un tangada de hormigón H120 y de 10 cm de espesor, que ocupe todo el ancho de la zanja. Sobre esta tongada se colocarán todos los tubos del, realizando los empalmes necesarios.

El conjunto de tubos se cubrirá con hormigón H 120 hasta una cota que rebase la superior de los tubos en al menos 10 cm y que ocupe todo el ancho de la zanja.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras "topos" de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena; en estos casos se prescindirá del diseño de zanja descrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado.

Su instalación precisa zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar para la ubicación de la maquinaria, por lo que no debemos considerar este método como aplicable de forma habitual, dada su complejidad.

CONDICIONES GENERALES PARA CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS:

Las instalaciones o tendidos de cables subterráneos deberán cumplir, además de los requisitos señalados a continuación, las condiciones que pudieran imponer otros Organismos Competentes afectados, como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de M.T.

CRUZAMIENTOS:

Con calles, caminos y carreteras:

En los cruces de calzada, carreteras, caminos, etc, deberán seguirse las instrucciones fijadas para canalizaciones entubadas. Los tubos irán a una profundidad mínima de 0,80 m. y siempre que sea posible el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

El número de tubos a instalar en cruzamiento será de 7.

No existen cruzamientos con ferrocarriles.

Con otras conducciones de energía eléctrica:

La distancia entre cables de energía eléctrica, será de 0,25 m. Cuando no puede respetarse esta distancia, el cable que se tienda en último lugar se separará mediante tubo o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. Las características serán las establecidas en la NI 52.95.01. La distancia del punto de cruce a empalmes será superior a 1 m.

Con cables de telecomunicación:

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,25 m. En el caso de no poder respetar esta distancia, la canalización que se tienda en último lugar, se separará mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. Las características serán las establecidas en la NI 52.95.01. La distancia del punto de cruce a empalmes, tanto en el cable de energía como en el de telecomunicación, será superior a 1 m.

Con canalizaciones de agua y gas:

Los cables se mantendrán a una distancia mínima de estas canalizaciones de 0,25 m. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la canalización que se tienda en último lugar se separará mediante tubos o placa separadora constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica, las características serán las establecidas en la NI 52.95.01. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o los empalmes de las canalizaciones, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del punto de cruce.

Con conducciones de alcantarillado:

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Si no es posible se pasará por debajo, disponiendo los cables con una protección de adecuada resistencia mecánica. Las características están establecidas en la NI 52.95.01.

PARALELISMOS:

Con otros conductores de energía eléctrica:

Los cables de alta tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia no inferior a 0,25 m. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica. Las características están establecidas en la NI 52.95.01.

Con canalizaciones de agua y gas:

Se mantendrá una distancia mínima de 0,25 m, con excepción de canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar) en que la distancia será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias, se adoptarán las siguientes medidas complementarias:

Conducción de gas existente:

Se protegerá la línea eléctrica con tubo PVC envuelto con 0,10 m de hormigón, manteniendo una distancia mínima tangencial entre servicios de 0,20 m.

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

2.1 INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO

Se tomará como intensidad nominal del centro de seccionamiento la máxima que podrá circular por la aparatamenta de dicho centro, es decir, en este caso la intensidad máxima será:

$$I_n = 400 \text{ A.}$$

2.2 CORTOCIRCUITOS DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO

2.2.1 Observaciones.

Para relizar los cálculos de la intensidad de cortocircuito en el centro de seccionamiento se necesita conocer la potencia de cortocircuito de la red de distribución, en este caso ésta potencia es de 350 MVA, según los datos proporcionados por la Compañía suministradora.

2.2.2 Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito se utilizarán las expresiones que se describen a continuación:

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

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

Siendo:

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

U = Tensión primaria en kV.

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

2.2.3 Cortocircuito en el lado de Alta Tensión.

Conociendo la potencia de cortocircuito que nos da la red de distribución y la tensión que existe en ella, se puede calcular la intensidad de cortocircuito utilizando la fórmula expuesta anteriormente:

$S_{cc} = 350 \text{ MVA.}$

$U = 15 \text{ kV.}$

Sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito

en el lado de A.T. de:

$$I_{ccp} = \frac{350MVA}{\sqrt{3} * 15kV} = 13.47kA$$

$$I_{ccp} = 13.47 \text{ kA}$$

2.3 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO

A pesar de la inexistencia de transformadores de potencia y por tanto de focos de calor en el interior del centro, se dispondrá de una rejilla de ventilación que garantiza una circulación mínima de corriente de aire.

2.4 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO

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.

Las celdas elegidas tienen, según el catálogo del fabricante, las siguientes características:

- *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 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.

A continuación se realizan los cálculos necesario para la comprobación por densidad de corriente, por sollicitación electrodinámica y térmica del embarrado.

2.4.1 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 él circule una corriente igual a la corriente nominal máxima.

La densidad de corriente en un conductor viene dada por la siguiente expresión:

$$d = \frac{I}{S}$$

Siendo:

d = densidad de corriente en A/mm²

I = Intensidad nominal en A

S = Sección del conductor en mm²

Por tanto sustituyendo valores se obtiene :

$$d = \frac{400}{240}$$

$$d = 1.67 \text{ A/mm}^2$$

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249139XA realizado por VOLTA.

2.4.2 Comprobación por solicitud 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.

La intensidad dinámica de cortocircuito se considera aproximadamente 2.5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito:

$$I_{cc}(\text{dinámica}) = 2.5 \cdot I_{cc\text{ef}}$$

El valor de la corriente de cortocircuito eficaz ha sido calculado anteriormente, en el apartado 2.2.3, siendo de 13.47 kA, por tanto sustituyendo se obtiene:

$$I_{cc}(\text{dinámica}) = 2.5 \cdot 13.47$$

$$I_{cc}(\text{dinámica}) = 33.67 \text{ kA}$$

El valor obtenido es menor que el valor de cresta de intensidad nominal, indicado en la tabla de características de las celdas., que es de 40 kA

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la

correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249068XA realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia electrodinámica de 40kA.

2.4.3 Comprobación por sollicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible.

La comprobación por sollicitación térmica tienen como objeto comprobar que por motivo de la aparición de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

El valor de intensidad que garantiza que no se provocará un exceso de calentamiento en caso de cortocircuito, es la intensidad de cortocircuito eficaz calculada en el apartado 2.2.3, es decir:

$$I_{cc(térmica)} = 13.47 \text{ kA}$$

Esta intensidad es menor que la indicada en la tabla de características, es decir, 16 kA.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249068XA realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia térmica de 16kA 1 segundo.

2.5 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO

2.5.1 Investigación de las características del suelo.

Para realizar los cálculos de puesta a tierra de la instalación se debe tener en cuenta el tipo de terreno donde se va a instalar el Centro de Seccionamiento, para ello se ha realizado una investigación previa del terreno y se ha determinado una resistividad media superficial de 500 Ωm .

2.5.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.

Para determinar la intensidad máxima de defecto I_d hay que tener en cuenta que ésta debe ser lo más baja posible, de tal manera que la tensión que aparezca en el electrodo cuando sea recorrido por la misma, tenga el valor lo más reducido posible.

El neutro de la red de distribución en Media Tensión está conectado rígidamente a tierra. Por ello, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del Centro, así como de las características de la red de MT.

La intensidad máxima de defecto, para éste caso, se determina mediante la siguiente expresión:

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

donde:

I_d = Intensidad máxima de defecto a tierra en el centro considerado, en amperios

U = Tensión compuesta de servicio de la red, en voltios.

R_t = Resistencia de la puesta a tierra del centro, en ohmios .

R_n = Resistencia de la puesta a tierra del neutro de la red, en ohmios.

X_n = Reactancia de la puesta a tierra del neutro de la red, en ohmios.

Según datos proporcionados por la Compañía Eléctrica suministradora (IBERDROLA), tenemos que para un valor de resistencia de puesta a tierra del Centro de 8.4Ω , la intensidad máxima de defecto a tierra es de 200 Amperios y el tiempo de eliminación del defecto es inferior a 0.7 segundos.

$$\text{Para } R_t = 8,4 \Omega \quad \Longrightarrow \quad I_d = 200 \text{ A}$$

Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

$$K = 72 \text{ y } n = 1.$$

2.5.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra.

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, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar se emplearán 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:

Optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: código 5/88 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetros característicos:

$$K_r = 0.0167 \Omega / (\Omega \cdot m).$$

$$K_p = 0.00212 V / (\Omega \cdot m \cdot A).$$

- Descripción:

Estará constituida por 8 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 8.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 12.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 84 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.

2.5.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.

Para realizar el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (R_t), y tensión de defecto correspondiente (U_d), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, R_t :

$$R_t = K_r \cdot \sigma .$$

- Tensión de defecto, U_d :

$$U_d = I_d \cdot R_t .$$

Siendo:

σ ; Resistividad del terreno, que como se ha visto antes tiene un valor de 500 $\Omega \cdot m$.

$$K_r = 0.0167 \Omega / (\Omega \cdot m).$$

$$I_d = 200 \text{ A.}$$

Conocidos estos valores se obtienen los siguientes resultados:

$$R_t = 0.0167 * 500 = 8.4 \Omega. \quad \quad \quad \mathbf{R_t = 8.4 \Omega.}$$

$$U_d = 200 * 8.4 = 1670 \text{ V} \quad \quad \quad \mathbf{U_d = 1670 V}$$

2.5.5 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, el RAT permite la posibilidad de recurrir al empleo de medidas adicionales de seguridad para reducir los riesgos en personas y cosas.

En el caso de instalaciones de centros de transformación en edificios, estas medidas son las que se describen a continuación; 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.

Los muros, entre sus paramentos tendrán una resistencia de 100.000 ohmios como mínimo (al mes de su realización).

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:

$$U_p = K_p * \sigma * I_d$$

Sustituyendo los valores:

$$U_p = 0.00212 * 500 * 200 = 212 \text{ V.} \quad \quad \quad \mathbf{U_p = 212 V}$$

2.5.6 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, esté 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 EHC 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:

$$U_p \text{ acceso} = U_d = R_t * I_d$$

$$U_p \text{ acceso} = 8.4 * 200 = 1670 \text{ V.}$$

$$U_p \text{ acceso} = 1670 \text{ V}$$

2.5.7 Cálculo de las tensiones aplicadas.

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:

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

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

Siendo:

U_p = Tensiones de paso en Voltios.

K = 72.

n = 1.

t = Duración de la falta en segundos: 0.7 s.

σ = Resistividad del terreno.

σ_h = Resistividad del hormigón = 3.000 Ω .m.

obtenemos los siguientes resultados:

$$U_p(\text{exterior}) = 4.114,3 \text{ V.}$$

$$U_p(\text{acceso}) = 11.828,6 \text{ V.}$$

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

- en el exterior:

$$U_p = 212 \text{ V.} < U_p(\text{exterior}) = 4.114,3 \text{ V.}$$

- en el acceso al C.T.:

$$U_d = 1670 \text{ V.} < U_p(\text{acceso}) = 11.828,6 \text{ V.}$$

2.5.8 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.

2.5.9 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.

2.6 CÁLCULOS DE LA RED DE MEDIA TENSIÓN

2.6.1 Descripción de la instalación.

Las presentes instalaciones consisten en la conexión de un centro de transformación de 2X1000 kVA a la red general de distribución de Iberdrola, para dar suministro a una nave industrial.

2.6.2 Características de los materiales.

Clase:	A
Categoría de la red:	UNE 20-435 A ó C
Clase de corriente:	Alterna trifásica
Frecuencia:	50 Hz
Tensión nominal	12/20 kV
Tensión más elevada	24 kV
Tensión soportada nominal:	
- A impulso tipo rayo	125 kV
- A frecuencia industrial	50 kV

Conductor:

Aluminio compacto, sección circular, clase 2 UNE 21-022.

Pantalla sobre el conductor: Mezcla semiconductor aplicada por extrusión.

Aislamiento:

Etileno propileno de alto módulo (HEPR).

Pantalla sobre el aislamiento: Semiconductor pelable no metálica aplicada por extrusión, asociada a una corona de alambre y contra espira de cobre.

Cubierta:

Termoplástica con base de etileno y sin componentes clorados u otros contaminantes.

Algunas otras características importantes son:

DENSIDAD DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO, EN A/mm², PARA CABLES DE AISLAMIENTO SECO Y CONDUCTORES DE ALUMINIO.					
Sección conductor Mm ²	Tensión nominal Kv.	Intensidad conductor A.	Resistencia máxima a 105°C Ω/Km.	Reactancia por fase Ω/Km.	Capacidad μF/Km.
240	12/20	435	0,169	0,105	0,453

Temperatura máxima en servicio permanente: 105° C

Temperatura máxima en cortocircuito t < 5s: 250° C

Las temperaturas máximas admisibles de los conductores en servicio permanente y en cortocircuito se especifican en el cuadro siguiente:

Temperatura máxima, en °C, asignada al conductor		
Tipo de aislamiento	Tipo de condiciones	
	Servicio permanente	Cortocircuito t < 5s
Etileno Propileno de alto módulo (HEPR)	105	>250

2.6.3 CONDICIONES DE INSTALACIÓN

Condiciones tipo de instalación enterrada:

Terna de cables secos unipolares agrupados en triángulo, bajo tubo de Ø160 mm en zanja de 1 m de profundidad en terreno de resistividad térmica media 1 Km/W y temperatura del terreno a dicha profundidad de 25° C.

La intensidad máxima admisible, en servicio permanente y con corriente alterna, con conductores de aluminio con aislamiento seco son:

Tensión nominal Uo/U	Sección nominal de los conductores	Intensidad 3 unipolares
12/20 kV.	240 mm ² .	435 A.

Intensidades de cortocircuito admisibles en los conductores:

Estas se calculan de acuerdo con las temperaturas específicas citadas anteriormente, considerando como temperatura inicial la de servicio permanente y como temperatura final la de cortocircuito. En el cálculo se considera que todo el calor desprendido es absorbido por los conductores, ya que su masa es muy grande en comparación con la superficie de disipación de calor y la duración del proceso es relativamente corta. En estas condiciones tendremos:

$$\frac{I}{S} = \frac{K}{\sqrt{t}}$$

donde:

I= Corriente de cortocircuito en amperios

S= Sección del conductor en mm².

K= Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito.

t= Duración del cortocircuito en segundos.

Si se desea conocer la intensidad máxima de cortocircuito para un valor de t distinto de los indicados, se aplica la fórmula anterior. K coincide con el valor de densidad de corriente indicado para t = 1 s, para los distintos tipos de aislamientos. Si, por otro lado, interesa conocer la densidad de corriente de cortocircuito correspondiente a un incremento $\Delta\theta'$ de temperatura distinta del indicado, basta multiplicar el correspondiente valor del esquema por el factor de corrección:

$$F = \sqrt{(\Delta\theta'/\Delta\theta)}$$

Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de cables secos (conductores de aluminio).

DENSIDAD DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO, EN kA/mm², PARA CABLES DE AISLAMIENTO SECO CON CONDUCTORES DE ALUMINIO (tipo HEPRZ1).											
Tipo de Aislamiento	Tensión kV	Sección mm ²	Duración del cortocircuito t en s								
			0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
HEPR	12/20	240	71,5	51,1	41,2	31,9	22,5	18,4	15,8	14,1	12,9

(para un incremento de la temperatura de 160 θ en °C)

Intensidades de cortocircuito en las pantallas:

Para cables de aislamiento seco, las intensidades máximas admisibles en las pantallas metálicas en función del tiempo de duración del cortocircuito en A están calculadas para un cable con las siguientes características:

- Pantalla de hilos de cobre de 0,75 mm de diámetro, colocada superficialmente sobre la capa semiconductora exterior (alambres no embebidos)
- Cubierta exterior poliolefina: (Z1)
- Temperatura inicial pantalla: 70°C
- Temperatura final pantalla: 180°C.

Siendo por tanto las intensidades del cortocircuito admisible en la pantalla de cobre, en amperios, las siguientes:

Sección Pantalla mm ²	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
16	7.750	5.640	4.705	3.775	2.845	2.440	2.200	2.035	1.920

El cálculo se ha realizado siguiendo la guía de la norma UNE 21-193, aplicando el método indicado en la norma UNE 21-192.

Accesorios:

Los empalmes y terminales serán adecuados a la naturaleza, composición y sección de los cables, y no deberán aumentar la resistencia eléctrica de éstos. Deberán ser, así mismo, adecuados a las características ambientales (interior, exterior, contaminaciones, etc.).

Los empalmes y terminales se realizarán siguiendo el manual técnico MT 2.31.01, o en su defecto, las instrucciones del fabricante.

Terminales: las características de los terminales serán las establecidas en la NI 56.80.02 o en la NI 56.80.02. Los conectores para terminales quedan recogidos en la NI 56.86.01.

Empalmes: Las características de los empalmes estarán de acuerdo con la NI 56.80.02. Los manguitos de unión para empalmes en media tensión se ajustarán a la NI 58.10.11.

2.6.4 TIPO DE CANALIZACIÓN

Canalización subterránea entubada hormigonada

Estará constituida por tubos plásticos de $\phi 160$ mm, en total 3 tubos (1 de ellos de reserva) debidamente hormigonados y enterrados en zanja. Las características de estos tubos serán las establecidas en la NI 52.95.03. En cruzamientos se instalarán 7 tubos de las mismas características.

En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito, evitándose en lo posible los cambios de dirección de estos. En los puntos donde estos se produzcan, se dispondrán preferentemente de calas de tiro y excepcionalmente arquetas ciegas, para facilitar la manipulación.

La zanja tendrá una anchura de 0,60 m. Si fuera necesario instalar tubo para los cables de control, se instalará un tubo más de red de 160 mm ϕ destinado a este fin.

Los tubos podrán ir colocados en uno, dos o tres planos.

La profundidad de la zanja será la suficiente para que los situados en el plano superior queden a una profundidad aproximada de 0,60 m, tomada desde la rasante del terreno a la parte inferior del tubo

La zanja estará hormigonada en toda su longitud, antes de la colocación de la capa inferior de los tubos, se extenderá un tangada de hormigón H120 y de 10 cm de espesor, que ocupe todo el ancho de la zanja. Sobre esta tongada se colocarán todos los tubos, realizando los empalmes necesarios.

El conjunto de tubos se cubrirá con hormigón H 120 hasta una cota que rebase la superior de los tubos en al menos 10 cm y que ocupe todo el ancho de la zanja.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras "topos" de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena; en estos casos se prescindirá del diseño de zanja descrito anteriormente puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado.

Su instalación precisa zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar para la ubicación de la maquinaria, por lo que no debemos considerar este método como aplicable de forma habitual, dada su complejidad.

Condiciones generales para cruzamientos y paralelismos:

Las instalaciones o tendidos de cables subterráneos deberán cumplir, además de los requisitos señalados a continuación, las condiciones que pudieran imponer otros Organismos Competentes afectados, como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de M.T.

Cruzamientos:

Con calles, caminos y carreteras:

En los cruces de calzada, carreteras, caminos, etc, deberán seguirse las instrucciones fijadas para canalizaciones entubadas. Los tubos irán a una profundidad mínima de 0,80 m. y siempre que sea posible el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

El número de tubos a instalar en cruzamiento será de 7.

No existen cruzamientos con ferrocarriles.

Con otras conducciones de energía eléctrica:

La distancia entre cables de energía eléctrica, será de 0,25 m. Cuando no puede respetarse esta distancia, el cable que se tienda en último lugar se separará mediante tubo o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. Las características serán las establecidas en la NI 52.95.01. La distancia del punto de cruce a empalmes será superior a 1 m.

Con cables de telecomunicación:

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,25 m. En el caso de no poder respetar esta distancia, la canalización que se tienda en último lugar, se separará mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica. Las características serán las establecidas en la NI 52.95.01. La distancia del punto de cruce a empalmes, tanto en el cable de energía como en el de telecomunicación, será superior a 1 m.

Con canalizaciones de agua y gas:

Los cables se mantendrán a una distancia mínima de estas canalizaciones de 0,25 m. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la canalización que se tienda en último lugar se separará mediante tubos o placa separadora constituidas por materiales incombustibles y de adecuada resistencia mecánica, las características serán las establecidas en la NI 52.95.01. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o los empalmes de las canalizaciones, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del punto de cruce.

Con conducciones de alcantarillado:

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Si no es posible se pasará por debajo, disponiendo los cables con una protección de adecuada resistencia mecánica. Las características están establecidas en la NI 52.95.01.

Paralelismos:

Con otros conductores de energía eléctrica:

Los cables de alta tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia no inferior a 0,25 m. Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción que se establezca en último lugar se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidas por materiales incombustibles de adecuada resistencia mecánica. Las características están establecidas en la NI 52.95.01.

Con canalizaciones de agua y gas:

Se mantendrá una distancia mínima de 0,25 m, con excepción de canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar) en que la distancia será de 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias, se adoptarán las siguientes medidas complementarias:

Conducción de gas existente:

Se protegerá la línea eléctrica con tubo PVC envuelto con 0,10 m de hormigón, manteniendo una distancia mínima tangencial entre servicios de 0,20 m

2.7 CÁLCULOS DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

2.7.1 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE ALTA TENSIÓN.

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

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

Siendo:

S = Potencia del transformador en kVA.

U = Tensión compuesta primaria en kV

I_p = Intensidad primaria en Amperios.

Teniendo en cuenta que la tensión de alimentación en el primario de los transformadores es de 15 kV y la potencia de los mismos de 1000 kVA, sustituyendo valores se obtiene lo siguiente:

$$I_p = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 15 \cdot 10^3}$$

$$I_p = 38.49 \text{ A}$$

Como ambos transformadores son iguales, por el primario de cada uno de ellos circulará la misma intensidad, por tanto la intensidad total será la suma de ambas, es decir:

$$I = I_{p1} + I_{p2} = 2 \cdot 38.49$$

$$I = 76.98 \text{ A}$$

2.7.2 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD EN BAJA TENSIÓN.

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

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

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

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

I_s = Intensidad secundaria en Amperios.

Sabiendo que la tensión a la salida de cada transformador es de 400 V, y que la potencia es de 1000 kVA, sustituyendo se obtiene:

$$I_p = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400}$$

$$I_p = 1443.38 \text{ A}$$

Por lo tanto como ambos transformadores tienen las mismas características, la intensidad que circula por el secundario de cada uno de ellos será la misma.

Sustituyendo valores, tendremos:

Potencia del transformador (kVA)	I _s (A)
1000	1424.18
1000	1424.18

2.7.3 CORTOCIRCUITOS del centro de transformación

2.7.3.1. Observaciones

En este apartado se va a realizar un estudio de las intensidades de cortocircuito de la instalación en los circuitos de Alta y Baja Tensión. Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito se determina una potencia de cortocircuito de 350 MVA en la red de distribución, dato proporcionado por la Compañía suministradora.

Un cortocircuito es una conexión de poca impedancia entre dos puntos entre los que existe una diferencia de potencial, dando lugar a una corriente de intensidad muy elevada. Principalmente son debidos a fallos en los receptores conectados, bien sea por avería o conexión incorrecta.

2.7.3.2. Cálculo de las Corrientes de Cortocircuito.

Para la realización del cálculo de las corrientes de cortocircuito utilizaremos las siguientes expresiones:

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

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

Siendo:

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

U = Tensión primaria en kV.

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

Sustituyendo valores tendremos una intensidad primaria máxima para un cortocircuito en el lado de A.T. de:

$$I_{ccp} = \frac{350 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 15 \cdot 10^3}$$

$$I_{ccp} = 13.47 \text{ kA}$$

- *Intensidad secundaria para cortocircuito en el lado de baja tensión:*

Para el cálculo de ésta intensidad se va a considerar una impedancia de red despreciable, y se calculará con la siguiente expresión:

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

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.

Utilizando la fórmula expuesta anteriormente y sustituyendo valores,

obtendremos la Intensidad secundaria máxima para un cortocircuito en el lado de baja tensión.

$$I_{ccs} = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \frac{6}{100} \cdot 400}$$

$$I_{ccs} = 24.06 \text{ kA}$$

2.8 DIMENSIONADO DEL EMBARRADO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

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.

Las celdas elegidas tienen, según el catálogo del fabricante, las siguientes características:

- *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 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.

2.8.1 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.

La densidad de corriente en un conductor viene dada por la siguiente expresión:

$$d = \frac{I}{S}$$

Siendo:

d = densidad de corriente en A/mm²

I = Intensidad nominal en A

S = Sección del conductor en mm²

Por tanto sustituyendo valores se obtiene :

$$d = \frac{400}{240}$$

$$d = 1.67 \text{ A/mm}^2$$

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada

mediante el protocolo de ensayo 51249139XA realizado por VOLTA.

2.8.2 Comprobación por solicitación electrodinámica.

La comprobación por solicitación 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.

La intensidad dinámica de cortocircuito se considera aproximadamente 2.5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito:

$$I_{cc}(\text{dinámica}) = 2.5 \cdot I_{ccef}$$

El valor de la corriente de cortocircuito eficaz ha sido calculado anteriormente, en el apartado 1.7.3.2, siendo de 13.47 kA, por tanto sustituyendo se obtiene:

$$I_{cc}(\text{dinámica}) = 2.5 \cdot 13.47$$

$$I_{cc}(\text{dinámica}) = 33.67 \text{ kA}$$

El valor obtenido es menor que el valor de cresta de intensidad nominal, indicado en la tabla de características de las celdas., que es de 40 kA

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249068XA realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia electrodinámica de 40kA.

2.8.3 Comprobación por solicitación térmica. Sobreintensidad térmica admisible.

La comprobación por solicitación térmica tienen como objeto comprobar que por motivo de la aparición de un defecto o cortocircuito no se producirá un calentamiento excesivo del elemento conductor principal de las celdas que pudiera así dañarlo.

El valor de intensidad que garantiza que no se provocará un exceso de calentamiento en caso de cortocircuito, es la intensidad de cortocircuito eficaz calculada en el apartado 1.7.3.2, es decir:

$$I_{cc}(\text{térmica}) = 13.47 \text{ kA}$$

Éste intensidad es menor que la indicada en la tabla de características, es decir, 16 kA.

Para las celdas modelo SM6 seleccionadas para este proyecto se ha obtenido la correspondiente certificación que garantiza cumple con la especificación citada mediante el protocolo de ensayo 51249068XA realizado por VOLTA.

El ensayo garantiza una resistencia térmica de 16kA 1 segundo.

2.9 SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES DE ALTA Y BAJA TENSIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

*** ALTA TENSIÓN.**

No se instalarán fusibles de alta tensión al utilizar como interruptor de protección un disyuntor en atmósfera de hexafluoruro de azufre, y ser éste el aparato destinado a interrumpir las corrientes de cortocircuito cuando se produzcan.

*** 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.

2.10 DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL C.T.

Las rejillas de ventilación de los edificios prefabricados EHC 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 61330, 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. El prefabricado ha superado los ensayos de calentamiento realizados en LCOE con número de informe 200506330341.

2.11 DIMENSIONES DEL POZO APAGAFUEGOS DEL C.T.

Al utilizar técnica de transformador encapsulado en resina epoxy, no es necesario disponer de un foso para la recogida de aceite, al no existir éste.

2.12 CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN.

2.12.1 Investigación de las características del suelo.

Para realizar los cálculos de puesta a tierra de la instalación se debe tener en cuenta el tipo de terreno donde se va a instalar el Centro de Transformación, éste terreno es el mismo que el que se ha estudiado para la instalación del Centro de Seccionamiento, descrito anteriormente, por tanto la resistividad media superficial es de $500 \Omega\text{m}$.

2.12.2 Determinación de las corrientes máximas de puesta a tierra y tiempo máximo correspondiente de eliminación de defecto.

Para determinar la intensidad máxima de defecto I_d hay que tener en cuenta que ésta debe ser lo más baja posible, de tal manera que la tensión que aparezca en el electrodo cuando sea recorrido por la misma, tenga el valor lo más reducido posible.

El neutro de la red de distribución en Media Tensión está conectado rígidamente a tierra. Por ello, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del Centro, así como de las características de la red de MT.

La intensidad máxima de defecto, para éste caso, se determina mediante la siguiente expresión:

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

en la que:

I_d = Intensidad máxima de defecto a tierra en el centro considerado, en amperios

U = Tensión compuesta de servicio de la red, en voltios.

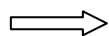
R_t = Resistencia de la puesta a tierra del centro, en ohmios .

R_n = Resistencia de la puesta a tierra del neutro de la red, en ohmios.

X_n = Reactancia de la puesta a tierra del neutro de la red, en ohmios.

Según datos proporcionados por la Compañía Eléctrica suministradora (IBERDROLA), tenemos que para un valor de resistencia de puesta a tierra del Centro de 8.4Ω , la intensidad máxima de defecto a tierra es de 200 Amperios y el tiempo de eliminación del defecto es inferior a 0.7 segundos.

Para $R_t = 8,4 \Omega$



$I_d = 200 \text{ A}$

Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE-RAT 13 en el tiempo de defecto proporcionado por la Compañía son:

$$K = 72 \text{ y } n = 1.$$

2.12.3 Diseño preliminar de la instalación de tierra.

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, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos 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 optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: código 5/88 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:

$$K_r = 0.0167 \, \Omega / (\Omega \cdot m).$$
$$K_p = 0.00212 \, V / (\Omega \cdot m \cdot A).$$

- Descripción:

Estará constituida por 8 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 8.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 12.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 84 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. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: código 5/88 del método de cálculo de tierras de UNESA.

- Parámetros característicos:

$$K_r = 0.0167 \, \Omega / (\Omega \cdot m).$$

$$K_p = 0.00212 \, V / (\Omega \cdot m \cdot A).$$

- Descripción:

Estará constituida por 8 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 8.00 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0.5 m. y la separación entre cada pica y la siguiente será de 12.00 m. Con esta configuración, la longitud de conductor desde la primera pica a la última será de 84 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 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.

2.12.4 Cálculo de la resistencia del sistema de tierras.

TIERRA DE PROTECCIÓN.

Para realizar el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del Centro (Rt), y tensión de defecto correspondiente (Ud), se utilizarán las siguientes fórmulas:

- Resistencia del sistema de puesta a tierra, Rt:

$$R_t = K_r * \sigma .$$

- Tensión de defecto, Ud:

$$U_d = I_d * R_t .$$

Siendo:

σ ; Resistividad del terreno, que como se ha visto antes tiene un valor de 500 Ω .m.

$$K_r = 0.0167 \Omega./(\Omega m).$$

$$I_d = 200 \text{ A.}$$

Conocidos estos valores se obtienen los siguientes resultados:

$$R_t = 0.0167 * 500 = 8.4 \Omega.$$

$$\mathbf{R_t = 8.4 \Omega.}$$

$$U_d = 200 * 8.4 = 1670 \text{ V}$$

$$\mathbf{U_d = 1670 \text{ V}}$$

El aislamiento de las instalaciones de baja tensión del C.T. deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto calculada (Ud), 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.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 Amperios, lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones normales.

TIERRA DE SERVICIO.

$$R_t = K_r * \Omega = 0.0167 * 500 = 8.4 \Omega.$$

que vemos que efectivamente es inferior a 37 Ω .

2.12.5 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, el RAT permite la posibilidad de recurrir al empleo de medidas adicionales de seguridad para reducir los riesgos en personas y cosas.

En el caso de instalaciones de centros de transformación en edificios, estas medidas son las que se describen a continuación; las puertas y rejillas 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:

$$U_p = K_p \cdot \sigma \cdot I_d$$

Sustituyendo los valores:

$$U_p = 0.00212 \cdot 500 \cdot 200 = 212 \text{ V.} \quad \quad \quad U_p = 212 \text{ V}$$

2.12.6 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 EHC 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:

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:

$$U_p \text{ acceso} = U_d = R_t * I_d$$

$$U_p \text{ acceso} = 8.4 * 200 = 1670 \text{ V.}$$

$$U_p \text{ acceso} = 1670 \text{ V}$$

2.12.7 Cálculo de las tensiones aplicadas.

La tensión máxima de contacto aplicada, en voltios, que se puede aceptar, según el reglamento MIE-RAT, 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: 0.7 s

obtenemos el siguiente resultado:

$$U_{ca} = 102.86 \text{ V}$$

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:

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

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

Siendo:

U_p = Tensiones de paso en Voltios.

$K = 72$.

$n = 1$.

t = Duración de la falta en segundos: 0.7 s

$\square$ = Resistividad del terreno.

$\square h$ = Resistividad del hormigón = 3.000 $\square$.m

obtenemos los siguientes resultados:

$$U_p(\text{exterior}) = 4114.3 \text{ V}$$

$$U_p(\text{acceso}) = 11828.6 \text{ V}$$

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

- en el exterior:

$$U_p = 212 \text{ V.} < U_p(\text{exterior}) = 4114.3 \text{ V.}$$

- en el acceso al C.T.:

$$U_d = 1670 \text{ V.} < U_p(\text{acceso}) = 11828.6 \text{ V.}$$

2.12.8 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 $D_{\text{mín}}$, 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:

$$\sigma = 500 \, \Omega \cdot \text{m.}$$

$$I_d = 200 \, \text{A.}$$

obtenemos el valor de dicha distancia:

$$D_{\text{mín}} = 15.92 \, \text{m.}$$

2.12.9 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.

3 PLIEGO DE CONDICIONES

3.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES DEL CENTRO DE SECCIONAMIENTO (CS)

3.1.3 Obra Civil.

El edificio destinado a alojar en su interior las instalaciones será una construcción prefabricada de hormigón modelo EHC-3S.

Sus elementos constructivos son los descritos en el apartado correspondiente de la Memoria del presente proyecto.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

La base del edificio será de hormigón armado con un mallazo equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio.

Todos los elementos metálicos del edificio que están expuestos al aire serán resistentes a la corrosión por su propia naturaleza, o llevarán el tratamiento protector adecuado que en el caso de ser galvanizado en caliente cumplirá con lo especificado en la RU.-6618-A.

3.1.4 Aparata de Alta Tensión.

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Merlin Gerin, compuesta por celdas modulares equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción.

Serán celdas de interior y su grado de protección según la Norma 20-324-94 será IP 30 en cuanto a la envolvente externa.

Los cables se conectarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra) asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo de interruptor y seccionador de puesta a tierra.

El interruptor será en realidad interruptor-seccionador. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS.

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de apartamento bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 60298.

Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos:

- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento del juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables.
- d) Compartimento de mandos.
- e) Compartimento de control.

que se describen a continuación:

- a) Compartimento de aparellaje.

Estará relleno de SF₆ y sellado de por vida según se define en el anexo GG de la recomendación CEI 298-90. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años).

La presión relativa de llenado será de 0,4 bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento aparellaje estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serían canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección en la parte frontal.

Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

El seccionador de puesta a tierra dentro del SF₆, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 kA.

El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

b) Compartimento del juego de barras.

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre conexas mediante tornillos de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2,8 mdaN.

c) Compartimento de conexión de cables.

Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado.

Las extremidades de los cables serán:

- Simplificadas para cables secos.
- Termorretráctiles para cables de papel impregnado.

d) Compartimento de mando.

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones.
- Bobinas de cierre y/o apertura.
- Contactos auxiliares.

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el centro.

e) Compartimento de control.

En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.

- | | |
|--|----------------|
| - Tensión nominal | 24 kV. |
| - Nivel de aislamiento: | |
| a) a la frecuencia industrial de 50 Hz | 50 kV ef.1mn. |
| b) a impulsos tipo rayo | 125 kV cresta. |
| - Intensidad nominal funciones línea | 400 A. |
| - Intensidad nominal otras funciones | 200/400 A. |
| - Intensidad de corta duración admisible | 16 kA ef. 1s. |

INTERRUPTORES-SECCIONADORES.

En condiciones de servicio, además de las características eléctricas expuestas anteriormente, responderán a las exigencias siguientes:

- Poder de cierre nominal sobre cortocircuito: 40 kA cresta.
- Poder de corte nominal de transformador en vacío: 16 A.
- Poder de corte nominal de cables en vacío: 25 A.
- Poder de corte (sea por interruptor-fusibles o por interruptor automático): 16 kA ef.

CORTACIRCUITOS-FUSIBLES.

En el caso de utilizar protección ruptor-fusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de esta memoria. Sus dimensiones se corresponderán con las normas DIN-43.625.

PUESTA A TIERRA.

La conexión del circuito de puesta a tierra se realizará mediante pletinas de cobre de 25 x 5 mm. conectadas en la parte posterior superior de las cabinas formando un colector único.

3.2 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL CS

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de IBERDROLA.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

3.3 PRUEBAS REGLAMENTARIAS DEL CS

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

3.4 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DEL CS

PREVENCIONES GENERALES.

1)- Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.

2)- Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "peligro de muerte".

3)- En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro, como banqueta, guantes, etc.

4)- No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro y en caso de incendio no se empleará nunca agua.

5)- No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.

6)- Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.

7)- En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro, para su inspección y aprobación, en su caso.

8)- Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

3.5 CALIDAD DE LOS MATERIALES DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN (CT)

3.5.3 Obra Civil.

El edificio destinado a alojar en su interior las instalaciones será una construcción prefabricada de hormigón modelo EHC-6T2L.

Sus elementos constructivos son los descritos en el apartado correspondiente de la Memoria del presente proyecto.

De acuerdo con la Recomendación UNESA 1303-A, el edificio prefabricado estará construido de tal manera que, una vez instalado, su interior sea una superficie equipotencial.

La base del edificio será de hormigón armado con un mallazo equipotencial.

Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial, estarán unidas entre sí mediante soldaduras eléctricas. Las conexiones entre varillas metálicas pertenecientes a diferentes elementos, se efectuarán de forma que se consiga la equipotencialidad entre éstos.

Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial podrá ser accesible desde el exterior del edificio.

Todos los elementos metálicos del edificio que están expuestos al aire serán resistentes a la corrosión por su propia naturaleza, o llevarán el tratamiento protector adecuado que en el caso de ser galvanizado en caliente cumplirá con lo especificado en la RU.-6618-A.

3.5.4 Aparamenta de Alta Tensión.

Las celdas a emplear serán de la serie SM6 de Merlin Gerin, compuesta por celdas modulares equipadas de aparellaje fijo que utiliza el hexafluoruro de azufre como elemento de corte y extinción.

Serán celdas de interior y su grado de protección según la Norma 20-324-94 será IP 30 en cuanto a la envolvente externa.

Los cables se conexionarán desde la parte frontal de las cabinas. Los accionamientos manuales irán reagrupados en el frontal de la celda a una altura ergonómica a fin de facilitar la explotación.

El interruptor y el seccionador de puesta a tierra deberá ser un único aparato, de tres posiciones (cerrado, abierto y puesto a tierra) asegurando así la imposibilidad de cierre simultáneo de interruptor y seccionador de puesta a tierra.

El interruptor será en realidad interruptor-seccionador. La posición de seccionador abierto y seccionador de puesta a tierra cerrado serán visibles directamente a través de mirillas, a fin de conseguir una máxima seguridad de explotación en cuanto a la protección de personas se refiere.

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS.

Las celdas responderán en su concepción y fabricación a la definición de aparataje bajo envolvente metálica compartimentada de acuerdo con la norma UNE-EN 60298.

Se deberán distinguir al menos los siguientes compartimentos:

- a) Compartimento de aparellaje.
- b) Compartimento del juego de barras.
- c) Compartimento de conexión de cables.
- d) Compartimento de mandos.
- e) Compartimento de control.

que se describen a continuación.

- a) Compartimento de aparellaje.

Estará relleno de SF₆ y sellado de por vida según se define en el anexo GG de la recomendación CEI 298-90. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años).

La presión relativa de llenado será de 0,4 bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento aparellaje estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter. Los gases serían canalizados hacia la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección en la parte frontal.

Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores y cierre de los seccionadores de puesta a tierra se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

El seccionador de puesta a tierra dentro del SF6, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 kA.

El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

b) Compartimento del juego de barras.

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre conexas mediante tornillos de cabeza allen de M8. El par de apriete será de 2,8 mdaN.

c) Compartimento de conexión de cables.

Se podrán conectar cables secos y cables con aislamiento de papel impregnado.

Las extremidades de los cables serán:

- Simplificadas para cables secos.
- Termorretráctiles para cables de papel impregnado.

d) Compartimento de mando.

Contiene los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones.
- Bobinas de cierre y/o apertura.
- Contactos auxiliares.

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos manteniendo la tensión en el centro.

e) Compartimento de control.

En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado de bornas de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible con tensión tanto en barras como en los cables.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.

- Tensión nominal	24 kV.
- Nivel de aislamiento:	
a) a la frecuencia industrial de 50 Hz	50 kV ef.1mn.
b) a impulsos tipo rayo	125 kV cresta.
- Intensidad nominal funciones línea	400 A.
- Intensidad nominal otras funciones	200/400 A.
- Intensidad de corta duración admisible	16 kA ef. 1s.

INTERRUPTORES-SECCIONADORES.

En condiciones de servicio, además de las características eléctricas expuestas anteriormente, responderán a las exigencias siguientes:

- Poder de cierre nominal sobre cortocircuito: 40 kA cresta.
- Poder de corte nominal de transformador en vacío: 16 A.
- Poder de corte nominal de cables en vacío: 25 A.
- Poder de corte (sea por interruptor-fusibles o por interruptor automático): 16 kA ef.

CORTACIRCUITOS-FUSIBLES.

En el caso de utilizar protección ruptor-fusibles, se utilizarán fusibles del modelo y calibre indicados en el capítulo de Cálculos de esta memoria. Sus dimensiones se corresponderán con las normas DIN-43.625.

PUESTA A TIERRA.

La conexión del circuito de puesta a tierra se realizará mediante pletinas de cobre de 25 x 5 mm. conectadas en la parte posterior superior de las cabinas formando un colector único.

3.5.5 Transformadores.

Los transformadores a instalar serán trifásicos, con neutro accesible en B.T., refrigeración natural, encapsulado en resina epoxy, con regulación de tensión primaria mediante conmutador accionable estando el transformador desconectado, servicio continuo y demás características detalladas en la memoria.

3.5.6 Equipos de Medida.

El equipo de medida estará compuesto de los transformadores de medida ubicados en la celda de medida de A.T. y el equipo de contadores de energía activa y reactiva ubicado en el armario de contadores, así como de sus correspondientes elementos de conexión, instalación y precintado.

Las características eléctricas de los diferentes elementos están especificada en la memoria.

Los transformadores de medida deberán tener las dimensiones adecuadas de forma que se puedan instalar en la celda de A.T. guardando las distancias correspondientes a su aislamiento. Por ello será preferible que sean suministrados por el propio fabricante de las celdas, ya instalados en la celda. En el caso de que los transformadores no sean suministrados por el fabricante de celdas se le deberá hacer la consulta sobre el modelo exacto de transformadores que se van a instalar a fin de tener la garantía de que las distancias de aislamiento, pletinas de interconexión, etc. serán las correctas.

CONTADORES.

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente. Sus características eléctricas están especificadas en la memoria.

CABLEADO.

La interconexión entre los secundarios de los transformadores de medida y el equipo o módulo de contadores se realizará con cables de cobre de tipo termoplástico (tipo EVV-0.6/1kV) sin solución de continuidad entre los transformadores y bloques de pruebas.

El bloque de pruebas a instalar en los equipos de medida de 3 hilos será de 7 polos, 4 polos para el circuito de intensidades y 3 polos para el circuito de tensión, mientras que en el equipo de medida de 4 hilos se instalará un bloque de pruebas de 6 polos para el circuito de intensidades y otro bloque de pruebas de 4 polos para el de tensiones, según norma de la compañía NI 76.84.01.

Para cada transformador se instalará un cable bipolar que para los circuitos de tensión tendrá una sección mínima de 6 mm², y 6 mm² para los circuitos de intensidad.

La instalación se realizará bajo un tubo flexo con envoltente metálica.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida, precintabilidad, grado de protección, etc. se tendrá en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la Compañía Suministradora.

3.6 NORMAS DE EJECUCIÓN DE LAS INSTALACIONES DEL CT

Todas las normas de construcción e instalación del centro se ajustarán, en todo caso, a los planos, mediciones y calidades que se expresan, así como a las directrices que la Dirección Facultativa estime oportunas.

Además del cumplimiento de lo expuesto, las instalaciones se ajustarán a las normativas que le pudieran afectar, emanadas por organismos oficiales y en particular las de IBERDROLA.

El acopio de materiales se hará de forma que estos no sufran alteraciones durante su depósito en la obra, debiendo retirar y reemplazar todos los que hubieran sufrido alguna descomposición o defecto durante su estancia, manipulación o colocación en la obra.

3.7 PRUEBAS REGLAMENTARIAS DEL CT

La aparamenta eléctrica que compone la instalación deberá ser sometida a los diferentes ensayos de tipo y de serie que contemplen las normas UNE o recomendaciones UNESA conforme a las cuales esté fabricada.

Asimismo, una vez ejecutada la instalación, se procederá, por parte de entidad acreditada por los organismos públicos competentes al efecto, a la medición reglamentaria de los siguientes valores:

- Resistencia de aislamiento de la instalación.
- Resistencia del sistema de puesta a tierra.
- Tensiones de paso y de contacto.

3.8 CONDICIONES DE USO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DEL CT

PREVENCIONES GENERALES.

1)- Queda terminantemente prohibida la entrada en el local de esta estación a toda persona ajena al servicio y siempre que el encargado del mismo se ausente, deberá dejarlo cerrado con llave.

2)- Se pondrán en sitio visible del local, y a su entrada, placas de aviso de "Peligro de muerte".

3)- En el interior del local no habrá más objetos que los destinados al servicio del centro de transformación, como banqueta, guantes, etc.

4)- No está permitido fumar ni encender cerillas ni cualquier otra clase de combustible en el interior del local del centro de transformación y en caso de incendio no se empleará nunca agua.

5)- No se tocará ninguna parte de la instalación en tensión, aunque se esté aislado.

6)- Todas las maniobras se efectuarán colocándose convenientemente sobre la banqueta.

7)- En sitio bien visible estarán colocadas las instrucciones relativas a los socorros que deben prestarse en los accidentes causados por electricidad, debiendo estar el personal instruido prácticamente a este respecto, para aplicarlas en caso necesario. También, y en sitio visible, debe figurar el presente Reglamento y esquema de todas las conexiones de la instalación, aprobado por la Consejería de Industria, a la que se pasará aviso en el caso de introducir alguna modificación en este centro de transformación, para su inspección y aprobación, en su caso.

PUESTA EN SERVICIO.

8)- Se conectará primero los seccionadores de alta y a continuación el interruptor de alta, dejando en vacío el transformador. Posteriormente, se conectará el interruptor general de baja, procediendo en último término a la maniobra de la red de baja tensión.

9)- Si al poner en servicio una línea se disparase el interruptor automático o hubiera fusión de cartuchos fusibles, antes de volver a conectar se reconocerá detenidamente la línea e instalaciones y, si se observase alguna irregularidad, se dará cuenta de modo inmediato a la empresa suministradora de energía.

SEPARACIÓN DE SERVICIO.

10)- Se procederá en orden inverso al determinado en apartado 8, o sea, desconectando la red de baja tensión y separando después el interruptor de alta y seccionadores.

11)- Si el interruptor fuera automático, sus relés deben regularse por disparo instantáneo con sobrecarga proporcional a la potencia del transformador, según la clase de la instalación.

12) Si una vez puesto el centro fuera de servicio se desea realizar un mantenimiento de limpieza en el interior de la apartamenta y transformadores no bastará con haber realizado el seccionamiento que proporciona la puesta fuera de servicio del centro, sino que se procederá además a la puesta a tierra de todos aquellos elementos susceptibles de ponerlos a tierra. Se garantiza de esta forma que en estas condiciones todos los elementos accesibles estén, además de seccionados, puestos a tierra. No quedarán afectadas las celdas de entrada del centro cuyo mantenimiento es responsabilidad exclusiva de la compañía suministradora de energía eléctrica.

13)- La limpieza se hará sobre banqueta, con trapos perfectamente secos, y muy atentos a que el aislamiento que es necesario para garantizar la seguridad personal, sólo se consigue teniendo la banqueta en perfectas condiciones y sin apoyar en metales u otros materiales derivados a tierra.

PREVENCIÓNES ESPECIALES.

14)- No se modificarán los fusibles y al cambiarlos se emplearán de las mismas características de resistencia y curva de fusión.

15) Para transformadores con líquido refrigerante (aceite o silicona) no podrá sobrepasarse un incremento relativo de 60K sobre la temperatura ambiente en dicho líquido. La máxima temperatura ambiente en funcionamiento normal está fijada, según norma CEI 76, en 40°C, por lo que la temperatura del refrigerante en este caso no podrá superar la temperatura absoluta de 100°C.

16)- Deben humedecerse con frecuencia las tomas de tierra. Se vigilará el buen estado de los aparatos, y cuando se observase alguna anomalía en el funcionamiento del centro de transformación, se pondrá en conocimiento de la compañía suministradora, para corregirla de acuerdo con ella.

3.9 CERTIFICADOS Y DOCUMENTACIÓN.

Se aportará, para la tramitación de este proyecto ante los organismos públicos, la documentación siguiente:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto, suscrito por técnico competente.
- Certificado de tensiones de paso y contacto, por parte de empresa homologada.
- Certificado de Dirección de Obra.
- Contrato de mantenimiento.
- Escrito de conformidad por parte de la Compañía Eléctrica suministradora.

3.10 LIBRO DE ÓRDENES.

Se dispondrá en estos centros los correspondientes libros de órdenes en el que se harán constar las incidencias surgidas en el transcurso de su ejecución y explotación.

4 PRESUPUESTO

4.1 CENTRO DE SECCIONAMINETO

Referencia	Descripción	Cantidad	Neto. Ud	Neto Total
EHC3S	EDIF.HORM.EHC-3S PREFABRICADO EHC3S	1	3.877,50	3.877,50
	Los edificios prefabricados de hormigón de la serie EHC24 han sido concebidos para ser montados enteramente en fábrica. Su acabado exterior se realiza con un revoco de pintura especialmente escogida para integrar el prefabricado en el entorno que lo rodea y garantizar una alta resistencia frente a los agentes atmosféricos NORMATIVA: - Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. - Recomendación UNESA 1303A Las CARACTERÍSTICAS más importantes de la serie EHC24 son: - Gran compacidad. - Facilidad de instalación. - Equipotencialidad de todo el prefabricado. - Impermeabilidad. - Ventilación para refrigeración natural de transformadores hasta 1000 kVA UNESA. - Grado de protección del exterior del edificio de IP239, excepto en rejillas de ventilación que es IP339. - Fabricación en hormigón armado. DIMENSIONES: Longitud: Total 3.760 mm interior 3.640 mm Anchura: Total 2.500 mm interior 2.240 mm Altura: Total 3.300 mm interior 2.535 mm Superficie: Ocup 9,40 m2 interior 8,15 m2 Peso aproximado: 12 Tm EQUIPO BASE: - Puerta peatonal frontal con cerradura.			
SIM16	C.SM6 INT-SEC+IT+PAT 400A CELDA DE LINEA	3	991,78	2975,34

Celda Merlin Gerin de interruptor-seccionador gama SM6, modelo SIM16, de , de dimensiones:

- 375 mm. de anchura

- 940 mm. de profundidad

- 1.600 mm. de altura

Peso: 120 kg.

Equipo BASE:

- Juego de barras tripolar de 400 A.

- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.

- Seccionador de puesta a tierra en SF6.

- Indicadores de presencia de tensión.

- Mando CIT manual.

- Embarrado de puesta a tierra.

- Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm².

SDM1CY16	C.SM6 SF1 VIP300LL+PAT+IT 16KA 400A	1	7.173,60	7.173,60
----------	-------------------------------------	---	----------	----------

CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR AUTOMÁTICO.

Celda Merlin Gerin de protección con interruptor automático gama SM6, modelo SDM1CY16, de dimensiones:

- 750 mm. de anchura

- 1.220 mm. de profundidad

- 1.600 mm. de altura

Peso: 400 kg (Sin TI)

Equipo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior con celdas adyacentes, de 16 kA.

- Seccionador en SF6.

- Mando CS1 manual.

- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SF1, tensión de 24 kV, intensidad de 400 A, poder de corte de 16 kA, con bobina de disparo a emisión de tensión 220 V c.a., 50 Hz.

- Mando RI de actuación manual.

- 3 captadores de intensidad para la alimentación del relé VIP300LL,

- Embarrado de puesta a tierra.

- Seccionador de puesta a tierra.

- El disyuntor irá equipado con una unidad de control VIP300LL, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador

Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad.

Sus funciones serán:

- Protección contra sobrecargas, cortocircuitos y defecto homopolar (2 umbrales): 50-51/50N-51N.

- Tipo de curvas: a tiempo constante e inverso.

- Autovigilancia.

- Reset de los indicadores.
- Señalización de disparo mediante indicador mecánico.

SGBC3+3400A		1	2.751,53	2.751,53
-------------	--	---	----------	----------

MEDIDA 3TI + 3TT
 CELDA DE MEDIDA TIPO GBC-16 de 24 kV 400A.

- Dimensiones y peso :

Anchura : 750 mm
 Profundidad : 1038 mm
 Altura : 1600mm
 Peso : 200 Kg. (sin transformadores)

- Características estándar :

Tensión asignada : 24 kV
 Intensidad asignada : 400 A
 Intensidad asignada de corta duración admisible (1s) : 16 kA

- Equipada con :

- Embarrado interno 400A.
- Juego de barras tripolar 400A.
- 3 Transformadores de tensión antiexplosivos unipolares:

Característica TT unipolar (3)
 Aislamiento 24 kV
 Relación Según normativa cía suministradora
 Potencia Según normativa cía suministradora
 Clase Según normativa cía suministradora
 Factor de tensión 1,9 (8 horas)

- 3 transformadores de intensidad de medida :

Característica TI ()
 Aislamiento 24 kV
 Relación Según normativa cía suministradora
 Potencia Según normativa cía suministradora
 Clase Según normativa cía suministradora
 Ith =< 5 kA

Para las celdas SGBC-2C la conexión inferior por cables igual ó inferior a 150 mm² (para mayor sección consultar)

CCVACIO	CUADRO CONTADORES VACÍO PARA ALOJAR MEDIDA	1	314,69	314,69
---------	--	---	--------	--------

Cuadro de contadores según normas compañía - Vacío, preparado para la instalación de los equipos de medida, con los siguientes elementos:

- 1 Regleta de verificación CYAMA de 10 elementos

4.2 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Referencia	Descripción	Cantidad	Neto. Ud	Neto Total
EHC6T2L	EDIF.HORM.EHC-6T2 LADOS PREFABRICADO EHC6T2L. Los edificios prefabricados de hormigón de la serie EHC24 han sido concebidos para ser montados enteramente en fábrica. Su acabado exterior se realiza con un revoco de pintura especialmente escogida para integrar el prefabricado en el entorno que lo rodea y garantizar una alta resistencia frente a los agentes atmosféricos NORMATIVA: - Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. - Recomendación UNESA 1303A Las CARACTERÍSTICAS más importantes de la serie EHC24 son: - Gran compacidad. - Facilidad de instalación. - Equipotencialidad de todo el prefabricado. - Impermeabilidad. - Ventilación para refrigeración natural de transformadores hasta 1000 kVA UNESA. - Grado de protección del exterior del edificio de IP239, excepto en rejillas de ventilación que es IP339. - Fabricación en hormigón armado. DIMENSIONES: - Longitud: Total 6.440 mm interior 6.320 mm - Anchura: Total 2.500 mm interior 2.380 mm - Altura: Total 2.750 mm interior 2.535 mm - Superficie: Ocup 16,1 m2 interior 15,04 m2 - Peso aproximado: 21 Tm EQUIPO BASE: - Puerta peatonal frontal con cerradura. - 2 puertas de Transformador. - 2 rejillas de ventilación frontal superior. - 2 rejillas de ventilación posterior superior. - 4 rejillas de ventilación lateral superior. - 4 rejillas de ventilación lateral inferior.	1	4.786,34	4.786,34

- 2 mallas de protección de Transformador.
- 2 cubas de recogida de aceite.

Los 2 Transformadores se ubican en los laterales del prefabricado, siendo 1 a potencia máxima del mismo de 2*1000 kVA.

SIM16	C.SM6 INT-SEC+IT+PAT 400A CELDA DE LINEA	1	991,78	991,78
-------	---	---	--------	--------

Celda Merlin Gerin de interruptor-seccionador gama SM6, modelo SIM16, de , de dimensiones:

- 375 mm. de anchura
- 940 mm. de profundidad
- 1.600 mm. de altura

Peso: 120 kg.

Equipo BASE:

- Juego de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CIT manual.
- Embarrado de puesta a tierra.

- Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm².

SDM1CY16	C.SM6 SF1 VIP300LL+PAT+IT 16KA 400A CELDA DE PROTECCIÓN CON INTERRUPTOR AUTOMÁTICO.	2	7.173,60	14.347,20
----------	--	---	----------	-----------

Celda Merlin Gerin de protección con interruptor automático gama SM6, modelo SDM1CY16, de dimensiones:

- 750 mm. de anchura
- 1.220 mm. de profundidad
- 1.600 mm. de altura

Peso: 400 kg (Sin TI)

Equipo:

- Juegos de barras tripolares de 400 A para conexión superior con celdas adyacentes, de 16 kA.
- Seccionador en SF6.
- Mando CS1 manual.
- Interruptor automático de corte en SF6 (hexafluoruro de azufre) tipo Fluarc SF1, tensión de 24 kV, intensidad de 400 A, poder de corte de 16 kA, con bobina de disparo a emisión de tensión 220 V c.a., 50 Hz.
- Mando RI de actuación manual.
- 3 captadores de intensidad para la alimentación del relé VIP300LL,
- Embarrado de puesta a tierra.
- Seccionador de puesta a tierra.

- El disyuntor irá equipado con una unidad de control VIP300LL, sin ninguna alimentación auxiliar, constituida por un relé electrónico y un disparador

Mitop instalados en el bloque de mando del disyuntor, y unos transformadores o captadores de intensidad.

Sus funciones serán:

- Protección contra sobrecargas, cortocircuitos y defecto homopolar (2 umbrales): 50-51/50N-51N.
- Tipo de curvas: a tiempo constante e inverso.
- Autovigilancia.
- Reset de los indicadores.
- Señalización de disparo mediante indicador mecánico.

ENC3C	ENCLAVAMIENTO POR 3 CERRADURAS	2	145,59	291,18
ENC2C	ENCLAVAMIENTO POR 2 CERRADURAS	1	97,29	97,29
AE2	ALUMBRADO EMERGENCIA DOBLE 2 Luces de emergencia + montaje en fábrica	1	193,98	193,98
AST2	ALUMBRADO STD 2 PUERTAS SIN LUZ EMERGE	1	193,98	193,98
CD2	2 CIRCUITOS DE DISPARO CENT.COMPAC.24K 2 circuitos de disparo de las bobinas de las celdas de protección trafo compuesto por: 4 cajas de derivación, cable 2,5mm ² Cu, tubo rígido y complementos (bridas, bornas, etc) Incluido montaje en fábrica	1	203,00	203,00
ES	ELEMENTOS DE SEGURIDAD Elementos de seguridad: - banqueta aislante, - cartel primeros auxilios, - cartel de las cinco reglas de oro. - bandeja portadocumentos.	1	73,08	73,08
T6N2	TIERRAS INTERIORES EHC6T2 Tres circuitos de tierra: 1 herrajes y 2 neutro Tierra de Herrajes: Cable 50 mm ² Cu desnudo conectado a todas las masas metálicas que no están en tensión y termina en una caja de secc. (IP545) Tierra de Neutro : Circuito independiente con cable 50 mm ² Cu aislado que conecta el neutro del transformador con una caja de seccionamiento (IP 545). Incluido montaje en fábrica	1	514,27	514,27
EXT	EXTINTOR DE EFICACIA 89B Extintor de eficacia 89B	1	82,10	82,10

No es necesario si existe personal itinerante de mantenimiento (MIE-RAT 14 - pto 4.1)

GUA	GUANTES AISLANTES Guantes aislantes.	1	47,82	47,82
JLJINTMCC	CONEXION CELDA MEDIDA CUADRO CONTADORE	1	338,33	338,33
CAAL95	CONJ.C.III 95AL 6T(CELDA-TRAFO)	2	398,35	796,70

4.3 TRANSFORMADORES

Referencia	Descripción	Cantidad	Neto. Ud	Neto Total
TR1000SE15/20KV	TRAFO 1000KVA., 15/20KV., SECO Transformador de potencia seco encapsulado, de las siguientes características : * MODELO : SECO TRIHAL * POTENCIA NOMINAL : 1000 KVAS * TENSION PRIMARIO : 15 / 20 KV * TENSION SECUNDARIO : 420 V * FRECUENCIA : 50 Hz. * ALTITUD MAXIMA : 1000 mts * GRUPO DE CONEXIÓN : Dyn11 * TENSION CORTOCIRCUITO: 6 % * TOMAS REG.VACIO : + 2,5% + 5% + 7,5% + 10% * ACCESORIOS: -/- Protección térmica por 6 sondas PTC +CONVERTIDOR * Alcance Transformadores trifásicos del tipo seco encapsulado clase F y H, refrigeración natural por aire AN, instalación en interior. Destinados a ser utilizados en redes de distribución trifásicas MT/BT. * Normas	2	8.777,00	17.544,00

Estos transformadores son conformes a las normas:

- * IEC 76-1 a 76-5
- * IEC 726 : 1982 edición + modificación nº 1 de febrero 1986
- * CENELEC Documento de armonización:

1 HD 464 S1 : 1988 + / A2 : 1991 + / A3 : 1992 relativo a transformadores de potencia del tipo seco encapsulado.

1 HD 538-1 S1 : 1992 relativo a transformadores de distribución del tipo seco encapsulado, 50 Hz desde 630 a 1.250 kVA.

* UNE 20.178 (89) + anexos ZA (94): Transformadores de potencia tipo seco

* UNE 21.538 (96): Transformadores trifásicos tipo seco para distribución en baja tensión de 100 a 2500 kVA, 50 Hz, con tensión más elevada para el material hasta 36 kV.

* IEC 905 : 1987 - Guía de carga para transformadores de potencia del tipo seco encapsulado.

Estos transformadores se fabrican según un sistema de calidad conforme a la normativa ISO 9001 certificada por una organización oficial independiente

* Descripción

* circuito magnético

Se realiza en chapa de acero al silicio de grano orientado, aislada por óxidos minerales y protegida contra la corrosión mediante una capa de esmalte

* arrollamientos de BT

Se realizarán siguiendo la técnica del bobinado en banda de aluminio. Las espiras estarán separadas por una película aislante de clase F y se dispondrá radialmente en el centro de la bobinas de canales de ventilación para permitir una fácil disipación del calor.

Una vez ensamblados y fijados los arrollamientos de BT sobre el circuito magnético, se impregnará el conjunto de ambos en una resina de clase F, con el objetivo de garantizar una buena resistencia a las agresiones ambientales.

* arrollamientos de MT

Serán independientes de los arrollamientos de BT y se realizarán en hilo o banda de aluminio con aislantes de clase F o H.

Los arrollamientos de MT se encapsulan y moldean en vacío en una

resina de clase F o H, cargada e ignifugada, compuesta de:

- resina epoxy.
- endurecedor anhídrido modificado por un flexibilizador.
- carga ignifugante.(Al(OH)₃)

La carga ignifugante se mezclará íntimamente con la resina y el endurecedor.

El sistema de encapsulado según potencias puede ser de la clase F o H.

*** conexiones de BT**

Las conexiones de BT se realizan en los terminales localizadas en la parte superior de los arrollamientos y en el lado opuesto a las barras de conexión de MT. La conexión del neutro de BT se hará directamente en la barra de acoplamiento de BT entre los terminales de fases de BT.

Los terminales de conexión son de aluminio estañado.

*** conexiones de MT**

Las conexiones de MT se realizan por arriba, en los terminales de las barras de acoplamiento de MT, situados en la parte superior delantera de las bobinas de MT. Cada terminal está perforado con un agujero de diámetro 13 mm para permitir la conexión por un sistema tornillo - tuerca.

Las barras de acoplamiento son en tubo de cobre protegido por una funda aislante termorretráctil.

Los terminales de MT son de cobre.

*** tomas de regulación MT**

Las tomas de regulación actuarán sobre la tensión más elevada (MT) para adaptar el transformador al valor real de la tensión de alimentación y se realizará por puentes de conexión, estando el transformador sin tensión

Los puentes de conexión son rígidos (barritas).

*** Accesorios y equipo de base**

Estos transformadores van equipados con :

- 4 ruedas planas bi-orientables
- cáncamos de elevación
- agujeros de arrastre en el chasis
- 2 tomas de puesta a tierra
- 1 placa de características (situada en el lado de MT)
- 1 señal de advertencia " peligro eléctrico "
- 1 protocolo de ensayos individuales

- 1 manual de recomendaciones para la instalación, puesta en servicio y mantenimiento

* Protección térmica

Estos transformadores pueden equiparse (en opción), con un dispositivo de protección térmica compuesto de:

- 2 conjuntos de 3 sondas PTC instaladas en la parte activa del transformador. Una sonda indicará " alarma 1 ", la otra " alarma 2 " por fase. Estarán colocadas en el interior de un tubo para facilitar su sustitución en caso necesario.

- 1 convertidor electrónico con dos relés de salida independientes equipados con un contacto inversor, uno para la " alarma 1 " y el otro para la " alarma 2 ". La posición de los relés será señalada por dos diodos Led de colores diferentes. Un tercer Led señalará la presencia de tensión. Estos tres Leds estarán situados en la cara anterior del convertidor. Dicho convertidor electrónico deberá instalarse fuera del transformador.

- 1 bornero de conexión de las sondas PTC al convertidor electrónico equipado con un conector desenchufable.

Las sondas PTC se suministrarán montadas y conectadas al bornero fijado en la parte superior del transformador. El convertidor se entregará sin montar, embalado y con su esquema de conexión junto con el transformador.

* Ensayos eléctricos

* ensayos de rutina

Dichos ensayos se realizarán en todos los transformadores al final de su fabricación para poder emitir el protocolo de ensayos de cada transformador

* medición de la resistencia de los arrollamientos

* medición de la relación de transformación y control del grupo de conexión

* medición de la tensión de cortocircuito y de las pérdidas debidas a la carga

* medición de las pérdidas y de la corriente en vacío

* ensayo dieléctrico de tensión aplicada

* ensayo dieléctrico de tensión inducida

* medición del nivel de descargas parciales

Para la medición de las descargas parciales, el criterio de aceptación es:

- descargas parciales inferiores o iguales a 10 pC con 1.10 Um. Si Um > 1.25 Un, entonces los 10 pC estarán garantizados con 1.375 Un.

* ensayos de tipo o especiales

Estos ensayos podrán solicitarse en opción pero tendrán que acordarse previamente con el proveedor :

* ensayo de calentamiento por el método de simulación de puesta en carga definido en la norma IEC 726

* ensayo con impulso tipo rayo

- ensayo de resistencia al cortocircuito franco
- medición del nivel de ruido según IEC 551.

* Clasificación: climática y medioambiental

Los transformadores TRIHAL son de clase: climática C2 y medioambiental E2, como se definen en los anexos B del HD 464 S1: 1988 / A2 : 1991.

Los ensayos han sido realizados de acuerdo al anexo ZA y ZB del CENELEC HD 464 S1 : 1988 / A3 : 1992.

* Clasificación del comportamiento al fuego

Los transformadores TRIHAL son de clase: F1 como se define en el artículo B3 del CENELEC HD 464 S1 : 1988 / A2 : 1991.

* Opciones

3 bornas enchufables 250 A
Enclavamiento de bornas MT con o sin cerradura
Calzos amortiguadores
6 sondas PTC con convertidor

* ENSAYOS DE MEDIDAS:

- Medición de la resistencia de los arrollamientos

- Medición de la relación de transformación y control del grupo de conexión
- Medición de la tensión de cortocircuito.
- Medición de las pérdidas debidas a la carga
- Medición de las pérdidas y de la corriente en vacío

* ENSAYOS DIELECTRICOS

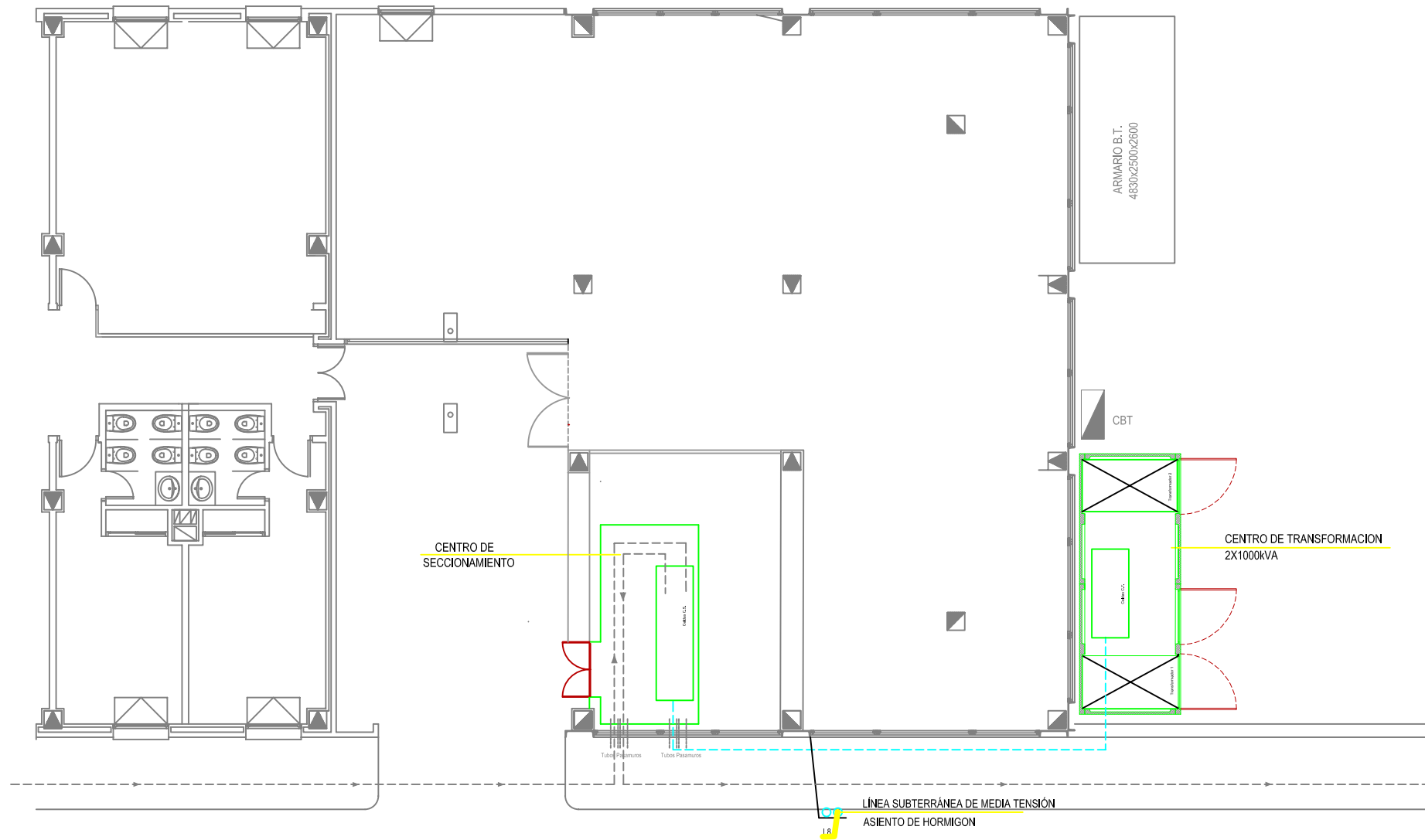
- Ensayo de tensión aplicada

- Ensayo de tensión inducida
- Medición de las descargas parciales, criterio de aceptación:
 - 10pC con 1,10 Um
 - 10 pC garantizado con 1375 Un, si Um > 1,25 Un.

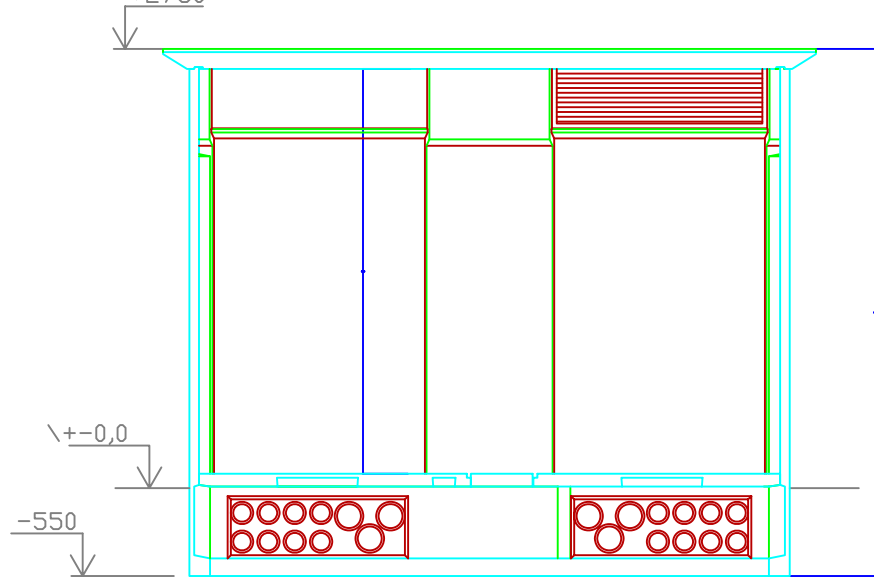
4.4 LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

Referencia	Descripción	Cantidad	Neto. Ud	Neto Total
LSMT	LÍNEA SUBTERRANEA DE MEDIA TENSIÓN COMPUESTA POR: Unidad de línea de Media Tensión realizada con conductor(17 m) HEPRZ1 (3x240 mm² Al + H 16 mm² Cu, incluyendo canalización, conexiones, zanja y pequeño material, totalmente instalado.	1	833	833

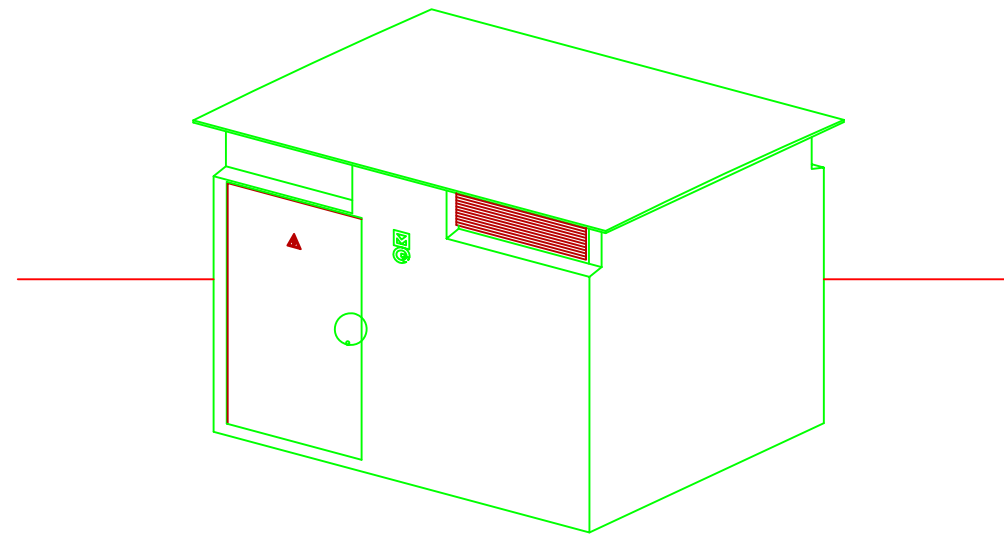
5 PLANOS



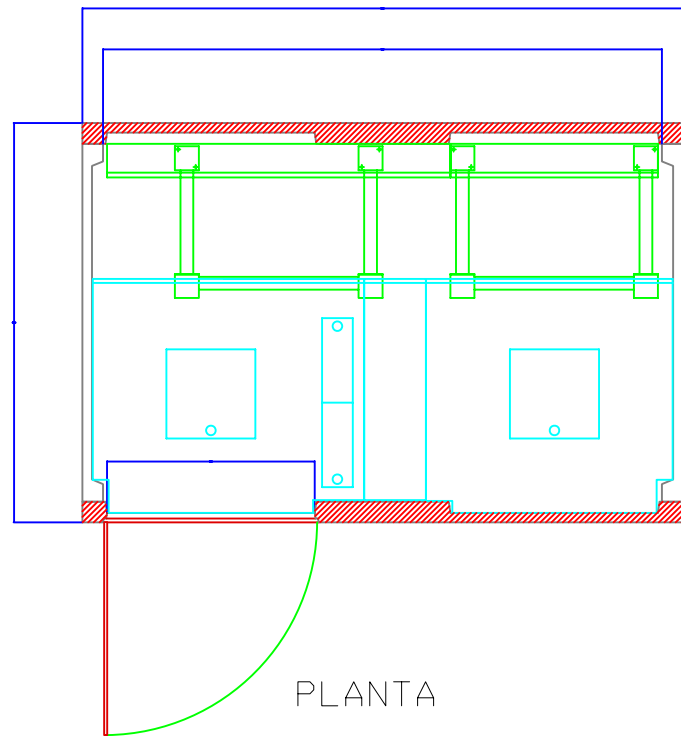
<u>UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID</u>			
PORYECTO DE INSTALACION ELECTRICA DE CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y CENTRO DE TRANSFORMACION			
Autor del proyecto: SANTIAGO PÉREZ PALENCIANO NIA. 100041746			Firma:
EMPLAZAMIENTO			Nº 001
ESCALA: 1/100	Fecha:		FORMATO A2



SECCION

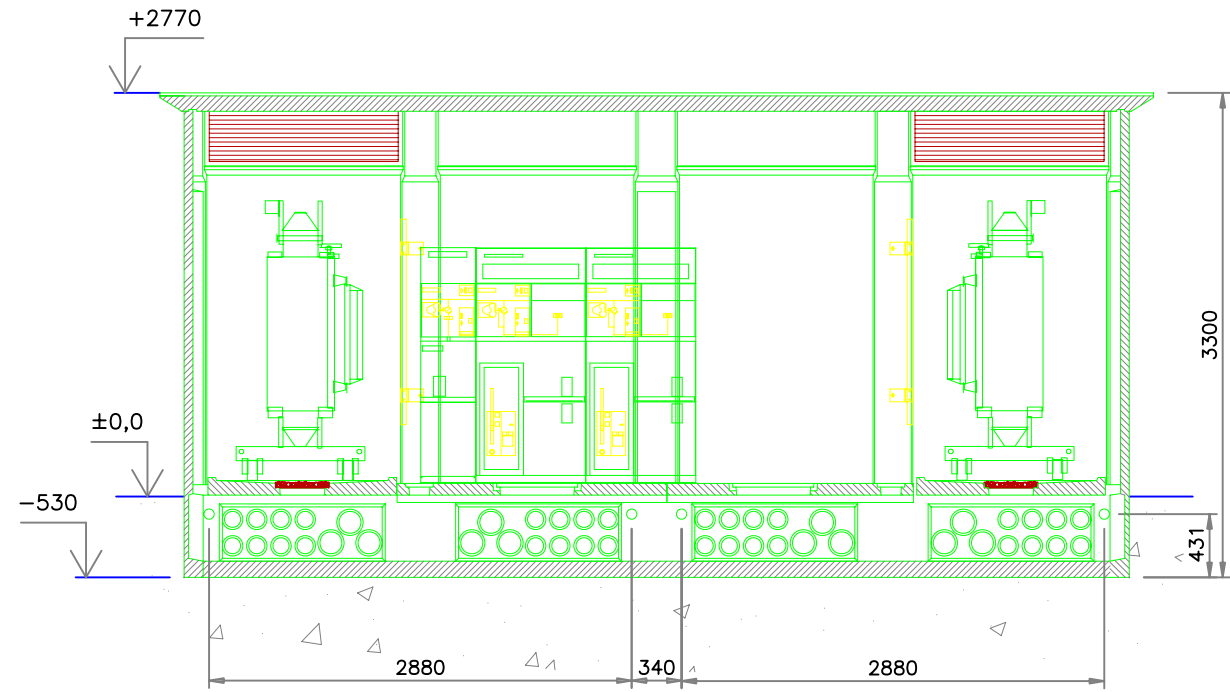


PERSPECTIVA

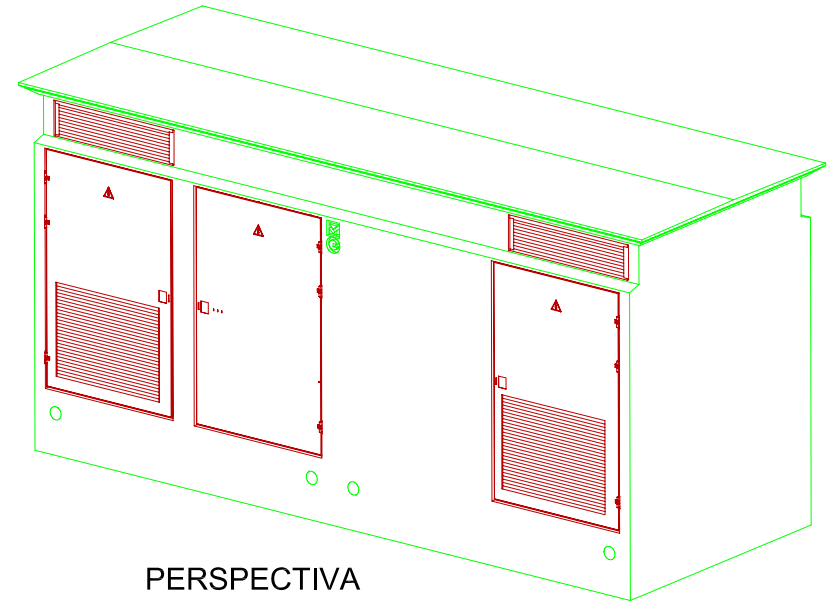


PLANTA

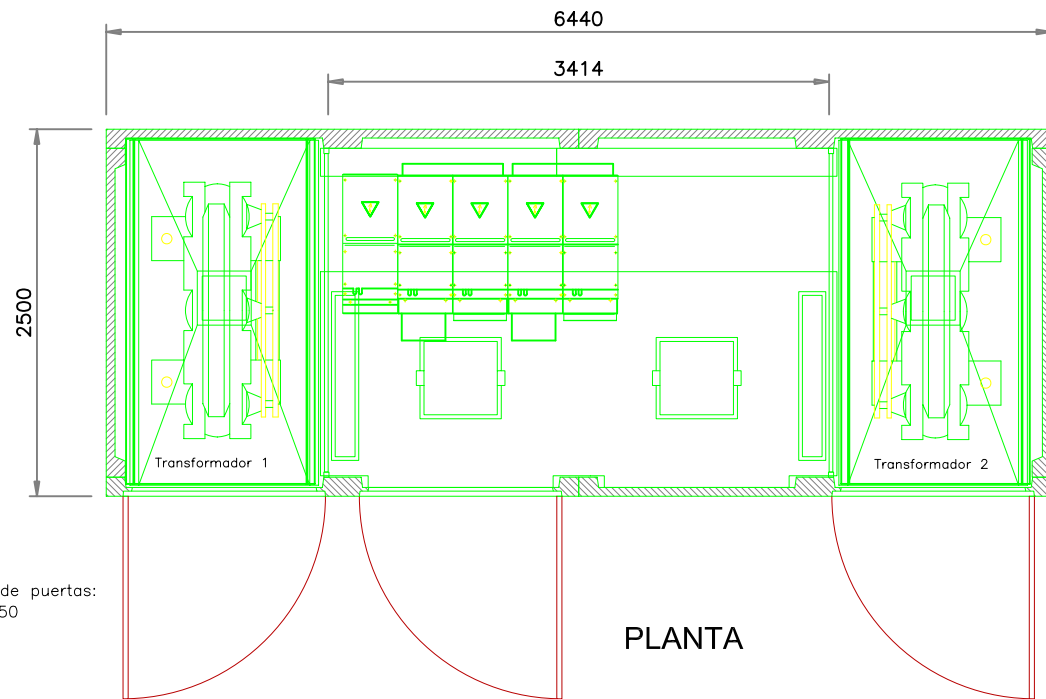
<u>UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID</u>			
PORYECTO DE INSTALACION ELECTRICA DE CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y CENTRO DE TRANSFORMACION			
Autor del proyecto: SANTIAGO PÉREZ PALENCIANO NIA. 100041746			Firma:
DETALLE CENTRO DE SECCIONAMIENTO			Nº 002
ESCALA: 1/100	Fecha:		FORMATO A2



SECCIÓN



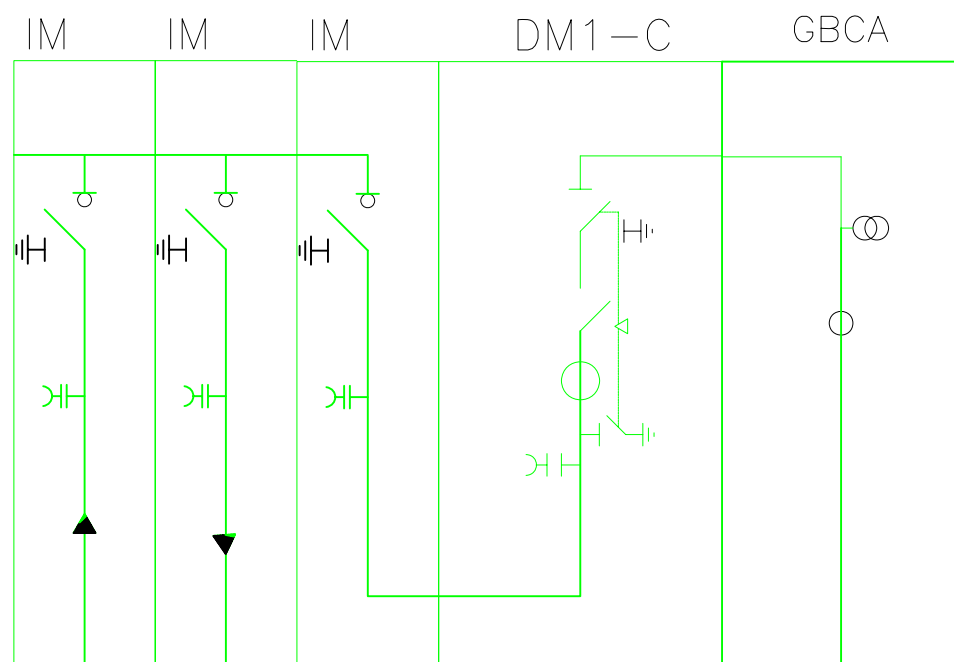
PERSPECTIVA



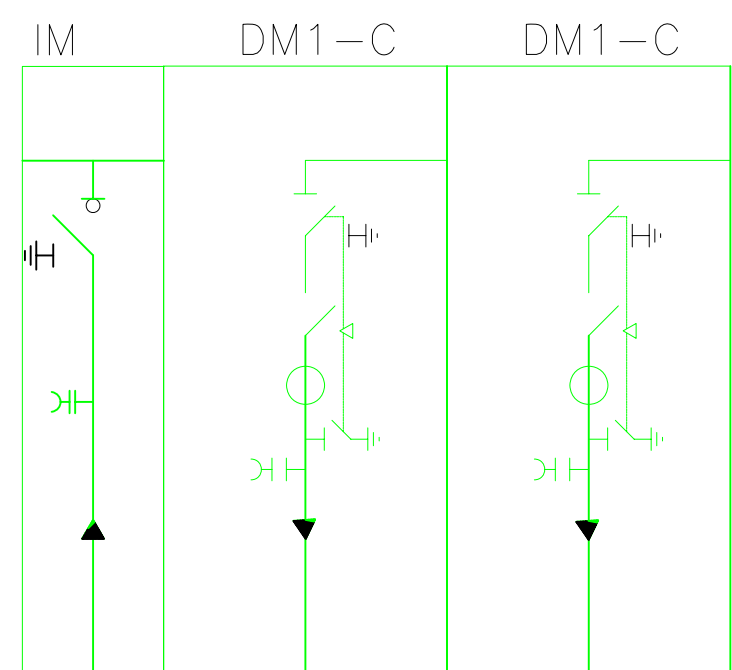
PLANTA

Hueco útil de puertas:
2100 x 1250

<u>UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID</u>			
PORYECTO DE INSTALACION ELECTRICA DE CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y CENTRO DE TRANSFORMACION			
Autor del proyecto: SANTIAGO PÉREZ PALENCIANO NIA. 100041746			Firma:
DETALLE DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN			Nº 003
ESCALA: 1/100	Fecha:		FORMATO A2



CENTRO DE SECCIONAMIENTO



CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

<u>UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID</u>			
PORYECTO DE INSTALACION ELECTRICA DE CENTRO DE SECCIONAMIENTO Y CENTRO DE TRANSFORMACION			
Autor del proyecto: SANTIAGO PÉREZ PALENCIANO NIA. 100041746			Firma:
UNIFILARES			Nº 004
ESCALA: 1/100	Fecha:		FORMATO A2

6 APÉNDICE.

El presente Proyecto ha consistido en la elaboración completa del diseño de un Centro de Seccionamiento y Transformación para dar suministro eléctrico a un edificio industrial.

En él se han incluido todas las explicaciones oportunas para la comprensión del diseño de cada una de las partes que lo componen, así como los cálculos justificativos de las mismas.

RESUMEN

Dicha instalación se divide en tres partes diferenciadas; Centro de Seccionamiento, Línea subterránea de Media Tensión y Centro de Transformación.

El Centro de Seccionamiento, está diseñado para el conector entre la red de suministro, y la instalación final a la que dará servicio, es decir, la industria de embasado para que la que se está diseñando. Está compuesto por celdas compactas de SF6 de Merlin Gerin, ubicadas en el interior de un centro prefabricado de hormigón.

La línea subterránea de Media Tensión, se ha calculado para conectar el centro de seccionamiento y el centro de transformación entre sí, ya que el emplazamiento donde se ubicarán cada uno de ellos están a una distancia de 17 m. Estará ubicada, subterráneamente, dentro de las instalaciones de la industria y su dimensionamiento ha sido calculado según la normativa vigente.

El Centro de Transformación, se ha diseñado para dar una potencia máxima de 2.000 KVA, mediante dos transformadores de 1.000 KVA cada uno, instalados en paralelo. La instalación se ha sobredimensionado, teniendo en cuenta que es de nueva construcción y contando con posibles cargas adicionales que en un futuro puedan dar servicio. Los transformadores y la armadura eléctrica se ubicarán en una caseta prefabricada de hormigón. Las celdas serán compactas de la gama SM6 de Merlin Gerin, y los transformadores serán también de Merlin Gerin, de tipo seco.

El proyecto ha sido realizado como “PROYECTO FIN DE CARRERA”, de Ingeniería Técnica Industrial especialidad Eléctrica, para el departamento Eléctrico de la Universidad Carlos III de Madrid.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer al Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Carlos III de Madrid por la formación técnica que me ha ofrecido durante el periodo de mi formación, y por la oportunidad y apoyo para la realización del Proyecto de Fin de Carrera.

En particular agradecer a mi tutor, Esteban Patricio Domínguez, quien ha dedicado todo el tiempo y apoyo necesarios para la realización de este Proyecto Fin de Carrera.

Agradecimientos para todas esas personas, amigos, compañeros de trabajo y de estudios, que durante tanto tiempo me han recordado la importancia de este último paso en mi formación, que me han apoyado y me han comprendido en los momentos más duros de los estudios.

Especialmente quiero dedicar este Proyecto a mi familia por su apoyo.