



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA UN CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS (CPD)

Alumno: Rafael Ramón Vidal Romero

Tutor: Manuel Ortega Armenteros
Dpto: Ingeniería Eléctrica

Enero, 2021



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**Proyecto de instalación eléctrica para un
centro de procesamiento de datos (CPD)**

Alumno: Rafael Ramón Vidal Romero

Tutor: Manuel Ortega Armenteros

Departamento: Ingeniería Eléctrica

Enero, 2021

AGRADECIMIENTOS

Dedico íntegramente el trabajo y la carrera a mi madre, sin la cual no hubiera sido posible.

RESUMEN

El objeto del trabajo de fin de grado es realizar el cálculo y estudio de la instalación eléctrica para un centro de procesamiento de datos (en adelante CPD) en el que se montarán 2000 servidores informáticos.

Como punto de partida se toma el pliego de condiciones de la distribuidora eléctrica de la zona (Endesa), que establece que el enganche se va a realizar en un punto del anillo de la línea denominada Bellavista, en un centro de transformación existente del que partirán las líneas de entrada-salida en media tensión para el nuevo centro de transformación de tipo prefabricado situado en el exterior del edificio del centro de proceso de datos.

El promotor descarta redundancia en media tensión a través de una segunda línea de otro anillo, alimentado desde otra subestación diferente, por los sobrecostes que supondría traer el anillo desde la línea indicada por la distribuidora que estaría a más de 8 kilómetros de distancia.

Para la redundancia de alimentación eléctrica en baja tensión, se ha diseñado el montaje de un grupo electrógeno capaz de atender la totalidad de las cargas del edificio, y además se ha tenido muy en cuenta de cara al alternador del mismo la tipología de las cargas que se van a sustentar.

El centro de transformación además se ha construido de tipo doble, es decir, consta de dos transformadores idénticos que permitirán que solamente con uno de ellos podamos abastecer la totalidad de las cargas del CPD.

Se ha observado un cuidado muy especial en la elección del sistema de conmutación Red-Grupo, al ser un elemento esencial para la continuidad de la alimentación eléctrica del cuadro general de baja tensión (en adelante C.G.B.T.). Además dicha conmutación se ha preferido diseñarla con interruptores motorizados en vez de contactores porque estos interruptores permiten contar con funciones de inteligencia para el control y supervisión de toda la conmutación.

También se ha previsto un sistema de compensación de la energía reactiva de tipo electrónico y de última generación, ya que dicho sistema permite tener además incluido en sus funciones contar con filtrado de armónicos y equilibrado de cargas, detalles que son muy importantes cuando sea preciso abastecer el CPD con el grupo electrógeno.

Los interruptores de protección de las líneas se han diseñado con unos relés electrónicos de protección que permiten una programación selectiva de acuerdo a las cargas que se van a abastecer de cada una de ellas y detallando en el proyecto los puntos de trabajo de los relés.

Las SAIs elegidas son de tipo redundante al 100% para que en caso de caída de alguna de ellas la restante pueda seguir suministrando energía a todos los servidores del CPD.

ABSTRACT

The purpose of this project is to carry out the calculation and study of the electrical installation for a data processing center (DPC) where 2000 computer servers will be installed.

As a starting point, the specifications of the electricity distributor in the area (Endesa) are given, which establish that the connection will be made at a point of the ring of the line called Bellavista, in an existing transformation center from which they will start the medium voltage input-output lines for the new prefabricated type transformation center located outside the data processing center building.

The promoter discards medium voltage redundancy through a second line of another ring, fed from a different substation, due to the extra costs that would entail bringing the ring from the line indicated by the distributor which is more than 8 kilometers away.

For the redundancy of the low-voltage power supply, the assembly of a generator capable of serving all the type of loads in the building has been designed.

The transformation center built has been of double type, which consists of two identical transformers that will allow us to supply all of the DPC loads with only one transformer.

There has been a very special care in the selection of the Network-Group switching system, as it is an essential element for the continuity of the electrical supply of the low-voltage panel (C.G.B.T.). In addition, it has been preferred to design this commutation with motorized circuit breakers instead of contactors because the circuit breakers allow to have intelligence functions for the control and supervision of all the commutation.

A state-of-the-art electronic reactive power compensation system has also been designed, since this system also allows for harmonic filtering and load balancing, details that are very important when it is necessary to supply the CPD with the generator set.

The circuit breakers for protection of the lines have been designed with electronic protection relays that allow selective programming according to the loads that are going to be supplied from each one of them and detailing in the project the working points of the relays.

The chosen UPSs are 100% redundant so that in the event of a failure of any of them, the rest can continue to supply power to all the servers of the DPC.

ÍNDICE

1. Memoria Descriptiva.

- 1.1 Introducción.
- 1.2 Emplazamiento y condiciones distribuidora para el suministro de energía.
- 1.3 Normativa a cumplir en el desarrollo del proyecto.
- 1.4 Previsiones de cargas.
- 1.5 Línea acometida al centro de transformación (C.T.)
- 1.6 Centro de transformación.
 - 1.6.1 Edificio prefabricado.
 - 1.6.1.1 Características eléctricas.
 - 1.6.1.2 Características físicas del edificio.
 - 1.6.1.3 Caja de Seccionamiento de Tierra de Protección.
 - 1.6.1.4 Caja de Seccionamiento de Tierra de Servicio (Neutro).
 - 1.6.1.5 Planos de la excavación PFU-7.
 - 1.6.1.6 Conexión del circuito de tierras.
 - 1.6.2 Celdas
 - 1.6.3 Transformadores
 - 1.6.3.1 Características técnicas de los transformadores.
 - 1.6.3.2 Tabla de características eléctricas de los transformadores.
 - 1.6.3.3 Características mecánicas de los transformadores.
 - 1.6.3.4 Elementos de seguridad del transformador.
- 1.7 Grupo Electrónico (G.E.).
 - 1.7.1 Características del Grupo Electrónico.
 - 1.7.2 Especificaciones eléctricas del Grupo Electrónico.
 - 1.7.3 Refrigeración.
 - 1.7.4 Alternador.
 - 1.7.5 Protecciones y alarmas del G.E.
- 1.8 Interruptores Protección de Generador y Transformadores.
 - 1.8.1 Interruptor Protección G.E.
 - 1.8.1.1 Ajuste de los relés electrónicos
 - 1.8.2 Interruptor Protección a la salida de los Transformadores.
- 1.9 Conmutación redes de Baja Tensión
 - 1.9.1 Tipo de equipos para la conmutación.
 - 1.9.1.1 Ajuste de los relés electrónicos de los interruptores de la conmutación.

- 1.10 Sistema de alimentación ininterrumpida (SAIs)
 - 1.10.1 Configuración de las SAIs
 - 1.10.2 Régimen de conexión del neutro en los circuitos de salida de las SAIs
 - 1.10.3 Constitución de una SAI
 - 1.10.4 Normativa y especificaciones técnicas de obligado cumplimiento en la fabricación de la SAI.
 - 1.10.5 Resumen de las características de obligado cumplimiento
 - 1.10.6 Características de la SAI seleccionada (2 unidades iguales)
- 1.11 Equipo de compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos
 - 1.11.1 Descripción del funcionamiento
 - 1.11.2 Esquema de montaje
 - 1.11.3 Características técnicas del equipo
 - 1.11.3.1 Descripción General
 - 1.11.3.2 Tipos de filtros activos
 - 1.11.3.3 Comportamiento del AFQm-4WF-200C-400 en limitación de corriente.
 - 1.11.3.4 Notas de aplicación del fabricante sobre el equipo AFQm-4WF-200C-400
 - 1.11.4 Protocolo comprobación y puesta en marcha de equipo.
- 1.12 Cuadro general de Baja Tensión.
 - 1.12.1 Interruptores del C.G.B.T.
 - 1.12.1.1 Interruptores Líneas 2.1 y 2.2 del C.G.B.T.
 - 1.12.1.2 Interruptores de protección de las SAIs (Red 1 y Red 2).
 - 1.12.1.3 Interruptor del equipo de compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos
 - 1.12.1.4 Interruptor del circuito de climatización.
 - 1.12.1.5 Interruptor del circuito de servicios auxiliares.
 - 1.12.2 Envolverte del Cuadro General de Baja Tensión.

2. Memoria de Cálculos.

- 2.1 Punto de enganche
- 2.2 Cálculos de la línea subterránea.
 - 2.2.1 Caída de tensión.
- 2.3 Condiciones de trabajo de la línea.
 - 2.3.1 Tabla de diseño de la línea.
- 2.4 Cálculos del centro de transformación de 2x 800kVA.
 - 2.4.1 Corriente de cortocircuito

- 2.5 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra.
 - 2.5.1 Cálculo de las tensiones de paso en el interior del C.T.
 - 2.5.2 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior del C.T.
 - 2.5.3 Cálculo de las tensiones máximas admisibles en el exterior del C.T.
 - 2.5.4 Tensión de paso en el acerado de hormigón del C.T.
- 2.6 Cálculo de la distancia de la tierra de neutro con la tierra de herrajes.
- 2.7 Cálculos eléctricos en los circuitos de Baja Tensión:
 - 2.7.1 Tramo transformadores a conmutación red-grupo
 - 2.7.1.1 Cálculo de la caída de tensión en la línea de los transformadores al cuadro de conmutación red-grupo.
 - 2.7.2 Tramo de conmutación red-grupo a cuadro general de Baja Tensión.
 - 2.7.2.1 Justificación de la sección del neutro.
 - 2.7.3 Tramo de la salida del grupo electrógeno a la conmutación red-grupo.
 - 2.7.3.1 Caída de tensión en la salida del G.E. al cuadro de conmutación red-grupo.
 - 2.7.4 Cálculo de la sección del circuito de alimentación de cada una de las SAIs.
 - 2.7.4.1 Caída de tensión en la entrada del circuito de alimentación de cada una de las SAIs.
 - 2.7.5 Circuito de alimentación de la climatización.
 - 2.7.5.1 Caída de tensión del circuito de climatización.
 - 2.7.6 Circuito de alimentación de los servidores auxiliares.
 - 2.7.6.1 Caída de tensión del circuito de servicios auxiliares.
 - 2.7.7 Circuito de alimentación a la salida de las dos SAIs.
 - 2.7.7.1 Caída de tensión de la alimentación de la salida de las dos SAIs a cuadro de servidores 1 y 2.
 - 2.7.8 Circuitos de alimentación a los racks de servidores.
 - 2.7.8.1 Potencia de cada línea de llegada a los racks.
 - 2.7.8.2 Caída de tensión en la línea de alimentación monofásica a los racks de servidores.
 - 2.7.9 Línea de alimentación al equipo electrónico compensación reactiva y filtrado de armónicos (AFQ-m)
 - 2.7.9.1 Caída de tensión en la línea de alimentación trifásica al equipo AFQ-m en compensación de reactiva.
 - 2.7.9.2 Compensación de armónicos.
 - 2.7.9.3 Dimensionado del Filtro Activo.
 - 2.7.9.4 Caída de tensión en la línea de alimentación trifásica al equipo AFQ-m en operación mixta (reactiva y armónicos).
 - 2.7.10 Tierras de las líneas de la instalación.

- 2.8 Tabla de secciones, caídas de tensión, longitudes y potencias de cada circuito.

3. Planos.

- 3.1 Plano de Ubicación (Plano 1).
- 3.2 Plano de Planta (Plano 2).
- 3.3 Esquema Unifilar General (Plano 3).
- 3.4 Acometida de Media Tensión (Plano 4).
- 3.5 Conmutación Red-Grupo (Plano 5).
- 3.6 Cuadro General de Baja Tensión (C.G.B.T.) (Plano 6).
- 3.7 Distribución salida de SAIs a Cuadro de Servidores (Plano 7).
- 3.8 Servicios Auxiliares (Plano 8).
- 3.9 Detalle de alimentación redundante de Racks (Plano 9).

4. Pliego de condiciones técnicas.

- 4.1 Condiciones técnicas.
- 4.2 Condiciones legales.
- 4.3 Condiciones de seguridad.
- 4.4 Condiciones medioambientales
- 4.5 Condiciones de materiales.
- 4.6 Condiciones de material eléctrico.

5. Estudio de seguridad y salud.

- 5.1 Riesgos generales.
- 5.2 Medidas de prevención.

6. Mediciones y presupuesto.

- 6.1 Red de Media Tensión.
- 6.2 Centro de Transformación.
- 6.3 Generador.
- 6.4 Cuadros eléctricos y líneas de baja tensión.
- 6.5 SAIs, cuadros y líneas de reparto de SAIs.
- 6.6 Equipo compensación reactiva y filtrado de armónicos.
- 6.7 Alumbrado.

7. Bibliografía.

1. MEMORIA

1.1 Introducción

El proyecto se inicia con la memoria de la realización de la acometida en media tensión, separando la memoria descriptiva de la memoria de cálculos.

Para la parte de baja tensión se realizan los cálculos de las secciones de línea en base a la estimación de cargas eléctricas que detalla el promotor y que se presentan en el punto 2.4.

A partir de dichas cargas se seleccionan los transformadores MT/BT, los interruptores de la conmutación y el grupo electrógeno.

Las SAIs son seleccionadas a partir de las cargas de los servidores que tiene previsto instalar el promotor en la sala servidores.

1.2 Emplazamiento y condiciones distribuidora para el suministro de energía

El centro de procesamiento de datos (CPD) estará situado en el barrio de Bellavista en la provincia de Sevilla. El punto de enganche de alta tensión se encuentra en el centro de seccionamiento de la fábrica de congelados "Mariscos Salvatierra" que cuenta con celdas de entrada-salida Ormazabal en un centro prefabricado PFU4 del mismo fabricante. La distancia de la línea subterránea es de 285 metros hasta el nuevo centro de seccionamiento que se tiene que montar para el nuevo centro de procesamiento de datos.

Las condiciones que la distribuidora Endesa indica son un punto de enganche L.A.T. 20 KV., "Denominación: Bellavista", una tensión nominal de 20 KV, nivel de aislamiento 24kV, potencia de cortocircuito 500MVA.

1.3 Normativa a cumplir en el desarrollo del proyecto

-Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-BT 01 a 51, BOE 224, de 18 septiembre de 2002.

- Norma UNE 20 460-7-705 Instalaciones eléctricas en edificios, Reglas para las Instalaciones y emplazamientos especiales, Instalaciones eléctricas en los establecimientos agrícolas y hortícolas.

- 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.

-Normativa Técnica Particular Endesa aprobada por resolución 5 de diciembre de 2018 de la dirección general de industria y de la pequeña y mediana empresa, publicado en BOE 313, de 28 de diciembre de 2018.

1.4 Previsiones de cargas

Se trata de realizar la instalación eléctrica para un CPD que va a alojar 2000 servidores informáticos en una sala debidamente climatizada y el resto de servicios auxiliares precisos para la infraestructura del centro, como sistemas contra incendios, sistemas de seguridad, alumbrado interior y exterior, alumbrado de emergencia.

El desglose de la potencia es el siguiente:

-2000 servidores x 190W (consumo de cada servidor) = 380000W

-Sistema de climatización: 172000W

-Servicios auxiliares (contra incendios, alumbrado interior y exterior, seguridad): 58000W

-Total previsión cargas **610KW**

1.5 Línea acometida al centro de transformación (C.T.)

La línea con la longitud de 285 metros se construirá en zanja subterránea según la normativa técnica particular, capítulo V con unos conductores unipolares de aluminio de 240 mm². Estos conductores tendrán las características indicadas en la Norma ENDESA NRZ102_EP, KRZ001_EP, y cumplirán con las Especificaciones Técnicas de Materiales de ENDESA 6700022 a 6700024, según cada caso.

Atendiendo a la salida de subestaciones, o en tramos con 3 o más ternas de cables próximas, se utilizará el conductor de 240 mm² considerando su capacidad de carga como de 150 mm², para compensar su disminución por proximidad, con la mayor sección elegida.

El conductor elegido es el modelo VOLTALENE H 18/30kV, cuyas características son:

Capa semiconductor externa para mayor facilidad de instalación de terminales, empalmes o conectores separables, triple extrusión, cubierta vemex, temperatura de servicio desde -25°C hasta 90°C, resistencia al fuego

según Normativa Europea EN 50575:2015 + A1:2016, clasificación respecto al fuego: EN 13501-6, aislamiento del polietileno reticulado (XLPE), pantalla metálica formada por cinta longitudinal de aluminio termosoldado y a adherido a la cubierta.

Con el objetivo de garantizar la calidad de servicio eléctrico, en las líneas de tensión nominal 20 kV, el conductor a instalar será 18/30 kV. Las pantallas de los cables estarán conectadas a tierra en todos los puntos accesibles a una toma que cumpla las condiciones técnicas detalladas en los reglamentos vigentes.

Se tendrán en cuenta los accesorios como los empalmes, terminaciones y demás complementos destinados a cables con aislamiento seco (XLPE y EPR), en las instalaciones de interior y exterior.

Los accesorios lo formarán materiales premoldeados u otro sistema de eficacia pareja. También se aceptaran cintas en operaciones de relleno y de obturación, pero no en misiones de aislamiento o de cubierta.

Los accesorios serán de acuerdo a las siguientes Normas y documentos:

- Las terminaciones cumplirán las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700048 a 6700065 o 6700070 a 6700077, según proceda en cada caso.
- Los terminales rectos de aleación para instalación interior cumplirán la Norma ENDESA NNZ014, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700012, 6700013 o 6703561, según proceda. Por su parte, los terminales rectos de aleación para instalación exterior cumplirán la Norma ENDESA NNZ015, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700101, 6700102 o 6700340, según proceda en cada caso.
- Los empalmes cumplirán la Norma ENDESA DND002, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 6700048 a 6700053 o 6702061 a 6702066, según proceda en cada caso
- Los manguitos de unión cumplirán la Norma ENDESA NNZ036, así como las Especificaciones Técnicas de ENDESA Referencias nº 67000082, 67000083, 6700084, 6700085, 6700446 o 6703811, según proceda en cada caso.

1.6 Centro de transformación (CT).

1.6.1 Edificio prefabricado

El centro de transformación que se instalará será de tipo prefabricado del fabricante Ormazabal modelo PFU7.

1.6.1.1 Características eléctricas:

Diseñado según la norma UNE-EN 62271-202

Compuesto por la unidad de aparamenta de Media Tensión de aislamiento integral hasta 36kV y la unidad de aparamenta de Baja Tensión.

Incluiremos dos transformadores con una potencia máxima de 1000 kVA con ventilación natural.

Interconexiones de media tensión y baja tensión directas por cable

1.6.1.2 Características físicas del edificio:

PFU 24 kV	PFU-7
Altura (mm)	3240
Longitud (mm)	8080
Fondo (mm)	2380
Peso (kg)	29090

- Envolvente prefabricada monobloque de hormigón.
- Cubierta amovible prefabricada de hormigón.
- Puertas de acceso al equipo eléctrico de dimensiones 900 x 2100 mm (24 kV), abatible 180° sobre el parámetro exterior, abisagrada, dotada de cerradura con dos puntos de anclaje y varilla de sujeción contra cierres intempestivos.
- Puerta de acceso al transformador de 1260 x 2100 mm.
- Rejillas de entrada de aire para ventilación natural.
- Orificios de entrada y salida de cables en la parte frontal y posterior inferior de la envolvente.
- Foso colector de recogida de aceite y lecho de guijarros cortafuegos.
- Dos cajas de seccionamiento de tierra de protección (herrajes) y de servicio (neutro).
- Alumbrado y servicios auxiliares.

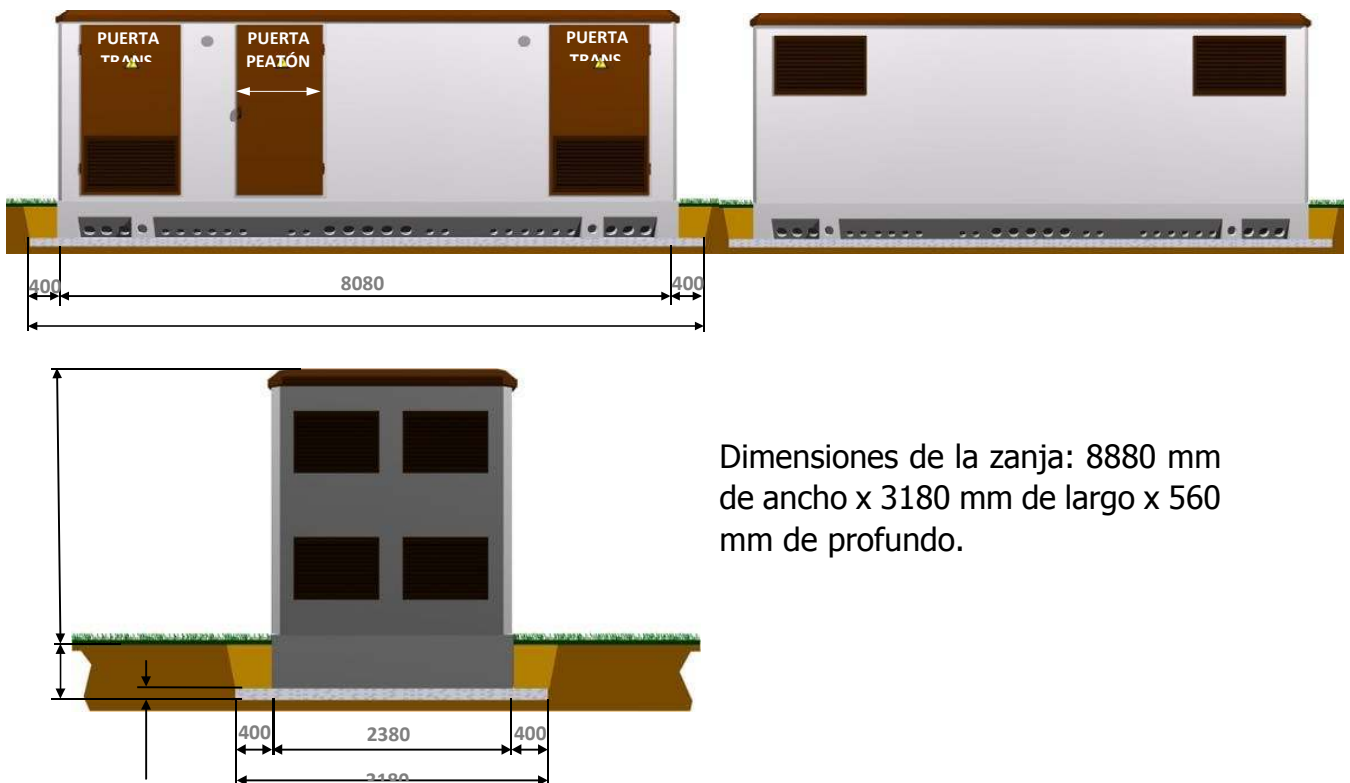
1.6.1.3 Caja de Seccionamiento de Tierra de Protección

En la zona izquierda del interior de la pared frontal de la envolvente, se encuentra la caja de seccionamiento de puesta a tierra de protección (herrajes).

1.6.1.4 Caja de Seccionamiento de Tierra de Servicio (Neutro)

En la zona derecha del interior de la pared frontal de la envolvente, se encuentra la caja de seccionamiento de puesta a tierra de servicio (neutro).

1.6.1.5 Planos de la excavación PFU-7



1.6.1.6 Conexión del circuito de tierras:

El CT PFU está formado por dos circuitos de tierras interiores para favorecer el conexionado de los distintos componentes a la realización de la red de puesta a tierra exterior al CT.

- Tierra de Protección (Herrajes):

Esta lleva la puesta a tierra de los distintos componentes que forman el instrumental eléctrico (celdas de media tensión, transformadores y Cuadro de BT), y la armadura de la envolvente de hormigón.

Se realiza la conexión de la misma a la caja de seccionamiento de protección que el CT PFU tiene en la parte interior izquierda, a través de un conductor de cobre de 50 mm² de sección.

La armadura y la cubierta de la envolvente se conectan a la caja de seccionamiento.

- Tierra de servicio (Neutro):

Es la que conecta el embarrado de neutro del transformador con la caja de seccionamiento situada en la zona interior derecha de la envolvente del Centro de Transformación, mediante conductor de cobre aislado.

- Tierras exteriores:

Para la realización del electrodo de puesta a tierra a protección en el CT PFU se toman las siguientes recomendaciones:

- Una superficie equipotencial para la aparamenta y también para el lugar de maniobra.
- Otra superficie aislante de pasillo de maniobra de 1000 mm en el sitio de celdas de Media Tensión, de manera que esta añada una elevada resistividad superficial.

1.6.2 Celdas

Como descripción general de todas las celdas del fabricante Ormazabal, la rigidez mecánica de la chapa y su galvanizado garantizan indeformabilidad y resistencia a la corrosión, que sustenta todos los componentes que forman la celda. Sus características permiten el paso de cables entre celdas sin requisito de foso.

En la zona delantera se encuentra bañada en pintura e incorpora la placa de características eléctricas, la mirilla para el manómetro, el esquema eléctrico de la misma y los accesos a los accionamientos del mando.

En la zona posterior se localizan las tomas para el alumbrado de señalización de tensión y el panel de acceso a los conductores y fusibles. Dentro se encuentra una pletina de cobre que recorre la celda, facilitando el conexionado a la misma del sistema de tierras y de las pantallas de los cables.

La cuba, de acero inoxidable, está formada por el gas SF₆ a 1,3 bares de presión, el interruptor, el embarrado y portafusibles. Su sellado posibilita el mantenimiento para una operación segura a lo largo de la vida útil de la celda. Es posible añadir un manómetro para su comprobación externa. También incluye un instrumento de salida de gases, que en un acontecimiento de arco interno permita su expulsión hacia la parte de atrás de la celda, impidiendo así su efecto sobre las personas, conductores y aparamenta. El embarrado de la misma está calculado para aguantar las intensidades térmicas y dinámicas.

Interruptor/seccionador de puesta a tierra:

El interruptor dispone de tres opciones: conectado, seccionado y puesto a tierra.

La acción de este interruptor se produce a través de palanca de accionamiento en dos ejes distintos: uno para el interruptor (conmutación entre las posiciones de interruptor conectado e interruptor seccionado); y otro para el seccionador de puesta a tierra de los cables de acometida (que cambia entre las posiciones de seccionado y puesto a tierra).

Estos dispositivos son de maniobra autónoma, de manera que la velocidad de accionado no está sujeta a la velocidad de accionamiento del trabajador.

El corte de la corriente ocurre en el paso del interruptor de conectado a seccionado, utilizando la velocidad de las cuchillas y el soplado de SF₆.

El interruptor de la celda CMIP tiene tan sólo dos opciones, de conectado y seccionado.

Todas las celdas que se van a montar, a excepción de la medida, serán de tipo aparellaje en atmosfera SF_6 con lo cual el tiempo de vida útil será mayor que las anteriores con funcionamiento al aire.

Empezaremos describiendo la celda de entrada-salida del anillo:

Celda CLM del fabricante Ormazabal, cuenta con un interruptor-seccionador de tres posiciones, que nos posibilita la comunicación del embarrado de las celdas con los conductores, cortar la corriente asignada, seccionar la unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los conductores de MT.

Las normas aplicadas para su construcción son bajo la norma Unesa 6407B, en concreto:

UNE-EN 60056	CEI 60056
UNE-EN 60129	CEI 60129
UNE-EN 60255	CEI 60255
UNE-EN 60265-1	CEI 60265-1
UNE-EN 60298	CEI 60298
UNE-EN 60420	CEI 60420
UNE-EN 60694	CEI 60694
UNE-EN 61000-4	CEI 61000-4

Tensión asignada (kV)	24
Intensidad asignada (A)	400 y 630
Intensidad de corta duración (kA)	16 y 20

Continuamos con la celda de interruptor automático de corte en vacío:

Celda CMP-V, integra un interruptor automático de corte en vacío y seccionador de tres posiciones en serie. Tiene un sistema independiente de protección que posibilita la acción de protección.

El interruptor automático de corte en vacío está formado por 3 ampollas, en vacío. Dentro se sitúan los dos polos; el fijo, dirigido hacia la parte posterior de la celda; y el móvil, dirigido hacia la parte frontal, para ser activado mediante el mando del interruptor.

La existencia de un seccionador en la celda permite realizar pruebas sobre el interruptor automático.

Secuencias de maniobra:

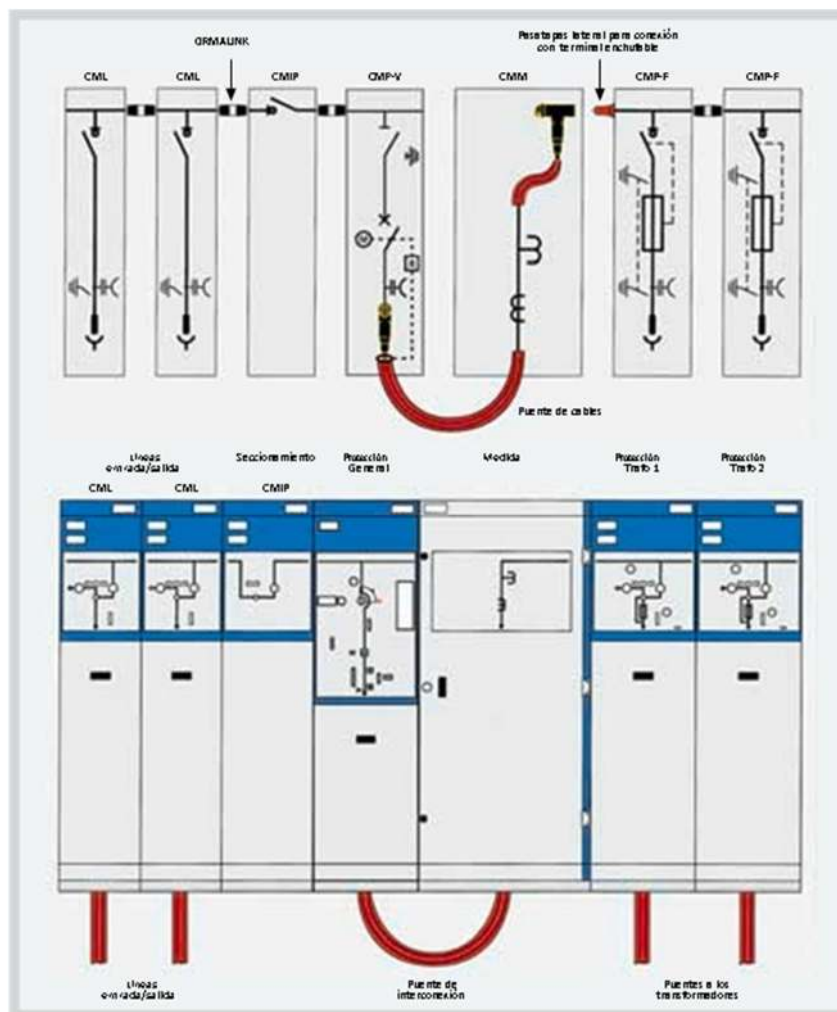
A-	0,3s – CA – 15s - CA
A-	0,3s – CA – 3 min - CA
A-	3 min – CA – 3 min – CA

La siguiente será la celda de medida:

Esta celda posibilita la inclusión en un bloque homogéneo con el resto de funciones del sistema CGM los transformadores de medida de tensión e intensidad.

Celda de protección al transformador:

Para las protecciones de los transformadores la realizaremos con protección tipo fusible, celda CMP-F. Incluye además la protección con fusibles, facilitando su asociación o combinación con el interruptor. El esquema unifilar y de montaje es el siguiente:



1.6.3 Transformadores

Los transformadores seleccionados tendrán una potencia de 800kVA a una tensión nominal de 20kV y en baño de aceite. Se elige el fabricante Schneider Electric, al ser un fabricante de reconocido prestigio, y con todas las homologaciones necesarias para su utilización en un C.T. que se cederá posteriormente a la empresa distribuidora.

1.6.3.1 Características técnicas:

Transformadores trifásicos, 50 Hz, para instalación en interior o exterior.

En baño de aceite.

Refrigeración natural de tipo: ONAN (aceite).

Herméticos y de llenado integral.

Nivel de aislamiento de 24 kV.

Devanados AT/BT en aluminio o cobre.

Devanado BT:

A partir de 160 kVA, arrollamientos en espiral, con conductor en banda aislado con papel epoxi entre espiras.

Devanado AT:

Bobinado directamente sobre el arrollamiento BT.

Bobinado tipo continuo por capas, intercalando aislante y canales de refrigeración.

Circuito magnético de chapa de acero al silicio de grano orientado, laminada en frío y aislada por carlite.

Aislamiento clase A.

Tapa empernada sobre cuba.

La protección superficial se realiza por un revestimiento de poliéster, aplicado después de un tratamiento superficial adecuado de la chapa reforzando la adherencia y asegurando una protección anticorrosiva óptima.

Acabado en color tipo 8010-B10G según UNE 48103, denominado "azul verdoso muy oscuro".

Régimen de funcionamiento normal:

Altitud inferior a 1.000 metros.

Temperatura ambiente máxima: 40 °C.

Calentamiento arrollamientos/aceite inferior a 65/60 K.

También, se coloca un conmutador de cinco posiciones para la variación, sin tensión, de la relación de transformación.

Baja Tensión está constituida por:

Cuatro bornes (3 fases + neutro).

Denominación de secundario B2, al ser la tensión 420 V.

Normas de construcción:

Los transformadores se construirán según las siguientes normas:

UNE 21428 (2006).

Conmutador de 5 posiciones para regulación, enclavable y situado en la tapa (maniobrable con el transformador sin tensión); este conmutador actúa sobre la tensión más elevada para adaptar el transformador al valor real de la tensión de alimentación.

3 bornes MT según norma UNE-EN 50180.

4 bornes BT según norma UNE-EN 50386.

2 cáncamos de elevación y desencubado.

Placa de características en chapa metálica según norma UNESA

Orificio de llenado con rosca exterior M40 × 1,5, provisto de tapa roscada.

Dispositivo de vaciado y toma de muestras en la parte inferior de la cuba.

4 ruedas bidireccionales orientables a 90°, atornilladas sobre dos perfiles en el fondo de la cuba, para transformadores de potencia superior o igual a 50 kVA.

2 tomas de puesta a tierra, situadas en la parte inferior, resistente a la corrosión.

El transformador estará sometido a los siguientes ensayos:

➤ Ensayos de medidas:

- Medida de la resistencia óhmica de arrollamientos.
- Medida de la relación de transformación y grupo de conexión.
- Medida de las pérdidas y de la corriente de vacío.
- Medida de las pérdidas debidas a la carga.
- Medida de la tensión de cortocircuito.

➤ Ensayos dieléctricos:

- Ensayo por tensión aplicada a frecuencia industrial.
- Ensayo por tensión inducida.

➤ Ensayo de calentamiento

➤ Ensayo con impulso tipo rayo

➤ Ensayo de las propiedades del aceite

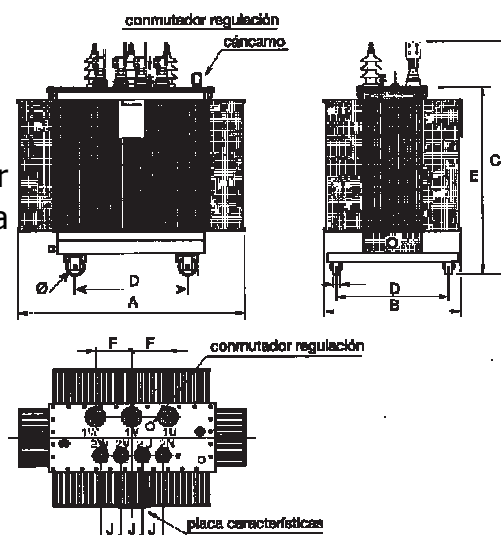
1.6.3.2 Tabla de características eléctricas de los transformadores:

Potencia asignada (kVA)		50	100	160	250	400	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	
Tensión primaria asignada		de 6 kV hasta límite máximo de 24 kV incluida regulación												
Tensión secundaria B2		420 V												
Pérdidas (W)	en vacío	145	260	375	530	750	1.030	1.200	1.400	1.730	2.200	2.640	3.200	
	por carga a 75 °C	1.100	1.750	2.350	3.250	4.600	6.500	8.340	10.500	13.210	17.000	21.220	26.500	
Tensión de cortocircuito (%)		4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	
Caída de tensión a plena carga	cos φ = 1	2,26	1,81	1,54	1,37	1,22	1,10	1,21	1,22	1,23	1,23	1,23	1,23	
	cos φ = 0,8	3,77	3,57	3,43	3,33	3,25	3,18	4,46	4,47	4,48	4,48	4,48	4,47	
Rendimiento	carga 100%	cos φ = 1	97,55	98,03	98,33	98,51	98,68	98,82	98,82	98,82	98,82	98,81	98,82	98,83
		cos φ = 0,8	96,98	97,55	97,92	98,15	98,36	98,53	98,53	98,53	98,53	98,52	98,53	98,54
	carga 75%	cos φ = 1	98,00	98,37	98,61	98,76	98,90	99,02	99,03	99,04	99,03	99,03	99,04	99,04
		cos φ = 0,8	97,52	97,97	98,26	98,45	98,63	98,78	98,79	98,80	98,79	98,79	98,80	98,81
	carga 50%	cos φ = 1	98,35	98,62	98,81	98,94	99,06	99,16	99,19	99,20	99,20	99,20	99,21	99,22
		cos φ = 0,8	97,94	98,29	98,52	98,68	98,83	98,96	98,98	99,00	99,00	99,00	99,02	99,03
	carga 25%	cos φ = 1	98,32	98,54	98,71	98,84	98,97	99,10	99,15	99,18	99,19	99,19	99,21	99,23
		cos φ = 0,8	97,91	98,19	98,40	98,55	98,72	98,87	98,94	98,98	98,99	98,99	99,02	99,04
	Ruido dB (A)	potencia acústica Lwa	50	54	57	60	63	65	66	68	69	71	73	76

Estas características hacen referencia a transformadores con una sola tensión en primario y secundario. Otras tensiones bajo pedido.

1.6.3.3 Características mecánicas:

Las magnitudes y pesos de la tabla inferior corresponden con las leyendas de la figura de la derecha.



Estas dimensiones corresponden a un transformador con doble tensión de primario 15,4/20 kV y tensión secundario 420V para cumplir los requisitos de la distribuidora.

Potencia asignada (kVA)	50	100	160	250	400	630	800	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500
A	900	1.060	1.180	1.005	1.194	1.449	1.604	1.959	1.879	2.004	2.069	2.200
B	540	670	790	899	949	929	1.044	1.039	1.214	1.209	1.354	1.350
C	1.220	1.270	1.360	1.386	1.551	1.696	1.696	1.777	1.885	2.005	2.035	2.185
D	520	520	520	670	670	670	670	670	820	820	820	1.070
E	840	890	970	1.006	1.171	1.316	1.316	1.397	1.505	1.625	1.655	1.800
F	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275
Ø	125	125	125	125	125	125	125	125	200	200	200	200
Ancho llanta	40	40	40	40	40	40	40	40	70	70	70	70
J	80	80	80	150	150	150	150	150	150	200	200	200
Peso total (kg)	460	660	900	1.150	1.480	2.160	2.600	2.970	3.350	4.040	4.720	5.420
Volumen líquido (l)	120	170	240	268	375	518	592	745	840	1.050	1.195	1.279
Peso líquido (kg)	103	146	206	233	326	451	515	648	731	914	1.040	1.100
Peso desencubar (kg)	240	350	490	720	870	1.320	1.570	1.730	1.900	2.100	2.470	3.400

Para transformadores en baño de sílica (KNAN), consultar dimensiones y pesos.

1.6.3.4 Elementos de seguridad del transformador:

La seguridad del transformador la aseguraremos a través de un relé que tiene estas medidas de protección:

Aviso de emisión de gases del líquido dieléctrico.

Aviso de disminución accidental del nivel del dieléctrico (disparo).

Aviso de una elevación superflua de la presión aplicada sobre la cuba.

Aviso de la temperatura del líquido dieléctrico mediante alarma y disparo.

Comprobación de líquido a través de flotador.

En la zona de arriba se localiza el tapón de llenado y toma de muestras.

Características generales del relé de protección:

Índice de protección IEC 60529	IP66
Índice de resistencia a los choques (EN 50102)	IK07
Resistencia a la niebla salina	500 h
Resistencia a las radiaciones UV (UNI-ISO 4892/UNI-ISO 4582)	500 h
Rango de temperatura ambiente admisible	−40 °C a +120 °C
Conexión prensaestopas (Ø 13 mm hasta Ø 18 mm)	Pg 21
Caja de bornas (EN 50005/UNE-EN 60947-1/IEC 60947-7-1)	Según norma
Sección máxima de conexión sobre 1 borne	Hasta 2,5 mm ²
Presión máxima de operación	500 mbar

Tensión	AC						CC					
	Óhmico			Inductivo (cos φ 0,5)			Óhmico			Inductivo (L/R 40 MS)		
Tapa de circuito												
Voltaje	220	127	24	220	127	24	220	127	24	220	127	24
Poder de conmutación de los contactos	2 A	2 A	2 A	2 A	2 A	2 A	2 A	2 A	2 A	2 A	2 A	2 A
Nivel de aceite / detección gas												
Poder de conmutación de los contactos	6 A	6 A	6 A	1,5 A	1,5 A	1,5 A	0,6 A	0,6 A	0,6 A	0,6 A	0,6 A	0,6 A
Presostato												
Poder de conmutación de los contactos	16 A	16 A	16 A	4 A	4 A	4 A	0,6 A	0,6 A	0,6 A	0,6 A	0,6 A	0,6 A
Termostatos												

Esquema eléctrico de los contactos relé de protección (Según norma EN 50005):

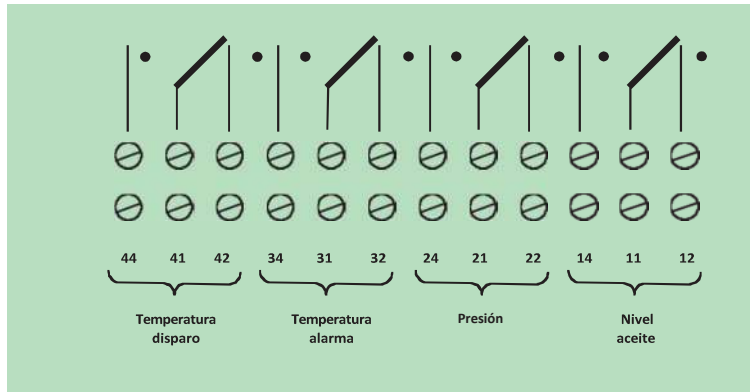
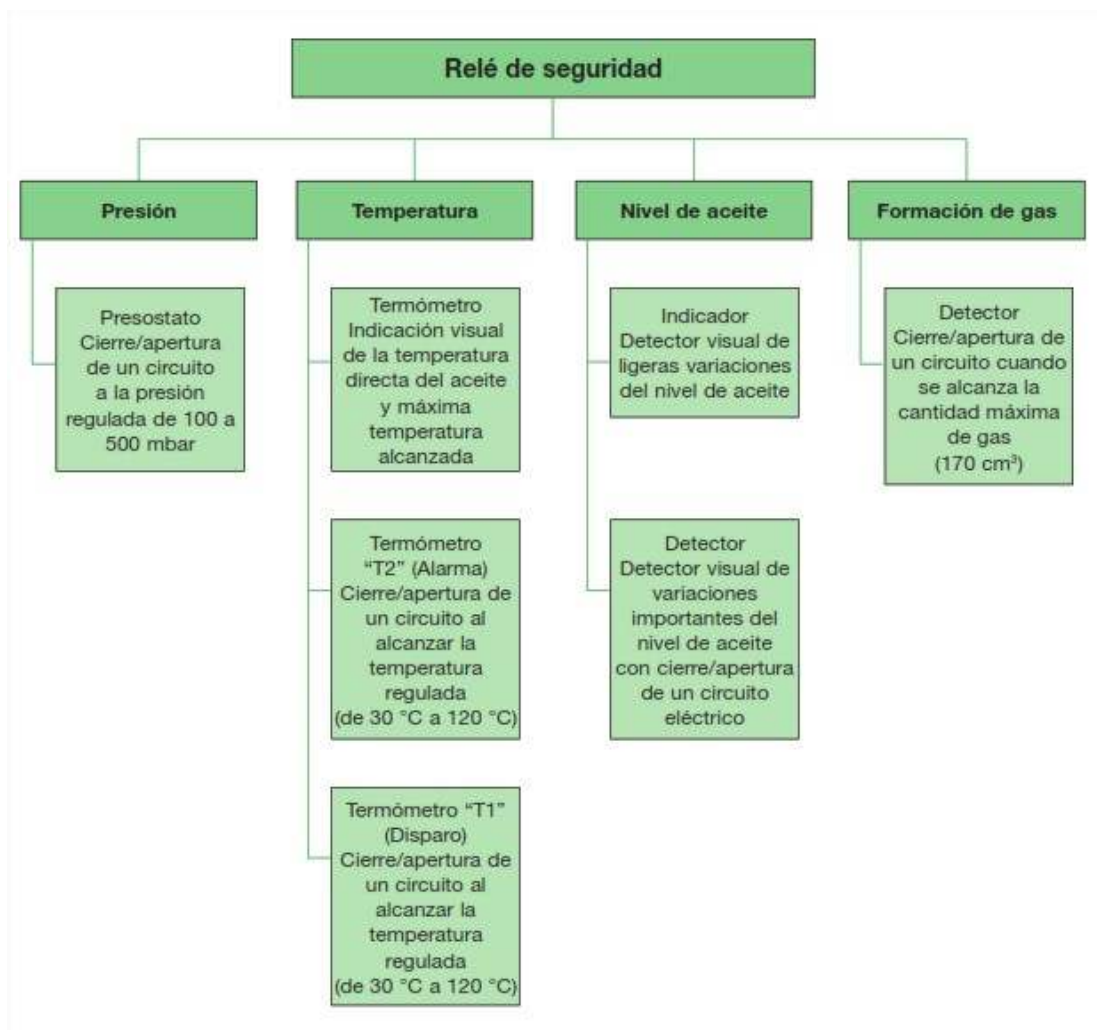


Diagrama actuación de las protecciones del transformador:



1.7 Grupo electrógeno (G.E.)

1.7.1 Características del Grupo Electrógeno:

La elección del grupo electrógeno y el sistema de conmutación es primordial, para garantizar que en caso de defecto de la línea de Acometida de M.T., este equipo realizara el suministro de la totalidad del edificio, con la particularidad del tipo de cargas a abastecer, dado que en un CPD las cargas son en un porcentaje muy alto (mayor del 70%) de tipo electrónico.

Para la entrega de la potencia que realice el GE al edificio del CPD, se debe tener muy en cuenta la influencia de las cargas, sobre el comportamiento del mismo. Debemos tener en cuenta los distintos tipos de alteraciones que pueden perjudicar al funcionamiento de los GE:

- Transitorios electromagnéticos.
- Variación de tensión de corta duración.
- Variación de tensión de larga duración.
- Desbalance de tensión.
- Distorsión de la forma de la señal.
- Fluctuaciones de tensión.
- Variaciones de la frecuencia.

De las alteraciones más importantes, que forman parte de estas categorías, se encuentran los armónicos, cuyos efectos dañinos provocan en generadores y motores un aumento en el calentamiento, por las pérdidas de hierro y cobre, por las frecuencias de los armónicos; la eficiencia de estos dispositivos resulta afectada y entonces es necesario reducir la carga para poder mantenerla dentro de unos márgenes específicos, para que de esta forma no tenga ningún impacto en sus características, el aislamiento de los enrollados.

Otra particularidad es la aparición de oscilaciones mecánicas en grupos turbogenerador y/o carga - motor debido a de pares de armónicas específicos como el 5º y el 7º armónico, lo cual provoca el desgaste apresurado del eje y las partes mecánicas conectadas al mismo, y provocar falta por fatiga. Otra de las alteraciones más importantes son las fluctuaciones de tensión en la red, que muchos expertos conocen con las titilaciones (flicker) ocasionadas en los sistemas de iluminación.

Debemos saber que las titilaciones son el resultado de las fluctuaciones de tensión, que son una secuencia de variaciones de tensión o de variaciones de la envolvente de tensión, cuyas propiedades son la frecuencia de la variación y su amplitud; la aparición de este evento se debe a cargas con variaciones

continuas y rápidas en la magnitud de la corriente de carga que pueden causar variaciones de tensión. Podemos concluir que la variación de tensión es en realidad un fenómeno electromagnético, a la vez que la titilación o flicker es la consecuencia de la fluctuación de tensión en algunas cargas.

Hemos tomado varios estudios sobre el funcionamiento de los G.E. como el de varios profesores de la Universidad Simón Bolívar denominado Impacto de cargas con elevado contenido armónico sobre los generadores sincrónicos, de los profesores Gastón Pesse, Roberto L. Alves, Carmelo Candela, José M. Aller del departamento de Conversión y Transporte de Energía, Universidad Simón Bolívar, y el Manual de aplicación de conjuntos generadores enfriados por liquido de la empresa fabricante de motores Cummins, en la que se describe el estudio sobre la incidencia producida por la disminución parcial brusca de la carga que se alimenta desde los G.E., que sin llegar a la desconexión de la misma, pueden provocar variaciones de la corriente en el estator del generador del G.E. . Asimismo en dichos estudios se afirmaba, que una variación de la carga provocaba la variación de la corriente en el estator, a la vez que ocasionaba una variación en la tensión.

La desviación transitoria de la tensión por variación de la carga, para un grupo electrógeno clasificado como G3 es de un 18%, según la norma ISO 8528. Al realizar el estudio de los resultados, se apreció que para las distintas variaciones de corriente en el estator, la variación de tensión es superior a los rangos especificados por la norma ISO 8528 en varios de los casos, registrando datos propios de Grupos electrógenos propios del grupo G1.

Expuesto todo lo anterior, se han decidido una serie de características, para el Grupo Electrónico, que contemplan tanto los criterios puramente eléctricos, como otros de tipo medioambiental, como las emisiones de ruido al exterior, las emisiones de humos, las de seguridad hacia las personas, las de legalización de la instalación efectuada, pero en el caso del trabajo de Grado, vamos a centrarnos en la parte eléctrica que es el objeto del presente proyecto.

1.7.2 Especificaciones eléctricas del Grupo Electrónico.

Sistema trifásico 400 V, tres fases, cuatro conductores, neutro conectado a tierra, 50 Hz.

Según la estimación de cargas prevista, la potencia nominal mínima del conjunto motor- alternador será:

Potencia eléctrica mínima del Grupo Electrónico	900kVA, 1.300A por cada fase en régimen continuo de funcionamiento
Factor de potencia ($\cos \phi$)	0,80
Factor de pérdida por encapsulado	1,20

Potencia eléctrica mínima del Grupo Electrónico: 900 kVA y 1.300 A; por cada fase en régimen continuo de funcionamiento, factor de potencia ($\cos \phi$): 0,80 y factor de pérdida por encapsulado: 1,20.

Motor Diésel	
Potencia mínima de emergencia según ISO 3046/1	1.000 kW
Potencia mínima continua ISO 3046/1	900 kW
Velocidad	1.500 r.p.m
Nº mínimo de cilindros	16
Ciclo de trabajo	4 tiempos
Aspiración aire	Turbo
Relación de compresión	16 : 1
Equipo de inyección	Directa
Arranque	Eléctrico
Equipo eléctrico	24 V
Refrigeración	Agua

1.7.3 Refrigeración

Se realizará mediante circuito cerrado de agua con radiador y ventilador funcionando por motor eléctrico, con radiador junto al propio diésel y apoyado sobre la bancada del motor-alternador. El ventilador funcionará a través de la corriente proporcionada por el grupo.

También encontramos una válvula termostática para ayudar en el rápido calentamiento del agua cuando se produzca un arranque en frío y para facilitar un control de temperatura cuando el motor esté funcionando.

1.7.4 Alternador

Generador de corriente trifásica autorregulado y autoexcitado, sin escobillas, con un solo cojinete y protección antigoteo. Diodos supresores de sobrevoltaje y diodos rectificadores de subidas de voltaje momentáneas formadas por la aplicación o eliminación simultánea de varias cargas. Regulación de la tensión de salida del generador en las tres fases, de la corriente de la red y el factor de potencia de funcionamiento.

Datos técnicos generales exigidos como mínimos:

Datos generales	
Potencia mínima aparente	910 kVA
Potencia mínima efectiva ($\cos \phi = 0,8$)	728 kW
Velocidad	1.500 r.p.m
Tensión	400/230 V
Frecuencia	50 Hz
Factor de potencia ($\cos \phi$)	0,80
Constancia de tensión	menor de $\pm 1,5 \%$
Ajuste de tensión	mayor o igual de $\pm 10 \%$
Temperatura ambiente para la que debe darse la potencia mínima exigida	40 °C
Aislamiento	Clase H
Protección	IP21
Desviación de onda	Inferior al 5 %
Intensidad de cortocircuito	3xIn (5 sg)
Sobrecargas	2,5xIn (10 sg)

Todo el cableado del neutro desde la salida de dentro del alternador del grupo será en igual sección que las fases. También si existieran accionamientos, cortes, protecciones internas todas serían idénticas que las de fases.

Para el control del grupo y supervisión del mismo, se solicitaron las prestaciones relacionadas en adelante.

Equipado con terminal táctil y servidor páginas web que ofrece las informaciones siguientes:

- Compensador preseleccionado y manual de voltaje.
- Amperímetro por cada una de las tres fases.
- Voltímetro en las tres fases.
- Pulsadores de arranque y parada.
- Cargador de baterías, amperímetro, unidad reguladora de la carga y alarma de regulador semiagotado.
- Disparos y alarmas por baja presión del aceite de lubricación y por alta temperatura en el motor.
- Tacómetro en r.p.m.
- Medidor horario.
- Relé de voltaje insuficiente trabajando al 85 % del voltaje nominal.
- Medidor de la temperatura del refrigerante.
- Alarma de sobrevelocidad en el motor.
- Automatismos para la detección y señalización de fallo de arranque del motor diésel después de efectuar los tres intentos programados.

1.7.5 Protecciones y alarmas del G.E.

El equipo de arranque y paro automático incorpora las siguientes protecciones:

- Protección por baja presión de aceite en el circuito de engrase del motor diésel con interrupción al instante del grupo.
- Protección por alta temperatura del agua en el circuito de refrigeración del motor que corta y ajusta la detención del grupo 3 minutos.
- Protección por sobrevelocidad del motor que produce la interrupción del grupo.
- Protección por tensión de grupo fuera de márgenes con detención al instante del grupo electrógeno.

- Protección por sobreintensidad del alternador con cronometro de 10 segundos y detención del grupo en el caso de que no cese la sobrecarga a lo largo de ese intervalo de tiempo.
- Protección por cortocircuito con detención inicial del grupo, verificación de la persistencia de la falta y reenganche del contactor del grupo al pasar unos 4 segundos de desaparición de la misma.
- Protección por falta en el arranque del motor diésel después de los tres intentos programados, con posterior obligado arranque manual.

Además de los contactos para indicación de la activación de las protecciones relacionadas, también se debería incluir las siguientes alarmas a través de contactos:

- Alarma por fallo en el alternador y cargador electrónico de baterías.
- Alarma por nivel bajo de combustible con tiempo de una hora para reponer el mismo y, en caso de que esto no suceda, desconexión del contactor del grupo y detención temporizada en 3 minutos.
- Alarma por falta del contactor de red cuando se produce la puesta en servicio del grupo electrógeno sin carencia de red.

1.8 Interruptores de Protección de Generador y Transformadores.

1.8.1 Interruptor Protección G.E.

Para la protección a la salida del grupo electrógeno se tiene que montar un interruptor de protección magnetotérmica que tendrá las siguientes características:

Protección de la línea.

Realización de inteligencia en la actuación sobre el mismo aparato, e información completa proporcionada por el propio equipo.

Este aparato además permite elegir los relés de protección dentro de una gama amplia. El modelo elegido es el Masterpact MTZ1 16 de 4 polos con el relé Micrologic 7.0X, cuyas características técnicas son:

Características			Masterpact MTZ1 De 630 a 1600 A						
Interruptor automático conforme a IEC/EN 60947-2									
Masterpact			06	08	10	12	16		
Intensidad nominal a 40/50 °C ^[1]	In (A)		630	800	1000	1250	1600		
Calibres del sensor	(A)		400 a 630	400 a 800	400 a 1000	630 a 1250	800 a 1600		
Masterpact			06 a 10		12 a 16				
Tipo			H1	H2	H3	L1 ^[2]	H1	H2	H3
Poder de corte último	Icu (kA rms)	220/415 V	42	50	66	150	42	50	66
Vca, 50/60 Hz		440 V	42	50	66	130	42	50	66
		500/525 V	42	42	-	100	42	42	-
		660/690 V	42	42	-	25	42	42	-
		1150 V	-	-	-	-	-	-	-
Poder de corte en servicio	Ics (kA rms)	% Icu	100	100	75 ^[4]	100	100	100	75 ^[4]
Categoría de empleo ^[3]			B	B	A	B	B	B	B
Intensidad de corta duración admisible	Icw (kA rms)	0,5 s	42	50	10	42	42	50	42
Vca, 50/60 Hz		1 s	42	50	50	-	42	50	42
		3 s	24	24	30	-	24	24	30
Poder de cierre nominal	Icm (kÂ)	220/415 V	88	105	145	330	88	105	145
Vca, 50/60 Hz		440 V	88	105	145	286	88	105	145
		525 V	88	88	-	220	88	88	-
		690 V	88	88	-	52	88	88	-
		1150 V	-	-	-	-	-	-	-
Protección instantánea integrada (valor DIN kA instantáneo ±10%) ^[3]			-	90	110	10 In	-	90	105
Tiempo de corte entre la orden de disparo y la extinción del arco	(ms)		25	25	25	9	25	25	25
Tiempo de cierre	(ms)		< 50				< 50		

Micrologic 7.0X

Largo retardo

Código ANSI 49 RMS

Regulación de intensidad (A) $I_r = I_n \times \dots$

$I_r = 0,4 I_n$ a I_n , incremento de 1 A

Disparo entre 1,05 y 1,20 x I_r

Regulación de tiempo

$t_r = 0,5$ s a 24 s, incremento de 0,5 s para 6 I_r

Ejemplo de regulación de tiempo:

Precisión: 0 a -30%

1,5 x I_r

12,5 25 50 100 200 300 400 500 600

Temporización (s)

Precisión: 0 a -20%

6 x I_r

0,5 ^[1] 1 2 4 8 12 16 20 24

Precisión: 0 a -20%

7,2 x I_r

0,7 ^[2] 0,69 1,38 2,7 5,5 8,3 11 13,8 16,6

Tras disparo

Memoria térmica

Corto retardo

Código ANSI 51

Enganche (A)

$I_{sd} = I_r \times \dots$

$I_{sd} = 1,5 I_r$ a $10 I_r$, incremento de 0,5 I_r ^[4]

Precisión: ± 10 %

Regulación de tiempo tsd (s) Ajustes

I't Off

0 0,1 0,2 0,3 0,4

I't On

- 0,1 0,2 0,3 0,4

Tiempo de maniobra a 10 x I_r

Tiempo restaurable máx.

20 80 140 230 350

I't Off o I't On

Tiempo de corte máx.

80 140 200 320 500

Instantáneo

Código ANSI 50

Enganche (A)

$I_i = I_n \times \dots$

$I_i = 2 I_n$ a $15 I_n$, incremento de 0,5 I_n ^[4] y protección

OFF

Precisión: ± 10 %

Tiempo de maniobra

Estándar

Rápido

Tiempo restaurable máx.

20 ms

0 ms

Tiempo de corte máx.

50 ms

30 ms

Micrologic 7.0X

Diferencial (Vigi)

Código ANSI 51G

Sensibilidad (A)

$I_{\Delta n}$

0,5 A a 30 A, incremento de 0,1 A

Precisión conforme a IEC/EN 60947, Anexo B

Retardo Δt (ms)

Ajustes

60 150 230 350 800

Tiempo restaurable máx.

60 150 230 350 800

Tiempo de corte máx.

140 230 320 500 1000

[1] 0 a -40 %

[2] 0 a -60 %

[3] (0,3 I_n a I_n) para $I_n \leq 400$ A

[4] Es posible realizar ajustes de resolución más precisos con el software Ecoreach y la aplicación para dispositivos móviles de Masterpact MTZ.

[1] 0 a -40 %

[2] 0 a -60 %

[3] (0,3 I_n a I_n) para $I_n \leq 400$ A)

[4] Es posible realizar ajustes de resolución más precisos con el software Ecoreach y la aplicación para dispositivos móviles de Masterpact MTZ.

El relé seleccionado 7.0X cuenta con protección diferencial ajustable que permitirá la protección de las corrientes de defecto.

Ajuste de las protecciones

Las protecciones son configurables en umbral y en temporización por selectores. Los valores escogidos se fijan temporalmente en la pantalla, en amperios y en segundos.

La precisión de las regulaciones puede ser ampliada limitando la zona de regulación al cambiar el calibrador de largo retardo:

Protección contra las sobrecargas

Protección largo retardo de tipo valor eficaz (RMS).

Memoria térmica: imagen térmica antes y después del disparo.

Protección contra los cortocircuitos.

Protección corto retardo (RMS) e instantáneo.

Selección de tipo I2t (On / Off) en la temporización corto retardo.

Protección contra los defectos a tierra

Protección de tipo "residual", "source ground return" o "unrestricted".

Selección de tipo I2t (On / Off) en temporización.

Protección diferencial residual

Funciones sin alimentación exterior.

Inmunizado contra riesgos de disparos intempestivos.

Protección del neutro

En interruptores automáticos tetrapolares, es posible la regulación del neutro por conmutador y mediante teclado según las tres posiciones siguientes: neutro no protegido (4P 3d), neutro con mitad de protección (4P 3d + N/2), neutro totalmente protegido (4P 4d).

Selectividad lógica ZSI

Un bornero "Zone Selective Interlocking" (ZSI) admite el cableado con otras unidades de control para una selectividad total en la protección de corto retardo y tierra sin temporización del disparo.

Medidas eléctricas

Micrologic 7.0X permite calcular en tiempo real todos los parámetros eléctricos (V, A, W, VAR, VA, Wh, VARh, VAh, Hz), los factores de potencia y los factores de cresta. También calcula las medias en intensidad y potencia durante un tiempo regulable. Cada medida se encuentra asociada a un mínímetro y a un máxímetro. Cuando ocurre un disparo por falta, la intensidad cortada se guarda.

La alimentación externa nos permite observar si el interruptor automático está abierto o no se encuentra alimentado.

Valores instantáneos

El tiempo de actualización de los datos mostrados en pantalla es de un segundo. Los datos máximos y mínimos de las medidas se guardan (maxímetros y minímetros). Tasa de distorsión de armónicos THD en intensidad y en tensión.

La fundamental en intensidad, tensión y potencias.

Armónicos en intensidad y tensión hasta el rango 31.

Los armónicos de rango 3, 5, 7, 9, 11 y 13, monitorizados por los distribuidores de energía, se muestran en la pantalla de la unidad de control.

Doble regulación

Dentro del umbral de regulación fijado por el selector, se puede hacer una regulación más fina de los umbrales mediante el teclado o a distancia (con precisión de amperios para Ir) y de las temporizaciones (con precisión de segundos).

Regulación IDMTL

La gestión con las protecciones de media tensión o fusibles está optimizada por la regulación de la pendiente de la curva de protección contra las sobrecargas.

Opción de comunicación

La unidad de control transmite los parámetros siguientes al autómata:

- Lectura de las regulaciones.
- Conjunto de las medidas "amperímetro".
- Señalización de los motivos de disparo.
- Puesta a cero de los maxímetros.
- Umbral y temporización largo retardo.
- Umbral y temporización de disparo corto retardo.
- Umbral de disparo instantáneo.
- Umbral y temporización de disparo Vigí o tierra.
- Botón test Vigí o tierra.
- Bombilla de test, "reset" y estado de la pila.
- Visualización digital.

- Amperímetro y diagrama de barras trifásico.
- Icresta / r, $(I1 + I2 + I3)/3$, Idesequilibrio.
- Tasa de carga y tasa de carga de cresta en % Ir.
- $\cos \varphi$ total y por fases.
- Thd en tensión e intensidad.
- Factores K de intensidad y factores K medios.
- Factores de cresta de intensidades y tensiones.
- Todas las fundamentales por fase.
- Desfase de la fundamental en intensidad y tensión.
- Potencia y factor de distorsión fase por fase.
- Amplitud y desfase de los armónicos de rango 3 a 51 de intensidad y tensión.

Programación de alarmas personalizables (1 a 53)

Es posible la comparación de cada dato instantáneo con un umbral de base y un umbral parametrizable. Una superación de un umbral provoca una alarma. Existe la posibilidad de relacionar cada una de estas alarmas a una o diferentes acciones configurables: abertura de un interruptor automático, activación de un contacto auxiliar M2C, M6C, guardado de alarmas en un listado, captura de ondas...

Registro de mantenimiento

Nos da la opción de obtener un diagnóstico y optimizar las operaciones de mantenimiento del dispositivo:

Intensidad de mayor valor medido.

Contador de maniobras.

Número de conexiones de herramientas de test.

Número de disparos en explotación y en modo test.

Indicador de uso de los contactos.

Características técnicas complementarias

Funciones de protección

Las utilidades de protección trabajan todas con intensidad propia. Estas están conectadas a la red por una toma de tensión interna al interruptor automático.

Funciones de medida

Las utilidades de medida son autónomas de las protecciones: el módulo de medida de precisión trabaja de forma independiente del módulo de protección, y sincronizado a su vez con los sucesos de la protección.

Modo de cálculo de las medidas

El módulo de medida aplica el concepto "zero blind time" que se basa en una medición continuada con una alta frecuencia de muestreo, que permite no producirse pérdidas de información (zonas sin muestreo) mediante el procesamiento de los datos.

Esto asegura una precisión en el cálculo de energías inclusive para cargas con fuertes variaciones (soldadoras, robots, etc.).

Las energías están acumuladas a partir del valor instantáneo de las potencias, según dos modelos:

Modelo tradicional en el cual sólo las energías positivas (consumidas) se acumulan.

Modelo "duplicado", en el cual las energías positivas (consumidas) y las negativas (entregadas) se acumulan de forma separada.

Precisión de las medidas (captadores incluidos):

Tensión (V): 0,5 %.

Intensidad (A): 1,5 %.

Frecuencia (Hz): 0,1 %.

Potencia (W) y energía (Wh): 2 %.

Memorización

Las regulaciones de precisión, los últimos 100 sucesos y el registro de mantenimiento quedan grabadas en la unidad de control en el caso de pérdida de las alimentaciones.

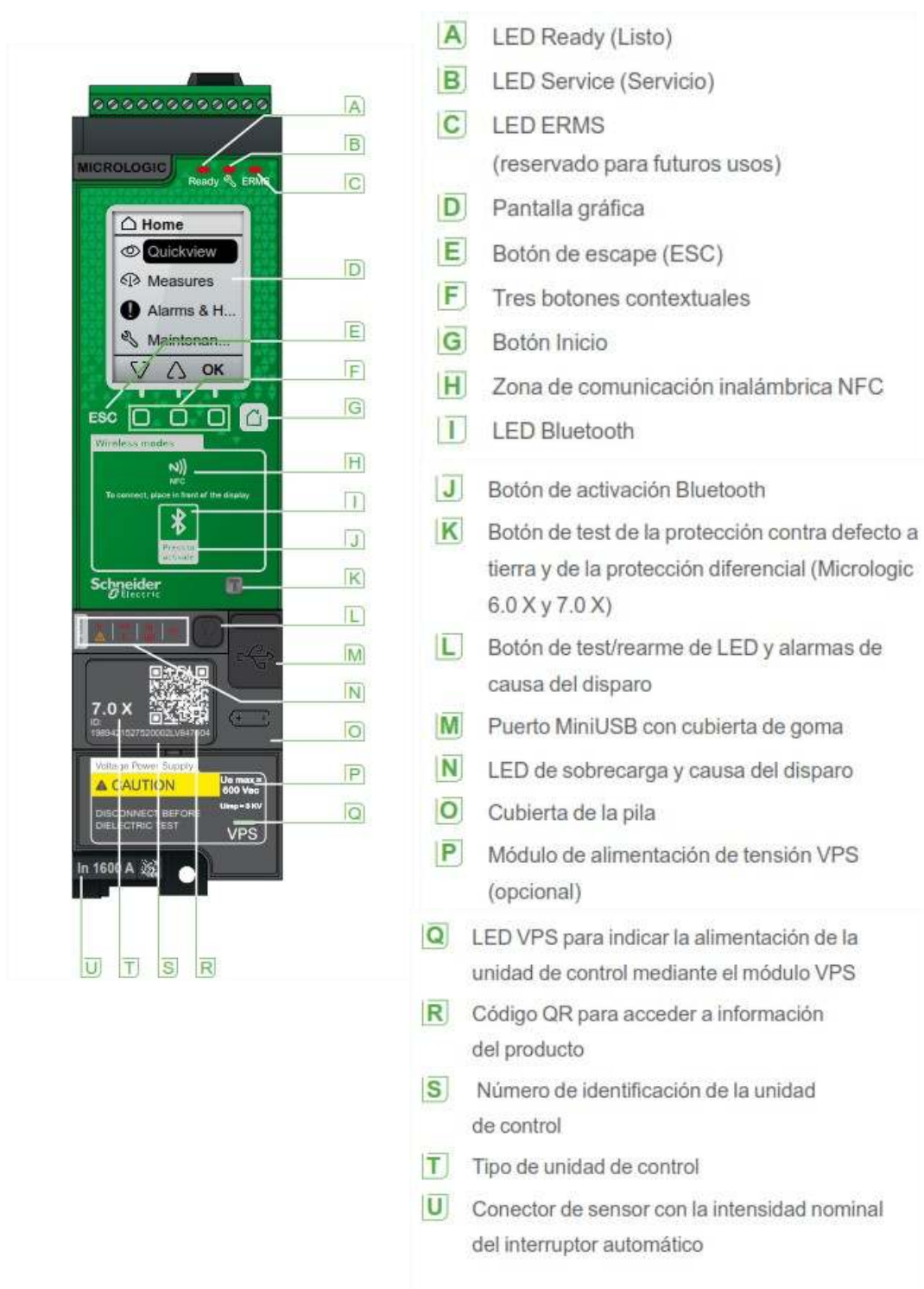
Puesta a cero

Un reset separado mediante funciones permite una puesta a cero manual o a distancia de los defectos, mínima y máxima, de las crestas y de los contadores e indicadores.

1.8.1.1 Ajuste de los relés electrónicos de los interruptores

Los interruptores deberán tener unos ajustes de los relés de acuerdo a los puntos de trabajo y protección que vayan a llevar a cabo.

En la tabla que se presenta a continuación se detallan los tarados para el grupo electrógeno de 800kVA (en funcionamiento continuo).



PRODUCCIÓN GRUPO ELECTRÓGENO			
PARAMETROS		POSICION SELECTOR	VALORES TARADOS
Umbral largo retardo lr.	lr	0,95	1520 A
Temporizacion largo retardo tr.	tr	8	6 Seg.
Umbral corto retardo lsd.	lsd	2	1,5 KA
Temporizacion corto retardo tsd.	tsd	0,3 ON	0,3 Seg.
Regulación del neutro	In	N=F	1520 A
Umbral instantáneo li.	li	8	10 KA
Umbral Ig de protección	lg	A	1520 A
Temporizacion tg de protección tierra	tg	0,1 ON	0,9 Seg.

1.8.2 Interruptor Protección a la salida de los Transformadores.

Los interruptores a la salida de los transformadores en B.T. serán igual que el del G.E., únicamente cambiando el modelo MTZ1 16 de 4 polos por el MTZ1 10 de 4 polos, montando el mismo relé Micrologic 7.0X.

PRODUCCION TRANSFORMADOR 1			
PARAMETROS		POSICION SELECTOR	VALORES TARADOS
Umbral largo retardo lr.	lr	0,95	950 A
Temporizacion largo retardo tr.	tr	8	8 Seg.
Umbral corto retardo lsd.	lsd	2	1,5 KA
Temporizacion corto retardo tsd.	tsd	0,3 ON	0,3 Seg.
Regulación del neutro	In	N=F	950 A
Umbral instantáneo li.	li	8	12 KA
Umbral Ig de protección	lg	A	950 A
Temporizacion tg de protección tierra	tg	0,1 ON	0,8 Seg.

PRODUCCION TRANSFORMADOR 2			
PARAMETROS		POSICION SELECTOR	VALORES TARADOS
Umbral largo retardo lr.	lr	0,95	950 A
Temporizacion largo retardo tr.	tr	8	8 Seg.
Umbral corto retardo lsd.	lsd	2	1,5 KA
Temporizacion corto retardo tsd.	tsd	0,3 ON	0,3 Seg.
Regulación del neutro	In	N=F	950 A
Umbral instantáneo li.	li	8	12 KA
Umbral lg de protección	lg	A	950 A
Temporizacion tg de protección tierra	tg	0,1 ON	0,8 Seg.

1.9 Conmutación redes de Baja Tensión.

Además de la importancia de la elección de los transformadores de potencia y el Grupo Electrógeno, es preciso diseñar un sistema de conmutación que de la seguridad necesaria de funcionamiento para alternar las diferentes fuentes que van a abastecer al edificio destinado a CPD.

Además esta conmutación debe estar supervisada plenamente por el sistema de Gestión eléctrica del centro.

1.9.1 Tipo de equipos para la conmutación.

Se ha optado por realizar las conmutaciones con interruptores motorizados, de tipo extraíble, que tienen las siguientes ventajas:

Protección de la línea y motorización en el mismo elemento.

Mantenimiento fácil, a través del conjunto de kit extraíble, que permite realizar la sustitución en minutos.

Realización de inteligencia en la actuación sobre el mismo aparato, e información completa proporcionada por el propio equipo.

El mando de la actuación se puede realizar tanto automáticamente, como de forma manual a través de mecanismo de acumulación de energía, con lo cual aunque falle la alimentación del motor se puede maniobrar los aparatos para conmutar las alimentaciones.



Interruptor conmutación de líneas BT

El diseño del programa del autómatas de control de la conmutación, será capaz de analizar el estado de los interruptores para las maniobras de apertura y cierre de los interruptores.

Al ser el centro de la conmutación los interruptores motorizados estos equipos tendrán las siguientes características:

Se montara el modelo Masterpact MTZ2 con relé Micrologic 5.0X, zócalo seccionable de la marca Schneider.

Cuenta con enclavamiento del dispositivo en posición "abierto" por cerraduras, enclavamiento del chasis en posición "desenchufado" por cerraduras, enclavamiento del chasis en posición enchufado, desenchufado y test, enclavamiento de puerta aparato enchufado, enclavamiento de enchufado puerta abierta, interenclavamiento botón de apertura-acceso manivela, y contactos estándar de base para dar información de: Abierto / cerrado OF, señal de defecto eléctrico SDE, posición chasis CE, CD, CT, "enchufado", "desenchufado", "test"

Este aparato además permite elegir los relés de protección dentro de una gama amplia. Elegiremos dos modelos dependiendo de la intensidad de la línea; para el G.E. instalaremos el MTZ1 16 de 4 polos y para los transformadores montaremos el MTZ1 10 de 4 polos, ambos interruptores montaran el relé modelo Micrologic 5.0X, que deberán llevar además el motor eléctrico para la carga del muelle, los accesorios de señalización y los pulsadores de cierre; el conjunto tendrá las siguientes características técnicas:

Características									
					Masterpact MT21				
					De 630 a 1600 A				
Interrupor automático conforme a IEC/EN 60947-2					06	08	10	12	16
Masterpact					06 a 10				
Intensidad nominal a 40/50 °C ^[1]					In (A)	630	800	1000	1250
Calibres del sensor					(A)	400	400	400	630
						a 630	a 800	a 1000	a 1250
Masterpact									
Tipo						H1	H2	H3	L1 ^[4]
Poder de corte último					Icu (kA rms)	220/415 V	42	50	66
Vca, 50/60 Hz						440 V	42	50	66
						500/525 V	42	42	-
						660/690 V	42	42	-
						1150 V	-	-	-
Poder de corte en servicio					Ics (kA rms)	% Icu	100	100	75 ^[4]
Categoría de empleo ^[2]							B	B	A
Intensidad de corta duración admisible					Icw (kA rms)	0,5 s	42	50	10
Vca, 50/60 Hz						1 s	42	50	50
						3 s	24	24	30
Poder de cierre nominal					Icm (kA)	220/415 V	88	105	145
Vca, 50/60 Hz						440 V	88	105	145
						525 V	88	88	-
						690 V	88	88	-
						1150 V	-	-	-
Protección instantánea integrada (valor DIN kA instantáneo ±10%) ^[3]							-	90	105
Tiempo de corte entre la orden de disparo y la extinción del arco					(ms)		25	25	25
Tiempo de cierre					(ms)		< 50		

Micrologic 5.0X

Diagrama de la curva de protección del relé Micrologic 5.0X. El eje horizontal es la corriente (I) y el eje vertical es el tiempo (t). Se muestran las zonas de protección: Largo retardo (Ir), Corto retardo (Ird), Instantáneo (Ii) y la zona de protección diferencial (IΔt). Las curvas de tiempo de disparo (tr) y tiempo de corte (tsd) están indicadas.

Largo retardo		Código ANSI 49 RMS	
Regulación de intensidad (A) $I_r = I_n \times \dots$		$I_r = 0,4 I_n$ a I_n , incremento de 1 A	
		Disparo entre 1,05 y 1,20 x I_r	
Regulación de tiempo		$t_r = 0,5$ s a 24 s, incremento de 0,5 s para 6 I_r	
Ejemplo de regulación de tiempo:	Precisión: 0 a -30%	1,5 x I_r	12,5 25 50 100 200 300 400 500 600
Temporización (s)	Precisión: 0 a -20%	6 x I_r	0,5 ^[1] 1 2 4 8 12 16 20 24
	Precisión: 0 a -20%	7,2 x I_r	0,7 ^[2] 0,69 1,38 2,7 5,5 8,3 11 13,8 16,6
Memoria térmica		Tras disparo	
Corto retardo		Código ANSI 51	
Enganche (A) $I_{sd} = I_r \times \dots$		$I_{sd} = 1,5 I_r$ a 10 I_r , incremento de 0,5 I_r ^[4]	
Precisión: ±10 %			
Regulación de tiempo t_{sd} (s)	Ajustes	I^2t Off	0 0,1 0,2 0,3 0,4
		I^2t On	- 0,1 0,2 0,3 0,4
Tiempo de maniobra a 10 x I_r	Tiempo restaurable máx.	20	80 140 230 350
I^2t Off o I^2t On	Tiempo de corte máx.	80	140 200 320 500
Instantáneo		Código ANSI 50	
Enganche (A) $I_i = I_n \times \dots$		$I_i = 2 I_n$ a 15 I_n , incremento de 0,5 I_n ^[4] y protección OFF	
Precisión: ±10 %			
Tiempo de maniobra		Estándar	Rápido
	Tiempo restaurable máx.	20 ms	0 ms
	Tiempo de corte máx.	50 ms	30 ms

El relé seleccionado no cuenta con protecciones diferenciales ni de defecto a tierra dado que dichas seguridades se encuentran en los interruptores aguas arriba y aguas abajo de la conmutación.

Ajuste de las protecciones

Las protecciones son configurables en umbral y en temporización por selectores. Los valores escogidos se fijan temporalmente en la pantalla, en amperios y en segundos.

La precisión de las regulaciones puede ser ampliada limitando la zona de regulación al cambiar el calibrador de largo retardo:

Protección contra las sobrecargas

Protección largo retardo de tipo valor eficaz (RMS).

Memoria térmica: imagen térmica antes y después del disparo.

Protección contra los cortocircuitos.

Protección corto retardo (RMS) e instantáneo.

Selección de tipo I2t (On / Off) en la temporización corto retardo.

Protección contra los defectos a tierra

Protección de tipo "residual", "source ground return" o "unrestricted".

Selección de tipo I2t (On / Off) en temporización.

Protección diferencial residual

Funciones sin alimentación exterior.

Inmunizado contra riesgos de disparos intempestivos.

Resistente a las componentes continuas clase A hasta 10 A.

Protección del neutro

En interruptores automáticos tetrapolares, es posible la regulación del neutro por conmutador y mediante teclado según las tres posiciones siguientes: neutro no protegido (4P 3d), neutro con mitad de protección (4P 3d + N/2), neutro totalmente protegido (4P 4d).

Selectividad lógica ZSI

Un bornero "Zone Selective Interlocking" (ZSI) admite el cableado con otras unidades de control para una selectividad total en la protección de corto retardo y tierra sin temporización del disparo.

Medidas eléctricas

Micrologic 5.0X permite calcular en tiempo real todos los parámetros eléctricos (V, A, W, VAR, VA, Wh, VARh, VAh, Hz), los factores de potencia y los factores de cresta. También calcula las medias en intensidad y potencia durante un tiempo regulable. Cada medida se encuentra asociada a un mínímetro y a un maxímetro. Cuando ocurre un disparo por falta, la intensidad cortada se guarda.

La alimentación externa nos permite observar si el interruptor automático está abierto o no se encuentra alimentado.

Valores instantáneos

El tiempo de actualización de los datos mostrados en pantalla es de un segundo. Los datos máximos y mínimos de las medidas se guardan (maxímetros y mínímetros). Tasa de distorsión de armónicos THD en intensidad y en tensión.

La fundamental en intensidad, tensión y potencias.

Armónicos en intensidad y tensión hasta el rango 31.

Los armónicos de rango 3, 5, 7, 9, 11 y 13, monitorizados por los distribuidores de energía, se muestran en la pantalla de la unidad de control.

Doble regulación

Dentro del umbral de regulación fijado por el selector, se puede hacer una regulación más fina de los umbrales mediante el teclado o a distancia (con precisión de amperios para Ir) y de las temporizaciones (con precisión de segundos).

Regulación IDMTL

La gestión con las protecciones de media tensión o fusibles está optimizada por la regulación de la pendiente de la curva de protección contra las sobrecargas.

Opción de comunicación

La unidad de control transmite los parámetros siguientes al autómata:

- Lectura de las regulaciones.
- Conjunto de las medidas "amperímetro".
- Señalización de los motivos de disparo.
- Puesta a cero de los máxímetros.
- Umbral y temporización largo retardo.
- Umbral y temporización de disparo corto retardo.
- Umbral de disparo instantáneo.
- Umbral y temporización de disparo Vigí o tierra.
- Botón test Vigí o tierra.
- Bombilla de test, "reset" y estado de la pila.
- Visualización digital.
- Amperímetro y diagrama de barras trifásico.
- Icresta / r, $(I_1 + I_2 + I_3)/3$, Idesequilibrio.
- Tasa de carga y tasa de carga de cresta en % Ir.
- $\cos \varphi$ total y por fases.
- Thd en tensión e intensidad.
- Factores K de intensidad y factores K medios.

- Factores de cresta de intensidades y tensiones.
- Todas las fundamentales por fase.
- Desfase de la fundamental en intensidad y tensión.
- Potencia y factor de distorsión fase por fase.
- Amplitud y desfase de los armónicos de rango 3 a 51 de intensidad y tensión.

Programación de alarmas personalizables (1 a 53)

Es posible la comparación de cada dato instantáneo con un umbral de base y un umbral parametrizable. Una superación de un umbral provoca una alarma. Existe la posibilidad de relacionar cada una de estas alarmas a una o diferentes acciones configurables: abertura de un interruptor automático, activación de un contacto auxiliar M2C, M6C, guardado de alarmas en un listado, captura de ondas...

Registro de mantenimiento

Nos da la opción de obtener un diagnóstico y optimizar las operaciones de mantenimiento del dispositivo:

Intensidad de mayor valor medido.

Contador de maniobras.

Número de conexiones de herramientas de test.

Número de disparos en explotación y en modo test.

Indicador de uso de los contactos.

Características técnicas complementarias

Funciones de protección

Las utilidades de protección funcionan todas con intensidad propia. Estas están conectadas a la red por una toma de tensión interna al interruptor automático.

Funciones de medida

Las utilidades de medida son autónomas de las protecciones: el módulo de medida de precisión trabaja de forma independiente del módulo de protección, y sincronizado a su vez con los sucesos de la protección.

Modo de cálculo de las medidas

El módulo de medida aplica el concepto "zero blind time" que se basa en una medición continuada con una alta frecuencia de muestreo, que permite no

producirse pérdidas de información (zonas sin muestreo) mediante del procesamiento de los datos.

Esto asegura una precisión en el cálculo de energías inclusive para cargas con fuertes variaciones (soldadoras, robots, etc.).

Las energías están acumuladas a partir del valor instantáneo de las potencias, según dos modelos:

Modelo tradicional en el cual sólo las energías positivas (consumidas) se acumulan.

Modelo “duplicado”, en el cual las energías positivas (consumidas) y las negativas (entregadas) se acumulan de forma separada.

Precisión de las medidas (captadores incluidos):

Tensión (V): 0,5 %.

Intensidad (A): 1,5 %.

Frecuencia (Hz): 0,1 %.

Potencia (W) y energía (Wh): 2 %.

Memorización

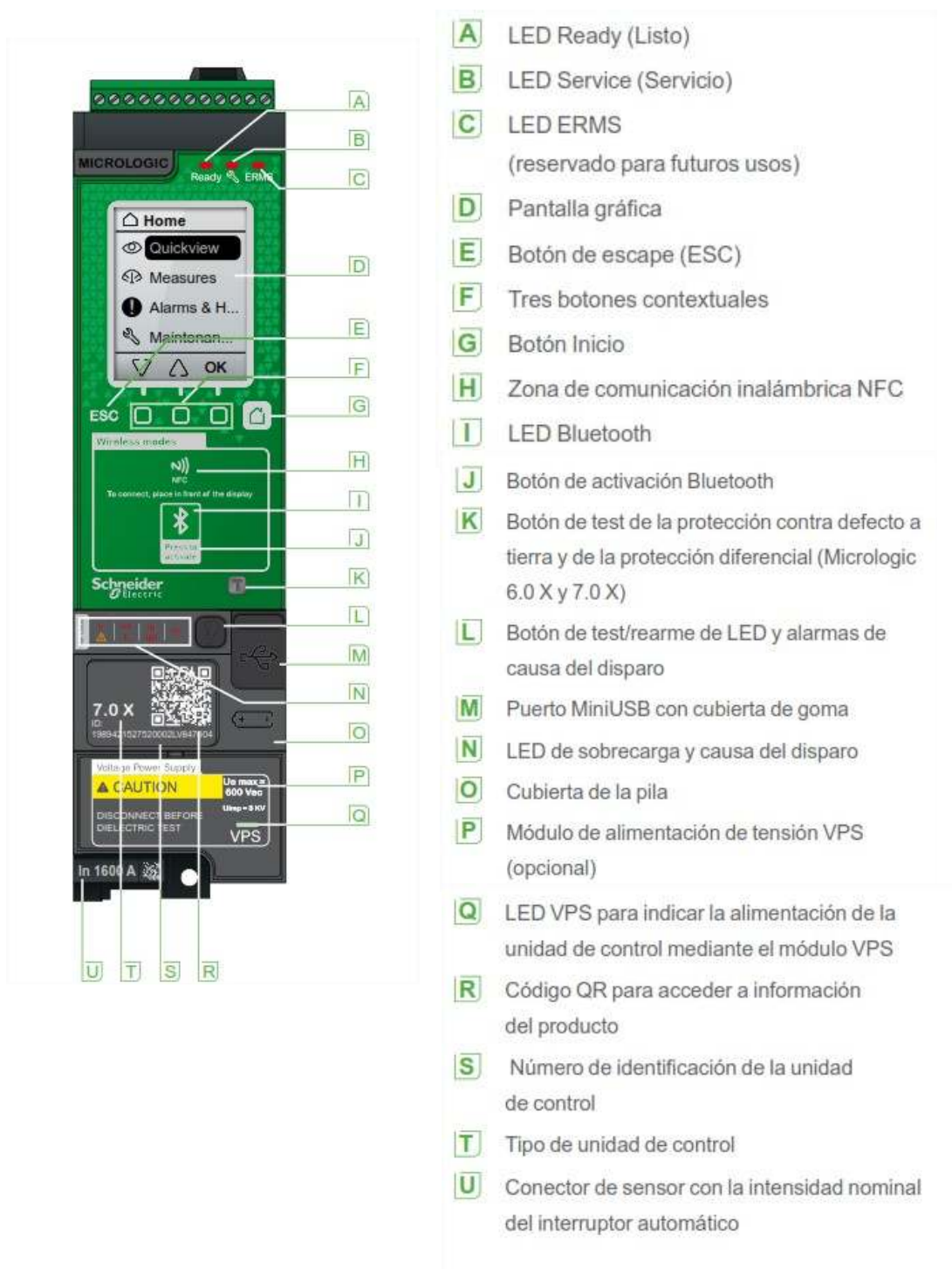
Las regulaciones de precisión, los últimos 100 sucesos y el registro de mantenimiento quedan grabadas en la unidad de control en el caso de pérdida de las alimentaciones.

Puesta a cero

Un reset separado mediante funciones permite una puesta a cero manual o a distancia de los defectos, mínima y máxima, de las crestas y de los contadores e indicadores.

1.9.1.1 Ajuste de los relés electrónicos de los interruptores de la conmutación.

Los interruptores motorizados deberán tener unos ajustes de los relés de acuerdo a los puntos de trabajo y tipo de equipo sobre el que van a efectuar la conmutación. En la tabla que se presenta a continuación se detallan los tarados para el transformador 1 y el transformador 2 de 800kVA y el ajuste para el grupo electrógeno de 800kVA (en funcionamiento continuo).



PRODUCCION TRANSFORMADOR 1			
PARAMETROS		POSICION SELECTOR	VALORES TARADOS
Umbral largo retardo lr.	lr	0,95	950 A
Temporizacion largo retardo tr.	tr	8	8 Seg.
Umbral corto retardo lsd.	lsd	2	1,5 KA
Temporizacion corto retardo tsd.	tsd	0,3 ON	0,3 Seg.
Regulación del neutro	In	N=F	950 A
Umbral instantáneo li.	li	8	12 KA
Umbral lg de protección	lg	A	500 A
Temporizacion tg de protección tierra	tg	0,1 ON	0,8 Seg.

PRODUCCION TRANSFORMADOR 2			
PARAMETROS		POSICION SELECTOR	VALORES TARADOS
Umbral largo retardo lr.	lr	0,95	950 A
Temporizacion largo retardo tr.	tr	8	8 Seg.
Umbral corto retardo lsd.	lsd	2	1,5 KA
Temporizacion corto retardo tsd.	tsd	0,3 ON	0,3 Seg.
Regulación del neutro	In	N=F	950 A
Umbral instantáneo li.	li	8	12 KA
Umbral lg de protección	lg	A	500 A
Temporizacion tg de protección tierra	tg	0,1 ON	0,8 Seg.

PRODUCCION GRUPO ELECTROGENO			
PARAMETROS		POSICION SELECTOR	VALORES TARADOS
Umbral largo retardo Ir.	Ir	0,95	1520 A
Temporizacion largo retardo tr.	tr	8	6 Seg.
Umbral corto retardo Isd.	Isd	2	1,5 KA
Temporizacion corto retardo tsd.	tsd	0,3 ON	0,3 Seg.
Regulación del neutro	In	N=F	1520 A
Umbral instantáneo li.	li	8	10 KA
Umbral Ig de protección	Ig	A	500 A
Temporizacion tg de protección tierra	tg	0,1 ON	0,9 Seg.

1.10 Sistema de alimentación ininterrumpida (SAIs)

Para el estudio de la configuración del sistema de alimentación ininterrumpida se ha usado el Informe interno número 75 del fabricante APC.

1.10.1 Configuración de las SAIs

Tipo paralelo redundante o sistema "N+1"

Las configuraciones paralelas redundantes permiten que el sistema admita la falta en un único módulo SAI sin que sea necesario traspasar la carga a la red eléctrica. La finalidad de los equipos SAI es la proporcionar una protección para la carga crítica de las variaciones y cortes de la corriente eléctrica de la red. Al tiempo que la información es más crítica y la tolerancia a los riesgos descende, el procedimiento de traspaso a un bypass estático o a un bypass de mantenimiento se observa como una solución a la que debemos llegar con menor frecuencia. Sin embargo, el desarrollo de los sistemas N+1 deben tener la opción de un bypass estático y la mayor parte de ellos tienen un bypass de mantenimiento, que a su vez sirven de capacidades importantes clave.

Un diseño paralelo redundante está formado por distintas unidades SAI de idéntica capacidad conectadas en paralelo a un bus de salida común. El sistema tiene redundancia N+1 si la capacidad "excedente" de potencia es por lo menos igual a la capacidad de una unidad del sistema; el sistema tendría redundancia N+2 si la capacidad excedente fuera igual a la de dos unidades del sistema; y así progresivamente. Los sistemas paralelos redundantes precisan de unidades SAI de idéntica potencia y del mismo proveedor. El fabricante de las unidades SAI también suministra el tablero para conexiones en paralelo para el sistema. Este tablero puede disponer de controladores lógicos que contacten con las unidades SAI individuales, y las unidades SAI contactan entre sí para producir una tensión de salida la cual se encuentra totalmente sincronizada. El bus paralelo puede tener capacidad de supervisión para indicar la carga del sistema y las especificaciones de tensión y corriente para todo el sistema. En el bus paralelo es necesario también la indicación de que cantidad de unidades se encuentran conectadas y que cantidad de ellas son necesarias para poder mantener la redundancia en el sistema. Se disponen de máximos lógicos para el número de unidades SAI que es posible conectar en paralelo a un bus común, y este tope es distinto para cada proveedor de equipos SAI. Las unidades SAI con configuración paralela redundante dividen la carga crítica de forma equilibrada cuando el funcionamiento es normal. En el caso de que una de las unidades sea retirada del bus paralelo para su conservación (o si se produjera una falta interna), es necesario que las unidades SAI que quedan conectadas tomen al instante la carga de la unidades SAI en la que se produjo la falta. Dicha función permite que cualquier unidad

sea extraída del bus para labores de mantenimiento sin que la carga crítica se vea afectada y sea necesaria la conexión a la red eléctrica.

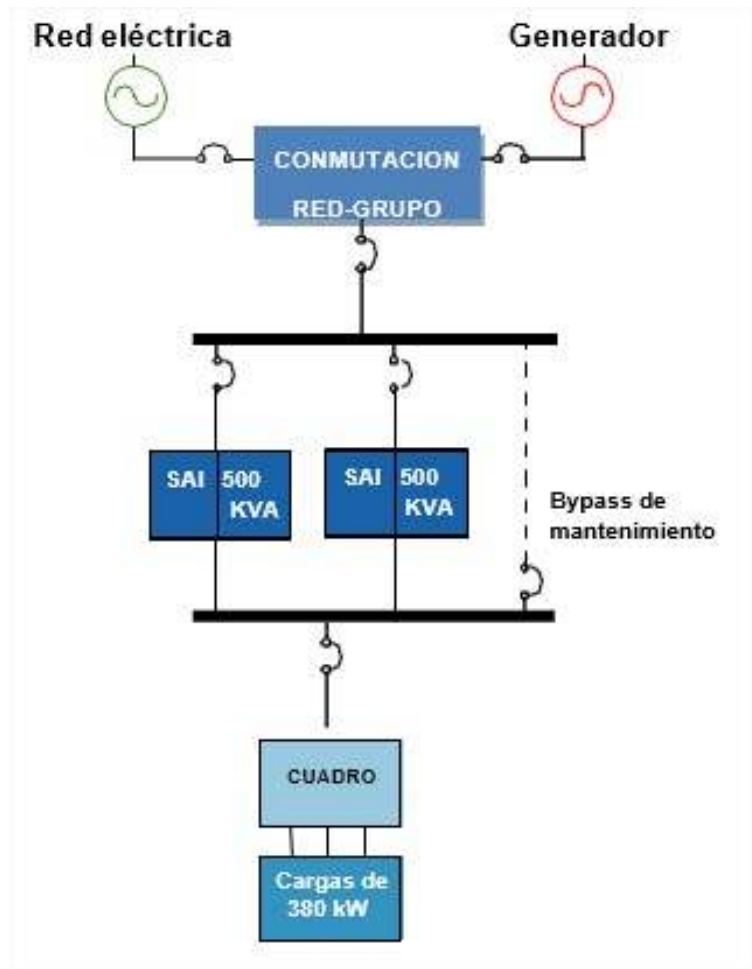
Durante el diseño de un sistema N+1, se da la situación de aumentar la capacidad de las SAI en función del incremento de la carga. Para este caso se llevará a cabo la instalación de controladores de capacidad que nos indicarán cuando el sistema de la instalación llegue a un determinado valor se instale una nueva unidad redundante. Esto debe ser tomado con precaución, ya que mientras mayor sea la carga que se debe cubrir de mayor capacidad será la nueva unidad a instalar y mayor espacio físico necesitará para su correcta instalación. Es por esto, que siempre se dejan espacios reservados para la posible ampliación de estos equipos, en casos en los que la carga vaya aumentando gradualmente.

También es de gran importancia tener en cuenta la eficiencia de los equipos en el momento del diseño de los sistemas redundantes. Como norma, las unidades con pequeñas cargas son menos eficientes que las unidades que cargas que se aproximan a su capacidad de diseño. En la siguiente tabla se pueden observar según la carga de un sistema, los distintos tamaños de SAI disponibles para esa carga de 240 kW en todas sus opciones. Como observación de la tabla podemos afirmar que dependiendo del tipo de unidad elegida atendiendo a su finalidad, la eficiencia del sistema puede variar en gran medida. Estas eficacias también varían en gran parte dependiendo del proveer de los equipos y es algo a tener en cuenta durante la selección de los equipos.

Configuraciones N+1

Unidades SAI en paralelo	Carga crítica	Capacidad total del sistema SAI	Porcentaje de carga por unidad SAI
2 x 240 kW	240 kW	480 kW	50%
3 x 120 kW	240 kW	360 kW	66%
4 x 80 kW	240 kW	320 kW	75%
5 x 60 kW	240 kW	300 kW	80%

La figura de la derecha nos enseña un esquema con una configuración paralela redundante con dos unidades. Podemos observar como a pesar de que estos sistemas proporcionan protección contra faltas de cada unidad, también existe la posibilidad de una zona de falta en el bus paralelo. Para ello debemos darle especial importancia durante el diseño y encontrar soluciones que nos eviten estos problemas, como el montaje de un circuito de bypass de mantenimiento que permitiría cerrar el bus paralelo para su puesta a punto regular y de esta forma no entorpecer su funcionamiento.



➤ Ventajas de la configuración N+1:

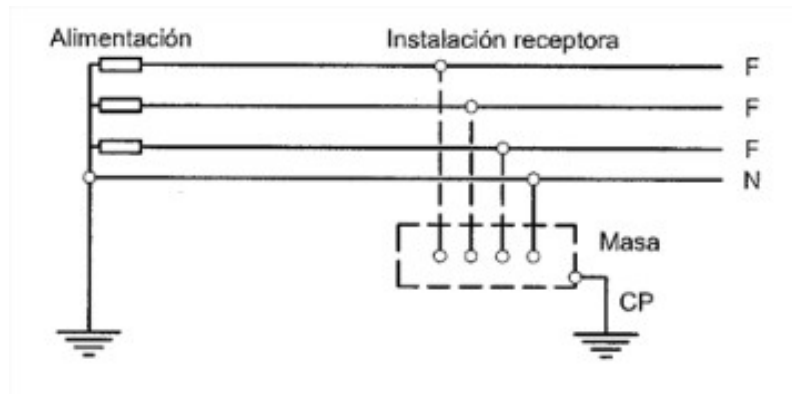
- Existe un grado de disponibilidad mayor que en las demás instalaciones ya que la capacidad extra instalada estará disponible para ser usada en caso de colapso de cualquiera de las unidades SAI.
- Las opciones de falta disminuyen si las comparamos con los diseños de sistemas redundantes aislados, al usar estos menos disyuntores, y las unidades se encuentran están online durante todo el tiempo.
- Es ampliable si se produjeran aumentos de carga que cubrir. Este tipo de diseños admite la conexión de distintas unidades en una instalación, de forma rentable y simple.

➤ Desventajas de la configuración N+1:

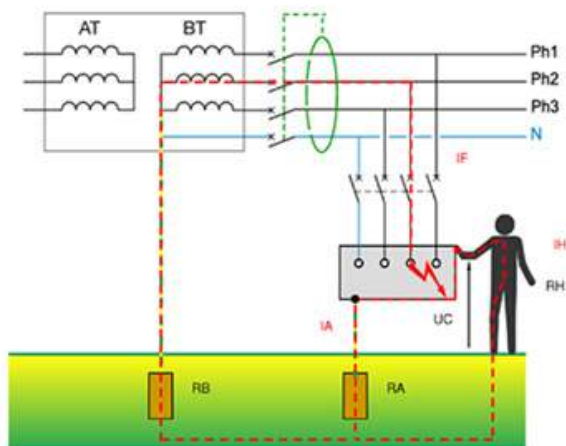
- Todas las unidades instaladas tienen que ser iguales respecto a potencia, tecnología, fabricante, configuración y tecnología.
- Existen zonas de falta aguas arriba y debajo de las SAI.
- En la puesta a punto de las unidades, exponemos la carga a una fuente de energía sin protección, lo cual se da durante un tiempo de entre 2 y 4 horas ocasionalmente cada año.
- Debemos tener en cuenta que la eficiencia de las unidades es menor ya que ninguna de ellas es usada al 100%.
- Se produce un punto de falta único en el bus de carga por sistema.
- Es necesaria la instalación de interruptores estáticos externos para Los equipos de la mayoría de los fabricantes necesitan interruptores estáticos externos para poder repartir la carga de forma equitativa entre las distintas unidades de las SAIs, si no procedemos a su instalación se producirá un gran margen del 15% en el reparto de la carga (esto lleva un coste extra).
- También es necesaria la instalación de un panel de un panel de bypass de mantenimiento externo común (lleva un coste extra).

1.10.2 Régimen de conexión del neutro en los circuitos de salida de las SAIs

En la conexión de neutro de la instalación aguas abajo de las SAIs tendrá esquema T.T., es decir, dispone de un punto de alimentación, normalmente el neutro, conectado directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora estarán conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.



Esquema TT



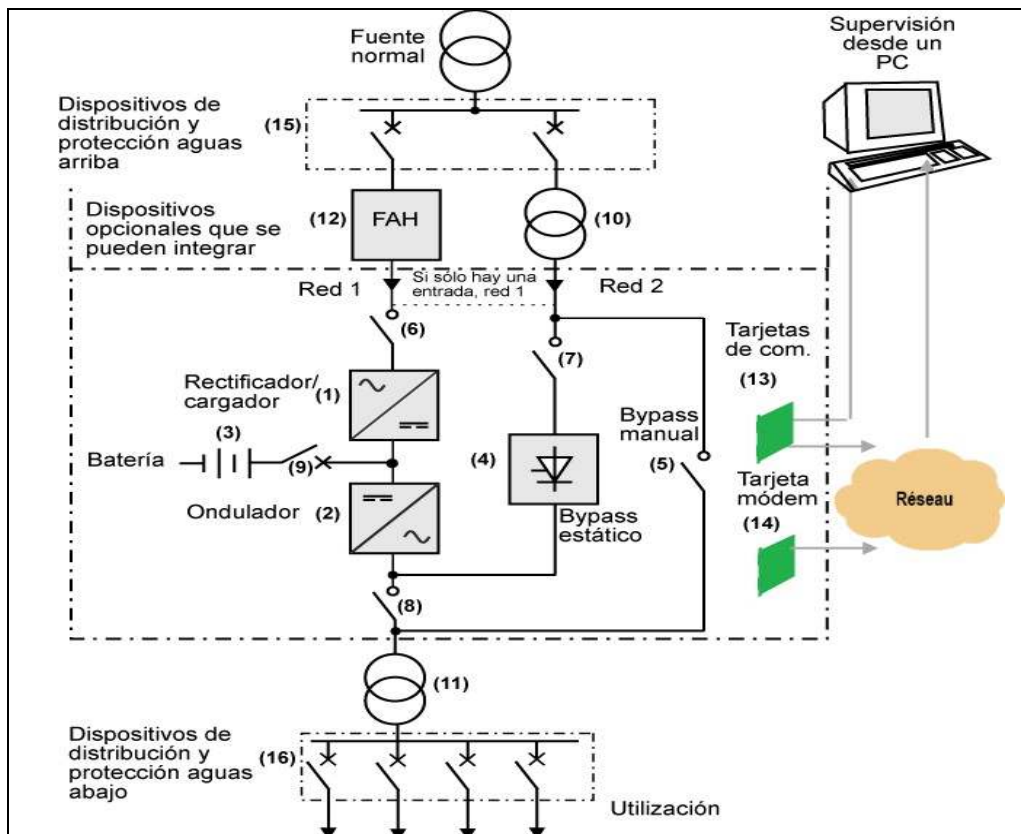
En el caso de que se produjera un defecto a tierra (contacto entre alguna de las masas y el conductor activo), el circuito de defecto estará formado por el conductor de fase, el conductor de protección que conecta la masa a tierra, la toma de tierra de las masas, la toma de tierra del neutro y el devanado secundario del transformador de alimentación.

1.10.3 Constitución de una SAI:

Explicaremos en que consiste una SAI.

Esquema general de una SAI:

Los elementos del siguiente esquema general se localizan mediante números que remiten a las explicaciones correspondientes, desarrolladas a continuación.



Una SAI dispone de una o dos entradas:

- Red normal (o red 1), alimentada por la red fuente.
- Red bypass (o red 2) alimentada por la red de socorro (normalmente es un cable distinto que sale del mismo C.G.B.T.).

Es aconsejable disponer de una red normal y una red bypass diferenciadas (entradas alimentadas por dos cables distintos que salen del C.G.B.T), pues ello aumenta la fiabilidad de la instalación. Sin embargo, si no se dispone de dos cables de salida del C.G.B.T distintos, la red normal también puede alimentar la red bypass mediante un desdoblamiento del cable de entrada.

La gestión de las transferencias entre ambas redes funciona de la siguiente manera:

-La SAI sincroniza la tensión de salida del ondulator con la de la red bypass cuando dicha tensión se encuentra dentro de tolerancias. De este modo, en caso necesario, el contactor estático puede hacer bascular la utilización hacia esa red sin interrumpir la alimentación (con las 2 tensiones sincronizadas y en fase) y sin riesgo para la carga (si la red bypass está dentro de tolerancias).

-Cuando la red bypass se encuentra fuera de tolerancias, el ondulator se desincroniza y se inhabilita el basculamiento, que puede sin embargo ser accionado manualmente.

Componentes de la SAI:

- Rectificador-cargador (1)

Transforma la energía alterna de la red fuente en una tensión y una corriente continua destinadas a:

-Alimentar el ondulator

-Asegurar la carga y el mantenimiento de la batería de acumuladores.

- Ondulator (2)

A partir de la energía en forma de corriente continua proporcionada por:

-El rectificador en funcionamiento normal

-La batería en caso de corte de la red regenera completamente una tensión alterna de salida con estrictas tolerancias de ancho y de frecuencia.

- Batería (3)

Proporciona a la SAI autonomía con respecto a la red en caso de:

-Corte de la red

-Red fuera de las tolerancias específicas de la SAI.

El tiempo de autonomía oscila de 6 a 30 minutos en versión estándar, pero puede ser superior a petición del cliente. Según la autonomía, la batería va integrada o bien en un armario aparte.

- Bypass estático (4)

Conocido también con el nombre de contactor estático, este bypass posibilita la transferencia sin interrupción* de la carga desde el ondulator hacia la red bypass (no hay elementos mecánicos; el basculamiento se realiza a partir de componentes electrónicos). Su presencia sólo es posible cuando las redes aguas arriba y aguas debajo de la SAI tienen frecuencias nominales idénticas.

El basculamiento se activa automáticamente en los siguientes casos:

-Paro voluntario del ondulator

-Sobrecarga en la utilización superior a las capacidades de limitación del ondulator (en este caso, el basculamiento se puede inhabilitar voluntariamente)

-Anomalía interna.

También es posible activarlo manualmente.

* La transferencia sin interrupción es posible cuando las tensiones de salida del ondulator y de la red de socorro están sincronizadas. La SAI efectúa esta sincronización siempre y cuando la red de socorro esté dentro de tolerancias.

- Bypass manual (5)

Interruptor manual que permite alimentar la utilización a través de la red bypass durante una operación de mantenimiento. Su presencia sólo es posible cuando las redes aguas arriba y aguas debajo de la SAI tienen frecuencias nominales idénticas. El paso al modo bypass manual se realiza mediante interruptores manuales

- Interruptores manuales (6, 7, 8)

Permiten aislar la cadena rectificador/cargador - ondulator y/o el bypass para operaciones de reparación o mantenimiento.

- Disyuntor de la batería (9)

Protege la batería contra las descargas profundas y rectificador/cargador así como el ondulator contra un posible cortocircuito de la batería.

1.10.4 Normativa y especificaciones técnicas de obligado cumplimiento en la fabricación de la SAI:

Estas características recogen las principales especificaciones técnicas de las normas CEI 62040-3 / EN 62040-3 – sobre las prestaciones de los UPS. Algunas de las denominaciones empleadas difieren de la terminología habitual, mientras que ciertas características nuevas aún no han sido integradas por los fabricantes.

- Red de alimentación:

-Número de fases y Esquemas de Conexión a Tierra:

La red de alimentación (red fuente) es de tipo trifásico + neutro. No existen entradas monofásicas en las potencias tratadas.

El régimen de neutro suele venir impuesto, de entre los regímenes normalizados existentes (IT, TT, TNS o TNC).

-Entrada red normal

Esta entrada (red 1) es alimentada por la red fuente, que suministra una tensión con unas tolerancias determinadas al rectificador-cargador.

-Entrada red bypass

Esta entrada (red 2) es alimentada por la red de socorro. En realidad, se trata de un cable que parte de una salida del C.G.B.T distinta de la que alimenta la entrada de la red normal.

Por lo general, la tensión presenta las mismas características que la de la red fuente.

- Rectificador/cargador

-Tensión de floating:

Es la tensión que permite el mantenimiento de la batería gracias al rectificador - cargador. Depende de las baterías y de las recomendaciones de los fabricantes.

-Corriente de entrada - batería en floating (* corriente de entrada asignada)

Es la corriente de entrada en las condiciones normales, necesaria para alimentar el ondulator a su potencia nominal y garantizar que la batería permanece cargada por una corriente llamada "de floating".

-Corriente de entrada – batería en carga

Es la corriente necesaria para alimentar el ondulator a su potencia nominal y mantener cargada la batería. Es más elevada que la anterior y suele tomarse como referencia para dimensionar los cables de entrada del cargador.

*Corriente máxima de entrada

Es la corriente de entrada cuando el UPS funciona en las condiciones límite de sobrecarga autorizada, con una batería descargada. Es superior a la corriente anterior (del valor de sobrecarga) pero limitada en el tiempo igual que la sobrecarga.

Por encima de estos límites, el UPS bascula sin interrupción hacia el bypass, con un retorno automático al ondulator cuando finaliza la sobrecarga o bien tras su eliminación activando las protecciones correspondientes.

- Batería

-Tipo

Se caracteriza por su tecnología (plomo abierto o estanco o níquel cadmio) y su modo de instalación. MGE UPS SYSTEMS propone preferentemente baterías de tipo estanco instaladas en armario.

-Vida útil

Es el tiempo de funcionamiento, en condiciones normales de utilización, transcurrido el cual la batería ya no proporciona más que un 50% de la autonomía inicial.

-Regímenes de funcionamiento

La batería puede estar:

- En carga: absorbe una corriente de carga (I_1 carga) suministrada por el rectificador-cargador.
- En floating: absorbe una débil corriente de mantenimiento suministrada por el rectificador-cargador, la corriente de floating (I_1 floating), que compensa las pérdidas en circuito abierto.
- En descarga: alimenta el ondulator hasta llegar a su tensión de paro. Cuando se alcanza esta tensión, fijada por el fabricante de la batería, ésta se para por un dispositivo de autoprotección (en los UPS MGE UPS SYSTEMS) con el fin de evitar un deterioro por descarga profunda.

-Tensión nominal

Es la tensión continua de salida de la batería para alimentar el ondulator.

-Capacidad

Es la capacidad en Amperios/hora de la batería.

-Número de elementos

Es el número de elementos de batería unitarios que constituyen la cadena de batería total.

-Tensión de floating

Es la tensión continua de mantenimiento de la batería generada por el rectificador/cargador.

-Tiempo de autonomía

Es el tiempo, especificado al principio de su vida útil, durante el cual la batería permite que el UPS suministre su potencia nominal (plena carga) en ausencia de red.

Los tiempos dependen del índice de carga del UPS:

En un UPS funcionando a plena carga (100% de la potencia nominal), el límite de autonomía se alcanza cuando la tensión de la batería desciende hasta la tensión de paro indicada por el fabricante (lo que provoca el paro por autoprotección en los UPS MGE UPS SYSTEMS).

En un UPS funcionando con un índice de carga inferior (por ejemplo, del 75%), el tiempo de autonomía real puede ser más largo, pero también se corresponde con la tensión de paro de la batería.

-Tiempo de recarga (* asignado)

Es el tiempo necesario para que la batería recupere el 80% de su autonomía (90% de su capacidad) realizando una recarga a partir de la tensión de paro. El rectificador/cargador es el responsable de suministrar la energía correspondiente.

-Corriente máxima suministrada por la batería (I_b)

En régimen de suministro, la batería proporciona al ondulator una corriente I_b que alcanza su máximo valor al final de la descarga. Dicho valor determinará el dimensionamiento de los cables de la batería y su protección.

- Ondulador

-Potencia nominal (S_n) (* potencia aparente de salida asignada)

Es la potencia aparente máxima S_n (KVA) que el ondulator puede entregar, a plena carga, con un factor de potencia $PF = 0,8$ con carga lineal, en funcionamiento normal (régimen estático).

Las normas también definen esta potencia en relación con las condiciones de funcionamiento en autonomía. En principio, es la misma potencia siempre que la batería esté correctamente dimensionada.

-Potencia activa de salida (P_a) (* asignada con carga lineal o no lineal)

Es la potencia activa P_a (kW) que corresponde a la potencia aparente nominal de salida S_n (kVA), en las condiciones de cálculo anteriormente indicadas. También se puede determinar para una carga no lineal de referencia normalizada.

-Corriente nominal (I_n)

Es la corriente correspondiente a las condiciones de la potencia nominal.

-Potencia aparente de utilización (S_u) e índice de carga

Es la potencia aparente S_u (kVA) que el ondulator proporciona realmente a la carga alimentada, en las condiciones de explotación elegidas.

Es una fracción de la potencia nominal, según el índice de carga. $S_u \leq S_n$ y $T_c = \text{Índice de carga (\%)} = S_u / S_n$

-Corriente de utilización (I_u)

Es la corriente correspondiente a la potencia de utilización, es decir, al índice de carga en cuestión. Se calcula a partir de P_u como en el caso de la corriente nominal, y la tensión sigue siendo la tensión nominal U_n (valor fijo regulado por el ondulator)

Rendimiento (η)

Es la relación entre la potencia activa P_u (kW) suministrada por el UPS a la carga y la potencia, P_e (kW), que ésta absorbe en entrada del rectificador-cargador o de la batería.

$$\eta = P_u / P_e$$

En la mayoría de UPS, el rendimiento, óptimo a plena carga, disminuye considerablemente con el índice de carga. Gracias a su impedancia de salida y a sus pequeñas pérdidas en vacío, tienen un rendimiento casi constante de entre el 25% y el 100% de carga. Así, Galaxy PW ofrece un rendimiento superior al 90% a partir de un 25% de carga y hasta el 93% a plena carga, además de un modo ECO que optimiza el rendimiento en un 4%, es decir, hasta el 97%.

En la práctica, para simplificar las cosas, se puede aplicar un rendimiento de 0,93 constante entre el 30 y el 100% de índice de carga para cualquier cálculo de la potencia de entrada.

- Tensión de salida U_n

- Número de fases

La salida puede ser trifásica (UPS tri/tri) o monofásica (UPS tri/mono) según el caso. Hay que señalar que los Esquemas de Conexión a Tierra aguas arriba y aguas abajo pueden ser distintos.

- Tensión nominal (* de salida asignada)

Suele ser la misma que la de la red de entrada. Si no, es posible utilizar un transformador de adaptación.

- Características estáticas

Se trata de las tolerancias (variaciones máximas admitidas) de ancho y de frecuencia de la tensión de salida en el régimen establecido. Son más estrictas que las de la red y se calculan para un funcionamiento normal con la red y en autonomía con la batería.

Variación de la tensión de salida:

El límite de tolerancia del ancho se expresa como porcentaje del valor eficaz nominal y se puede ajustar.

Variación de la frecuencia de salida:

El límite de tolerancia es un porcentaje de la frecuencia nominal.

Sincronización de frecuencia con la red fuente

El ondulador entrega una tensión de salida dentro de las tolerancias citadas, independientemente de las perturbaciones que afecten a la red aguas arriba. Con este propósito, el UPS:

Supervisa los parámetros (ancho, frecuencia, fase) de la tensión de la red para así verificar que están dentro de unas tolerancias específicas.

Reacciona ante las fluctuaciones de estos parámetros con el fin de:

- Situarse en sincronización de fase y frecuencia con la red 2, mientras se mantenga dentro de tolerancias, para poder transferirse hacia esta red en caso necesario

- Activar el funcionamiento con la batería en cuanto se encuentra fuera de tolerancias.

Las nuevas tecnologías con IGBT y conmutación permiten llevar un perfecto control de estas oscilaciones.

Características dinámicas

Se trata de las tolerancias en régimen transitorio de la carga.

Los UPS pueden soportar las condiciones siguientes:

Desequilibrio de carga:

Para los desequilibrios de tensión simple o compuesta de la carga:

- De un 30%, la variación de la tensión de salida es $< 0,1\%$

- De un 100% (una fase a I_n , las demás a 0), la variación de la tensión de salida es $< 0,2\%$.

Impacto de carga (transitorios de tensión):

Para impactos de carga del 0% al 100% o del 100% al 0% de la carga nominal, las variaciones de tensión no rebasan:

- $\pm 2\%$ en funcionamiento con la red

- + 2% a - 4% con la batería.

- Capacidades de sobrecarga y de cortocircuito

Sobrecarga:

- 1,1 I_n durante 2 h

- 1,5 I_n durante 1 min

Sin alteración de las tolerancias de salida.

Cortocircuito:

Por encima de 1,65 I_n , los UPS Galaxy y Galaxy PW funcionan con un limitador de corriente hasta 2,33 I_n durante 1 segundo, correspondiente a:

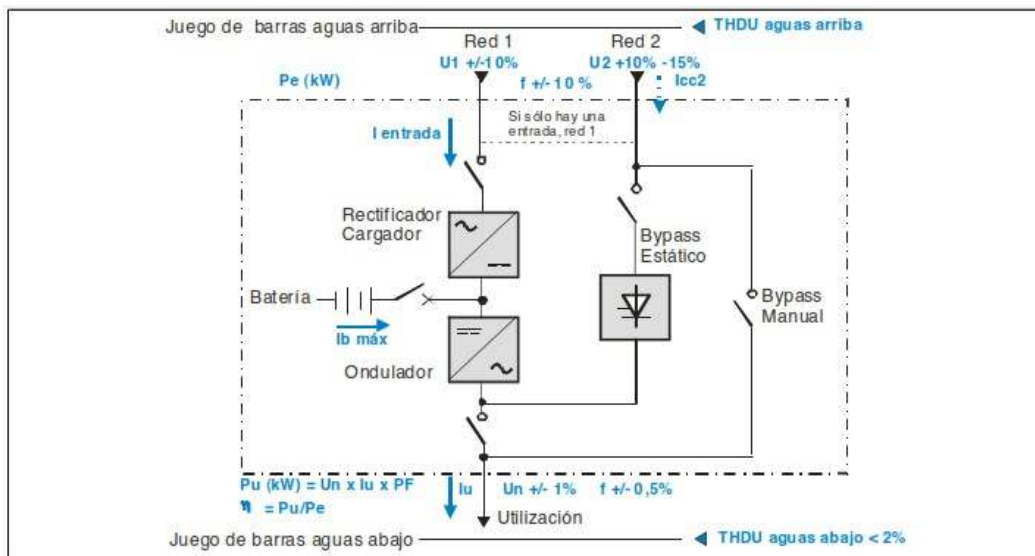
$I_{\text{cresta máx.}} = \sqrt{2} \times 1,65 I_n = 2,33 I_n$.

Con valores superiores, el UPS bascula hacia la red de socorro o bien realiza un paro estático (autoprotección).

- Distorsión total de la tensión de salida

Los UPS deben garantizar un buen rendimiento con todo tipo de carga, sobre todo con las no lineales.

1.10.5 Resumen de las características de obligado cumplimiento:



- Red 1: Normal
 - Tensión $U_n + 10\%$ a -15% C Frecuencia $f + 4\%$ a -6% .
- Red 2: Bypass
 - Tensión $U_n + 10\%$ a -15%
 - Frecuencia $f + 4\%$ a -6%
 - Intensidad de cortocircuito I_{cc2} (soportada por el bypass estático)
- Rectificador-cargador
 - Tensión de floating
 - Corrientes de entrada
 - Asignada (batería en floating)
 - Máxima (batería en carga).
- Batería
 - Autonomía: estándar, de 6, 8, 10, 15, 20, 30, 60 min; superior a petición del cliente
 - Vida útil: 10 años o más
 - Corriente máxima I_b .

- Ondulador:

-Potencia aparente de salida:

Nominal: S_n (kVA)

De utilización: S_u (kVA) = $S_n \times T_c\%$

-Índice de carga $T_c\% = S_u / S_n$

-Potencia activa de salida:

Nominal: P_n (kW) = S_n (kVA) $\times 0,8$

De utilización: P_u (kW) = S_u (kVA) $\times PF = S_n \times T_c\% \times PF = U_n I_u PF$

-Rendimiento: $\eta = P_u / P_n$ (93% y 97% en modo ECO).

-Características estáticas (tolerancias de tensión de salida en régimen establecido)

Ancho: $U_n \pm 1\%$ ajustable $\pm 3\%$

Frecuencia: $f \pm 1\%$ en funcionamiento normal, $f \pm 0,5\%$ en modo autonomía

Tensión del ondulator sincronizada (en frecuencia y fase) con la de la red 2 cuando ésta se encuentra dentro de tolerancias.

-Características estáticas dinámicas (tolerancias en régimen transitorio)

Variación máxima de tensión y frecuencia por impacto de carga del 0% al 100% o del 100% al 0%: $U_n \pm 2\%$, $f \pm 0,5\%$

-Distorsión de la tensión de salida

Para un 100% de cargas no lineales THDU < 2%

-Capacidad de sobrecarga y de CC

Sobrecarga: $1,5 I_n$ - 1 min

Cortocircuito: limitación de corriente $2,33 I_n$ - 1 s.

- Utilización

-Corriente de utilización I_u

-Factor de potencia PF.

1.10.6 Características de la SAI seleccionada (2 unidades iguales):

Una vez descritas las especificaciones de obligado cumplimiento seleccionaremos un equipo que cumple sobradamente todos los requisitos anteriormente señalados. El equipo escogido es de la marca Schneider Electric, modelo Easy UPS 3L con una potencia de 500kVA, 400V.

- Factor de potencia de entrada

Potencia nominal del SAI	500 kVA
Carga del 25 %	0.99
Carga del 50 %	0.99
Carga del 75 %	0.99
Carga del 100 %	0.99

- Eficiencia para una carga lineal a 400V, 50Hz y factor de potencia 1.

-Modo normal con funcionamiento con red a la entrada:

Potencia nominal del SAI	500 kVA
Carga del 25 %	95,42 %
Carga del 50 %	95,45 %
Carga del 75 %	94,90 %
Carga del 100 %	94,16 %

-Modo a través de batería sin tensión a la entrada:

Potencia nominal del SAI	500 kVA
Carga del 25 %	94.46%
Carga del 50 %	95.18%
Carga del 75 %	94.81%
Carga del 100 %	94.29%

- Tiempo de autonomía de la batería

Para decidir cuantas baterías tenemos que montar, primero debemos determinar cuál es el tiempo que se desea disponer de autonomía sin funcionamiento del grupo electrógeno. El tiempo decidido será de 10 minutos con una carga del 100% en cada uno de los equipos. Esto significa que al tener las SAIs trabajando a menos de la mitad de la carga, el tiempo real será superior a 20 minutos entre las dos SAIs.

Potencia nominal del SAI	500 kVA			
Factor de potencia	1			
	Carga del 25 %	Carga del 50 %	Carga del 75 %	Carga del 100 %
E3MCBC10E	21	6.8		
2 x E3MCBC10B	21	6.8		
2 x E3MCBC10C	24.5	8.3		
2 x E3MCBC10D	37	15	8.3	
2 x E3MCBC10E	52.5	21	11	6.7
3 x E3MCBC7B	18	6.5		
3 x E3MCBC10A	25.5	10	5	
3 x E3MCBC10B	36.5	13.5	6.7	
3 x E3MCBC10C	41.5	16	8.3	
3 x E3MCBC10D	60	26	15	9.9
3 x E3MCBC10E	86	36.5	21	13.5

(Los datos de la tabla superior están dados en minutos)

Luego para la autonomía definida de proyecto se montaran 3 armarios del modelo E3MCBC10D de 50 bloques de baterías de plomo estanco, siendo las especificaciones del conjunto de baterías las de la tabla siguiente:

Potencia nominal del SAI	500 kVA
Potencia de carga máxima como porcentaje de la potencia de salida	21 %
Máxima potencia de carga (kW)	108
Tensión nominal de la batería (VCC)	De ± 216 a ± 300
Tensión de flotación nominal (VCC)	De ± 243 a $\pm 337,5$
Tensión de fin de descarga (a plena carga) (VCC)	De ± 172.8 a ± 240
Corriente de la batería a carga completa y tensión nominal de batería (A)	1231-886
Corriente de la batería a carga completa y tensión mínima de batería (A)	1539-1102
Compensación de la temperatura (por celda)²	Programable de 0 a 7 mV/°C. Por defecto: 0 mV/°C.
Corriente de ondulación	<5 % C10

- Características eléctricas en la entrada de tensión:

Potencia nominal del SAI	500 kVA		
Tensión (V)	380	400	415
Conexiones	L1, L2, L3, N, PE		
Rango de tensión de entrada (V)	323-477 (a plena carga)		
Rango de frecuencias (Hz)	40-70		
Corriente de entrada nominal (A)	808	768	740
Corriente de entrada máxima (A)	946	899	866
Límite de corriente de entrada (A)	1080		
Distorsión armónica total de corriente (THDI)	<3 % para cargas lineales <5 % para cargas no lineales		
Factor de potencia de entrada	>0,99		
Valor nominal de cortocircuito máximo	Icc = 35 kA		
Rampa de corriente de entrada	7 s		

- Características del Bypass estático:

Potencia nominal del SAI	500 kVA		
Tensión (V)	380	400	415
Conexiones	L1, L2, L3, N, PE		
Capacidad de sobrecarga	$\leq 115\%$ continuo 125% durante 10 minutos 150% durante 1 minuto		
Tensión de derivación mínima (V)	209	221	228
Tensión de derivación máxima (V)	475	480	477
Frecuencia (Hz)	50 o 60		
Rango de frecuencias (%)	$\pm 1, \pm 2, \pm 4, \pm 5, \pm 10$. El valor predeterminado es ± 10 (seleccionable por el usuario).		
Corriente de derivación nominal (A)	767	729	703
Valor nominal de cortocircuito máximo	$I_{cc} = 35 \text{ kA}$		

- Características eléctricas en la salida de tensión:

Potencia nominal del SAI	500 kVA		
Tensión (V)	380	400	415
Conexiones	L1, L2, L3, N, PE		
Capacidad de sobrecarga	105 % continuo 125 % durante 10 minutos 150 % durante 1 minuto		
Regulación de tensión de salida	± 1 %		
Respuesta de carga dinámica	20 milisegundos		
Factor de potencia de salida	1		
Corriente de salida nominal (A)	760	722	696
Distorsión armónica total de voltaje (THDU)	≤ 2 % a 100 % de carga lineal, ≤ 4 % a 100 % de carga no lineal		
Frecuencia de salida (Hz)	50 o 60		
Velocidad de cambio de voltaje (Hz/s)	Programable: De 0,5 a 2,0 Valor por defecto: 0,5		
Clasificación del rendimiento de salida (según IEC/EN62040-3)	VFI-SS-111		
Factor de potencia de carga	De 0,5 en adelante a 0,5 en retardo sin reducción		
Corriente de cortocircuito de salida (inversor)	1 kA /200 ms		

- Condiciones ambientales de la sala de ubicación de las SAIs

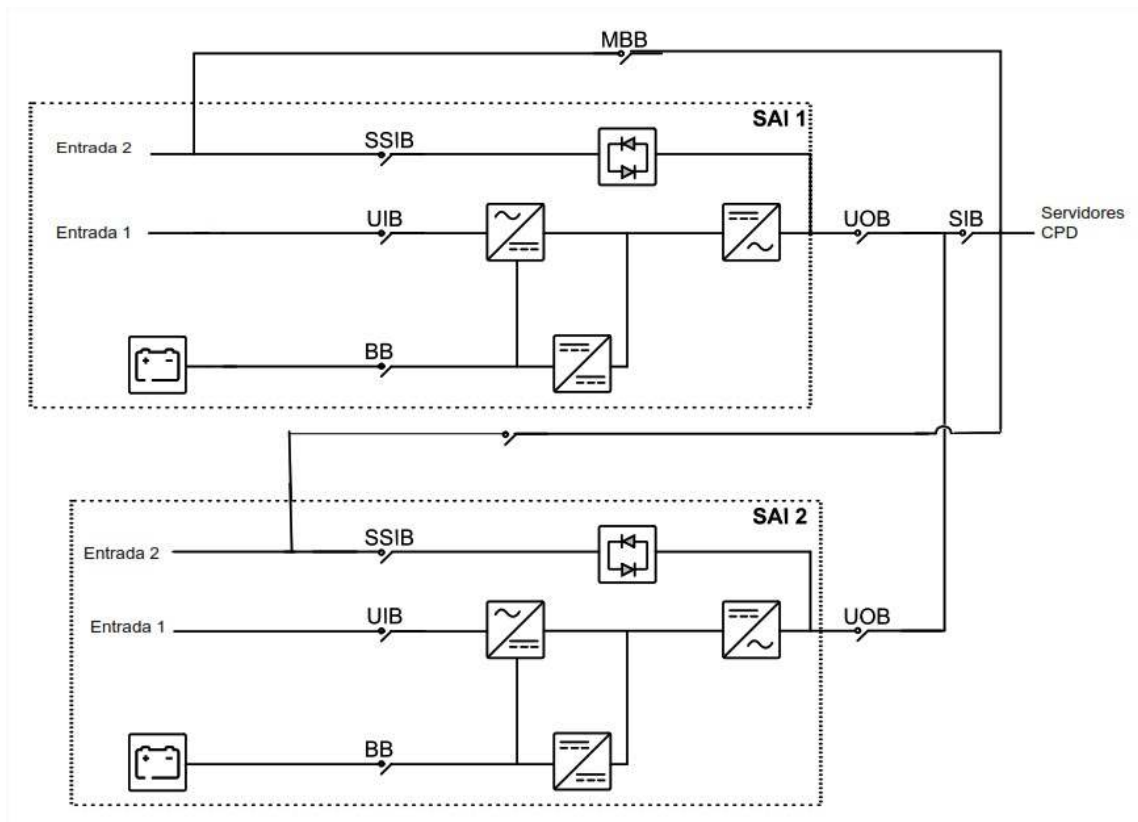
	Funcionamiento	Almacenamiento
Temperatura	De 0 °C a 30 °C	De -15 °C a 40 °C para sistemas con baterías De -25 °C a 55 °C para sistemas sin baterías
Humedad relativa	0-95 % sin condensación	
Reducción de la potencia por altitud según IEC 62040-3	Factor de reducción de potencia: 0-1500 m: 1,000 1500-2000 m: 0,975	< 15 000 m por encima del nivel del mar (o en un entorno con presión de aire equivalente)
Ruido audible	<72 dBA a plena carga según ISO3746	
Grado de protección	IP20 (filtro de polvo estándar)	

- Disipación térmica:

Potencia nominal de una SAI	500 kVA	
	W	BTU/h
Modo normal	31800	108507
Modo de batería	28550	97417

La disipación real será el doble debido a la instalación de dos equipos SAI.

- Esquema de bloques de funcionamiento de las dos SAIs



1.11 Equipo de compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos:

Las cargas de la instalación son en su mayor parte no lineales, eso implicaría para la compensación de energía reactiva tener que montar una batería de compensación de reactiva dotada de filtros de rechazo y por otro lado para evitar que los transformadores de potencia entraran en zona de desclasificación hay que filtrar los armónicos con lo cual además conseguiremos que el alternador del grupo electrógeno trabaje con un menor grado de armónicos, consiguiendo una mayor eficiencia del G.E..

En la memoria de cálculos 2.7.9 se ha obtenido un valor de intensidad del equipo para el filtrado de 203,8 A.

1.11.1 Descripción del funcionamiento

Los filtros activos inyectan corrientes armónicas y reactivas para restringir la distorsión armónica y mejorar el factor de potencia de la instalación eléctrica y es válido para todo tipo de industrias y aplicaciones. El equipo mide la corriente completa de la carga, quita la componente fundamental de la frecuencia e inyecta lo contrario de la forma de onda restante para obtener casi por completo la cancelación de la corriente armónica. El espectro completo del aparato no se centrara en frecuencias específicas, sino que crea una forma de onda "online" basado en la lectura que realiza con sus sensores (Transformadores de intensidad), independientemente de las frecuencias que las cargas no lineales contienen.

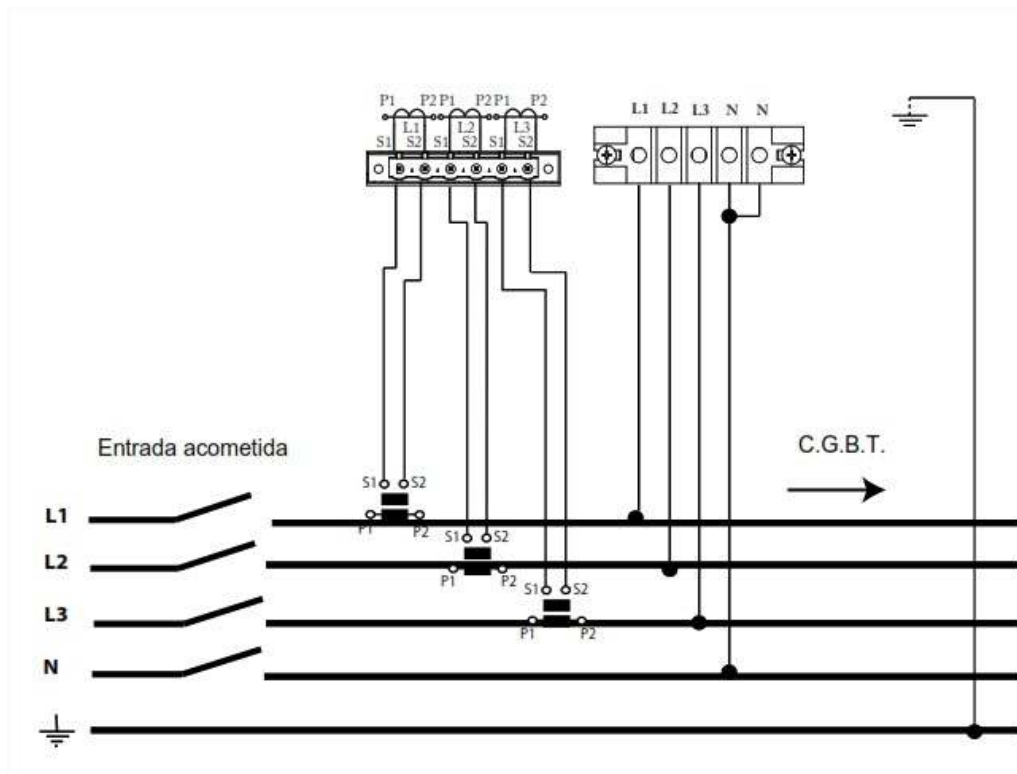
El filtro activo supervisa la carga mediante transformadores de intensidad instalados en la línea de corriente alterna, nutriéndose de las cargas aguas abajo. Esta información es analizada por la lógica del equipo para determinar el valor de la corrección que debe ser inyectada en la línea.

Los filtros activos están desarrollados con dos modos de sistemas de control. La lógica discreta que se basa en la utilización de las transformadas rápidas de Fourier (FFT), para calcular las amplitudes y el ángulo de fase de cada rango armónico. Los dispositivos de potencia se encargan de generar una corriente de igual amplitud pero de ángulos de fase opuesta para rangos armónicos concretos.

La otra forma de control se denominada cancelación del espectro total. Este modo de control no lleva a cabo la FFT. Los algoritmos de control son analógicos. El controlador obtiene un ejemplo de corriente captada por el transformador, suprime la componente de la frecuencia fundamental y empieza a inyectar la corrección. De esta manera, suprimimos todo el "ruido" no fundamental (50 Hz) de la fuente eléctrica. Este "ruido" puede llevar frecuencias no enteras, también conocidas como interarmónicos.

Los filtros activos además estarán pensados para inyectar corriente reactiva a frecuencia fundamental para aportar la corrección del factor de potencia y, en algunos casos, compensar las rápidas fluctuaciones de la carga y disponer de un grado de tensión estable.

1.11.2 Esquema de montaje



1.11.3 Características técnicas del equipo

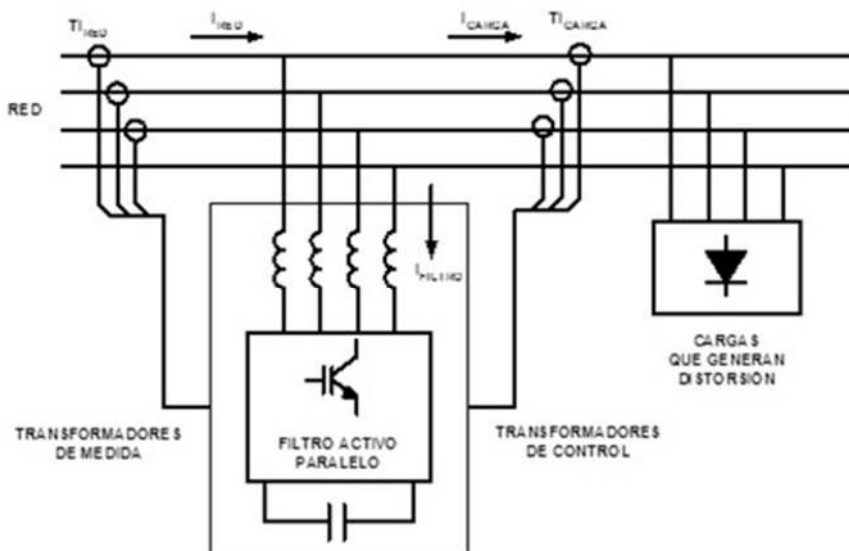
Por lo expuesto en los puntos 1.10.1 y 1.10.2, la elección del filtro activo va a ser el fabricado por Circutor, modelo AFQm-4WF-200C-400 de 200 A de intensidad de corrección.

Las características técnicas del aparato, montaje y programación las reproducimos en los apartados a continuación:

1.11.3.1 Descripción General

Los AFQm-4WF-200C-400 son filtros activos que nos posibilitan compensar los armónicos, el desequilibrio y el desfase de las corrientes consumidas aguas abajo del punto de su conexión. Los AFQM-4WF-200C-400 se conectan en paralelo con el conjunto de cargas a compensar.

El principio de actuación para la compensación de armónicos se basa en la inyección de una corriente en contrafase, la cual anula los armónicos generados por la carga, como podemos observar en la siguiente figura. ($I_{CARGA} + I_{FILTRO} = I_{RED}$)



Conexión de un filtro activo paralelo AFQm-4WF-200C-400

1.11.3.2 Tipos de filtros activos

Dependiendo de su configuración, hay varios tipos de filtros activos paralelo:

- Monofásicos: Los tipos monofásicos se aplican para compensar armónicos y desfase en cargas monofásicas (2 hilos)

- Trifásicos de 3 hilos: Los AFQM trifásicos de 3 hilos son adecuados para la compensación de armónicos, desequilibrio y desfase en sistemas trifásicos sin neutro (3 hilos). Si estos equipos se usan para compensar sistemas con neutro (4 hilos), son incapaces de compensar las componentes de secuencia cero. En particular son de secuencia cero el armónico 2.3 y sus múltiplos.

-Trifásicos de 4 hilos: El filtro CIRCUTOR AFQm-4WF-200C-400 pertenece a esta categoría y es el seleccionado para la instalación en el presente proyecto. Está formado por un ondulador de 4 ramas que actúa según el principio de inyección de corriente en contratasa explicado más arriba. La ventaja de este tipo de filtros es que permiten la compensación completa de sistemas trifásicos con neutro, incluyendo los armónicos de orden 3 y sus múltiplos y los desequilibrios (corrientes de orden cero que sobrecargan los neutros). Así pues los sistemas de 4 hilos minimizan la corriente de neutro. La siguiente figura muestra un diagrama simplificado de un filtro de 4 hilos. Los filtros AFQm-4WF-200C-400 requieren siempre la conexión a neutro.

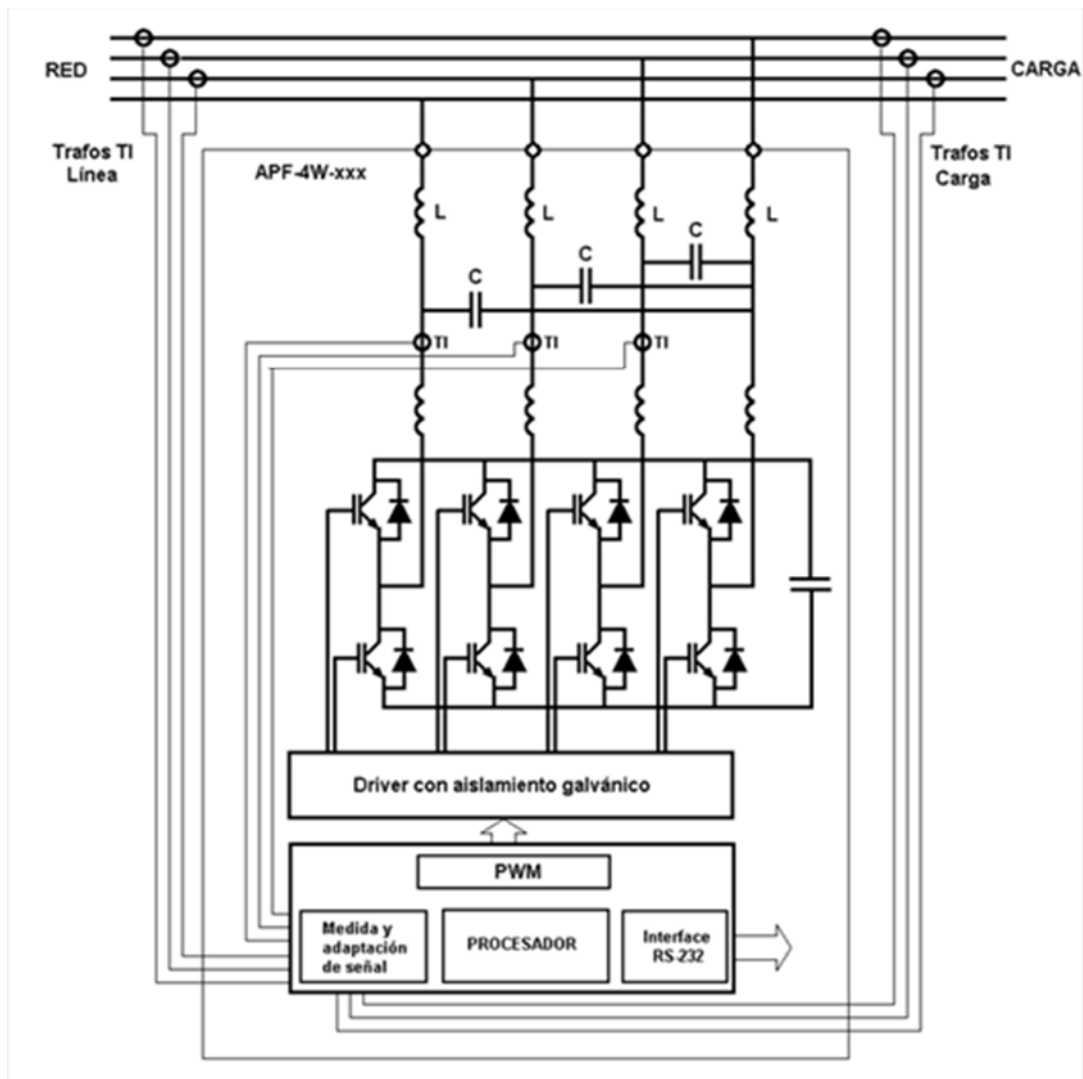


Diagrama de bloques del filtro activo AFQm-4WF-200C-400.

1.11.3.3 Comportamiento del AFQm-4WF-200C-400 en limitación de corriente.

El filtro AFQm-4WF-200C-400 actúa como fuente de corriente y su eficacia se encuentra restringida por la corriente máxima que es capaz de proporcionar. Esta corriente máxima se conoce como corriente límite y la llamaremos $I_{\text{límite}}$.

Durante un funcionamiento ordinario, si la corriente requerida no alcanza el valor $I_{\text{límite}}$, se producirá la compensación de armónicos, de desequilibrio y de desfase. Si la carga necesita una corriente de compensación mayor a $I_{\text{límite}}$, en ese caso la compensación de desfase puede anularse (según ajustes) y el filtro puede dedicar toda su capacidad a la compensación de desequilibrio y armónicos. Si en esta situación el filtro sigue demandando una corriente superior a $I_{\text{límite}}$, puede ajustarse para dejar de compensar desequilibrio o armónicos (a elegir).

Si el equipo se encuentra compensando sólo armónicos y se necesita una corriente mayor a $I_{\text{límite}}$, sólo se podrá producir la compensación de armónicos de forma parcial. Una función "set-up" durante la puesta en marcha del equipo nos permite determinar la prioridad de cada una de estas compensaciones (reactiva, desequilibrio y armónicos) y seleccionar los armónicos que deben ser compensados con máxima prioridad.

1.11.3.4 Notas de aplicación del fabricante sobre el equipo AFQm-4WF-200C-400

- El filtro AFQm-4WF-200C-400 está especialmente diseñado para la compensación de armónicos, desequilibrio y $\cos \varphi$ en líneas de distribución de Baja Tensión, donde puedan existir numerosas cargas monofásicas.
- La capacidad de compensar corriente de neutro en los equipos AFQm-4WF-200C-400 es 1,5 veces superior a la de las fases. Esto significa que, en sistemas equilibrados, el equipo puede llegar a compensar cargas que tengan hasta un 40% de armónicos de orden (3.k.w), sin alcanzar $I_{\text{límite}}$ en el neutro. Para tasas de distorsión superiores el remanente de armónicos continuará circulando por el neutro.
- Los equipos AFQm-4WF-200C-400 no pueden combinarse en paralelo con otros tipos de filtros pasivos de absorción o con condensadores sin filtro. La única combinación posible con equipos de mejora de FP es con filtros "desintonizados" con $\varphi = 7\%$, $\varphi = 14\%$ o $\varphi = 5,6\%$.

1.11.4 Protocolo comprobación y puesta en marcha de equipo

El equipo de compensación de reactiva y filtrado de armónicos, al ser un aparato muy especializado y que precisa múltiples comprobaciones hace oportuno para su puesta en marcha la realización de un protocolo completo que recoja todas las parametrizaciones y forma de montaje del mismo.

1.12 Cuadro general de Baja Tensión.

1.12.1 Interruptores del C.G.B.T.

1.12.1.1 Interruptores Líneas 2.1 y 2.2 del C.G.B.T.

Por seguridad montaremos dos líneas de salida de la conmutación Red-Grupo hacia el C.G.B.T.. Dichas líneas estarán protegidas cada una por un interruptor de protección magnetotérmica que tendrá las siguientes características:

Protección de la línea 2.1 (la línea 2.2 llevara la misma protección).

El modelo elegido es el Masterpact MTZ1 10 de 4 polos con el relé Micrologic 5.0X, cuyas características técnicas son:

Características													
					Masterpact MTZ1 De 630 a 1600 A								
Interruptor automático conforme a IEC/EN 60947-2													
Masterpact					06	08	10	12	16				
Intensidad nominal a 40/50 °C ^[1]					In (A)	630	800	1000	1250	1600			
Calibres del sensor					(A)	400	400	400	630	800			
						a 630	a 800	a 1000	a 1250	a 1600			
Masterpact					06 a 10				12 a 16				
Tipo						H1	H2	H3	L1 ^[2]				
Poder de corte último					Icu (kA rms)	220/415 V	42	50	66	150	42	50	66
Vca, 50/60 Hz						440 V	42	50	66	130	42	50	66
						500/525 V	42	42	-	100	42	42	-
						660/690 V	42	42	-	25	42	42	-
						1150 V	-	-	-	-	-	-	-
Poder de corte en servicio					Ics (kA rms)	% Icu	100	100	75 ^[4]	100	100	100	75 ^[4]
Categoría de empleo ^[3]							B	B	A	B	B	B	B
Intensidad de corta duración admisible					Icw (kA rms)	0,5 s	42	50	10	42	42	50	42
Vca, 50/60 Hz						1 s	42	50	50	-	42	50	42
						3 s	24	24	30	-	24	24	30
Poder de cierre nominal					Icm (kÂ)	220/415 V	88	105	145	330	88	105	145
Vca, 50/60 Hz						440 V	88	105	145	286	88	105	145
						525 V	88	88	-	220	88	88	-
						690 V	88	88	-	52	88	88	-
						1150 V	-	-	-	-	-	-	-
Protección instantánea integrada (valor DIN kA instantáneo ±10%) ^[3]							-	90	110	10 In	-	90	105
Tiempo de corte entre la orden de disparo y la extinción del arco					(ms)		25	25	25	9	25	25	25
Tiempo de cierre					(ms)		< 50				< 50		

El relé seleccionado 5.0X cuenta con protección diferencial ajustable que permitirá la protección de las corrientes de defecto.

Micrologic 5.0X	
	Largo retardo Código ANSI 49 RMS Regulación de intensidad (A) $I_r = I_n \times \dots$ $I_r = 0,4 I_n$ a I_n , incremento de 1 A Disparo entre 1,05 y 1,20 x I_r Regulación de tiempo $t_r = 0,5$ s a 24 s, incremento de 0,5 s para 6 I_r Ejemplo de regulación de tiempo: Precisión: 0 a -30% 1,5 x I_r 12,5 25 50 100 200 300 400 500 600 Temporización (s) Precisión: 0 a -20% 6 x I_r 0,5 ^[1] 1 2 4 8 12 16 20 24 Precisión: 0 a -20% 7,2 x I_r 0,7 ^[2] 0,69 1,38 2,7 5,5 8,3 11 13,8 16,6 Memoria térmica Tras disparo
	Corto retardo Código ANSI 51 Enganche (A) $I_{sd} = I_r \times \dots$ $I_{sd} = 1,5 I_r$ a $10 I_r$, incremento de 0,5 I_r ^[4] Precisión: ± 10 % Regulación de tiempo t_{sd} (s) Ajustes I^2t Off 0 0,1 0,2 0,3 0,4 I^2t On - 0,1 0,2 0,3 0,4 Tiempo de maniobra a 10 x I_r Tiempo restaurable máx. 20 80 140 230 350 I^2t Off o I^2t On Tiempo de corte máx. 80 140 200 320 500
	Instantáneo Código ANSI 50 Enganche (A) $I_i = I_n \times \dots$ $I_i = 2 I_n$ a $15 I_n$, incremento de 0,5 I_n ^[4] y protección OFF Precisión: ± 10 % Tiempo de maniobra Estándar Rápido Tiempo restaurable máx. 20 ms 0 ms Tiempo de corte máx. 50 ms 30 ms

Las características del interruptor y el relé están descritas en el apartado 1.8.1.

Ajuste del relé:

INTERRUPTOR LINEA 1 DEL C.G.B.T (EL INT. 2 LLEVARA EL MISMO AJUSTE)			
PARAMETROS		POSICION SELECTOR	VALORES TARADOS
Umbral largo retardo I_r.	I_r	1	1000 A
Temporizacion largo retardo t_r.	t_r	8	8 Seg.
Umbral corto retardo I_{sd}.	I_{sd}	2	1,5 KA
Temporizacion corto retardo t_{sd}.	t_{sd}	0,3 ON	0,3 Seg.
Regulación del neutro	I_n	N = F	1000 A
Umbral instantáneo I_i.	I_i	8	12 KA
Umbral I_g de protección	I_g	A	1000 A
Temporizacion t_g de protección tierra	t_g	0,1 ON	0,8 Seg.

1.12.1.2 Interruptores de protección de las SAIs (Red 1 y Red 2).

- En la entrada:

El interruptor seleccionado será el modelo Masterpact MTZ1 10 de 1000 A y 4 polos (recomendación de fabricante), con el relé Micrologic 5.0X, cuyas características están descritas en el apartado 1.8.1. Se instalarán 4 interruptores idénticos para la acometida de las SAIs (Líneas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4).

INTERRUPTORES ENTRADA DE SAIs			
PARAMETROS		POSICION SELECTOR	VALORES TARADOS
Umbral largo retardo Ir.	Ir	0,6	600 A
Temporizacion largo retardo tr.	tr	8	8 Seg.
Umbral corto retardo Isd.	Isd	2	1,5 KA
Temporizacion corto retardo tsd.	tsd	0,3 ON	0,3 Seg.
Regulación del neutro	In	N = 2 F	1200 A
Umbral instantáneo li.	li	8	12 KA
Umbral Ig de protección	Ig	A	600 A
Temporizacion tg de protección tierra	tg	0,1 ON	0,8 Seg.

- En la salida:

Los interruptores en la salida de las SAIs que se montaran serán de tipo caja moldeada para la intensidad prevista que son 600,9 A, de la marca ABB, modelo Tmax XT7D de 4 polos 1250 A con relé de protección Ekip Touch LSIG. Ajustado a 625 A por fase y 1250 A para el neutro, dado que este interruptor permite entre otras funciones el ajuste de la intensidad del neutro al doble de la intensidad de fase. Se instalarán 4 interruptores idénticos para la salida de las SAIs (Líneas 7.1, 7.2, 7.3, 7.4).

Características del interruptor XT7D:

Characteristics			
Size		XT7D	
Conventional free air thermal current, I _{th}	[A]	1000 - 1250 - 1600	
Poles	[No.]	3, 4	
Versions		Fixed, Withdrawable	
Rated service voltage, U _e	(AC) 50-60Hz	[V]	690
	(DC)	[V]	750
Rated insulation voltage, U _i		[V]	1,000
Rated impulse withstand voltage, U _{imp}		[kV]	8
Rated making capacity in shortcircuit, I _{cm}	(Min) Disconnecter only	[kA]	40
	(Max) With automatic circuit-breaker on supply side	[kA]	252
Rated short-time withstand current for 1s, I _{cw}		[kA]	20
Rated operating current, I_e (AC) 50-60Hz			
AC-22A	415-440Vac		1000 - 1250 - 1600
AC-23A			1000 - 1250 - 1600
AC-22A	690V AC		1000 - 1250 - 1600
AC-23A			1000 - 1250 - 1600
Rated operating current, I_e DC			
DC-22A	250V DC		1000 - 1250 - 1600 - 2p in series
DC-23A			1000 - 1250 - 1600 - 2p in series
DC-22A	500V DC		1000 - 1250 - 1600 - 3p in series
DC-23A			1000 - 1250 - 1600 - 3p in series
DC-22A	750V DC		1000 - 1250 - 1600 - 4 p in series
DC-23A			1000 - 1250 - 4 p in series
Electrical life AC22 / AC23 (AC) 440 V In			2,500
Mechanical life			20,000

(1) XT6 1000 A is available exclusively in fixed version

Características del relé de protección Ekip Touch LSIg:

ABB Code	ANSI Code	Function	Ekip Touch LSI	Ekip Touch LSIg
Default Protection				
L	49	Overload	●	●
S	50 TD / 68 / 51	Selective short circuit	●	●
I	50	Instantaneous short-circuit	●	●
G	50N/50N TD/68/51N	Earth Fault		●
N		Neutral	●	●
2I	50	2nd instantaneous short-circuit	●	●
MCR		Closing on short-circuit	●	●
Iinst		Instantaneous high intensity short-circuit protection	●	●
IU	46	Current unbalance	●	●
Harmonic Distortion			●	●
T		Temperature	●	●
Hardware trip			●	●
Current Thresholds			●	●
S2	50 TD/68	2nd Time delayed overcurrent	●	●
Voltage Protection package				

Pantalla del relé de protección:

1. Led de encendido, pre-alarma y alarma.
2. Conector de programación y test.
3. Pantalla
4. Botón de inicio
5. Botón de test y obtención de información.



Ajustes del relé de protección:

INTERRUPTORES SALIDA DE SAIs			
PARAMETROS		POSICION SELECTOR	VALORES TARADOS
Umbral largo retardo Ir.	Ir	0,5	625 A
Temporizacion largo retardo tr.	tr	8	8 Seg.
Umbral corto retardo Isd.	Isd	2	1,5 KA
Temporizacion corto retardo tsd.	tsd	0,3 ON	0,3 Seg.
Regulación del neutro	In	N = 2 F	1250 A
Umbral instantáneo li.	li	8	12 KA
Umbral Ig de protección	Ig	A	625 A
Temporizacion tg de protección tierra	tg	0,1 ON	0,8 Seg.

1.12.1.3 Interruptor del equipo de compensación de energía reactiva y filtrado de armónicos.

De acuerdo a las intensidades de fase y de neutro presentadas en la tabla y de acuerdo a las recomendaciones del fabricante Circutor, que indica que la protección del neutro debe ser de 407,6 A y la fase de 203,8 A.

Características del interruptor de protección:

Rated uninterrupted current ranges [A]	XT5
Power Distribution Protection	
Thermal-magnetic	
TMD	
TMA	300...630
Ekip Dip	
Ekip Dip LS/I	200...630
Ekip Dip LIG	200...630
Ekip Dip LSI	200...630
Ekip Dip LSIG	200...630
Ekip Touch	
Ekip Touch LSI	200...630
Ekip Touch LSIG	200...630
Ekip Touch Measuring LSI	200...630
Ekip Touch Measuring LSIG	200...630
Ekip Hi-Touch LSI	200...630
Ekip Hi-Touch LSIG	200...630

Ajustes del relé de protección:

INTERRUPTOR DEL EQUIPO DE COMPENSACION DE REACTIVA Y FILTRADO DE ARMONICOS			
PARAMETROS		POSICION SELECTOR	VALORES TARADOS
Umbral largo retardo Ir.	Ir	0,35	220 A
Temporizacion largo retardo tr.	tr	8	8 Seg.
Umbral corto retardo Isd.	Isd	2	1,5 KA
Temporizacion corto retardo tsd.	tsd	0,3 ON	0,3 Seg.
Regulación del neutro	In	N = 2 F	440 A
Umbral instantáneo li.	li	8	12 KA
Umbral Ig de protección	Ig	A	220 A
Temporizacion tg de protección tierra	tg	0,1 ON	0,8 Seg.

1.12.1.4 Interruptor del circuito de climatización.

Para la intensidad prevista en el circuito de 501,56 A, y al no tener previsión de cargas con un alto contenido armónico, el interruptor que se va a montar es el de la marca Schneider de tipo caja moldeada, serie NSX630 de 630 A y 4 polos, con el relé magnetotérmico TM-D. Se ajustara el relé a la intensidad anteriormente señalada.

Características del interruptor:

Interruptores automáticos					NSX630			
Tipo de poder de corte					N	H	S	L
Características eléctricas según IEC 60947-2								
Corriente nominal (A)		In	40 °C		630			
Número de polos					3, 4			
Poder de corte último (kA rms)								
		Icu	AC 50/60 Hz	220/240 V	85	100	120	150
				380/415 V	50	70	100	150
				440 V	42	65	90	130
				500 V	30	50	65	70
				525 V	22	35	40	50
				660/690 V	10	20	25	35
Poder de corte en servicio (kA rms)								
		Ics	AC 50/60 Hz	220/240 V	85	100	120	150
				380/415 V	50	70	100	150
				440 V	42	65	90	130
				500 V	30	50	65	70
				525 V	11	11	12	12
				660/690 V	10	10	12	12
Endurancia (ciclos C-A)		Mecánica		15000				
		Eléctrica	440 V	In/2	8000			
				In	4000			
			690 V	In/2	6000			
				In	2000			
Características eléctricas según Nema AB1								
Poder de corte (kA ef)		AC 50/60 Hz	240 V	85	100	120	150	
			480 V	42	65	90	130	
			600 V	20	35	40	50	
Características eléctricas según UL 508								
Poder de corte (kA ef)		AC 50/60 Hz	240 V	85	85	-	-	
			480 V	50	65	-	-	
			600 V	20	20	-	-	

1.12.1.5 Interruptor del circuito de servicios auxiliares.

Para la intensidad prevista en el circuito de 171,12 A, y al no tener previsión de cargas con un alto contenido armónico, el interruptor que se va a montar es el de la marca Schneider de tipo caja moldeada, serie NSX250 de 250 A y 4 polos, con el relé magnetotérmico TM-D. Se ajustara el relé a la intensidad de 175 A, el cual es el valor mínimo que permite el relé indicado.

Interruptores automáticos					NSX250							
Tipo de poder de corte					F	N	H	S	L	R	HB1	HB2
										(4)		
Características eléctricas según IEC 60947-2												
Corriente nominal (A)		In	40 °C		250					250		
Número de polos					2 (3), 3, 4					2 (3), 3, 4		
Poder de corte último (kA rms)												
	Icu	AC 50/60 Hz	220/240 V		85	90	100	120	150	200	-	-
			380/415 V		36	50	70	100	150	200	-	-
			440 V		35	50	65	90	130	200	-	-
			500 V		30	36	50	65	70	80	85	100
			525 V		22	35	35	40	50	65	80	100
			660/690 V		8	10	10	15	20	45	75	100
Poder de corte en servicio (kA rms)												
	Ics	AC 50/60 Hz	220/240 V		85	90	100	120	150	200	-	-
			380/415 V		36	50	70	100	150	200	-	-
			440 V		35	50	65	90	130	200	-	-
			500 V		30	36	50	65	70	80	85	100
			525 V		22	35	35	40	50	65	80	100
			660/690 V		8	10	10	15	20	45	75	100
Endurancia (ciclos C-A)		Mecánica			20.000					20.000		
		Eléctrica	440 V	In/2	20.000					20.000		
				In	10.000					10.000		
			690 V	In/2	10.000					10.000		
					5.000					5.000		
Características eléctricas según Nema AB1												
Poder de corte (kA ef)		AC 50/60 Hz	240 V		85	90	100	120	150	200	-	-
			480 V		35	50	65	90	130	150	85	100
			600 V		20	20	35	40	50	50	75	100
Características eléctricas según UL 508												
Poder de corte (kA ef)		AC 50/60 Hz	240 V		85	85	85	-	-	-	-	-
			480 V		35	50	65	-	-	-	-	-
			600 V		15	15	15	-	-	-	-	-

1.12.2 Envolvente del Cuadro General de Baja Tensión.

Las características de construcción del armario tienen que garantizar un grado de seguridad suficiente que contemple que los problemas internos, como cortocircuitos o fallos intrínsecos del aparellaje suponga la parada del CPD.

Luego, a pesar de que la construcción de los armarios eléctricos habitualmente no tenga un apartado específico en los proyectos, para este proyecto si le dedicaremos unos apartados para la descripción detallada de su construcción.

La construcción del armario debe seguir estrictamente lo previsto en la norma IEC 61439, partes 1 y 2, que a continuación desglosamos. A parte se usa como referencia el cuaderno de aplicaciones técnicas nº 9 de ABB que detalla dicha norma.

Nivel de Protección IP

El nivel de protección IP de una envolvente es el rango de protección de la envolvente frente a la admisión de partes peligrosas, frente a la entrada de cuerpos extraños y frente al ingreso de agua. Este nivel de la envolvente se establece según la norma IEC EN 60529 se determina mediante las letras IP (International Protection) y con la continuación de dos cifras numéricas y a veces también de dos letras. El número primero nos señala el nivel de protección frente a la entrada hacia el interior de cuerpos sólidos y frente al contacto de personas con zonas internas peligrosas. El segundo número nos señala el nivel de protección de la envolvente frente a daños por ingreso de agua.

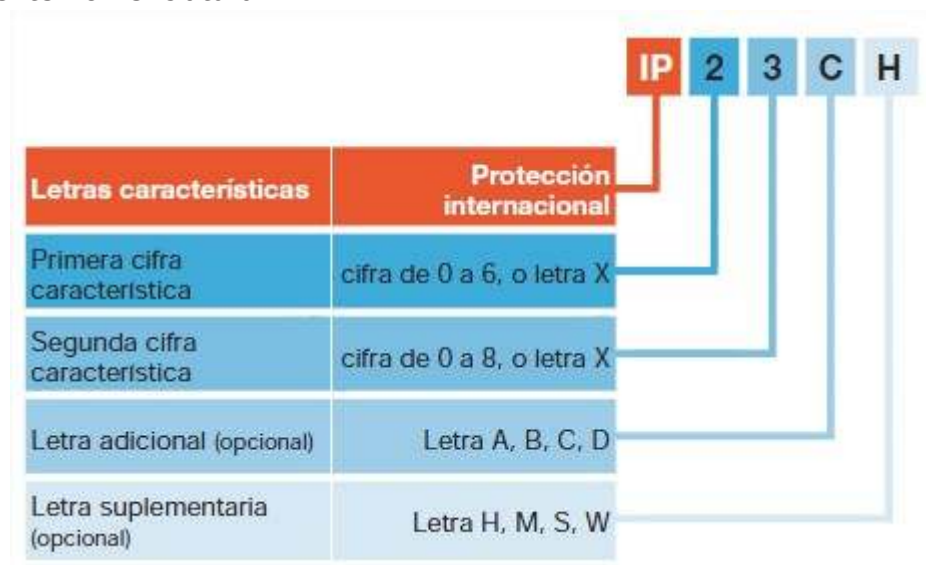
En el caso que los indicativos sean referentes solamente a la seguridad de las personas en relación a algún contacto directo, se obvian ambas cifras y serán sustituidas por XX y en dicho caso se mostrará el nivel de protección con una letra adicional. Esta estará presente solamente en el caso en el que se garantice un nivel de protección frente a los contactos directos mayor que el garantizado por la primera cifra.

La letra añadida ofrece indicaciones suplementarias de los distintos términos que forman el código.

En la siguiente tabla, ofrece un resumen del significado de los diferentes términos que componen el código:

	Protección del equipo	Contra el acceso a partes peligrosas con:
Primera cifra característica (entrada de cuerpos sólidos)	0 no protegido	no protegido
	1 ≥ 50 mm de diámetro	dorso de la mano
	2 $\geq 12,5$ mm de diámetro	dedo
	3 $\geq 2,5$ mm de diámetro	herramienta
	4 ≥ 1 mm de diámetro	cable
	5 protegido contra el polvo	cable
	6 totalmente protegido contra el polvo	cable
Segunda cifra característica (entrada de agua)	0 no protegido	
	1 caída vertical	
	2 caída de gotas de agua (inclinación 15°)	
	3 lluvia	
	4 salpicadura de agua	
	5 chorro de agua	
	6 chorros potentes (semejantes a olas marinas)	
	7 inmersiones temporales	
	8 inmersión continua	
Letra adicional (opcional)	A	dorso de la mano
	B	dedo
	C	herramienta
	D	cable
Letra suplementaria (opcional)	H equipos de alta tensión	
	M prueba con agua en equipos en marcha	
	S prueba con agua en equipos estacionarios	
	W condiciones atmosféricas	

Cuando se exige un tipo de construcción para un armario, entonces debemos dar la siguiente nomenclatura:



Se ha adoptado para el cuadro general de Baja Tensión una protección IP42.

Nivel de Protección IK

El nivel de protección IK de una envolvente es el grado de protección aportado por la envolvente al equipo frente a daños por golpes mecánicos, revisado a través de criterios según lo determinado en la norma IEC EN 50102.

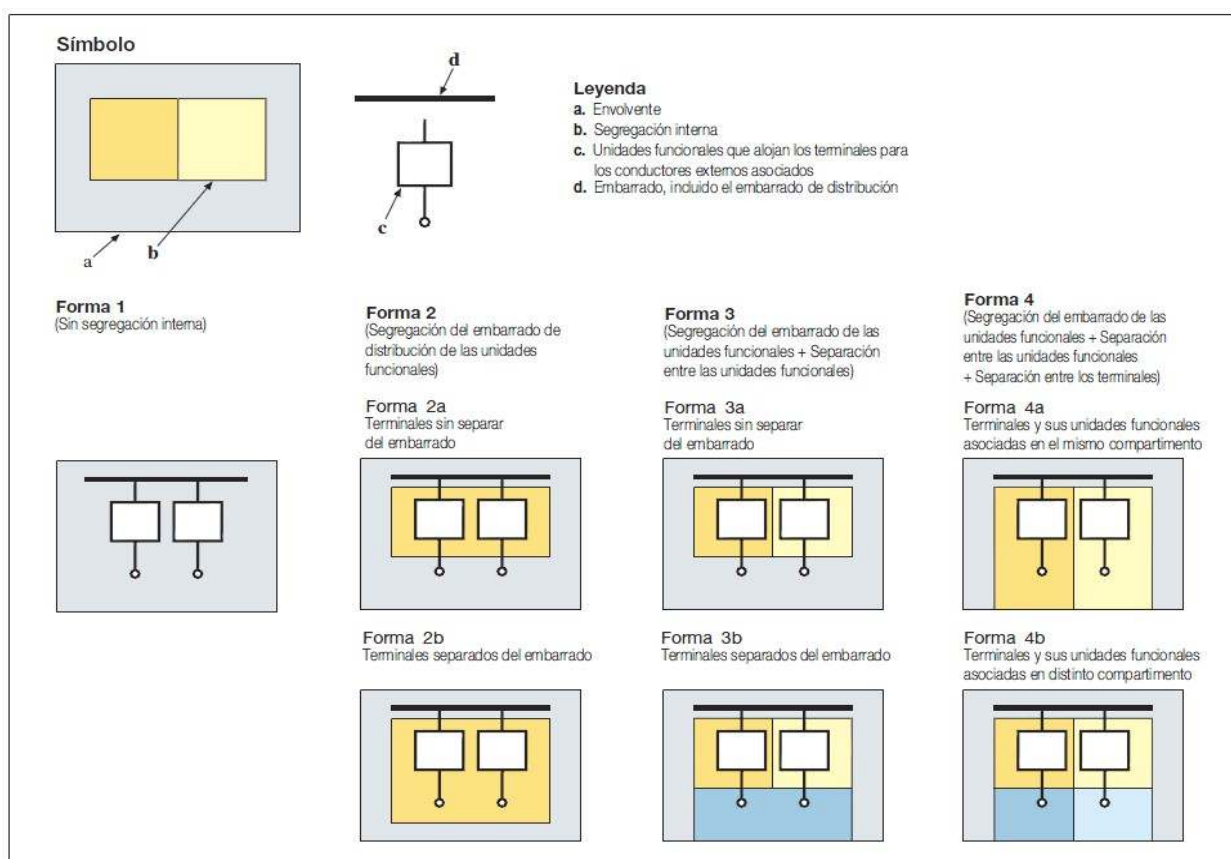
Formas de segregación.

Este punto junto con la protección IP, son los que hemos considerado más importantes para la construcción del armario del C.G.B.T., a fin de conseguir un alto grado de disponibilidad eléctrica en la instalación del CPD.

La forma de segregación es el modo de subdivisión establecido dentro del cuadro. Esta es realizada a través de barreras (metálicas o aislantes), que tienen los siguientes objetivos:

- Asegurar la protección frente los contactos directos (al menos IPXXB), en el supuesto de acceso a una zona del cuadro sin tensión frente a la zona restante con tensión.
- Disminuir la posibilidad de que se produzca y propague un arco internamente.
- Prevenir el paso de cuerpos sólidos de una determinada zona a otra del cuadro (grado de protección mínimo IP2X).

En la siguiente figura, indicamos los distintos tipos de segregación que son posibles alcanzar a través del uso de barreras:



Para el cuadro del C.G.B.T. se ha decidido una construcción tipo 4b, es decir, se realiza segregando los interruptores de potencia en cavidades diferentes y también los terminales de conexión en otro compartimento.

Verificación térmica del cuadro.

Se exigirá al taller donde se fabrique el C.G.B.T. el certificado de la verificación térmica de los armarios.

Para dicho certificado se adoptara el criterio de la norma IEC 61439.

2. Memoria de Cálculos

2.1 Punto de enganche

Realizada la carta de petición para el suministro de un centro de proceso de datos a la compañía distribuidora en la zona donde se va a encontrar el edificio, Endesa, las características del punto de enganche son:

Punto de enganche	L.A.T. 20 KV, Denominación: "Bellavista"
Tensión nominal	20 KV
Nivel de aislamiento	24 KV
Potencia de cortocircuito	500 MVA
Intensidad de defecto a tierra	600 A
Línea de acometida	3x(1x240)mm² AL 18/30 KV
Tiempo máximo de desconexión	1 segundo

Estos son los datos de la línea existente que da servicio a Bellavista

El punto de enganche de alta tensión se encuentra en el centro de seccionamiento de la fábrica de congelados "Mariscos Salvatierra" que cuenta con celdas de entrada-salida Ormazabal en un centro prefabricado PFU7 del mismo fabricante.

La distancia de la línea subterránea es de 285 metros hasta el nuevo centro de seccionamiento que se tiene que montar para el nuevo centro de proceso de datos.

2.2 Cálculos de la línea subterránea:

El centro de transformación del CPD va a llevar dos transformadores de 800kVA de forma que uno sea redundante del otro. Los cálculos los vamos a realizar de acuerdo con la potencia de cortocircuito, caída de tensión y calentamiento del conductor.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{610 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 17,63 A$$

Como la instalación irá bajo tubo en zanja enterrada siendo el tubo superior a 1,5 veces el diámetro aparente del haz de conductores con lo cual el diámetro exterior elegido del tubo será de 200mm, no es necesaria la aplicación del coeficiente corrector por agrupación de cables dado a que en el tubo que se va a montar solo está previsto que vaya la línea del circuito que va a alimentar al CPD.

Ahora bien si se va a aplicar un factor de corrección según la normativa de Endesa para temperatura del terreno distinta a 25°C. Se va a tomar temperatura de 35°C que supone un factor FCT de 0,92.

Temperatura °C, en servicio permanente, θs	Temperatura del terreno, en °C, θt								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
90	1,11	1,07	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

$$I_{\text{correg.}} = \frac{I}{FCT} = \frac{17,63}{0,92} = 19,16 A$$

La mínima sección según tabla 12 del RD 223/2008, ITC-LAT 01 a 09 es de 25 mm² que en aluminio permite hasta 90 A, que cumpliría sobradamente la intensidad a consumir en la instalación.

Sección (mm ²)	EPR		XLPE		HEPR	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	115	90	120	90	125	95
35	135	105	145	110	150	115
50	160	125	170	130	180	135
70	200	155	205	160	220	170
95	235	185	245	190	260	200
120	270	210	280	215	295	230
150	305	235	315	245	330	255
185	345	270	355	280	375	290
240	400	310	415	320	440	345
300	450	355	460	365	500	390
400	510	405	520	415	565	450

Como la línea del anillo Bellavista será cedida la distribuidora Endesa, es necesario atenerse a las normas particulares de la empresa distribuidora, en este caso Endesa, que exigen montar como mínimo una sección de 150mm², que da una intensidad admisible según la tabla 12 mencionada anteriormente de 235 A.

2.2.1 Caída de tensión:

La caída de tensión por la resistencia y la reactancia viene dada en la siguiente formula:

$$U\% = \frac{P \cdot L}{10 \cdot U^2} \cdot (R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

U%: Caída de tensión porcentual

P: Potencia de transporte de la línea subterránea en KW

L: Longitud de la línea en Kilómetros

U: Tensión nominal de la línea subterránea en KV

R: Resistencia del conductor en Ω/Km

X: Reactancia por fase en Ω/Km con una frecuencia de 50Hz, $\operatorname{tg} \varphi = 0,75$

El conductor elegido es del fabricante PRYSMIAN de sección 150 mm² y referencia de conductor VOLTALENE H 18/30kV que tiene una resistividad de 0,277 Ω/Km según la siguiente tabla del fabricante:

Sección nominal mm ²	Resistencia máxima en c.a. y a 105 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares 		Cables Tripolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
120	0.206	0.340	0.209	0.343
150	0.168	0.277	0.170	0.281
185	0.134	0.221	0.137	0.224

Y una reactancia según la siguiente tabla del fabricante:

Sección nominal mm ²	Reactancia X en Ω/km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	12/25 kV	18/30 kV
120	0.095	0.098	0.106	0.111	0.112	0.118	0.123
150	0.093	0.096	0.102	0.108	0.110	0.115	0.118
185	0.089	0.093	0.100	0.104	0.106	0.110	0.113

$$U\% = \frac{610 \cdot 0,285}{10 \cdot 20^2} \cdot (0,277 + 0,111 \cdot 0,75) = 0,0156\%$$

Por lo tanto podemos observar el cumplimiento de la norma ya que 0,0156% < 5%.

Cumplimiento de la corriente de cortocircuito:

El conductor seleccionado VOLTALENE H 18/30kV tiene según el catalogo del fabricante PRYSMIAN para una temperatura de trabajo de 160°K una densidad máxima de corriente de cortocircuito en un tiempo de 0,5 segundos de 133 A/mm².

Tipo de aislamiento	Δθ* (K)	Duración del cortocircuito, t _{cc} , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2	2,5	3,0
PVC:											
sección ≤ 300 mm ²	90	240	170	138	107	98	76	62	53	48	43
sección > 300 mm ²	70	215	152	124	96	87	68	55	48	43	49
XLPE, EPR y HEPR	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54
HEPR U _o /U ≤ 18/30 kV	145	281	199	162	126	115	89	73	63	56	51

Comenzaremos tomando inicialmente la sección de 35 mm² para el cálculo de la sección de cortocircuito y con ella comprobamos si con esta sección soporta el cortocircuito máximo previsto. Primero calculamos la I_{cc} máxima a soportar por la línea a partir de la potencia de cortocircuito con los siguientes datos:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{400 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 2000} = 11560 \text{ A} = 11,56 \text{ kA}$$

$S_{cc} = \frac{I_{cc}\sqrt{t}}{k} = \frac{11560}{160} \sqrt{0,5} = 51,08 \text{ mm}^2$ que al ser menor que 150 mm² nos indica que la sección elegida es válida para cumplir los requerimientos de la potencia de cortocircuito.

Según el fabricante el elegido con la sección de 150 mm² y una duración de cortocircuito de 0,5s admite 18,2kA, con lo cual podemos afirmar que es mayor que la corriente de cortocircuito calculada anteriormente de 11,56kA.

2.3 Condiciones de trabajo de la línea:

$$P \cdot L = \frac{U^2 \cdot e}{100 \cdot (R + X \cdot \operatorname{tg} \varphi)}$$

P: Capacidad de la línea de transporte en MW·Km

L: Longitud de la línea en Km

U: Tensión nominal en KV

R: Resistencia del conductor en $\frac{\Omega}{Km}$

X: Reactancia del conductor a una frecuencia de 50Hz en $\frac{\Omega}{Km}$

e: Caída de tensión porcentual

$$P \cdot L = \frac{20^2 \cdot 5}{100 \cdot (0,277 + 0,111 \cdot 0,75)} = 55,51 \text{ MW} \cdot \text{Km}$$

$$P_{\text{maxima anillo}} = \frac{P \cdot L}{l} = \frac{55,51}{0,285} = 194,79 \text{ MW}$$

$$P_{\text{trabajo aparente}} = 800 \text{ kVA} \cdot 2 = 1,44 \text{ MVA}$$

$$P_{\text{trabajo activa}} = 1,44 \text{ MVA} \cdot 0,9 = 1,44 \text{ MW}$$

2.3.1 Tabla de diseño de la línea:

Conductor	Fabricante PRYSMIAN modelo VOLTALENE H 18/30kV 1 x 150 mm²
Intensidad prevista máxima	17,63 A
Resistencia del conductor	0,277 Ω /Km
Reactancia del conductor	0,111 Ω /Km
Caída de tensión máxima	0,0156 %
Capacidad de la línea	55,51 MW · Km
Potencia máxima del anillo	194,79 MW
Corriente de cortocircuito máxima del anillo	11,56 kA

Concluimos que la línea con conductor VOLTALENE H 18/30kV formada por 3 conductores de (1x 1500 mm²) y malla de 16 mm² cumple las condiciones de diseño.

2.4 Cálculos del centro de transformación de 2x 800kVA:

El centro de transformación estará formado por dos celdas de entrada-salida, celda de seccionamiento del CT, celda de medida y celdas de protección para cada transformador.

La potencia del CT será la necesaria para tener la redundancia del 100% en cada transformador y siendo la previsión del promotor tener 2000 servidores alojados en racks con doble fuente de alimentación y el sistema de climatización preciso para disipar el calor generado por los 2000 servidores. El desglose de la potencia es el siguiente:

- 2000 servidores x 190W (consumo de cada servidor) = 380000W
- Sistema de climatización: 172000W
- Servicios auxiliares (SAIs, contraincendios, alumbrado interior y exterior): 58000W
- Total previsión cargas **610KW**

- Intensidad lado de media tensión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U}$$

I: Intensidad del transformador

P: Potencia del transformador

U: Tensión nominal del transformador

$$I = \frac{800 \cdot 10^3 VA}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3 V} = 23,09 A$$

Dicha intensidad es la máxima que podrá dar cada uno de los transformadores sin que haya previsión de simultaneidad, dado que se busca la redundancia.

- Intensidad lado de baja tensión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U}$$

I: Intensidad del transformador

P: Potencia del transformador

U: Tensión nominal del transformador

$$I = \frac{800 \cdot 10^3 VA}{\sqrt{3} \cdot 400V} = 1154,70 A$$

2.4.1 Corriente de cortocircuito:

La corriente de cortocircuito vendrá dada por la solicitud que imponga la compañía distribuidora, en nuestro caso Endesa. En el pliego de condiciones técnicas entregado por la distribuidora para el punto de conexión a la red de distribución los datos técnicos son:

Potencia de cortocircuito: 500MVA

Tensión de línea: 20KV

Sección del conductor para la potencia solicitada de 800kVA: 3x (1x150 mm²)

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

I_{cc}: Corriente de cortocircuito del circuito (kA)

S_{cc}: Potencia de cortocircuito de la red (MVA)

U: Tensión de línea (KV)

$$I_{cc} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 20} = 14,43 kA$$

La corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión será:

$$I_{cc_{BT}} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_{BT}}$$

I_{cc_{BT}}: Corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión (kA)

P: Potencia del transformador (kVA)

E_{cc}: Tensión de cortocircuito del transformador (%)

U_{BT}: Tensión en el lado secundario (V)

$$I_{cc_{BT}} = \frac{100 \cdot 800}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 420} = 18,32 kA$$

Se elige para la potencia de 800kVA el transformador de la marca Ormazabal, modelo Convencional de 800kVA con refrigeración en aceite mineral.

Con las siguientes características eléctricas:

Características eléctricas			24 kV A ₀ C _K							
Potencia asignada [kVA]			50	100	160	250	400	630	800	1000
Tensión asignada (Ur)	Primaria [kV]		<24							
	Secundaria en vacío [V]		420							
Grupo de Conexión			Dyn11							
Pérdidas en Vacío - P ₀ [W]	Lista A ₀		90	145	210	300	430	600	650	770
Pérdidas en Carga - P _k [W]	Lista C _k		1100	1750	2350	3250	4600	6500	8400	10 500
Impedancia de Cortocircuito (%) a 75°C			4							6
Nivel de Potencia Acústica LwA [dB]	Lista A ₀		39	41	44	47	50	52	53	55
Caída de tensión a plena carga (%)	cosφ=1		2,26	1,81	1,54	1,37	1,22	1,11	1,22	1,22
	cosφ=0,8		3,77	3,57	3,43	3,33	3,25	3,17	4,47	4,47
Rendimiento (%)	CARGA 100%	cosφ=1	97,68	98,14	98,43	98,60	98,76	98,89	98,88	98,89
		cosφ=0,8	97,11	97,69	98,04	98,26	98,45	98,61	98,61	98,61
	CARGA 75%	cosφ=1	98,15	98,52	98,74	98,88	99,00	99,11	99,11	99,12
		cosφ=0,8	97,69	98,15	98,43	98,60	98,76	98,89	98,89	98,90

-Verificación de la solicitud por cortocircuito electrodinámica:

La intensidad por solicitud electrodinámica del cortocircuito se estima en 2,5 veces la intensidad eficaz de cortocircuito anterior, con lo cual:

$$I_{cc\text{dinamica}} = 14,43 \cdot 2,5 = 36,1 \text{ kA}$$

-Verificación por la solicitud térmica en el cortocircuito del lado primario:

Para comprobar que al producirse el cortocircuito la aparamenta soportara el calentamiento producido tomaremos para el material elegido la $I_{cc} = 14,43\text{kA}$.

2.5 Cálculo de las instalaciones de puesta a tierra:

El CT prefabricado Ormazabal se va a situar sobre un terreno de tipo arcilloso cuya resistividad media es de $220 \Omega \cdot m$

Tensión alimentación: $U = 20KV$

Protección de la intensidad de defecto a tierra $I_{dt} = 1000A$

Tiempo máximo a la desconexión = 1 segundo.

Puesta a tierra de protección contra contactos indirectos:

La resistencia máxima de la puesta a tierra de protección del centro prefabricado se obtiene con la formula siguiente:

$$I_{dt} \cdot R_t \leq V_{BT}$$

I_{dt} : Intensidad de defecto a tierra (A)

R_t : Resistencia absoluta de la puesta a tierra (Ω)

V_{BT} : Tensión de aislamiento en B.T. (V)

$$R_t = 10 \Omega$$

Luego el valor máximo de la resistencia de puesta a tierra será:

$$k_r \leq \frac{R_t}{\rho}$$

R_t : Resistencia absoluta de la puesta a tierra (Ω)

ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)

k_r : Coeficiente del electrodo de puesta a tierra

$$k_r \leq \frac{10}{220} = 0,045$$

La topología del conexionado y montaje de las picas de puesta a tierra será de la siguiente forma:

- Tipo de montaje: Anillo perimetral al edificio prefabricado
- Distancia entre cada pica: 2,5 m
- Profundidad del electrodo: 0,8 m
- Número total de electrodos: 8
- Longitud total de las picas: 8 m

Según la normativa UNE 21.056 y UNE 202006 las picas elegidas tienen los siguientes valores:

$$k_r = 0,051 \text{ en la resistencia.}$$

$$k_p = 0,0075 \text{ en la tensión de paso.}$$

$$k_c = 0,0159 \text{ en la tensión de contacto.}$$

Luego el valor total de la resistencia de puesta a tierra en el C.T. es la siguiente:

$$R_{tt} = k_r \cdot \rho = 0,051 \cdot 220 = 11,22 \, \Omega$$

Siendo:

R_{tt} : Resistencia total de la puesta a tierra del C.T. (Ω)

ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)

k_r : Coeficiente del electrodo de puesta a tierra

2.5.1 Cálculo de las tensiones de paso en el interior del C.T.

La tensión de defecto a tierra es:

$$V_{dt} = R_{tt} \cdot I_{dt} = 11,22 \cdot 1000 = 11220 \, V$$

Con lo cual la tensión de paso es la siguiente:

$$V_{pi} = K_c \cdot \rho \cdot I_{dt} = 0,0159 \cdot 220 \cdot 1000 = 3498 \, V$$

2.5.2 Cálculo de las tensiones de paso en el exterior del C.T.

$$V_{pe} = K_p \cdot \rho \cdot I_{dt} = 0,0075 \cdot 220 \cdot 1000 = 1650 \, V$$

2.5.3 Cálculo de las tensiones máximas admisibles en el exterior del C.T.

Según reglamento la duración del defecto a tierra para el que tienen que actuar las protecciones es de 1 segundo y con dicho valor las constantes son:

$$k = 78,5 \quad , \quad n = 0,18$$

Tensión de paso máxima en el exterior del C.T. :

$$V_{pe \max} = \frac{10k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6\rho}{1000}\right) = \frac{10 \cdot 78,5}{1^{0,18}} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 220}{1000}\right) = 1821,2 \text{ V}$$

Siendo:

$V_{pe \max}$: Tensión de paso exterior del C.T. máxima

k : Coeficiente

t : Tiempo máximo de la duración del defecto antes de la actuación de las protecciones (s)

n : Coeficiente

ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)

2.5.4 Tensión de paso en el acerado de hormigón del C.T.

$$\begin{aligned} V_{p \text{ ace } \max} &= \frac{10k}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{3\rho + 3\rho_{hor}}{1000}\right) = \\ &= \frac{10 \cdot 78,5}{1^{0,18}} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 220 + 3 \cdot 3400}{1000}\right) = 9310,1 \text{ V} \end{aligned}$$

Siendo:

$V_{p \text{ ace } \max}$: Tensión máxima de paso en el acerado de hormigón del C.T.

k : Coeficiente

t : Tiempo máximo de la duración del defecto antes de la actuación de las protecciones (s)

n : Coeficiente

ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)

ρ_{hor} : Resistividad del hormigón ($\Omega \cdot m$) (Según tabla de hormigón con aditivo $\approx 3400 \Omega \cdot m$)

2.6 Cálculo de la distancia de la tierra de neutro con la tierra de herrajes:

$$D_{min} = \frac{\rho \cdot I_{dt}}{2 \cdot \pi \cdot U} = \frac{220 \cdot 1000}{2 \cdot \pi \cdot 1200} = 29,17 \text{ m}$$

D_{min} : Distancia de separación entre electrodos (m)

ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$)

I_{dt} : Intensidad de defecto a tierra (A)

U : En sistemas de distribución TT es 1200 V

2.7 Cálculos eléctricos en los circuitos de Baja Tensión:

2.7.1 Tramo transformadores a conmutación Red-Grupo:

Para el cálculo de la sección obtenemos la intensidad de trabajo:

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

I_n : Intensidad nominal de trabajo (A)

P : Potencia máxima prevista (W)

V : Tensión nominal de trabajo en la instalación (420V, f-f)

$\cos \varphi$: Factor de potencia

$$I_n = \frac{610000}{\sqrt{3} \cdot 420 \cdot 0,9} = 931,70 \text{ A}$$

Como la intensidad calculada es superior a los valores de las secciones comerciales que vienen en el R.E.B.T. Tabla 5 ITC-BT-07 supone que tenemos que elegir una agrupación de conductores.

Para ellos utilizamos la siguiente formula:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{C \cdot (e - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot x \cdot L \cdot I \cdot \sin \varphi)}$$

S : Sección en mm²

L : Longitud de línea en metros

I : Intensidad

e : Caída de tensión en el conductor (V)

C : Conductividad del cobre (56m / Ω · mm²)

x : Reactancia del conductor (Ω/km)

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,9}{56 \cdot (2,1 - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,08 \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,436)} = 1059,38 \text{ mm}^2$$

Como debemos usar secciones comerciales dividimos dicha sección entre 240 mm² (sección comercial usual).

1059,38/240 = 4,41 → para dicha sección habría que montar 5 conductores de 240 mm².

Como para el cálculo se ha considerado la reactancia para una línea de un conductor por fase y el resultado es de 5 conductores, hay que proceder a iterar, teniendo en cuenta los conductores en paralelo.

- Primera Iteración:

Ahora debemos comprobar si es válido tener 5 conductores por fase, para ello la reactancia sería:

$$0,08 (\Omega/\text{km}) / 5 = 0,016 \Omega/\text{km}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,9}{56 \cdot (2,1 - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,016 \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,436)} = 373,10 \text{ mm}^2$$

Luego:

$373,1/240 = 1,55 \rightarrow$ lo que apunta a tener que montar 2 conductores de 240 mm² por fase.

- Segunda Iteración:

Ahora debemos comprobar si es válido tener 2 conductores por fase, para ello la reactancia sería:

$$0,08 (\Omega/\text{km}) / 2 = 0,04 \Omega/\text{km}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,9}{56 \cdot (2,1 - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,04 \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,436)} = 492,82 \text{ mm}^2$$

Luego:

$492,82/240 = 2,05 \rightarrow$ lo que apunta a tener que montar 3 conductores de 240 mm² por fase.

- Tercera Iteración:

Ahora debemos comprobar si es válido tener 3 conductores por fase, para ello la reactancia sería:

$$0,08 (\Omega/\text{km}) / 3 = 0,026 \Omega/\text{km}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,9}{56 \cdot (2,1 - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,026 \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,436)} = 323,92 \text{ mm}^2$$

Luego:

$323,92/240 = 1,34 \rightarrow$ como ya habíamos descartado 2 conductores al no cumplir con la sección mínima, tenemos que buscar una sección mas optima al margen de la de 3 conductores de 240 mm^2 por fase.

La solución se encuentra entre 3 conductores de 240 mm^2 y los 3 conductores de 185 mm^2 por fase (que es también una sección comercial).

Realizamos los cálculos para el conductor de 185 mm^2 . En este caso si usáramos 3 conductores de una sección de 185 mm^2 , supone que la reactancia seria $0,09 \Omega/\text{km}$ y aplicando la siguiente formula:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{C \cdot (e - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot x \cdot L \cdot I \cdot \sin \varphi)}$$
$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,9}{56 \cdot (2,1 - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,09 \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,436)} = 1486,63 \text{ mm}^2$$

Luego:

$1486,63/185 = 8,03 \rightarrow$ lo que apunta a tener que montar 9 conductores de 185 mm^2 por fase.

Como para el cálculo se ha considerado la reactancia para una línea de un conductor por fase y el resultado es de 9 conductores, hay que proceder a iterar, teniendo en cuenta los conductores en paralelo.

▪ Primera Iteración:

Ahora debemos comprobar si es válido tener 9 conductores por fase, para ello la reactancia seria:

$$0,09 (\Omega/\text{km}) / 9 = 0,01 \Omega/\text{km}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,9}{56 \cdot (2,1 - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,016 \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,436)} = 351,74 \text{ mm}^2$$

Luego:

$351,74/185 = 1,9 \rightarrow$ lo que apunta a tener que montar 2 conductores de 185 mm^2 por fase.

▪ Segunda Iteración:

Ahora debemos comprobar si es válido tener 2 conductores por fase, para ello la reactancia seria:

$$0,09 (\Omega/\text{km}) / 2 = 0,045 \Omega/\text{km}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,9}{56 \cdot (2,1 - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,045 \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,436)} = 528,13 \text{ mm}^2$$

Luego:

$528,13/185 = 2,85 \rightarrow$ lo que apunta a tener que montar 3 conductores de 185 mm² por fase.

▪ Tercera Iteración:

Ahora debemos comprobar si es válido tener 3 conductores por fase, para ello la reactancia seria:

$$0,09 (\Omega/\text{km}) / 3 = 0,03 \Omega/\text{km}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,9}{56 \cdot (2,1 - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,045 \cdot 26 \cdot 931,7 \cdot 0,436)} = 434,70 \text{ mm}^2$$

Luego:

$434,70/185 = 2,35 \rightarrow$ lo que apunta a tener que montar 3 conductores de 185 mm² por fase.

La seccion elegida para el tramo del transformador a la conmutacion red-grupo es de 3x (3x 185 mm²) para las fases y 3x (1x 185 mm²) para el neutro, y tipo de cable con aislamiento XLPE 0,6/1Kv libre de halógenos.

2.7.1.1 Cálculo de la caída de tensión en la línea de los transformadores al cuadro de conmutación Red-Grupo:

$$e = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot S} = \frac{26 \cdot 610000}{56 \cdot 420 \cdot 3 \cdot 185} = 1,21 \text{ V}$$

S: Sección del conductor (mm²)

L: Longitud del conductor (m)

P: Potencia nominal de la instalacion (W)

C : Conductividad del cobre (56m / $\Omega \cdot \text{mm}^2$)

e : Caída de tensión en el conductor

U : Tensión nominal a la salida de los transformadores (420V, f-f)

2.7.2 Tramo de conmutación Red-Grupo a cuadro general de Baja Tensión:

$$S = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot e}$$

S : Sección del conductor (mm^2)

L : Longitud del conductor (m)

P : Potencia máxima prevista (W)

C : Conductividad del cobre (56m / $\Omega \cdot \text{mm}^2$)

e : Caída de tensión en el conductor

U : Tensión nominal de trabajo en la instalación (420V, f-f)

$$S = \frac{23 \cdot 610000}{56 \cdot 3 \cdot 420} = 198,84 \text{ mm}^2$$

Luego la sección elegida será de tres conductores de 240 mm^2 por cada fase y el neutro se montara con la misma sección.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{610000}{\sqrt{3} \cdot 420} = 838,5 \text{ A}$$

2.7.2.1 Justificación de la sección del neutro:

Aunque el Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT) promulgado en el RD 842/2002 aconseja para las secciones calculadas de fase montar una sección de neutro con la mitad de sección de la fase justificaremos que sean iguales dichas secciones.

En ausencia de armónicos si sería posible la instalación con la mitad de sección, pero ser uso final de la instalación un centro de procesamiento de datos (CPD) con un número muy elevado de fuentes de alimentación conmutadas en el interior de los servidores, debemos suponer que la distorsión armónica provocada por el tercer armónico es igual o superior al 50%.

En la norma IEC 60364-5-52 (UNE 20460-5-523) se indica el procedimiento para el factor de corrección aconsejable cuando en una instalación se presentan armónicos. Uno de los puntos importante es considerar el tercer armónico.

En base a ello se toma un valor de distorsión del tercer armónico del 50% y a la vista de la tabla de la norma UNE citada anteriormente se acredita la elección de la sección del neutro indicada.

Corriente de línea del 3 ^{er} armónico (%)	Valor seleccionado basado en la corriente de línea	Valor seleccionado sobre la base de la corriente del neutro
0-15	1,00	-
15-33	0,86	-
33-45	-	0,86
> 45	-	1,00

2.7.3 Tramo de la salida Grupo Electrónico a la conmutación Red-Grupo:

Los valores de cálculo para la intensidad de cortocircuito en las bornas del grupo electrónico vienen dados por el fabricante del equipo SDMO y son:

$$U_{GE} = 400 \text{ V}$$

$$P_{GE} = 1000 \text{ kVA}$$

$$I_{GE} = \frac{P_{GE}}{\sqrt{3} \cdot U_{GE}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1445 \text{ A}$$

Como en el cálculo de las secciones del tramo del G.E. la intensidad obtenida es superior a los valores de las secciones comerciales que vienen en el R.E.B.T. Tabla 5 ITC-BT-07 lo que supone que tenemos que elegir una agrupación de conductores.

Para ellos utilizamos la siguiente formula:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{C \cdot (e - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot x \cdot L \cdot I \cdot \sin \varphi)}$$

S: Sección en mm²

L: Longitud de línea en metros

I: Intensidad

e: Caída de tensión en el conductor (V)

C: Conductividad del cobre (56m / Ω·mm²)

x: Reactancia del conductor (Ω/km)

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 74 \cdot 1445 \cdot 0,9}{56 \cdot (12 - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,08 \cdot 74 \cdot 1445 \cdot 0,436)} = 537,29 \text{ mm}^2$$

Como debemos usar secciones comerciales dividimos dicha sección entre 240 mm² (sección comercial usual).

537,29/240 = 2,24 → para dicha sección habría que montar 3 conductores de 240 mm².

Como para el cálculo se ha considerado la reactancia para una línea de un conductor por fase y el resultado es de 3 conductores, hay que proceder a iterar, teniendo en cuenta los conductores en paralelo.

○ Primera Iteración:

Ahora debemos comprobar si es válido tener 3 conductores por fase, para ello la reactancia sería:

$$0,08 \text{ (}\Omega/\text{km)} / 3 = 0,0267 \text{ }\Omega/\text{km}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 74 \cdot 1445 \cdot 0,9}{56 \cdot (12 - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,0267 \cdot 74 \cdot 1445 \cdot 0,436)} = 302,37 \text{ mm}^2$$

Luego:

302,37/240 = 1,26 → lo que indica que montar 2 conductores de 240 mm² por fase sería excesivo y por criterio de ahorro de costes vamos a estudiar si la instalación de 2 conductores de 185 mm² por fase es válida.

Pasamos a realizar los cálculos para el conductor de 185 mm². En este caso si usáramos 2 conductores de una sección de 185 mm², supone que la reactancia sería 0,08 Ω/km y aplicando la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos \varphi}{C \cdot (e - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot x \cdot L \cdot I \cdot \sin \varphi)}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 74 \cdot 1445 \cdot 0,9}{56 \cdot (12 - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,08 \cdot 74 \cdot 1445 \cdot 0,436)} = 537,29 \text{ mm}^2$$

Luego:

$537,29/185 = 2,90 \rightarrow$ lo que apunta a tener que montar 3 conductores de 185 mm² por fase.

Como para el cálculo se ha considerado la reactancia para una línea de un conductor por fase y el resultado es de 3 conductores, hay que proceder a iterar, teniendo en cuenta los conductores en paralelo.

➤ Primera Iteración:

Ahora debemos comprobar si es válido tener 3 conductores por fase, para ello la reactancia sería:

$$0,08 (\Omega/\text{km}) / 3 = 0,0267 \Omega/\text{km}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot 74 \cdot 1445 \cdot 0,9}{56 \cdot (12 - \sqrt{3} \cdot 10^{-3} \cdot 0,0267 \cdot 74 \cdot 1445 \cdot 0,436)} = 302,37 \text{ mm}^2$$

Luego:

$302,37/185 = 1,63 \rightarrow$ lo que nos indica que debemos montar 2 conductores de 185 mm² por fase.

La sección propuesta para el tramo del G.E. a la conmutación red-grupo es de 3x (2x 185 mm²) para las fases y 2x (1x 185 mm²) para el neutro.

A continuación comprobaremos si es válida la caída de tensión.

2.7.3.1 Caída de tensión en la salida del G.E. al cuadro de conmutación Red-Grupo:

La longitud de la línea desde el grupo electrógeno hasta el cuadro general de baja tensión es de 74 metros.

$$e = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot S} = \frac{74 \cdot 610000}{56 \cdot 400 \cdot 2 \cdot 185} = 5,44 \text{ V}$$

S: Sección del conductor (mm²)

L: Longitud del conductor (m)

P: Potencia máxima prevista de salida del G.E. (W)

C: Conductividad del cobre (56m / Ω·mm²)

e: Caída de tensión en el conductor

U: Tensión nominal a la salida del G.E. (400V, f-f)

El criterio del proyectista para la acometida proveniente del G.E. es tener una máxima caída de tensión del 3%. Luego dicho 5,44% no cumple este requisito, por lo tanto estudiaremos otra solución aumentando la sección.

$$e = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot S} = \frac{74 \cdot 610000}{56 \cdot 400 \cdot 3 \cdot 240} = 2,79 \text{ V}$$

La seccion elegida para el tramo del G.E. a la conmutacion red-grupo es de 3x (3x 240 mm²) para las fases y 3x (1x 240 mm²) para el neutro, que cumple los requisitos de c.d.t. , I.c.c. e I.n.

2.7.4 Cálculo de la sección del circuito de alimentación de cada una de las SAIs:

Las SAIs de uso profesional cuentan con dos acometidas; una para la parte del rectificador-cargador-ondulador y otra para el interruptor estático. Como las dos acometidas deben de soportar las mismas cargas, se procederá a realizar el cálculo para uno de los circuitos, y posteriormente en la instalación se montaran cuatro acometidas iguales.

La carga de los servidores es de 380000W. De acuerdo al cuaderno de configuraciones de diseño de sistemas UPS, informe interno nº75 de APC, para una potencia de 380kW la SAI que hay que montar seria la siguiente:

Con una tasa de distorsión del tercer armónico del 50% (dado que la carga es no lineal)

$$\lambda = \frac{P \text{ (kW)}}{S \text{ (kVA)}}$$

Siendo:

P : Potencia de la carga no lineal (kW).

S : Potencia aparente suministrada (kVA) .

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$$

Q : Potencia reactiva de la carga no lineal (kvar).

D : Potencia deformante debido a los armónicos (KV)

$$S = \sqrt{380^2 + 114^2 + 152^2} = 424,8 \text{ kVA}$$

Corriente de alimentación:
$$U = \frac{S_u}{U_n \sqrt{3}} = \frac{424800}{420 \cdot \sqrt{3}} = 583,94 \text{ A}$$

Para una intensidad de 583,94 A la sección según el R.E.B.T. es de 300 mm² en cable unipolar con aislamiento XLPE (Polietileno Reticulado) según Tabla 5 ITC-BT-07.

2.7.4.1 Caída de tensión en la entrada del circuito de alimentación de cada una de las SAIs:

$$e = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot S} = \frac{8 \cdot 424800}{56 \cdot 420 \cdot 300} = 0,48 \text{ V}$$

S: Sección del conductor (mm²)

L: Longitud del conductor (m)

P: Potencia máxima prevista (W)

C: Conductividad del cobre (56m / Ω·mm²)

e: Caída de tensión en el conductor

U: Tensión nominal de trabajo en la instalación (420V, f-f)

En el apartado de la memoria 1.9.4 se ha detallado la SAI seleccionada, modelo Easy UPS 3L de 500kVA. En el documento del fabricante se especifica que la alimentación a la SAI se debe realizar con cable de 3x (1x 185 mm²) en cada fase. Lo cual nos obliga a realizar de nuevo los cálculos de la caída de tensión.

$$e = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot S} = \frac{8 \cdot 424800}{56 \cdot 420 \cdot 3 \cdot 185} = 0,097 \text{ V}$$

Luego la caída de tensión para la sección recomendada del fabricante es de 0,097 V.

Además el neutro deberá tener la misma sección y conductores que la fase según instrucciones del fabricante.

2.7.5 Circuito de alimentación de la climatización:

Para el cálculo de la sección obtenemos la intensidad de trabajo.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

I_n : Intensidad nominal de trabajo (A)

P : Potencia máxima prevista (W)

V : Tensión nominal de trabajo en la instalación (420V, f-f)

$\cos\varphi$: Factor de potencia

$$I_n = \frac{170000}{\sqrt{3} \cdot 420 \cdot 0,8} = 292,11 \text{ A}$$

Como la intensidad calculada no es superior a los valores de las secciones comerciales que vienen en el R.E.B.T. Tabla 5 ITC-BT-07 elegiremos un conductor por fase.

Ahora aplicaremos los diferentes factores de corrección según el R.E.B.T.:

➤ Factor de corrección por agrupación de conductores:

Factor de corrección								
Separación entre los cables o ternos	Número de cables o ternos de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
D=0 (en contacto)	0,8	0,7	0,64	0,6	0,56	0,53	0,5	0,47
d= 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,5
d= 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d= 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d= 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,7	0,68	0,64	0,62	0,6
d= 0,25 m	0,89	0,8	0,76	0,72	0,7	0,66	0,64	0,62

Tabla 8. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternos de cables unipolares.

Este factor debemos aplicarlo dado que las líneas de salida del C.G.B.T. van en bandeja con tapa de forma agrupada. Debido a que instalaremos 4 ternos en servicio a la salida del C.G.B.T. estando en contacto los conductores, supone que el factor de corrección según tabla 8 es de 0,64.

- Factor de corrección por temperatura distinta de 40°C

Temperatura de servicio θ_s en °C	Temperatura ambiente, θ_a , en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1	0.95	0.90	0.84	0.77
70	1.41	1.35	1.29	1.22	1.15	1.08	1	0.91	0.81	0.71	0.58

Consideramos una temperatura de servicio de 70°C y una temperatura ambiente de 45°C. Por lo tanto el factor de corrección por temperatura es 0,91.

La intensidad obtenida tras aplicar los factores de corrección será:

$$I_{corr.} = \frac{292,11}{0,64 \cdot 0,91} = 501,56 \text{ A}$$

De acuerdo a la tabla 5 de la ITC-BT-07 la sección que se debe usar será de 240mm² con aislamiento EPR (Etileno Propileno) o XLPE (Polietileno Reticulado) que permiten una intensidad máxima de 540A y 550A respectivamente.

2.7.5.1 Caída de tensión del circuito de climatización:

$$e = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot S} = \frac{21 \cdot 172000}{56 \cdot 420 \cdot 240} = 0,64 \text{ V}$$

S : Sección del conductor (mm²)

L : Longitud del conductor (m)

P : Potencia máxima prevista (W)

C : Conductividad del cobre (56m / Ω·mm²)

e : Caída de tensión en el conductor

U : Tensión nominal de trabajo en la instalación (420V, f-f)

La sección elegida para el circuito de climatización es de 1x (1x 240 mm²) para cada fase y 1x 240 mm² para el neutro, que cumple los requisitos de c.d.t. , I.c.c. e I.n.

2.7.6 Circuitos de alimentación de los servicios auxiliares:

Para el cálculo de la sección obtenemos la intensidad de trabajo.

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

I_n : Intensidad nominal de trabajo (A)

P : Potencia máxima prevista (W)

V : Tensión nominal de trabajo en la instalación (420V, f-f)

$\cos\varphi$: Factor de potencia

$$I_n = \frac{58000}{\sqrt{3} \cdot 420 \cdot 0,8} = 99,66 \text{ A}$$

Como la intensidad calculada no es superior a los valores de las secciones comerciales que vienen en el R.E.B.T. Tabla 5 ITC-BT-07 elegiremos un conductor por fase.

Ahora aplicaremos los diferentes factores de corrección según el R.E.B.T.:

➤ Factor de corrección por agrupación de conductores:

Factor de corrección								
Separación entre los cables o ternos	Número de cables o ternos de la zanja							
	2	3	4	5	6	8	10	12
D=0 (en contacto)	0,8	0,7	0,64	0,6	0,56	0,53	0,5	0,47
d= 0,07 m	0,85	0,75	0,68	0,64	0,6	0,56	0,53	0,5
d= 0,10 m	0,85	0,76	0,69	0,65	0,62	0,58	0,55	0,53
d= 0,15 m	0,87	0,77	0,72	0,68	0,66	0,62	0,59	0,57
d= 0,20 m	0,88	0,79	0,74	0,7	0,68	0,64	0,62	0,6
d= 0,25 m	0,89	0,8	0,76	0,72	0,7	0,66	0,64	0,62

Tabla 8. Factor de corrección para agrupaciones de cables trifásicos o ternos de cables unipolares.

Este factor debemos aplicarlo dado que las líneas de salida del C.G.B.T. van en bandeja con tapa de forma agrupada. Debido a que instalaremos 4 ternos en servicio a la salida del C.G.B.T. estando en contacto los conductores, supone que el factor de corrección según tabla 8 es de 0,64.

- Factor de corrección por temperatura distinta de 40°C

Temperatura de servicio θ_s en °C	Temperatura ambiente, θ_a , en °C										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
90	1.27	1.22	1.18	1.14	1.10	1.05	1	0.95	0.90	0.84	0.77
70	1.41	1.35	1.29	1.22	1.15	1.08	1	0.91	0.81	0.71	0.58

Consideramos una temperatura de servicio de 70°C y una temperatura ambiente de 45°C. Por lo tanto el factor de corrección por temperatura es 0,91.

La intensidad obtenida tras aplicar los factores de corrección será:

$$I_{corr.} = \frac{99,66}{0,64 \cdot 0,91} = 171,12 \text{ A}$$

De acuerdo a la tabla 5 de la ITC-BT-07 la sección que se debe usar será de 35 mm² con aislamiento EPR (Etileno Propileno) o XLPE (Polietileno Reticulado) que permiten una intensidad máxima de 185A y 190A respectivamente.

2.7.6.1 Caída de tensión del circuito de servicios auxiliares:

$$e = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot S} = \frac{14 \cdot 58000}{56 \cdot 420 \cdot 35} = 0,98 \text{ V}$$

S : Sección del conductor (mm²)

L : Longitud del conductor (m)

P : Potencia máxima prevista (W)

C : Conductividad del cobre (56m / Ω·mm²)

e : Caída de tensión en el conductor

U : Tensión nominal de trabajo en la instalación (420V, f-f)

La sección elegida para el circuito de servicios auxiliares es de 3x (1x 35 mm²) para las fases y 1x 35 mm² para el neutro, que cumple los requisitos de c.d.t. , I.c.c. e I.n.

2.7.7 Circuito de alimentación de la salida de las dos SAIs a cuadro Servidores 1 y 2:

La potencia de la alimentación de cada una de las SAIs es de 424,8kVA. El fabricante APC indica que el rendimiento de la maquina es del 98%, luego la potencia será 416,304kVA a la salida de cada SAI.

Tensión de salida de la SAI: 400V f-f +N

$$\text{Corriente de utilización: } U = \frac{S_u}{U_n \sqrt{3}} = \frac{416303}{400 \cdot \sqrt{3}} = 600,9 \text{ A}$$

Para una intensidad de 600,9 A la sección según el R.E.B.T. es de 300 mm² en cable unipolar con aislamiento EPR (Etileno Propileno) según Tabla 5 ITC-BT-07.

La línea estará constituida por 3x (1x 300 mm²) + 1x 300 mm² N +TT.

2.7.7.1 Caída de tensión de alimentación de la salida de las dos SAIs a cuadro Servidores 1 y 2:

$$e = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot S} = \frac{9 \cdot 424800}{56 \cdot 400 \cdot 300} = 0,56 \text{ V}$$

2.7.8 Circuitos de alimentación a los Racks de servidores:

Cada rack se alimentará desde dos cuadros auxiliares situados a una distancia de 29 metros del cuadro general de baja tensión y conmutación.

Cada rack alojara 20 servidores. Cada servidor lleva dos fuentes de alimentación y al rack le tendrán que llegar dos alimentaciones desde dos armarios distintos de forma que por cualquier falta o defecto que se presente, cualquiera de los cuadros pueda asumir la totalidad de la carga del rack.

2.7.8.1 Potencia de cada línea de llegada a los racks:

$$P_{RACK1A} = 20 \cdot 190W = 3800W$$

$$I_{RACK1A} = \frac{P_{RACK1A}}{V} = \frac{3800}{220} = 17,27 A$$

Según la tabla 1 de la ITC-BT19 para 17,27 A la sección elegida será de 4 mm² para el conductor en línea, de 2x 4 mm² + 1x 4 mm² TT.

Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40° C. N° de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601
	240				315	350	374	419	455	490	552	711
	300				360	404	423	484	524	565	640	821

2.7.8.2 Caída de tensión en la línea de alimentación monofásica a los Racks de servidores:

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{C \cdot U \cdot S} = \frac{2 \cdot 3800 \cdot 29}{56 \cdot 220 \cdot 4} = 4.47 V$$

4,47 V corresponden a una caída de tensión del 2,03%

Esta sección está dentro del R.E.B.T. y será la instalada debido a que en condiciones normales de trabajo la potencia que suministrara cada línea será el 50% de los 3800W, con lo cual la caída de tensión real será del 1%.

2.7.9 Línea de alimentación al equipo electrónico compensación reactiva y filtrado de armónicos (AFQ-m):

El equipo electrónico que compensara por un lado la reactiva y por otro lado los armónicos deberemos calcular su línea en función de la forma de trabajo en la que esté funcionando el equipo.

- Compensación de reactiva:

Para el cálculo de la línea consideramos que la potencia activa que debe compensar el equipo en función de compensación es la debida al circuito de sistema de climatización y al circuito de servicios auxiliares. Porque las SAIs no precisan compensación de reactiva según el fabricante.

Luego la potencia activa a considerar es: $17000W + 58000W = 228000 W$.

La potencia reactiva a compensar es 105279 Var

Para obtener un $\cos \varphi$ de 0,99 supondría que la potencia reactiva de utilización seria:

$$228000 \cdot \operatorname{tg}(8,11) = 32490 \text{ Var}$$

Potencia reactiva a compensar = Potencia reactiva total – Potencia reactiva de trabajo = $105279 - 32490 = 72789 \text{ Var}$

Una vez obtenida la potencia reactiva determinaremos los armónicos a compensar.

Si consideramos la potencia de 72789 Var, la intensidad será igual:

$$I = \frac{q}{\sqrt{3} \cdot 420 \cdot \operatorname{sen} \varphi} = \frac{72789}{\sqrt{3} \cdot 420 \cdot 1} = 100,1 A$$

Según el ITC-BT 19 en la tabla 1 nos indica que para una intensidad de 100,1 A podemos instalar una sección de 25 mm², solamente si el equipo está funcionando en modo compensación de reactiva.

2.7.9.1 Caída de tensión en la línea de alimentación trifásica al equipo AFQ-m en compensación de reactiva:

$$e = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot S} = \frac{26 \cdot 72789}{56 \cdot 420 \cdot 25} = 3,21 \text{ V}$$

3,21 V corresponden a una caída de tensión del 0,76%

S : Sección del conductor (mm^2)

L : Longitud del conductor (m)

P : Potencia máxima prevista (W)

C : Conductividad del cobre ($56 \text{ m} / \Omega \cdot \text{mm}^2$)

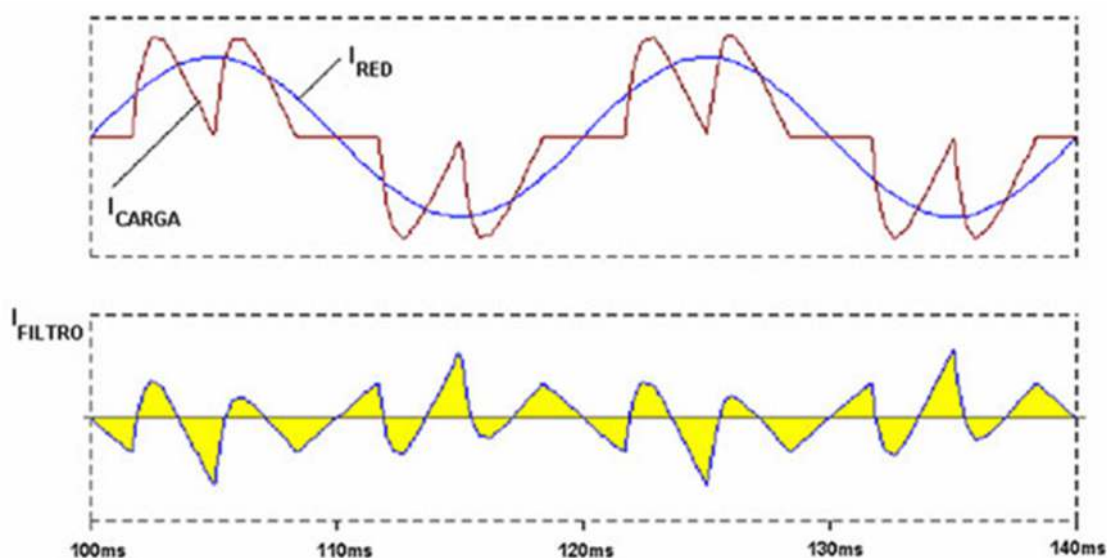
e : Caída de tensión en el conductor

U : Tensión nominal de trabajo en la instalación (420V, f-f)

2.7.9.2 Compensación de armónicos:

Para corregir y mitigar las perturbaciones originadas por los servidores informáticos y que los mismos no afecten a la entrega de corriente del grupo electrógeno es preciso montar un filtro activo de armónicos.

Dichos elementos se basan en convertidores con modulación de ancho de pulso PWM. Podemos identificar diferentes filtros: Filtros serie y filtros paralelo. Normalmente, para poder obedecer a las normas IEC-61000-3.4 y IEEE-519 se utilizan filtros paralelo, cuyo criterio de operación se basa en la inyección a la red, en contrafase, de los armónicos consumidos por la carga, a través de un ondulator. En la figura de abajo podemos ver el criterio de operación representando las corrientes de carga, de filtro y de red. Observamos que de la suma de $I_{\text{CARGA}} + I_{\text{FILTRO}}$ se obtiene una corriente I_{RED} de tipo senoidal.



2.7.9.3 Dimensionado del Filtro Activo

Para realizar el cálculo del filtro más adecuado, tomamos el cuaderno de Circutor, denominado "Como dimensionar el filtro Activo".

Para poder determinar la potencia de dicho filtro debemos calcular la corriente nominal del mismo. Para esto necesitamos medir la corriente residual armónica del sistema.

Es posible la utilización de diferentes procedimientos para la obtención de la corriente del filtro, tomando como punto de partida las medidas de corrientes armónicas de la instalación, en las cuales es posible observar las cualidades de la carga y los armónicos específicos que tienen que ser filtrados.

- Procedimiento de la obtención de la corriente residual armónica

Es la diferencia entre la corriente total y la fundamental. La finalidad de dicho filtro es suprimir o reducir al máximo la corriente residual armónica, para de esta forma sólo tengamos la corriente senoidal pura.

Tomamos los siguientes valores para la instalación diseñada:

- $I_1 = 931,7 \text{ A}$
- $I_5 = 168 \text{ A}$
- $I_7 = 84 \text{ A}$
- $I_{11} = 56 \text{ A}$
- $I_{13} = 56 \text{ A}$
- Si THDV=3% hay que aplicar un factor de seguridad de 1,2
- Si THDV=5% aplicar un factor de seguridad de 1,5
- Si THDV >5 aplicar 1,8-2

(Datos tomados según la guía CEI 61000-3-4 / EN 61000-3-4 para equipos cuya corriente de entrada es mayor de 16 A por fase)

Con todas las corrientes armónicas (excepto la fundamental I_1) no es posible el cálculo del valor eficaz (RMS) de armónicos (o corriente residual armónica):

$$I_{RMS} RESIDUAL = \sqrt{I_5^2 + I_7^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2} =$$
$$\sqrt{168^2 + 84^2 + 56^2 + 56^2} = 203,8 \text{ A}$$

Para este proyecto la corriente residual armónica es de 203,8 amperios. Si ahora repetimos el cálculo pero incluyendo la corriente fundamental (I1) tenemos:

$$I_{RMS} CORRIENTE_{TOT} = \sqrt{I_1^2 + I_5^2 + I_7^2 + I_{11}^2 + I_{13}^2} =$$

$$= \sqrt{931,7^2 + 168^2 + 84^2 + 56^2 + 56^2} = 953,7 A$$

Además, con dichos valores de corriente armónica y fundamental, el THDI%, referido al valor fundamental (IEC 60050), es:

$$THDI\% = \frac{\sqrt{168^2 + 84^2 + 56^2 + 56^2}}{931,7} \cdot 100 = 21,7 \%$$

THDI%: Distorsión armónica de corriente

Al calcular directamente del valor total de IFundamental con el THDI%:

$$I_{FILTRO} = 931,7 A \cdot 21,7 \% = 203,8 A$$

Luego tomamos el valor más desfavorable de las intensidades (por compensación de reactiva y por compensación de armónicos) y calculamos la sección de cable para dicha intensidad de 203,8 A.

Según el ITC-BT 19 en la tabla 1 nos indica que para una intensidad de 203,8 A podemos instalar una sección de 70 mm² por conductor en línea tendida de 3 fases.

Según el fabricante del filtro AFQ-m, la intensidad que circulara por el conductor de neutro será el doble que la de la fase, luego I_n = 407,6 A. En la tabla inferior de secciones mínimas que se encuentra en el manual de montaje, se indica que por fase debemos montar 1x 95 mm² y para el neutro 2x 95 mm², y para la tierra el fabricante nos indica un conductor de 1x 95 mm². Luego estas serán las secciones que montaremos.

AFQ-m-4WF		25A	50A	100A	150 A	200 A
L1 L2 L3	Sección (mm ²)	10	16	35	70	95
	Terminal (mm)	a ≤ 10 b ≤ 20 c ≤ 21 Ø > 8	a ≤ 10 b ≤ 20 c ≤ 21 Ø > 8	a ≤ 10 b ≤ 20 c ≤ 21 Ø > 8	a ≤ 10 b ≤ 20 c ≤ 21 Ø > 8	a ≤ 10 b ≤ 20 c ≤ 21 Ø > 8
	Par de apriete (Nm)	7,6	7,6	7,6	14,4	14,4
N	Sección (mm ²)	25	50	95	2x95	2x95
	Terminal (mm)	Ø > 8	Ø > 10	Ø > 10	Ø > 10	Ø > 10
	Par de apriete (Nm)	12	20	25	30	30
Tierra	Sección (mm ²)	25	50	95	95	95
	Terminal (mm)	Ø > 8	Ø > 8	Ø > 10	Ø > 10	Ø > 10
	Par de apriete (Nm)	12	20	25	30	30

2.7.9.4 Caída de tensión en la línea de alimentación trifásica al equipo AFQ-m en operación mixta (reactiva y armónicos):

$$e = \frac{L \cdot P}{C \cdot U \cdot S} = \frac{26 \cdot 147500}{56 \cdot 420 \cdot 70} = 2,32 \text{ V}$$

2,32 V corresponden a una caída de tensión del 0,55%

2.7.10 Tierra de las líneas de la instalación:

Aplicaremos lo descrito en el ITC-BT 18 según la tabla 2, que indica cuales son las secciones del conductor de protección en las líneas eléctricas de B.T.

Sección de los conductores de fase de la instalación	Sección mínima de los conductores de protección
S (mm ²)	S _p (mm ²)
S ≤ 16	S _p = S
16 < S ≤ 35	S _p = 16
S > 35	S _p = S/2

2.8 Tabla de secciones, caídas de tensión, longitudes y potencias de cada circuito.

Nombre línea	Longitud (metros)	Intensidad (A)	Tensión (V)	Secciones de línea XLPE 0,6/1Kv (mm ²)	Caída de tensión (V)	Interruptores Protección (A y nº polos)	Sección Neutro (mm ²)	Sección Tierra (mm ²)
1.1	26	931,70	420	3x (3x 185)	1,21	1000, IV p	3x 185	2x 185
1.2	26	931,70	420	3x (3x 185)	1,21	1000, IV p	3x 185	2x 185
2.1	23	838,5	420	3x (3x 240)	3	1000, IV p	3x 240	2x 240
2.2	23	838,5	420	3x (3x 240)	3	1000, IV p	3x 240	2x 240
3	74	1445	400	3x (3x 240)	2,79	1600, IV p	3x 240	2x 240
4.1	8	583,94	420	3x (3x 185)	0,097	1000* ¹ , IV p	3x 185	2x 185
4.2	8	583,94	420	3x (3x 185)	0,097	1000* ¹ , IV p	3x 185	2x 185
4.3	8	583,94	420	3x (3x 185)	0,097	1000* ¹ , IV p	3x 185	2x 185
4.4	8	583,94	420	3x (3x 185)	0,097	1000* ¹ , IV p	3x 185	2x 185
5	21	501,56	420	3x (1x 240)	0,64	630, IV p	1x 240	1x 120
6	14	171,12	420	3x (1x 35)	0,98	250, IV p	1x 35	1x 16
7.1	9	600,9	400	3x (1x 300)	0,56	1000* ¹ , IV p	3x 300	1x 150
7.2	9	600,9	400	3x (1x 300)	0,56	1000* ¹ , IV p	3x 300	1x 150
7.3	9	600,9	400	3x (1x 300)	0,56	1000* ¹ , IV p	3x 300	1x 150
7.4	9	600,9	400	3x (1x 300)	0,56	1000* ¹ , IV p	3x 300	1x 150
8	29	17,27	220	1x (1x 4)	4,47	20, II p	1x 4	1x 4
9	26	203,8	420	3x (1x 95)	2,32	630, IV p	2x 95	1x 95

*¹ Interruptor recomendado según fabricante de 1000 A.

Línea 1.1: Transformadores a conmutación red-grupo (Línea Transformador 1).

Línea 1.2: Transformadores a conmutación red-grupo (Línea Transformador 2).

Línea 2.1: Conmutación red-grupo a cuadro general de baja tensión (Línea 1).

Línea 2.2: Conmutación red-grupo a cuadro general de baja tensión (Línea 2).

Línea 3: Salida del grupo electrógeno a la conmutación red-grupo.

Línea 4.1: Circuito de alimentación del rectificador-cargador de la SAI 1.

Línea 4.2: Circuito de la alimentación del bypass estático de la SAI 1.

Línea 4.3: Circuito de alimentación del rectificador-cargador de la SAI 2.

Línea 4.4: Circuito de la alimentación del bypass estático de la SAI 2.

Línea 5: Circuito de alimentación de la climatización.

Línea 6: Circuito de alimentación de los servicios auxiliares.

Línea 7.1: Circuito de alimentación 1 de la salida de la SAI 1 a cuadro servidor 1.

Línea 7.2: Circuito de alimentación 1 de la salida de la SAI 1 a cuadro servidor 2.

Línea 7.3: Circuito de alimentación 2 de la salida de la SAI 2 a cuadro servidor 1.

Línea 7.4: Circuito de alimentación 2 de la salida de la SAI 2 a cuadro servidor 2.

Línea 8: Circuito de alimentación a los racks de servidores.

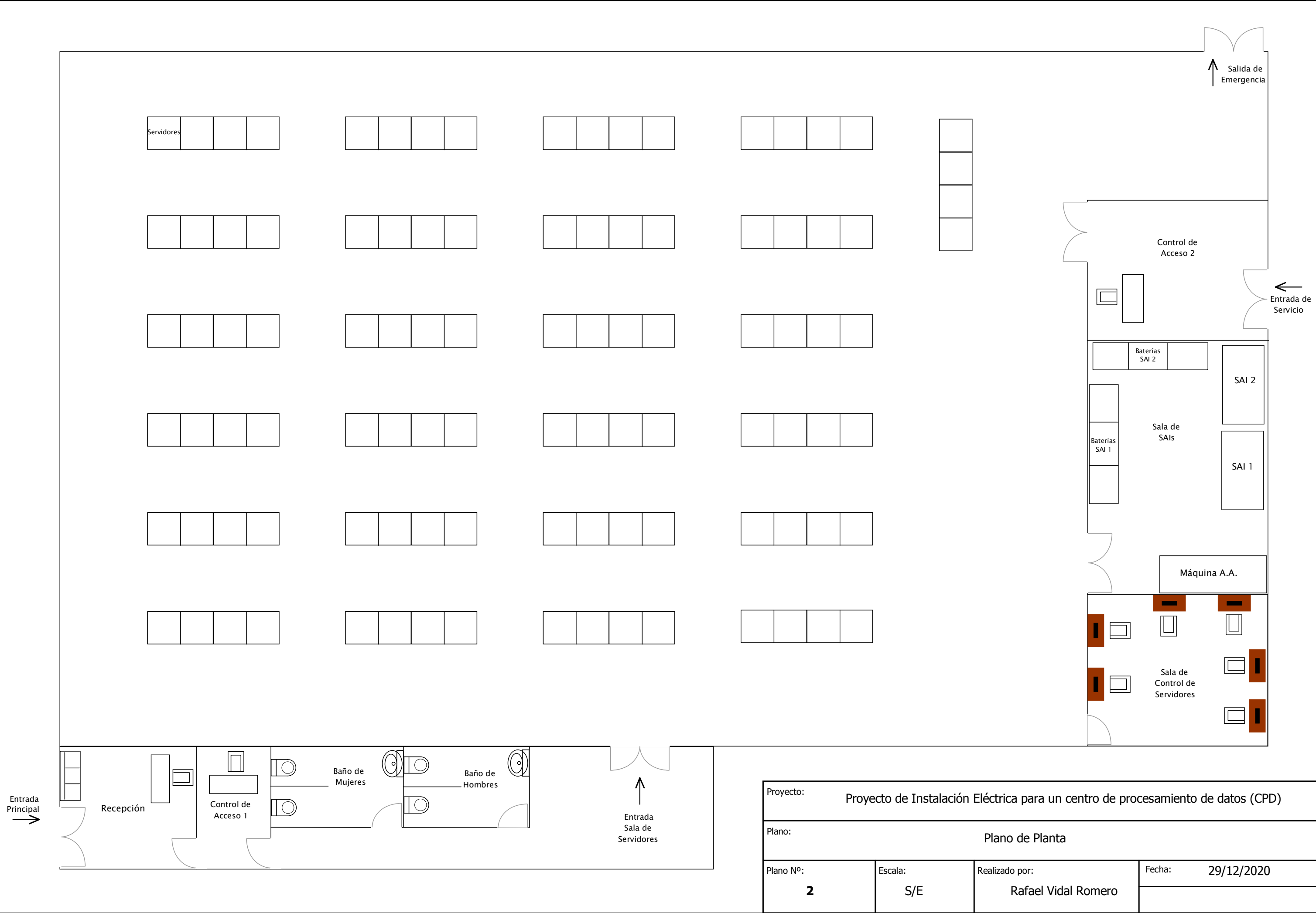
Línea 9: Línea de alimentación al equipo electrónico compensación reactiva y filtrado de armónicos (AFQm).

3. Planos

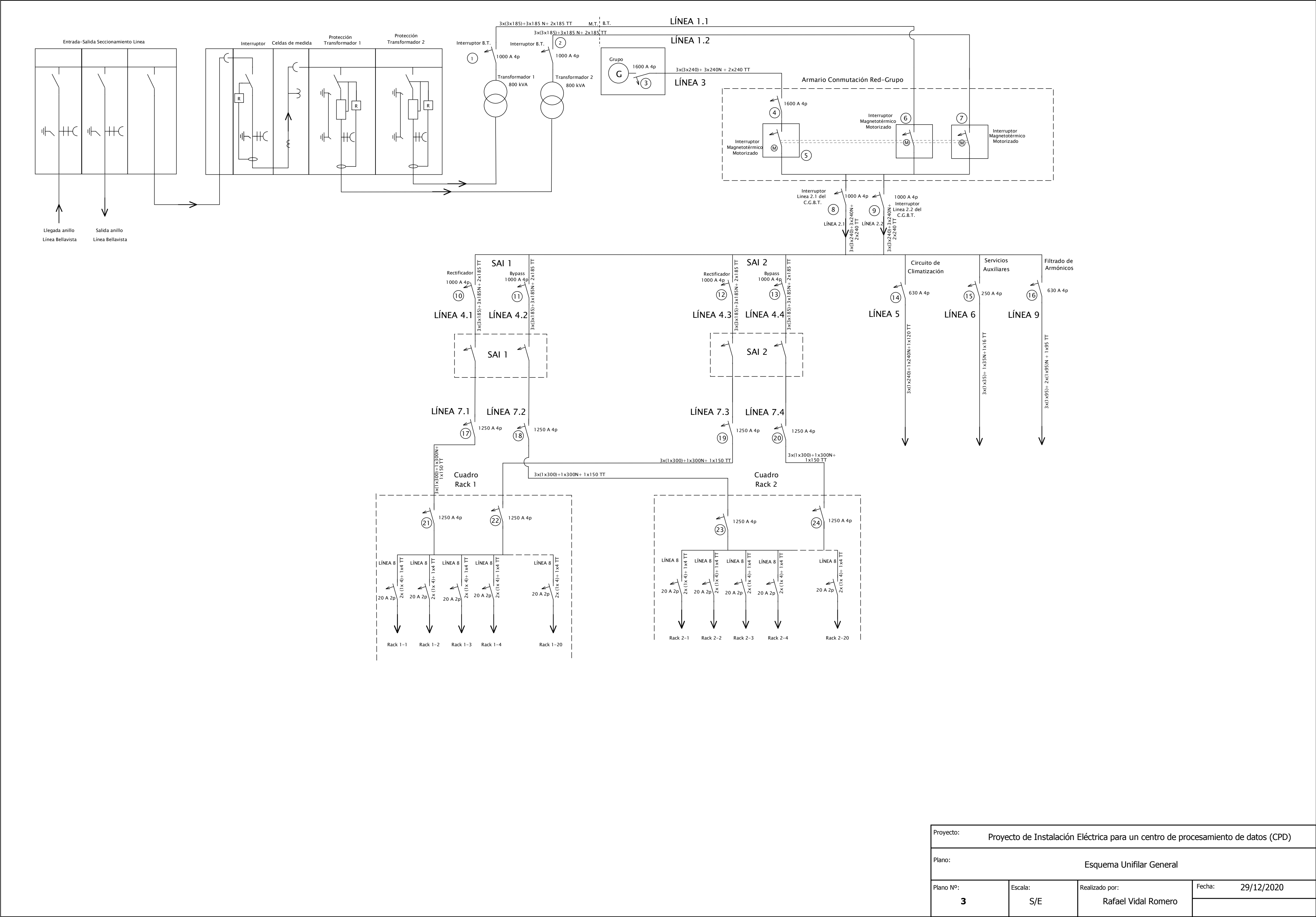
- 3.1 Plano de Ubicación (Plano 1).
- 3.2 Plano de Planta (Plano 2).
- 3.3 Esquema Unifilar General (Plano 3).
- 3.4 Acometida de Media Tensión (Plano 4).
- 3.5 Conmutación Red-Grupo (Plano 5).
- 3.6 Cuadro General de Baja Tensión (C.G.B.T.) (Plano 6).
- 3.7 Distribución salida de SAIs a Cuadro de Servidores (Plano 7).
- 3.8 Servicios Auxiliares (Plano 8).
- 3.9 Detalle de alimentación redundante de Racks (Plano 9).

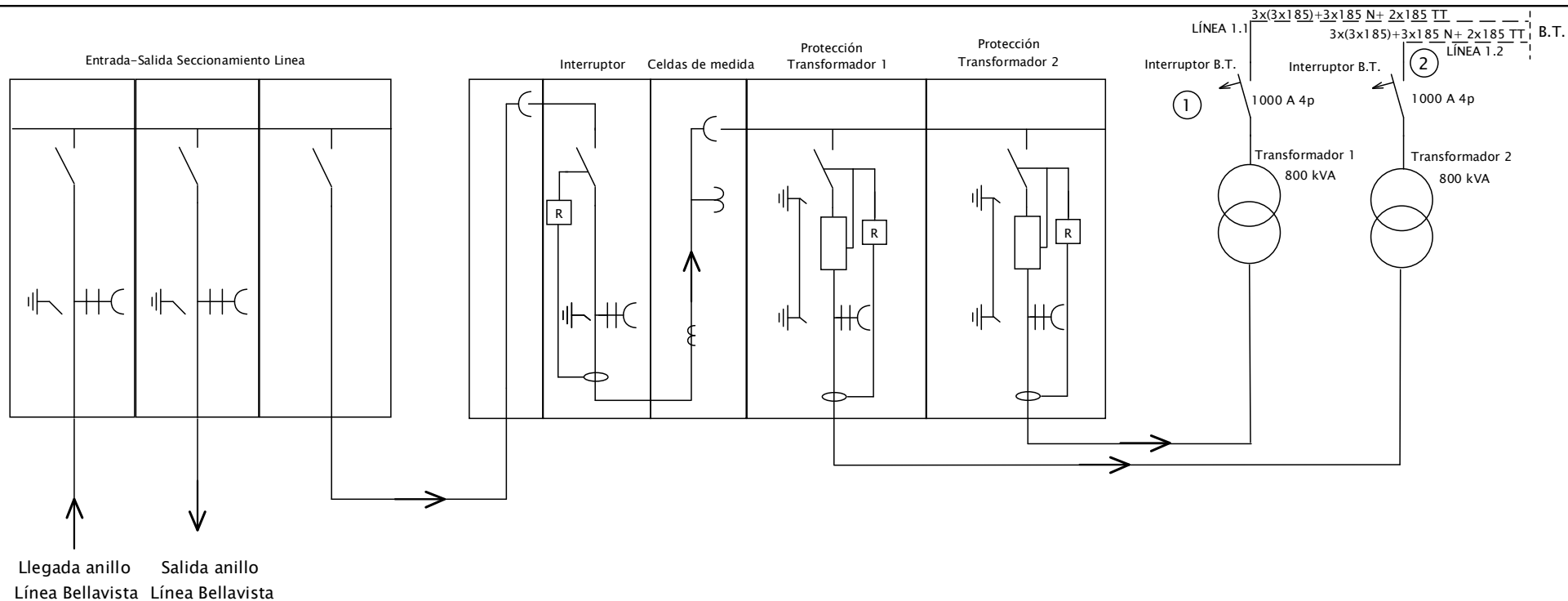


Proyecto: Proyecto de Instalación Eléctrica para un centro de procesamiento de datos (CPD)			
Plano: Plano de Ubicación			
Plano Nº: 1	Escala: S/E	Realizado por: Rafael Vidal Romero	Fecha: 29/12/2020

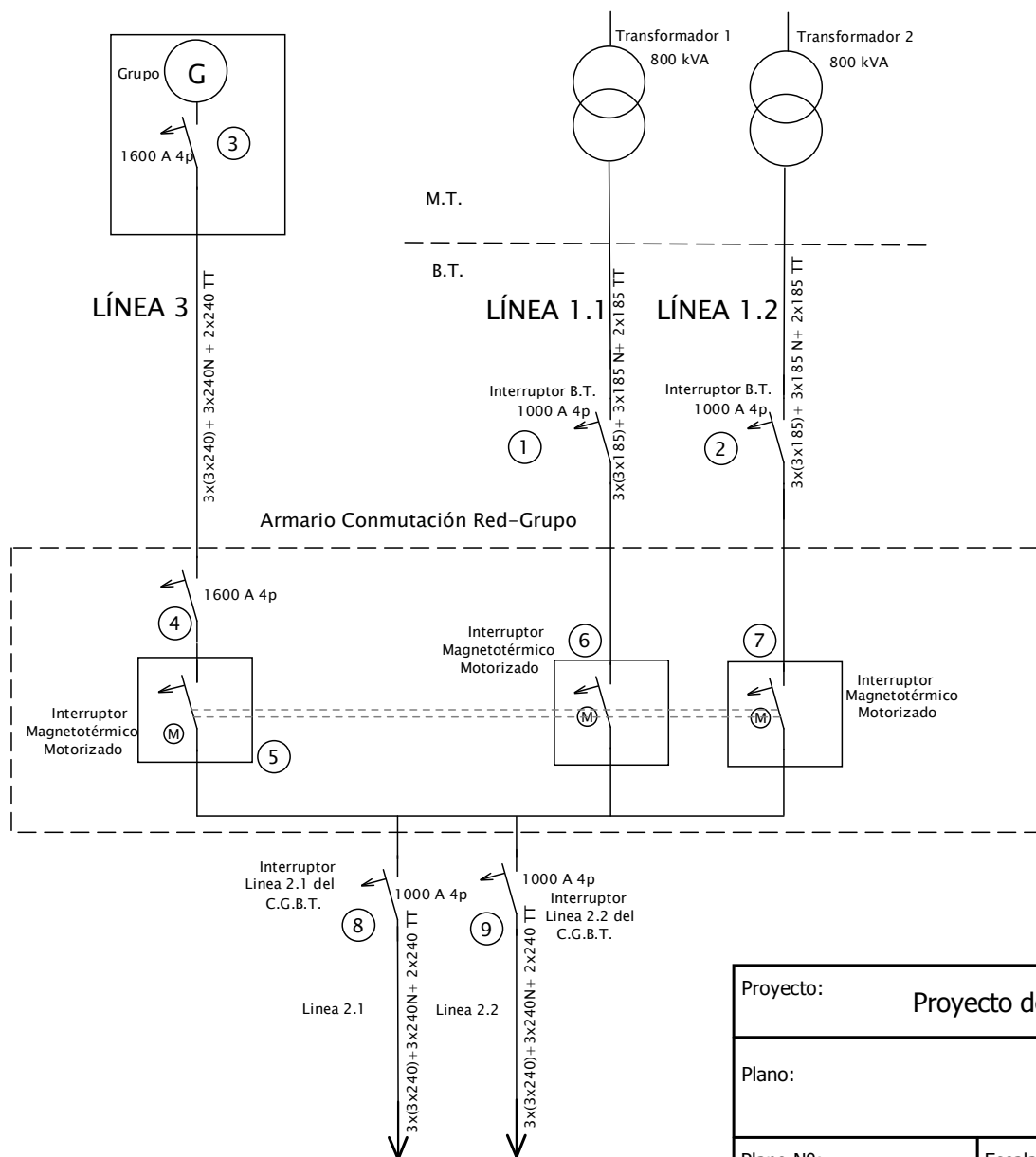


Proyecto: Proyecto de Instalación Eléctrica para un centro de procesamiento de datos (CPD)			
Plano: Plano de Planta			
Plano Nº: 2	Escala: S/E	Realizado por: Rafael Vidal Romero	Fecha: 29/12/2020



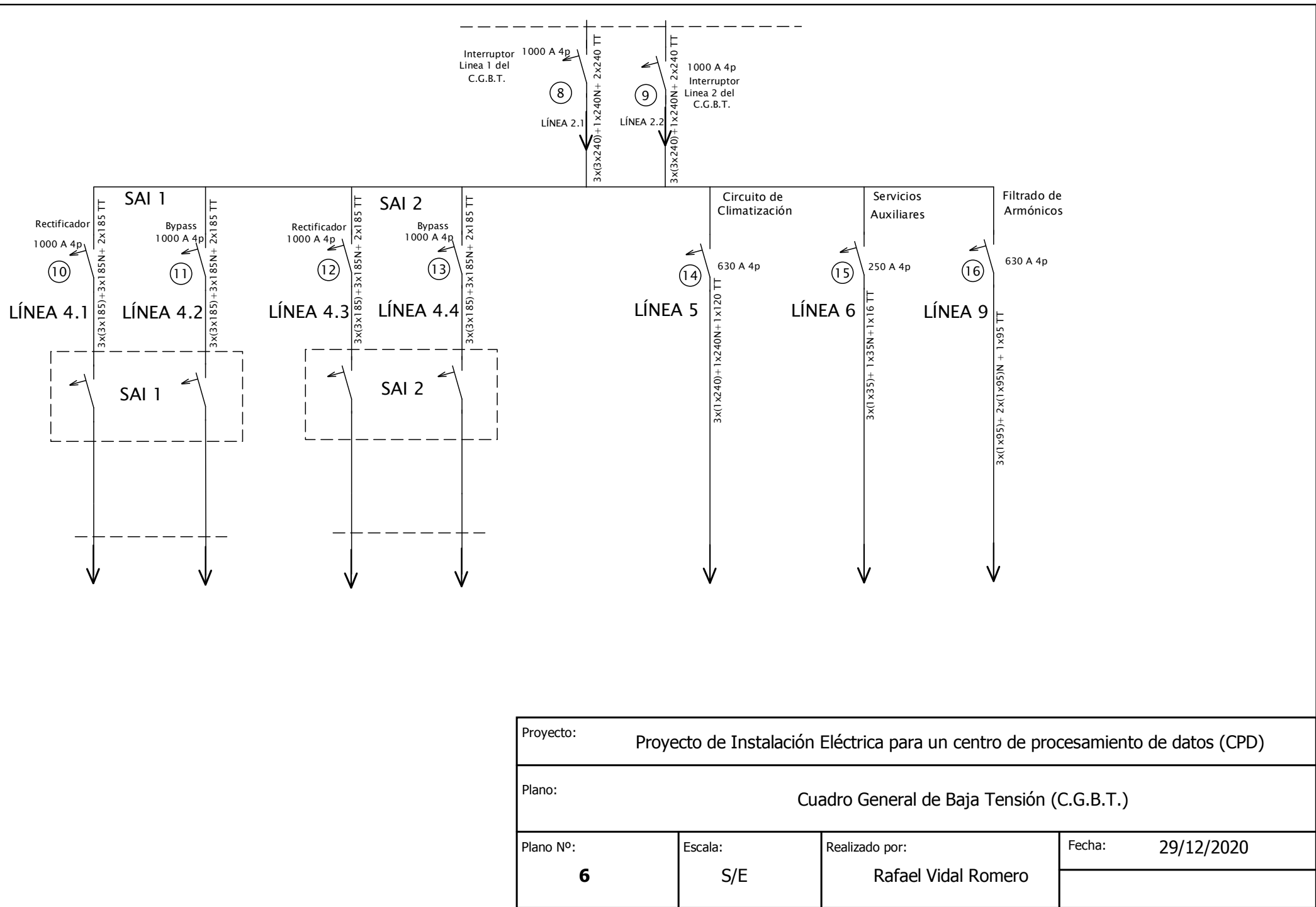


Proyecto: Proyecto de Instalación Eléctrica para un centro de procesamiento de datos (CPD)			
Plano: Acometida de Media Tensión			
Plano Nº:	Escala:	Realizado por:	Fecha: 29/12/2020
4	S/E	Rafael Vidal Romero	

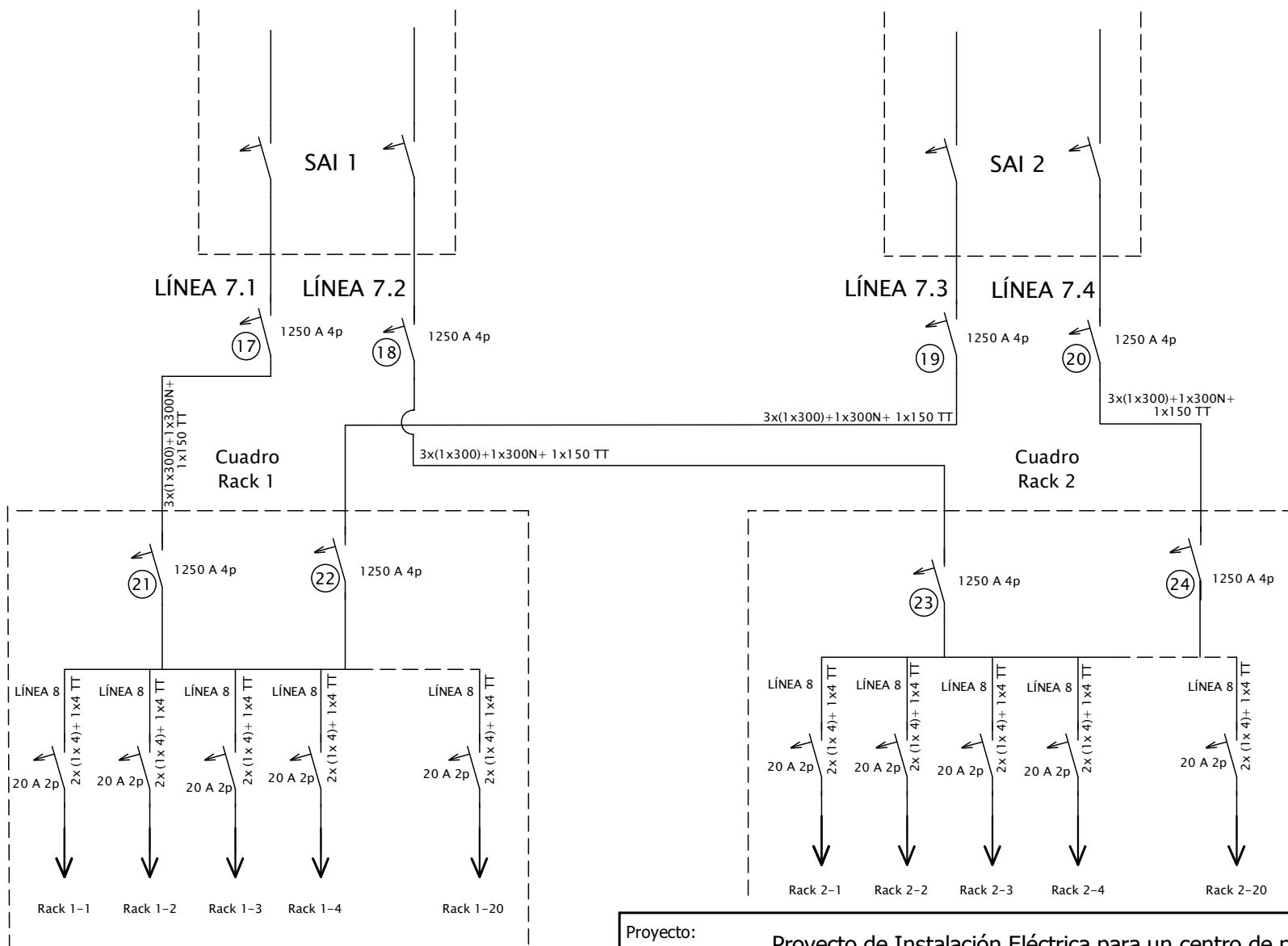


(X) Cada interruptor tiene sus especificaciones técnicas en la memoria del proyecto

Proyecto: Proyecto de Instalación Eléctrica para un centro de procesamiento de datos (CPD)			
Plano: Conmutación Red-Grupo			
Plano N°: 5	Escala: S/E	Realizado por: Rafael Vidal Romero	Fecha: 29/12/2020



Proyecto: Proyecto de Instalación Eléctrica para un centro de procesamiento de datos (CPD)			
Plano: Cuadro General de Baja Tensión (C.G.B.T.)			
Plano Nº:	Escala:	Realizado por:	Fecha:
6	S/E	Rafael Vidal Romero	29/12/2020



Proyecto: Proyecto de Instalación Eléctrica para un centro de procesamiento de datos (CPD)			
Plano: Distribución salida de SAIs a Cuadro de Servidores			
Plano Nº: 7	Escala: S/E	Realizado por: Rafael Vidal Romero	Fecha: 29/12/2020

Servicios
Auxiliares

LÍNEA 6

(15)

250 A 4p

3x(1x35)+1x35N+
1x16 TT

Alumbrado
Interior

16 A 4p

2x4 + 1x4 TT

Alumbrado
Exterior

16 A 2p

2x4 + 1x4 TT

Alumbrado
Emergencia

16 A 4p

2x4 + 1x4 TT

Contraincendios

63 A 4p

63 A, 0,3 A, 4p

3x(1x35) + 1x35N + 1x16 TT

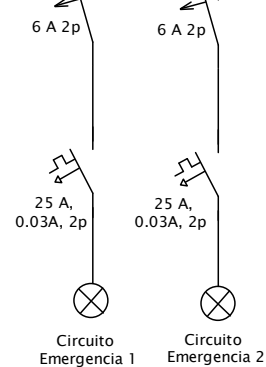
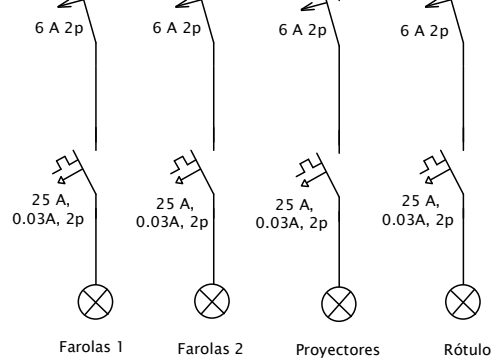
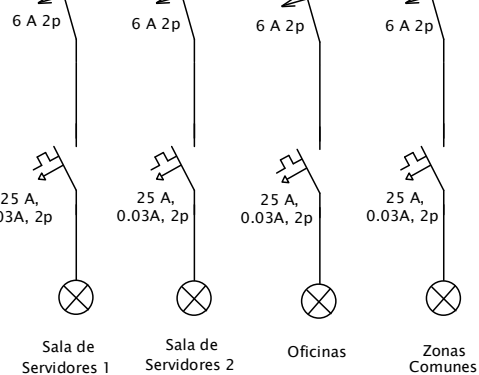
Seguridad

10 A 4p

25 A, 0,03A, 4p

3x 4 + 1x4 N + 1x4 TT

Cámaras CCTV,
Control de accesos



Proyecto:

Proyecto de Instalación Eléctrica para un centro de procesamiento de datos (CPD)

Plano:

Servicios Auxiliares

Plano Nº:

8

Escala:

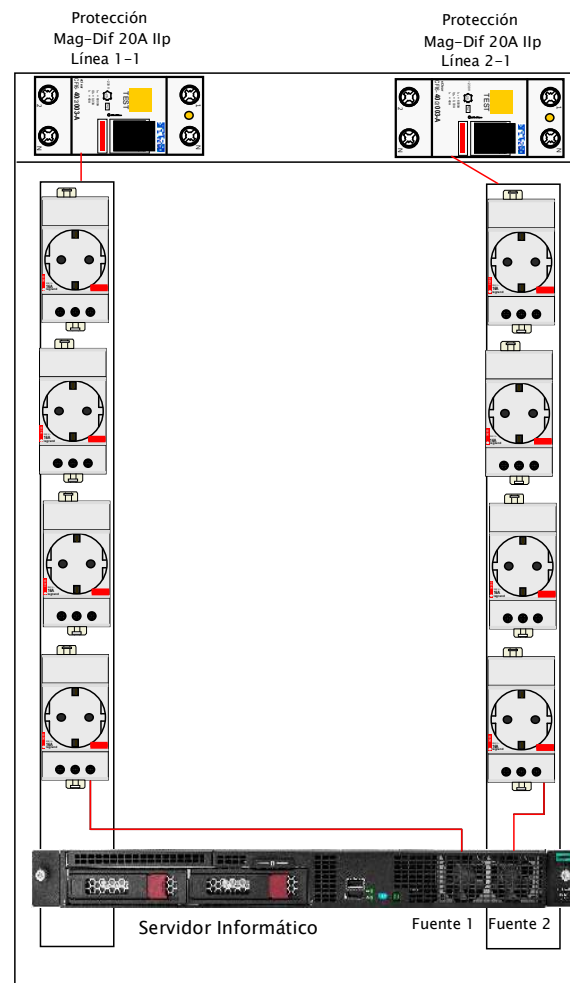
S/E

Realizado por:

Rafael Vidal Romero

Fecha:

29/12/2020



Regletas de conexión alimentación de los servidores y protección magnetotérmica y diferencial de las dos líneas de llegada a cada Rack

Proyecto: Proyecto de Instalación Eléctrica para un centro de procesamiento de datos (CPD)			
Plano: Detalle de alimentación redundante de Racks			
Plano Nº:	Escala:	Realizado por:	Fecha: 29/12/2020
9	S/E	Rafael Vidal Romero	

4. Pliego de condiciones técnicas

4.1 Condiciones técnicas

Es asunto de este Pliego de Condiciones todas las obras que se vayan a llevar a cabo mediante los diferentes oficios de construcción incluyendo los materiales y los medios secundarios que se necesiten para poder llegar a la finalización del proyecto detallado en este documento, y también el resto de recursos puedan surgir a lo largo de la realización de las obras, y aquellas que en el tiempo de la realización de este pliego se hayan omitido y sean de carácter necesario para la correcta realización y finalización de la obra.

Los materiales cumplirán con las especificaciones de las normas UNE que les correspondan y con las normas y especificaciones de EDE que se establecen en la Memoria del proyecto y la reglamentación vigente.

Previamente al inicio de los trabajos será necesario disponer de todos los permisos de los organismos correspondientes.

El jefe de proyecto supervisará para que todos los materiales, productos, sistemas y equipos que sean incluidos en la construcción tengan la documentación necesaria que certifique que sus especificaciones mecánicas y eléctricas cumplen con la normativa actual, y también cumple con las normas UNE, EN, CEI, CE y cualquier que puede que se le exijan por normativa o por el proyectista y por lo indicado en este Pliego.

Se asume que en este pliego que el constructor está capacitado para la interpretación del proyecto a realizar en todas sus partes, o en su defecto tiene personal a su servicio para interpretar correctamente todos los documentos del mismo.

Todas las obras se ejecutarán con estricta sujeción al presente Pliego, así como los detalles e instrucciones.

4.2 Condiciones legales

El comienzo de las obras se realizará una vez que el constructor haya recibido del Director de Proyecto la aceptación del proyecto de obras realizado por el primero.

El constructor, salvo contrario especificado por el jefe del proyecto, no tendrá derecho a realizar ninguna modificación de cualquier tipo durante el desarrollo de la obra en relación con el proyecto.

Tras ser comunicado la aprobación de la iniciación de las obras, el jefe de Proyecto y/o las personas que él indica comenzarán las respectivas visitas de forma periódica a la obra.

Después del constructor haber solicitado la respectiva licencia de obras y abonados al municipio el resto de derechos, la obra no comenzará hasta que el propietario haya recibido dicha licencia.

En el momento en el que finalmente comiencen las obras y a lo largo de la duración de todas ellas será necesario que la documentación se encuentre presente en lugar, también será válida una fotocopia de los documentos antes el caso de que se dé una solicitud por parte de la autoridad correspondiente.

A lo largo de la duración de las obras el jefe de proyecto instruirá las normas necesarias para el correcto desarrollo de las mismas, comprendiendo la obligación por parte del contratista el cumplir con ellas y solicitar cuanta información sea necesaria para obtener y clarificar todos los detalles con el fin de llegar a un entendimiento y comprensión total de las mismas.

En caso de que sea necesario interrumpir los trabajos:

Es responsabilidad del constructor, que al ser pausadas las obras, la vigilancia de manera periódica de toda la obra y el resto de elementos que pudieran agregar deterioro debido a causas relacionadas con el tiempo atmosféricos, robos y destrozos causados por terceras partes.

Es responsabilidad del constructor que al producirse una interrupción de los trabajos en la obra, la retirada de andamios y determinados elementos de construcción que puedan llegar a suponer un peligro o estorbo a terceras personas.

Al realizar la vuelta de los trabajos en la obra, dicho acto tendrá que ser dado a conocer al jefe de proyecto, dado que se entiende que el mismo no es responsable de las obras realizadas sin su consentimiento. Las obras serán ajustadas a un plazo previamente acordado entre todas las partes implicadas.

En el momento en el que las obras estén totalmente acabadas el jefe de proyecto será el encargado de certificarlo, sin incluir aquellas inspecciones reglamentarias que puedan añadir reformas a la misma, comprendiendo así que la obra no está del todo terminada y no se encuentra en disposición de uso hasta el momento en el que se realicen dichas reformas y las inspecciones concluyan un veredicto favorable a ellas, siendo responsable el constructor de que se cumplan las solicitudes de los inspectores.

4.3 Condiciones de seguridad

Todos los trabajadores que formen parte de la obra tendrán derecho a presentar una reclamación al constructor de aquellos componentes que de acuerdo con la legislación presente garanticen protección particular a lo largo de la preparación y ejecución de las actividades y labores que le hayan sido asignadas. También es responsabilidad del adjudicatario mantenerlos a mano y suministrarlos en unas condiciones correctas para su uso.

El constructor será el encargado de poner a disposición de los trabajadores de la obra estos extremos, obligando a la utilización de los dispositivos de seguridad, en caso que por razones externas estos se negaran a utilizarlos.

El constructor, previamente al principio de las obras, deberá obtener la legislación vigente en lo referido a la seguridad en el trabajo, y será el responsable de que se cumplan todas las normas y artículos de la normativa.

Al principio de las obras el constructor tendrá que requerir en la Delegación Provincial del Ministerio del Trabajo la inspección regular de la obra. Teniendo en cuenta, que aun si haberla solicitado, estos tendrán derecho a presentarse en la obra en cualquier momento.

Es una responsabilidad del constructor que se cumpla la legislación vigente atendiendo a horarios, jornadas y seguros, teniendo en cuenta que solamente él será el responsable de aquellas sanciones que se puedan producir según este criterio.

El constructor controlará en lo que respecta a la seguridad del personal de obra, siendo su responsabilidad atenerse a las leyes vigentes del Plan de Seguridad y Salud y la Legislación Laboral y de Seguridad Social.

El constructor será el responsable de la realización de las obras atendiendo a las disposiciones laborales vigentes actualmente. Siendo él únicamente responsable de las desgracias que pudieran suceder si por abandono se dejaran de cumplir las condiciones que se dictan, tanto como si deja de atender cualquier tipo de precaución necesaria para la correcta seguridad en la obra.

4.4 Condiciones medioambientales

El constructor se compromete a gestionar correctamente los residuos sólidos mediante gestores autorizados. Del mismo modo garantizará la no-emisión de vertidos a efluentes ni emisiones no autorizadas a la atmósfera, bajo su responsabilidad legal de todos estos actos.

Se hará responsable al constructor de los posibles daños ocasionados al medio ambiente debido a no seguir las recomendaciones legales y también por los posibles daños materiales ocasionados debido a defectos en los materiales constructivos seleccionados y admitidos por el mismo.

El constructor será el responsable de llevar un completo orden de los materiales a usar en la obra, tanto como de conservar de forma ordenada la limpia de los escombros y desperdicios a lo largo de la duración y vigencia del contrato.

4.5 Condiciones de materiales

Aquellos materiales que sean proporcionados por el constructor tendrán que ser ajustados a los tipos y especificaciones técnicas indicadas en este proyecto. El programa de recepciones tendrá que actuar en relación de la Dirección de proyecto con sustancial antelación, para de esta forma poder administrar el acopio del mismo, y teniendo especial atención a las diferentes condiciones que se exigen en este proyecto.

Las actuaciones de carga y descarga serán llevadas a cabo en todo momento mediante grúa. La carga será almacenada para evitar que se produzca cualquier tipo de daño irreversible en los componentes.

El constructor deberá asegurarse de que durante la realización de las operaciones de carga, transporte y descarga de los materiales, estas sean llevadas a cabo sin que se ocasionen golpes, roces o daños que puedan deteriorarlos y/o dañarlos. Por este motivo esta prohibido la utilización de cadenas no protegidas.

Durante el apilado no está permitirá el contacto del material con el terreno, evitándolo mediante el uso de tacos de madera.

4.6 Condiciones de material eléctrico

Todas las actividades de transporte y almacenamiento de los materiales y apartamenta, inclusive la carga y descarga, deberán de ser efectuadas de tal manera que los materiales y apartamenta se encuentren en todo momento con los embalajes de protección en los que han sido entregados por los fabricantes y con el necesario cuidado para eludir golpes que puedan dañarlos y alterar su funcionamiento de forma correcta.

La carga será almacenada para evitar que se produzca cualquier tipo de daño irreversible en los componentes.

En el caso de las celdas, con la finalidad de cerciorar el correcto funcionamiento de los aparatos de corte y seccionamiento, es fundamental la correcta nivelación de las celdas al descansar en sus puntos de apoyo y todo el grupo sobre el mismo plano.

Durante el montaje de los conductores se ceñirán a las instrucciones del proveedor. Será primordial prevenir que cualquier extremo de los conductores choque contra alguna parte inferior del dispositivo con su consiguiente riesgo de arañarlo.

A lo largo de la operación de montaje de celdas se establecerá la continuidad de todo el circuito general de tierra de las celdas.

El conexionado exterior del circuito de tierra se llevará a cabo en los puntos acondicionados para ello.

El transformador será situado atendiendo a los planos del proyecto. Después será arrastrado a través de planchas metálicas, hasta su correspondiente celda, colocándolo entonces sobre las vigas de sustentación.

Los cuadros de BT que sean modulares serán recepcionados sobre la apartamenta asignada, anclándolo de esta forma a su bastidor instalado con dicha finalidad.

Los trayectos de los conductores deberán ser lo más cortos posible. En este momento tendremos en cuenta los radios de curvatura mínimos a los cuales estos serán sometidos, los cuales vendrán marcados según los fabricantes y su respectiva norma UNE.

El conductor tendrá que ser cortado con sierra y nunca con tijera o cizalla, situándolo en los extremos el terminal a compresión correspondiente a la sección del cable, sin posibilitar en ningún momento la ampliación del diámetro primitivo del orificio del terminal.

Las puestas a tierra se llevarán a cabo de la manera expuesta en la memoria del proyecto, teniendo que cumplir de forma estricta lo tratado en cuanto a separación entre circuitos, constitución y valores deseados para las resistencias de puesta a tierra.

Las uniones y conexiones serán realizadas a través de sus elementos adecuados, de tal forma que garanticen una perfecta unión, y que no se produzca ningún peligro de aflojarse o soltarse. Serán dimensionados para que no experimenten calentamientos mayores a los del conductor al paso de la corriente. También se encontrarán protegidos contra la corrosión galvánica.

5. Estudio de seguridad y salud

Se determinan a lo largo de la duración de las obras, las previsiones al respecto de la prevención de riesgos de incidentes y enfermedades profesionales, también aquellos que derivan de las labores de reparación, conservación y mantenimiento, y aquellas instalaciones de higiene y bienestar del personal laboral. Debe atender para ofrecer unas orientaciones de base a la empresa constructora para proceder a ejecutar sus responsabilidades en el ámbito de la prevención de riesgos laborales, ayudando a su desarrollo bajo el control de la dirección de proyecto, en efecto a los expuesto en el R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, donde son establecidas normas mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

El montaje de las instalaciones, será asistido de forma directa por la albañilería, la cual será la encargada de la apertura de zanjas y rozas en paredes, anclaje de tubos, recepcionado de cuadros, fabricación de peanas, reconstrucción de arquetas, etc. A lo largo de estas tareas comunes, podrá darse el caso de que se encuentren trabajando diferentes subcontratas, como las de albañilería y de instalaciones, pudiendose llegar a producir un caos y descontrol respecto a estado de riesgos y seguridad, por lo tanto estas condiciones serán tenidas en cuenta en el momento del diseño de la prevención.

Se anticipa la ocupación de un servicio de prevención y control externo que sea el encargado de llevar a cabo las tareas de coordinación de la seguridad y salud para la realización de los trabajos e instalaciones eléctricas, asegure la seguridad de la obra y asuma su responsabilidad.

5.1 Riesgos generales

Se asumen disintos riesgos durante la realización de la obra, de los cuales ninguno deber considerarse como inevitable, de manera que todos son evitables. De la misma forma, debemos tomar las medidas de prevencion necesarias para evitarlos, las cuales detallaremos a continuacion.

Durante la obra e instalación los peligros a los que estan sometidos el personal que se encuentra trabajando en la obra pueden ser:

Electrocución, caída de personal a distinto y mismo nivel, cortes por manejo de herramientas manuales y eléctricas, cortes por manejo de conductores, pinchazos en diferentes partes del cuerpo del personal de obra, golpes, lesiones por sobreesfuerzos, quemaduras durante soldaduras, etc.

Se trabajará con presencia de media y baja tensión, lo cual precisa la atención constante de todo el personal de obra, para así evitar accidentes y electrocuciones fáciles de ocurrir en este escenario.

Se tendrán en cuenta los posibles daños a terceros, debido la localización de la obra, al estar situada en una zona habitable y transitables por la población, vallando de forma segura todo el perímetro de la obra, para así de esta forma evitar cualquier proximidad por personal ajeno a esta.

5.2 Medidas de prevención

- El calibre de los conductores será en todo momento el apropiado a la carga eléctrica proyectada, hilos con fundas protectoras y sin defectos a simple vista.

- El reparto desde el cuadro general a los cuadros secundarios, se llevará a cabo a través de manguera eléctrica antihumedad.

- El tendido de los conductores y mangueras, se llevará a cabo a una altura mínima de 2 metros en las zonas peatonales y de 5 metros en las zonas de paso de vehículos, medidos desde el nivel de la calzada, estando formados siempre estos por empalmes elevados y con conexiones estancas antihumedad.

- Los interruptores serán montados dentro de las cajas, equipadas con puerta de entrada y cierre de seguridad.

- Las cajas de interruptores tendrán incluidas en la puerta una señal de peligro, electricidad.

- Los cuadros eléctricos montados serán metálicos de tipo intemperie, con puerta, cierre de seguridad, carcasa conectada a tierra y señal normalizada de "peligro, electricidad".

- Los cuadros eléctricos provisionales se estarán instalados en pendientes de tableros de madera.

- Las operaciones llevadas a cabo en cuadro eléctrico general, se realizarán sobre una en banqueta de maniobra o aislante, con finalidad para esta operación de seguridad.

- Los cuadros eléctricos dispondrán de tomas de tensión para conexiones normalizadas a intemperie.

- Los cuadros eléctricos de la obra dispondrán de enclavamiento eléctrico de apertura.

- Las tomas de tensión de los cuadros, se realizarán a partir de los cuadros de distribución a través de clavijas blindadas según la norma y si fuera posible con enclavamiento.

- Cada toma proveerá de corriente a un único aparato o herramienta.

- La tensión se encontrará siempre en la clavija hembra, nunca estará en la macho.

- Los interruptores automáticos y disyuntores diferenciales se encontrarán instalados en todas las líneas.
- Los disyuntores diferenciales que se instalarán tendrán una sensibilidad de 30 mA para instalaciones de alumbrado y 300 mA para instalaciones de fuerza.
- Todas aquellas partes que sean metálicas de los equipos eléctricos contarán con toma de tierra.
- El neutro de la instalación se encontrará puesto a tierra.
- La toma de tierra será mediante la pica o placa en cada cuadro general.
- La toma de tierra de máquinas, las cuales no dispongan de aislamiento doble, se llevará a cabo a través de hilo neutro en conjunción con el respectivo cuadro de distribución y el cuadro general de la obra.
- Las tomas de tierra proyectadas se localizarán en el terreno de manera que su actuación y eficacia sea la necesaria en la instalación.
- Se incrementará la conductividad del terreno arrojando agua de forma continua en la zona de clavado de la pica.
- El punto de conexión de la pica estará protegido mediante una arqueta practicable.
- Los únicos trabajadores permitidos en lo que respecta a la manutención de la instalación eléctrica serán electricistas, con su respectivo carnet de profesión.
- Está terminantemente prohibido la realización de revisiones y reparaciones bajo corriente. Previamente a la realización de cualquiera de las actividades citadas anteriormente se desconectará la corriente.
- Los cuadros eléctricos que se encuentren en uso estarán cerrados con la cerradura de triángulos.
- No está autorizado el uso de fusibles rudimentarios. Se deben usar componentes normalizados, adaptados a cada caso particular.
- No están autorizadas las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.
- Para la protección del personal de obra se recomienda la utilización de los siguientes equipos de protección:
 - Casco de polietileno, de uso a lo largo de desplazamientos en la obra en Zonas lugares que presenten riesgo de desplome de elementos o de golpes.
 - Botas de seguridad y aislantes de la electricidad.
 - Guantes aislantes.
 - Ropa de trabajo.

- Faja elástica de sujeción de cintura
- Banqueta de maniobra.
- Verificadores de tensión.
- Utensilios aislantes.
- Carteles de avisos de seguridad.
- Trajes impermeables para ambientes húmedos y lluviosos.
 - Debemos tener en cuenta que son de aplicación al caso, las normas dadas para los trabajos de albañilería, montacargas, grúa torre, andamios y escaleras de mano.
 - Todos los trabajadores deberán recibir, nada más entrar en la obra, un informe de la metodología de trabajo y los riesgos que éstos conllevan, añadido a las medidas de seguridad que deben llevar a cabo.
 - También se dispondrá al menos de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
 - Se deberá informar a la obra del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas profesionales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios etc.) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.
 - Todo el personal que empiece a trabajar en la obra deberá pasar un reconocimientomédico previo al trabajo.

➤ Otras medidas a tener en cuenta son:

- El almacén para la reserva del material eléctrico estará ubicado en la zona indicada según los planos o en alguna zona apartada, seca y sin poder ser razón de interrupción durante la ejecución habitual de los trabajos.
- En la fase de obra de apertura y cierre de rozas se extremará el orden y la limpieza de la obra, para evitar los riesgos de pisadas o tropezones.
- El montaje de aparatos eléctricos (magnetotérmicos, disyuntores, etc.) será ejecutado siempre por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.
- Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de cobre, sin la utilización de clavijas macho-hembra.
- Las escaleras de mano a utilizar serán del tipo de «tijera», dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar los riesgos por trabajos realizados sobre superficies inseguras y estrechas.

-La realización del cableado, cuelgue y conexión de la instalación eléctrica de la escalera, sobre escaleras de mano (o andamios sobre borriquetas), se efectuará una vez protegido el hueco de la misma con una red horizontal de seguridad, para eliminar el riesgo de caída desde altura.

-La herramienta a utilizar por los electricistas instaladores estará protegida con material aislante normalizado contra los contactos con la energía eléctrica. Las herramientas de los instaladores eléctricos cuyo aislamiento esté deteriorado serán retiradas y sustituidas por otras en buen estado, de forma inmediata.

-Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciadas, para evitar accidentes.

-Antes de hacer entrar en carga a la instalación eléctrica se hará una revisión en profundidad de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos o indirectos, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

-También se prohibirá el acceso a toda persona ajena a la obra, cierre, señalización y alumbrado de la obra.

6. Mediciones y presupuesto.

- 6.1 Red de Media Tensión.
- 6.2 Centro de Transformación.
- 6.3 Generador.
- 6.4 Cuadros eléctricos y líneas de baja tensión.
- 6.5 SAIs, cuadros y líneas de reparto de SAIs.
- 6.6 Equipo compensación reactiva y filtrado de armónicos.
- 6.7 Alumbrado.

	CAPÍTULO	Nº DE CAPÍTULO	NOMBRE DE CAPÍTULO		
REFERENCIA	MEDIDA	TÍTULO DE LA UNIDAD	Nº UNIDADES	PRECIO UNIDAD	SUBTOTAL UNIDAD
		1	RED DE MEDIA TENSIÓN		
1.01	m	Red M.T. SUBT. 3x(1x240)mm ² AL 18/30 KV	570	57,42	32.729,40 €
		Línea subterránea de media tensión, formada por tres conductores unipolares de aislamiento seco termoestable de etileno-propileno HEPRZ-1, aislamiento 18/30 KV. de 240 mm ² de sección en aluminio.			
1.02	m	Zanja en pavimento de 90x120 (Tubo 2x200mm)	285	72,85	20.762,25 €
		Apertura y cierre en pavimento de calle por medios mecánicos, de 90 x 120 en cualquier clase de terreno, con rompimiento de pavimento actual, excavación, arena, relleno, compactado, con tubo de 200 mm, cinta señalizadora, incluso reposición de pavimento, todo de acuerdo a normativa particular Endesa			
1.03	ud	Arqueta prefabricada para empalme	3	475,85	1.427,55 €
		Según Norma Particular Endesa KRZ001, para registro, cambio de dirección y empalmes en líneas de baja tensión, incluido excavación, tapas de fundición, marcos y de más elementos auxiliares			
		2	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		
2.01	ud	Centro de transformación PFU7 de Ormazabal	1	34315,79	34.315,79 €
		Suministro y montaje inclusive excavación para centro de transformación PFU7 de 8880 mm de anchura x 3180 mm de fondo x 560			

		mm de profundidad. Incluido montaje y conexionado de tierras a herrajes.			
2.02	ud	Celda de entrada-salida	2	5101,23	10.202,46 €
		CML Interruptor-seccionador Celda con envolvente metálica en SF6, inclusive botellas de conexionado, fabricada por ORMAZABAL			
2.03	ud	Celda de interruptor automático de corte en vacío	1	7391,67	7.391,67 €
		CMP-V en SF6, inclusive botellas de conexionado, fabricada por ORMAZABAL			
2.04	ud	Celda de medida	1	6874,32	6.874,32 €
		CMM, inclusive botellas de conexionado, se incluye los tres transformadores y los tres transformadores de intensidad, relaciones según distribuidora, fabricada por ORMAZABAL			
2.05	ud	Celda de protección al transformador de potencia	2	4762,86	9.525,72 €
		CMP-F tipo fusible, inclusive fusibles de protección, en SF6, inclusive botellas de conexionado, fabricada por ORMAZABAL			
2.06	ud	Transformador Trifásico 800kVA	2	17355,32	34.710,64 €
		Transformador 800kVA 15/20KV y salida B.T. 420V según características descritas en memoria, inclusive botellas de conexionado M.T. y terminales para B.T.			

		3	GENERADOR		
3.01	ud	Grupo Electrógeno de 900kVA en contenedor	1	78704	78.704,00 €
		Grupo electrógeno según las características detalladas en la memoria, inclusive conexión de línea B.T. y pruebas de funcionamiento.			
3.02	m	Línea del G.E. al cuadro de conmutación 3x(3x240) + 3x 240N+ 2x 240 TT	74	181,3	13.416,20 €
		Línea subterránea de baja tensión, formada por 3x3 conductores unipolares para las fases, 3 para el Neutro y 2 para las tierras de aislamiento XLPE 0,6/1kV, de 240 mm ² de sección en cobre, de acuerdo a la memoria más p/p de tendido y conexión			
3.03	ud	Zanja en pavimento de 50x80 (Tubo 1x200mm)	74	72,85	5.390,90 €
		Apertura y cierre en pavimento de calle por medios mecánicos, de 50 x 80 en cualquier clase de terreno, excavación, arena, relleno, compactado, con tubo de 200 mm			
		4	CUADROS ELÉCTRICOS Y LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN		
4.01	ud	Cuadro conmutación de generación y producción	1	32706	32.706,00 €
		Armario de conmutación para el G.E. y los dos transformadores de 3,000mm ancho x 2,000mm alto x 800mm de fondo, conteniendo en su interior 3 interruptores automáticos motorizados según especificaciones de memoria, embarrado de distribución, bornas de llegada, elementos de protección de los automatismos, fuentes de alimentación, etc. M.O. y pequeño material			

4.02	m	Línea del transformador al cuadro de conmutación 3x(3x185) + 3x 185N+ 2x 185 TT	52	146,89	7.638,28 €
		Línea de baja tensión, formada por 3x3 conductores unipolares para las fases, 3 para el Neutro y 2 para las tierras de aislamiento XLPE 0,6/1kV, de 185 mm ² de sección en cobre, de acuerdo a la memoria más p/p de tendido y conexionado			
4.03	ud	Cuadro general de Baja Tensión (C.G.B.T.)	1	107562	107.562,00 €
		Armario del C.G.B.T. de 5,000mm ancho x 2,000mm alto x 800mm de fondo, conteniendo en su interior 13 interruptores automáticos referencias de plano 8 al 20 (incluidos) según especificaciones de memoria, embarrado de distribución, bornas de llegada, elementos de protección de los automatismos, fuentes de alimentación, construcción del armario modalidad 4b según memoria M.O. y pequeño material			
4.04	m	Línea de Conmutación red-grupo a cuadro general de baja tensión 3x(3x240) + 3x 240N+ 2x 240 TT	46	181,3	8.339,80 €
		Línea de baja tensión, formada por 3x3 conductores unipolares para las fases, 3 para el Neutro y 2 para las tierras de aislamiento XLPE 0,6/1kV, de 240 mm ² de sección en cobre, de acuerdo a la memoria más p/p de tendido y conexionado			
4.05	m	Línea del circuito de alimentación del rectificador y bypass de las SAIs 1 y 2, 3x(3x185) + 3x 185N+ 2x 185 TT	32	146,89	4.700,48 €
		Línea de baja tensión, formada por 3x3 conductores unipolares para las fases, 3 para el Neutro y 2 para las tierras de aislamiento XLPE 0,6/1kV, de 185 mm ² de sección en cobre, de acuerdo a la memoria más p/p de tendido y conexionado			

4.06	m	Línea del circuito de alimentación de la climatización, 3x(1x240) + 1x 240N+ 1x 120 TT	21	72,53	1.523,13 €
		Línea de baja tensión, formada por 3x1 conductores unipolares para las fases de 240mm ² , 1 para el Neutro de 240mm ² y 1 para las tierras de 120mm ² de aislamiento XLPE 0,6/1kV, de sección en cobre, de acuerdo a la memoria más p/p de tendido y conexionado			
4.07	m	Línea del circuito de alimentación de los servicios auxiliares, 3x(1x35) + 1x 35N+ 1x 16 TT	14	32,51	455,14 €
		Línea de baja tensión, formada por 3x1 conductores unipolares para las fases de 35mm ² , 1 para el Neutro de 35mm ² y 1 para las tierras de 16mm ² de aislamiento XLPE 0,6/1kV, de sección en cobre, de acuerdo a la memoria más p/p de tendido y conexionado			
4.08	m	Línea del circuito de alimentación al equipo electrónico compensación reactiva y filtrado de armónicos (AFQm), 3x(1x95) + 2x 95N+ 1x 95 TT	26	46,78	1.216,28 €
		Línea de baja tensión, formada por 3x1 conductores unipolares para las fases de 95mm ² , 2 para el Neutro de 95mm ² y 1 para las tierras de 95mm ² de aislamiento XLPE 0,6/1kV, de sección en cobre, de acuerdo a la memoria más p/p de tendido y conexionado			

		5	SAIs, CUADROS Y LÍNEAS REPARTO DE SAIs		
5.01	ud	SAI de 500kVA con baterías	2	78675,31	157.350,62 €
		Sistema de alimentación ininterrumpida de 500kVA con baterías para una autonomía de 10 minutos al 100% de carga de acuerdo a especificaciones de memoria, conexión de líneas y protocolos de pruebas de funcionamiento			
5.02	ud	Cuadro Rack reparto líneas de SAIs	2	15203,4	30.406,80 €
		Armario de reparto de líneas de SAI a servidores de 1000mm ancho x 2000mm altura x 400mm fondo, constituido por 2 interruptores de 4p, 1250A según especificaciones de memoria y 100 magnetotérmicos de 2p, 20A, embarrado de distribución, bornas de llegada, elementos de protección de los automatismos, fuentes de alimentación			
5.03	m	Línea del circuito de alimentación a los racks de servidores, 3x(1x4)	2900	1,74	5.046,00 €
		Línea de baja tensión, formada por manguera de 3x4mm ² de aislamiento XLPE 0,6/1kV, de sección en cobre, de acuerdo a la memoria más p/p de tendido y conexión			
		6	EQUIPO COMPENSACIÓN REACTIVA Y FILTRADO DE ARMÓNICOS		
6.01	ud	Equipo AFQm-4WF-200C-400	1	24367,39	24.367,39 €

		Equipo electrónico de compensación de reactiva y filtrado de armónicos de 200A 3F+N de acuerdo a características de memoria, protocolo de puesta en marcha, M.O. y conexión			
		7	ALUMBRADO		
7.01	ud	Armario de alumbrado	2	287,9	575,80 €
		Armario para iluminación interior/exterior para 4 circuitos según memoria y esquema unifilar, M.O., pequeño material y conexión			
7.02	ud	Punto de iluminación tipo LED 22W para interior	140	23,06	3.228,40 €
		Unidad de iluminación tipo LED circular para techo modular de 22W, inclusive conexión, M.O., pequeño material			
7.03	ud	Farola de exterior con báculo y bombilla tipo LED de 35W	12	148,76	1.785,12 €
		Farola de 3,5 metros de altitud, dotada de bombilla LED de 35W, pica de puesta a tierra, magnetotérmico de protección, cimentación y p/p de líneas de conexión			
7.04	ud	Punto de alumbrado de emergencia	14	43,5	609,00 €
		Unidad de alumbrado de emergencia dotada de batería autonomía con una autonomía de 4 horas y 160 lux, inclusive conexión, M.O., pequeño material			
				TOTAL	642.961,14 €

7. Bibliografía

1. RD 337/2014 Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23
2. Reglamento electrotécnico de baja tensión RD 842/2002
3. Cuaderno de configuraciones de diseño de sistemas UPS de Kevin McCarthy, Informe N°75 de la empresa APC Schneider
4. Ejemplo de cálculo con resultado de varios conductores por fase de PRYSMIAN Expertise
5. Impacto de cargas con elevado contenido armónico sobre los generadores sincrónicos, de los profesores Gastón Pesse, Roberto L. Alves, Carmelo Candela, José M. Aller del departamento de Conversión y Transporte de Energía, Universidad Simón Bolívar.
6. Manual de aplicación de conjuntos generadores enfriados por líquido de la empresa fabricante de motores Cummins.
7. Cuaderno de Circutor denominado "Como dimensionar el filtro activo".
8. Documento especificaciones técnicas Easy UPS 3L de Schneider Electric.
9. Manual de montaje y funcionamiento Filtro Activo Paralelo Multifunción AFQm de Circutor.
10. Cuaderno de aplicaciones técnicas nº 9 de ABB.
11. Normativa particular Endesa NRZ102_EP, KRZ001_EP.