



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA QUE ALIMENTA UNA PLANTA DE HIDRÓGENO VERDE

Autor: Álvaro Aguirre Garay

Director: Matías Sánchez Mingarro

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
“Diseño de una Subestación Eléctrica que Alimenta una Planta de
Hidrógeno Verde”
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2022-2023 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Álvaro Aguirre Garay

Fecha: 30/ 08/ 2023



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Matías Juan Sánchez Mingarro

Fecha: 31/ 08/ 2023

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis padres por ser mi mayor apoyo siempre y por darme la oportunidad de poder estudiar lo que yo he querido. Me acuerdo mucho de aquellos que me han acompañado a lo largo de estos últimos años y que me han hecho mejor persona. Le dedico este proyecto a Falcon, quien me ha inspirado mucho y de quien más aprendo. A Fernando Roberto y a Francisco, dos pilares en mi vida y a quienes identifico como hermanos. Se lo dedico a Cuca, porque en las buenas y en las malas, siempre he tenido su apoyo y estoy muy agradecido. Y a Pedro, un gran amigo y experto en la materia.

También quiero agradecer a mi director Matías por haberme dado la oportunidad de hacer el trabajo con él y por ayudarme. Por último, quería agradecer a aquellos profesores que han marcado mi paso por la universidad.

DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA QUE ALIMENTA UNA PLANTA DE HIDRÓGENO VERDE, CON LA ENERGÍA GENERADA POR UN PARQUE EÓLICO

Autor: Aguirre Garay, Álvaro

Director: Sánchez Mingarro, Matías

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto consiste en el diseño de una subestación transformadora de 220/30 kV, la cual pertenecerá a un parque eólico, que se construirá en As Encrobas, en la provincia de A Coruña. Se diseñará la subestación para alimentar una planta de hidrógeno verde con la energía precedente de los aerogeneradores y se conectará a su vez a la Red Eléctrica Española.

La instalación de la subestación aporta a la descarbonización de la economía. Es la causa mayor de todos los proyectos que se están desarrollando en la zona. La planta de electrólisis y el parque eólico forman parte de la transición energética a la que se le está dando tanta importancia.

El parque eólico tendrá 10 aerogeneradores, que generarán un total de 44,5 MW. Esa energía irá destinada a la planta de hidrógeno de 30 MW. La potencia restante irá a la red eléctrica a través de una línea de evacuación.

El objetivo del proyecto es la tramitación de la subestación transformadora, mediante procesos de diseño, investigación y elección equipos eléctricos, que cumplirán siempre con la normativa eléctrica y la ley vigente. Este trabajo presentará unos planos y un presupuesto detallado de la subestación completa.

La subestación se dividirá en dos parques principales. Una zona de alta tensión, que estará a la intemperie a 220 kV y un parque colector interior de media tensión a 30 kV.

Las características generales de la aparamenta son las siguientes:

	Parque MT	Parque AT
Tensión nominal	30 kV	220 kV
Tensión máxima	36 kV	245 kV
Frecuencia	50 Hz	50 Hz
Intensidad de cortocircuito (1 s)	20 kA	40 kA
Tiempo de extinción de la falta	0,5 seg	1 seg
Tensión soportada tipo rayo	170 kV	1050 kV

La subestación abarcará 1350 m² y su perímetro estará vallado completamente. Estará ubicada en Rosaño, en una parcela de 7130 m², accesible desde la carretera AC-532. Se ubicarán las celdas usando la tecnología GIS (Gas Insulated Switchgear), aislada en SF₆. Para reducir riesgos y una mayor durabilidad de las celdas, se instalarán en el interior. Se aprovechará para integrar la zona del edificio con el entorno. Se empleará la configuración de simple barra ya que ofrece seguridad, fiabilidad y versatilidad suficiente. Además, es una opción económica.

Sin embargo, la zona de alta tensión se encuentra a la intemperie por motivos de ventilación, acceso y mantenimiento de equipos como el transformador de potencia. Incluirá una reactancia trifásica para puesta a tierra de 36 kV en el lado de baja tensión del transformador.

La zona interior trata de un edificio cerrado, el cual estará dividido en distintos compartimentos:

- Sala de control y comunicaciones: En esta sala se monitorizará el funcionamiento de los equipos. Albergará los armarios de control, de protecciones, de servicio auxiliares y los paneles de control.
- Sala de celdas: Las celdas de media tensión se alojarán en este cuarto. Contarán con tecnología GIS.
- Sala de servicios auxiliares: Alberga al transformador de servicios auxiliares, el equipo de baterías y el grupo electrógeno.

Las celdas de media tensión elegidas son del fabricante MESA. El modelo es el CBGS-0 de 36 kV. La sala de celdas contendrá:

- 3 celdas de salida de línea de los aerogeneradores.
- 2 celdas de entrada de línea para la planta de hidrógeno.
- 1 celda de protección de línea del transformador de potencia.
- 1 celda de protección de transformador de servicios auxiliares.

La zona de alta tensión se encuentra a la intemperie y sus elementos más importantes, todos ellos a 220 kV, son los siguientes:

- Transformador de potencia de 50 MVA, con relación de transformación 220/30 kV.
- Autoválvulas pararrayos.
- Pórtico para la salida de línea de evacuación.
- Transformadores de intensidad y tensión inductivo.
- Interruptor y seccionador de barras tripolar.

Los servicios auxiliares alimentan a tensión alterna (400/230 V) y continua (125 Vcc). Serán alimentados por el transformador de servicios auxiliares y por un grupo electrógeno de 160 kVA de emergencia. La instalación contará con un sistema de control, protección, medida y comunicaciones, además de un sistema anti intrusismo y contra los incendios.

La obra civil es imprescindible para la instalación y el montaje de la subestación transformadora. Se realizará una explanación del terreno y un movimiento de tierras. También se montará una red de drenaje, los accesos al recinto, el edificio, los equipos principales, el vallado y la puesta a tierra.

La red de tierras consistirá en un único sistema de puesta a tierra para toda la subestación. Consiste en una malla enterrada 1512 m² (28 x 54) de cable de cobre desnudo de sección 95 mm² y estará enterrada a 0,8 metros de profundidad. El terreno es de arena arcillosa y su resistividad es de 300 Ω -m. Tendrá 64 picas de 2 metros y las cuadrículas serán de 6 metros de lado.

El cableado usado para la interconexión de la aparamenta y la red de tierras están calculados y comprobados en el documento de cálculos.

Posterior al diseño de la instalación completa, se elaboran los pliegos de condiciones generales y técnicas y particulares, los cuales deben ser considerados en la obra civil y en la totalidad del proyecto.

En el documento de planos, se pueden ver:

- La ubicación y la parcela elegidas para la instalación.
- El diagrama unifilar del parque entero
- El edificio de control y de celdas detallado
- El perfil y la planta de la subestación
- La puesta a tierra

Se estima que el presupuesto total de la subestación es de 1.814.390,84€. Tras calcular la subvención y los costes del proyecto, el beneficio conseguido es del 21,9%.

DESIGN OF AN ELECTRICAL SUBSTATION THAT FEEDS A GREEN HYDROGEN PLANT WITH THE ENERGY GENERATED BY A WIND FARM.

Author: Aguirre Garay, Álvaro

Director: Sánchez Mingarro, Matías

Collaborating Entity: ICAI - Comillas Pontifical University

PROJECT SUMMARY

This project consists of the design of a 220/30 kV transformer substation, which will belong to a wind farm which will be built in As Encrobas, in the province of A Coruña. The substation will be designed to feed a green hydrogen plant with the preceding energy from the wind turbines and will be connected to the Spanish Electricity Grid.

The installation of the substation contributes to the decarbonisation of the economy. It is the major cause of all the projects being developed in the area. The electrolysis plant and the wind farm are part of the energy transition to which so much importance is being given.

The wind farm will have 10 wind turbines, generating a total of 44.5 MW. That power will go to the 30 MW hydrogen plant. The remaining power will be fed into the Spanish grid through an evacuation line.

The aim of the project is the processing of the transformer substation, through design, research and electrical equipment selection processes, which will always comply with electrical regulations and current law. This work will present detailed plans and a detailed budget for the complete substation.

The general characteristics of the switchgear are as follows:

	Medium voltage park	High voltage park
Rated voltage	30 kV	220 kV
Maximum voltage	36 kV	245 kV
Frequency	50 Hz	50 Hz
Short-circuit current (1 sec)	20 kA	40 kA
Fault extinction time	0,5 sec	1 sec
Lightning withstand voltage	170 kV	1050 kV

The substation will cover 1350 m² and its perimeter will be completely fenced. It will be located in Rosaño, on a plot of 7130 m², accessible from the AC-532 road. The cells will use GIS (Gas Insulated Switchgear) technology, insulated in SF₆. To reduce risks and increase the durability of the cells, they will be installed indoors. Actions will be taken to integrate the building area with the surroundings. The single busbar configuration will be used as it offers sufficient safety, reliability and versatility. It is also an economical option.

However, the high voltage area is located outdoors for ventilation, access and maintenance of equipment such as the power transformer. It will include a three-phase reactor for 36 kV earthing on the low voltage side of the transformer.

The interior area is an enclosed building, which will be divided into different compartments:

- Control and communications room: This room will monitor the operation of the equipment. It will house the control cabinets, protection cabinets, auxiliary service cabinets and control panels.
- Switchgear room: The medium voltage switchgear will be housed in this room. They will be equipped with GIS technology.
- Auxiliary services room: It houses the auxiliary services transformer, the battery equipment and the generator set.

The medium-voltage switchgear chosen is from the manufacturer MESA. The model is the 36 kV CBGS-0. The cubicle room will contain

- 3 line output switchgear for the wind turbines.
- 2 line input cubicles for the hydrogen plant.
- 1 line protection cubicle for the power transformer.
- 1 auxiliary services transformer protection cubicle.

The high voltage area is located outdoors and its most important elements, all at 220 kV, are as follows:

- 50 MVA power transformer, with 220/30 kV transformation ratio.
- Lightning arrester self-valves.
- Gantry for the evacuation line outlet.
- Inductive current and voltage transformers.
- Three-pole busbar switch and disconnecter.

The auxiliary services supply alternating voltage (400/230 V) and direct voltage (125 Vdc). They will be supplied by the auxiliary services transformer and by a 160 kVA emergency generating set. The installation will be equipped with a control, protection, measurement, and communications system, as well as an anti-intrusion and fire prevention system.

The civil works are essential for the installation and assembly of the transformer substation. The land will be levelled, and the floor will be moved. A drainage network, accesses to the site, the building, the main equipment, fencing and earthing will also be installed.

The grounding network will consist of a single grounding system for the entire substation. It consists of a buried mesh of 1512 m² (28 x 54) of bare copper cable with a cross-section of 95 mm² and will be buried 0.8 metres deep. The soil is clay sand, and its resistivity is 300 Ω-m. It will have 64 2-metre spikes and the grids will be 6 metres on each side.

The wiring used for the interconnection of the switchgear and grounding network is calculated and checked in the calculations document.

Following the design of the complete installation, the general, technical and specific specifications are drawn up, which must be considered in the civil works and in the entire project.

In the scheme document, the following can be seen:

- The location and the plot chosen for the installation.
- The single-line diagram of the entire wind farm
- The detailed control and switchgear building
- The profile and plan of the substation
- The earthing system

The total budget for the substation is estimated to be €1,814,390.84. After calculating the subsidy and the project costs, the profit achieved is 21.9%.

DOCUMENTO 1

MEMORIA

Índice

CAPÍTULO 1: MEMORIA

1. GENERALIDADES.....	16
1.1 Antecedentes y estudios previos	16
1.2 Alcance	16
1.3 Objeto.....	17
1.4 Normativa.....	18
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUBESTACIÓN	20
2.1 Emplazamiento	20
2.2 Condiciones ambientales	20
2.3 Características eléctricas	21
2.4 Disposición de la subestación.....	22
2.5 Integración de la subestación con el contorno	23
2.6 Tecnología de la subestación y formas constructivas.....	24
3. SISTEMAS PRIMARIOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	25
3.1 Descripción general	25
3.2 Esquema Unifilar.....	26
3.3 Características y Elección de Aparamenta	26
3.3.1 Parque de 30 kV interior	26
3.3.2 Celdas de media tensión	26
3.3.3 Interruptores automáticos	30
3.3.4 Transformadores de intensidad toroidal.....	31
3.3.5 Transformadores de tensión	31
3.3.6 Transformador de SSAA	31
3.4 Componentes de 30 kV a la intemperie.....	32
3.4.1 Pararrayos de MT	32
3.4.2 Reactancia de puesta a tierra y seccionador	32
3.5 Parque de 220 kV.....	34
3.5.1 Transformador de potencia 220/30 kV	34
3.5.2 Pararrayos autoválvula.....	36
3.5.3 Equipo de alta tensión.....	36
3.6 Cable y embarrado.....	38
3.6.1 Embarrado y cableado en AT	38
3.6.2 Embarrado y cableado en MT	38
4. SISTEMAS SECUNDARIOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	39

4.1 Sistemas auxiliares.....	39
4.1.1 Sistema de corriente alterna	39
4.1.2 Sistema de corriente continua.....	40
4.1.3 Grupo electrógeno	41
4.2 Sistema de protección y control.....	41
4.3 Sistema de medida y comunicaciones	42
4.4 Sistema de protección contra incendios	43
4.5 Sistema anti intrusismo.....	43
5. OBRA CIVIL	43
5.1 Descripción general	43
5.2 Edificación	44
5.3 Sistema de puesta a tierra.....	45
5.4 Acceso de líneas.....	46
CAPÍTULO 2: CÁLCULOS	
6 CÁLCULOS.....	48
6.1 Objeto	48
6.2 Cálculos de los cables aislados de media tensión.....	48
6.2.1 Resistencia eléctrica.....	49
6.2.2 Reactancia inductiva	50
6.2.3 Justificación por intensidad máxima admisible	51
6.2.4 Justificación por caída de tensión	51
6.2.5 Justificación por intensidad de cortocircuito.....	52
6.3 Cálculo de la red de tierras.....	53
6.3.1 Tensión de paso y de contacto máximas admisibles	53
6.3.1 Resistencia de puesta a tierra.....	55
6.3.2 Conductor de puesta a tierra.....	55
CAPÍTULO 3: ESTUDIO ECONÓMICO	
7. ESTUDIO ECONÓMICO	58
7.1 Introducción	58
7.2 Rentabilidad del proyecto	58

CAPÍTULO 1

MEMORIA

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes y estudios previos

Se presentará el diseño de una subestación eléctrica elevadora de 220/30 kV, formará parte de un parque eólico y a su vez estará conectada a una planta de hidrógeno verde. Conectará a la red eléctrica con los aerogeneradores y con la planta de electrólisis. Contribuirá al mallado de la red de transporte.

La instalación de la subestación se llevará a cabo en la zona de Meirama, situada en la provincia de A Coruña en Galicia. Es accesible a través de la carretera AC-523, y se situará en Rosaño, un pueblo a escasos kilómetros de Meirama, al sur de Cerceda. Es una autovía apta para transportar la maquinaria pesada y voluminosa necesaria para su montaje.

La iniciativa por parte de Naturgy, Repsol y Reganosa consiste en montar una planta de electrolizadores tras el cierre de la central térmica de Meirama en 2020 con el objetivo de dinamizar la economía local, generando empleo local y apostando por nuevas industrias de bajo impacto industrial. Además, Naturgy está desarrollando parques eólicos en Cerceda, A Coruña, situados a escasos kilómetros de Meirama. Ambos proyectos forman parte de un impulso por descarbonizar nuestra economía y la existencia de una subestación es indispensable.

Por ello, el objetivo de la subestación consiste en funcionar como nexo de unión entre la red de distribución, la planta de hidrógeno y el parque eólico. La subestación alimentará la planta de hidrógeno de 30 MW con la potencia generada por los aerogeneradores (44'5 MW), la cual será suministrada de forma segura.

Se evaluarán varios factores, lo cual permitirá el diseño óptimo y la instalación de la subestación. Las necesidades del parque eólico, las condiciones del nudo al que se conecta, la seguridad, el medioambiente, el espacio, el terreno y la normativa vigente serán consideradas.

1.2 Alcance

Para el diseño de la subestación, se considerarán los siguientes factores:

En primera instancia, se designará la ubicación y el terreno. Se buscará un terreno apto para que el movimiento de tierras no sea complicado. Se elegirá una parcela adecuada y se tendrán

en cuenta los accesos a la totalidad de esta, apreciando el camino que llevarán las líneas y el acceso por carretera. Las condiciones ambientales serán consideradas para poder cumplir con requerimientos básicos de la ley y de las subestaciones eléctricas.

Tras estudiar la ubicación y el emplazamiento, se procederá a elegir la configuración más apta para la subestación. Se elegirán los distintos niveles de tensión y se determinará su disposición. Esto definirá varios factores como las características eléctricas generales, las dimensiones y las propiedades de los distintos niveles de tensión. Además, se especificará cómo es la conexión entre los distintos bloques del sistema.

Después, se elegirá la tecnología y los equipos que se utilizarán para el montaje de la subestación, para ambos niveles de tensión. La aparamenta debe asegurar las principales funciones: protección, conexión y control. Las celdas de media tensión se definirán detalladamente y las conexiones de 30 kV también. Se hará un estudio de los distintos modelos ofrecidos por los fabricantes para posteriormente definir las características exactas de los equipos, aparatos y materiales de media tensión. Se detallará el transformador de potencia y se describirán los equipos de alta tensión. Se solicitará un presupuesto a los fabricantes de los equipos que se emplearán.

Se diseñará una red de tierras que cumpla su principal función de protección del equipo y personal. Además, se definirá el cableado interconexión y de puesta a tierra. Esto incluye el tipo de cable y sus dimensiones.

Se calculará detalladamente el cableado y el sistema de puesta a tierra, siguiendo la normativa vigente. Se redactará el pliego de condiciones el cual definirá las condiciones generales y técnicas del proyecto en su totalidad. Se establecerán las condiciones y los trámites que se aceptarán en el contrato de obras.

Por último, se elaborará el presupuesto general y se realizará un análisis económico global del proyecto.

1.3 Objeto

El objetivo primordial de este proyecto consiste en alimentar una planta de hidrógeno verde con la generación procedente de unos aerogeneradores adyacentes. La forma óptima de conseguir esto es a través de una subestación elevadora de media tensión que completará el parque eólico con los aerogeneradores y actuará como un nexo de unión entre el parque, la

planta de electrólisis y la red eléctrica. Se busca maximizar la disponibilidad de la planta de hidrógeno.

Este proyecto deberá proporcionar una forma de que el sistema completo funcione de manera fiable y segura, algo que se considera esencial. La seguridad de todas las personas, empleados y animales debe estar garantizada en todo momento. Los sistemas de aislamiento y de protección ante sobretensiones, corrientes de falla y fugas.

A pesar de que los parques eólicos y las plantas que rodean a la subestación no están diseñados para camuflarse con el entorno, se buscará integrar la instalación. El parque de media tensión de la subestación será un edificio que alojará a los equipos. Se alojarán en el interior porque las precipitaciones son altas en Meirama y conviene asegurarse de la durabilidad de los equipos. El parque de alta estará a la intemperie. Cabe recordar que la causa mayor del proyecto es la descarbonización energética y la integración de la subestación con el contorno es importante.

Se prevé que el desarrollo del hub de hidrógeno renovable se ampliará en un futuro en varias fases hasta 200 MW. Además, nuevos proyectos de parques eólicos se están aprobando por la zona involucrada.

Se buscará una rentabilidad económica y energética, donde se tratará de minimizar pérdidas de potencia, optimizar recursos y encontrar un balance entre los costes y la capacidad de la aparamenta elegida.

1.4 Normativa

Se presenta la normativa legal vigente respecto a la instalación y el diseño de la subestación.

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- 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 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- 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. Revisión: L.C.O.E. Laboratorio Central Oficial de Electrotecnia. Junio 2019.

- 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.
- RD 1110/2007: Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (Orden 12 de abril de 1999).
- RD 2267/2004: Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- RD 1066/2001: Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitarias frente a emisiones radioeléctricas.
- RD 1367/2007: Real Decreto por el que se desarrolla la Ley 37/2003 del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Ley 22/2011 de Residuos y suelos contaminados.
- RD 1890/2008: Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico (BOE 21-06-01).
- El uso y la manipulación del SF₆, se realizará según lo definido en el Real Decreto 795/2010, de 16 de junio.
- Norma CEI-146.4632 respecto al SF₆.
- Directiva 2004/22/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 31 de marzo de 2004 relativa a los instrumentos de medida

Respecto a la obra civil:

- Documento básico SE-AE sobre la Seguridad Estructural y Acciones en la Edificación.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02).

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUBESTACIÓN

2.1 Emplazamiento

La instalación estará ubicada en la zona municipal de Meirama, en la provincia de A Coruña. La localidad exacta de la subestación está en Rosaño, donde se prevé la instalación de los aerogeneradores. En los alrededores de la planta de tratamiento de residuos de Sogama. La ubicación exacta se presenta en el documento de planos. (Plano #1)

La superficie del recinto vallado será de 1350 m².

Las coordenadas de emplazamiento son las siguientes (43.1665°, -8.4689°)

Referencia catastral: 15024A053000270000HM

La parcela es de 27739 m² y es de clase rústica. No hay intensidad productiva agraria por lo que queda libre y es un sitio óptimo para la instalación de la subestación.

2.2 Condiciones ambientales

Meirama está situado en una zona montañosa cerca de la ciudad de A Coruña, por lo que su clima está influenciado por su altitud y por su proximidad a la costa. Las condiciones de servicio que debe cumplir la subestación serán analizadas y comparadas con las condiciones ambientales de Meirama.

En general, el clima es suave y fresco. En invierno, las temperaturas no bajan de los 2°C y tampoco suben de los 15°C. En verano, las temperaturas máximas promedian alrededor de los 23°C. Uno de los requerimientos para que la apartamentada pueda operar de manera segura es que no debe sobrepasar los 40°C ni bajar de los -5°C. Hay que encontrar apartamentada que cumpla con el rango de temperaturas de la zona.

Las precipitaciones alcanzan una cantidad anual que puede variar entre 1000 y 1500 mm. La humedad relativa en el municipio de Cerceda tiende a ser alta debido a su proximidad a la costa y promedia entre 70% y 88%. Las condiciones de servicio de la instalación dicen que humedad relativa máxima diaria permisible es del 95% y la mensual es 90%, por lo que la zona cumple con ese requisito.

La altitud de la instalación debe estar por debajo de los 1000 metros según el fabricante y Meirama está a 226 metros de altura sobre el nivel del mar. No hay problemas de elevación.

La velocidad máxima del viento no sobrepasa los 20 km/h y no se acerca a los 120 km/h máximos.

Por último, se deberán tener en cuenta las acciones sísmicas que presenta el terreno de Meirama. La norma NCSR-02 dice que en construcciones de especial importancia, como las subestaciones, hay que procurar que la aceleración sísmica básica no supere los 0,04 g. La zona no peligra porque se encuentra por debajo de los 0,04 g.

2.3 Características eléctricas

La instalación eléctrica estudiada se divide en dos niveles de tensión.

Se realizará el diseño con las siguientes condiciones, las cuales debe ejecutar la aparamenta:

Para el parque de interior colector de MT:

- Tensión nominal de utilización
 - $U_N = 30 \text{ kV}$
- Tensión más elevada para el material
 - $U_S = 36 \text{ kV}$
- Frecuencia para la red
 - $f_{ESP} = 50 \text{ Hz}$
- Intensidad de cortocircuito trifásico durante 1 segundo
 - $I_{CC} = 20 \text{ kA}$
- Tiempo de extinción de la falta
 - $T_f = 0,5 \text{ segundos}$
- Tensión soportada con onda de choque tipo rayo (cresta)
 - $U_I = 170 \text{ kV}$

Para el parque intemperie de evacuación de AT:

- Tensión nominal de utilización
 - $U_N = 220 \text{ kV}$

- Tensión más elevada para el material
 - $U_S = 245 \text{ kV}$
- Frecuencia para la red
 - $f_{ESP} = 50 \text{ Hz}$
- Intensidad de cortocircuito trifásico durante 1 segundo
 - $I_{CC} = 40 \text{ kA}$
- Tiempo de extinción de la falta
 - $T_f = 1 \text{ segundo}$
- Tensión soportada con onda de choque tipo rayo (cresta)
 - $U_I = 1050 \text{ kV}$

2.4 Disposición de la subestación

La configuración que se elija para la subestación vendrá determinada por varios factores. La versatilidad es importante. Es imprescindible que se realice un mantenimiento de elementos de la subestación, como las celdas y los interruptores, y el servicio no puede ser interrumpido. La seguridad y la fiabilidad son necesarios. El circuito no se puede permitir un fallo y debe tener la capacidad para aislar faltas rápidamente. También hay que considerar que la subestación en cuestión debe tener capacidad de ampliación. Esto significa que debe aguantar ampliaciones a medio y largo plazo dependiendo de las necesidades que presente la red de transporte. Por último, el coste debe ser analizado, ya que elegir una configuración demasiado extensa y compleja no solo puede suponer unos costes innecesarios, sino que también puede disminuir la fiabilidad del sistema (sea por fallo del equipo o fallo humano).

Tras valorar todo lo anterior, la configuración más conveniente para el diseño es la simple barra. A continuación, se explica por qué se elige la simple barra y por qué se han descartado las demás opciones:

- Se empleará la configuración de simple barra porque permite mantener el servicio de la subestación excepto en caso de que se produzca el fallo de la barra, lo cual es altamente improbable. Con la doble barra, se puede alimentar todas las líneas, desde cualquiera de las barras y presenta la ventaja de poder separar los circuitos eléctricos, permitiendo así la operación de las líneas sanas (en caso de cortocircuito). Pero es una configuración que resulta más costosa. Lo más común que pueda fallar una celda y eso se puede solucionar desconectándola sin tener que modificar nada en las barras.
- La versatilidad no es necesaria, se puede elegir la configuración de simple barra.

- Las configuraciones como interruptor y medio, doble barra con baipás y doble barra con doble interruptor son muy costosas para las necesidades de la subestación. La simple barra cumple con las necesidades y es la más barata.

2.5 Integración de la subestación con el contorno

Para conseguir una integración adecuada, hay que tomar varias medidas relacionadas con las siguientes áreas:

- **La protección acústica:** La subestación generará ruidos durante su funcionamiento y es importante mitigar los impactos acústicos. Aunque la subestación se ubicará cerca del pueblo, está protegida por varios árboles en fila, los cuales actúan como barreras naturales. El diseño cumplirá con los niveles de calidad acústica establecidos en el Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre.
- **El impacto medioambiental:** Las subestaciones puede presentar varios riesgos medioambientales. Es importante que se revise todo el equipo de forma regular para poder evitar arcos eléctricos y cortocircuitos los cuales pueden derivar en incendios o explosiones. El uso de aceites y gases como el SF₆ pueden generar gases y sustancias tóxicas para el medioambiente. La descomposición térmica del SF₆ puede formar subproductos tóxicos, como el ácido fluorhídrico, además de ser un gas de efecto invernadero (23.500 veces mayor que el CO₂). Se debe manejar adecuadamente la subestación para evitar fugas de sustancias químicas, contaminación del agua y del suelo y daño a la biodiversidad circundante.
- **Cumplimiento normativo:** Se considera básico el cumplimiento con las regulaciones y normativas locales en cuanto a la integración de la subestación. Restricciones de altura, requerimientos del paisajismo, medidas específicas de mitigación ambiental, construcción de vallado para evitar intrusismo, seguridad; todo esto tendrá que ser satisfecho.

2.6 Tecnología de la subestación y formas constructivas

Se utilizará la tecnología GIS (Gas Insulated Switchgear). Y el SF₆ (hexafluoruro de azufre) será el gas aislante de la subestación. Hay numerosas cualidades y razones por las que la alternativa AT GIS y el SF₆ son la mejor opción.

La tecnología GIS trabaja en subestaciones compactas y ocupa menos espacio físico. Los terrenos de Meirama donde se pueden instalar subestaciones van a ser explotados para muchos proyectos energéticos y esto supone una ventaja. El SF₆ es compacto y ligero y las subestaciones tipo GIS requieren una alta densidad de potencia.

También ofrece una mayor confiabilidad, ya que el SF₆ tiene una alta rigidez dieléctrica y una capacidad excepcional de interrupción de corriente en caso de un cortocircuito. El uso del hexafluoruro de azufre proporciona un aislamiento efectivo, reduciendo el riesgo de cortocircuitos y mejorando la integridad del sistema eléctrico.

Exige menor mantenimiento y presenta una larga vida útil. Aunque supone una inversión inicial considerablemente más cara que la tecnología convencional como el AIS (air insulated switchgear), los costes de mantenimiento son más bajos ya que el gas del GIS queda menos expuesto a la contaminación ambiental y requieren menos inspecciones. Un parque interior ofrece mayor durabilidad ya que evita todo tipo de corrosiones. A pesar de ser más caro, las subestaciones GIS ofrecen ventajas respecto a la eficiencia y las pérdidas de energía reducidas.

3. SISTEMAS PRIMARIOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

3.1 Descripción general

La subestación elevadora estará constituida por 2 niveles de tensión. Un parque de evacuación de 220 kV con una posición de transformador el cual está a la intemperie y un pórtico para la línea de evacuación. En segundo lugar, se encontrará un parque interior colector de 30 kV y otra parte que estará a la intemperie. Usará tecnología de aislamiento con gas SF6 y contendrá varias celdas configuradas en simple barra.

Cada sistema tiene su función y su composición, descrito a continuación:

Parque de evacuación a 220 kV

Mediante un transformador de potencia 220/30 kV, tiene la función de elevar el nivel de tensión de la energía generada por el parque eólico. Este se conecta a una línea de evacuación de alta tensión (220kV).

Tendrá una posición de 220 kV para el transformador 220/30 Kv y la línea saliente a la red eléctrica.

Parque colector de 30 kV

Acogerá las 3 líneas colectoras de media tensión provenientes de los 10 aerogeneradores del parque eólico. Recogerá la energía a 30 kV. La configuración empleada para la evacuación de la energía del parque es de tipo radial. Habrá tres hileras ramificadas, dos con 3 aerogeneradores y una con 4 aerogeneradores, con 13,35 MW y 17,8 MW respectivamente.

Acogerá 2 celdas más de media tensión conectadas a las líneas de evacuación de la planta de hidrógeno verde de 30 kV.

Se instalará una celda de protección para el transformador de potencia en el lado de baja (30 kV).

Dispondrá de celdas de protección y de maniobra para las líneas de media tensión. Tanto para la batería de condensadores (compensadora de reactiva) como para el transformador auxiliar.

Otros elementos, cómo la batería de condensadores, el transformador de servicios auxiliares y los cables de potencia, control y maniobra forman parte de este parque.

Los cuadros de control, medida, protecciones, servicios auxiliares y comunicaciones están descritos detalladamente en el apartado 3.2 de sistemas secundarios.

3.2 Esquema Unifilar

El plano 2 muestra el esquema unifilar de la instalación. Se encuentra en el apartado de planos del trabajo.

3.3 Características y Elección de Aparamenta

3.3.1 Parque de 30 kV interior

En el edificio de control y celdas se realiza la medición de energía provenientes del parque eólico, la medición de energía suministrada a la planta de hidrógeno y al transformador de servicios auxiliares. Incluye, además, la salida de conductores hasta el transformador de potencia.

3.3.2 Celdas de media tensión

En la sala de celdas, se encontrarán los siguientes equipamientos y elementos:

- 3 celdas de salida de línea para proteger las líneas procedentes de los aerogeneradores.
- 2 celdas de entrada de línea para proteger las líneas procedentes de la planta de hidrógeno verde.
- 1 celda de protección de línea de salida al transformador de potencia para maniobrar y proteger la barra.
- 1 celda de protección de transformador de servicios auxiliares 30 kV/400 V
- 1 transformador de SSAA desde la celda destinada a su protección para servicios auxiliares.
- 1 línea de interconexión a 30 kV, conectando la celda de protección del transformador con el transformador de potencia correspondiente.

Tras un estudio y una comparativa extensa de los distintos fabricantes de celdas de distribución primaria, se ha decidido optar por la gama de celdas de media tensión GIS tipo CBGS-0 del

fabricante MESA. Ofrecen una solución económica en simple barra hasta 36 kV para instalaciones interiores.

Ofrece un coste optimizado y muy parecido a las soluciones tradicionales en aire, además de una instalación sin manipulación de gas en obra y un reducido volumen de gas SF₆. Es una solución simple, fiable y segura que ocupa poco espacio.

Se presentan las principales características eléctricas del conjunto CBGS-0 corresponde al modelo IEC de tensión nominal 36 kV. Las intensidades nominales elegidas para cada celda dependerán de su función. Cumple con las características eléctricas de la subestación las cuales son: tensión nominal 30 kV e intensidad de cortocircuito trifásico de 20kA. Estas están especificadas previamente en el apartado 2.3. Se cumplen con un margen de seguridad considerable.

		IEC		ANSI		
Tensión nominal		(kV)	24	36	27	38
Nivel de aislamiento	A frecuencia industrial, 50Hz	(kV rms)	50	70	60	80
	A onda de choque tipo rayo	(kV cresta)	125	170	125	170
Intensidad nominal	Embarrado	(A)	1250 / 1600 / 2000		1200 / 2000	
	Derivaciones	(A)	630 / 1250 / 1600 / 2000		600 / 1200 / 2000	
Intensidad nominal de corte		(kA)	25 / 31.5			
Capacidad de cierre en cortocircuito		(kA cresta)	65 / 82			
Intensidad nominal de corta duración		(kA-3 s)	Max 25 / 31.5			
Resistencia frente a arcos internos (opcional)		(AFL o AFLR) (kA-1 s)	31.5			
Presión nominal relativa de gas SF6 a 20°C		(bar)	0.30			
Grado de protección	Compartimento de AT		IP65			
	Compartimento de BT		IP3X - IP41			

Ahorro de espacio y obra civil:

La celda tiene un diseño compacto, ya que el aislamiento con SF₆ proporciona dimensiones considerablemente reducidas. Las celdas CBGS-0 solo requieren acceso frontal y se pueden instalar contra una pared.

Las celdas están diseñadas para servicio interior. Estarán dispuestas de forma contigua, estando una al lado de la otra en fila. Este tipo de celda logra combinar distintas unidades indispensables. Estos elementos serán descritos más adelante:

- Interruptor automático
- Interruptor seccionador
- Acoplamiento
- Medida
- Seccionador de tres posiciones
- Interruptor seccionador con fusibles.

Por lo tanto, las celdas CBSG-0 cumplen su función para todas las celdas mencionadas anteriormente:

- Celdas de salida y entrada de línea
- Celda de protección de transformador
- Celda para el transformador MT/BT de servicios auxiliares

Estructura de la celda CBGS-0

La celda consiste en un conjunto de paneles, bastidores de metal y chapas. Están puestos a tierra y cumplen con la normativa IEC 62271-200, aplicable a los conjuntos de aparamenta prefabricada con envolvente metálica.

Se divide en 3 compartimentos (superior, central e inferior) y en el embarrado:

- Compartimento superior de baja tensión: Separado de la zona de MT, contiene relés y elementos de protección y de control auxiliar en baja tensión.
- Compartimento central del interruptor automático (SF6): Se ubican los cables de potencia y el sistema de embarrado son conectados a este compartimento.
- Compartimento inferior de conexión de cables de MT: Tiene acceso por la parte frontal
- Embarrado principal ubicado en la parte trasera: Aislado en silicona, apantallado y conectado a tierra.

Celda de protección de línea:

Ha de detectar las fallas, ya que la celda monitorea los parámetros eléctricos, como tensión y corriente, detectando cualquier desviación que pueda indicar fallas o cortocircuitos en las líneas de entrada o salida. En caso de sobrecargas, será capaz de actuar para desconectar la línea. También supervisará el flujo de potencia y lo mantendrá dentro de límites seguros y estables. Comunicará con los sistemas de control con sistemas de comunicación.

Características de la celda de línea	
Número de celdas	5 uds
Tensión nominal	36 kV
Intensidad nominal del embarrado	1250 A
Corriente corta duración admisible (3s)	25 kA

Interruptor automático:	
Capacidad de interrupción	25 kA
Intensidad nominal derivación	630 A
Dimensiones:	
Ancho	600 mm
Altura	2350 mm
Profundidad	1400 mm

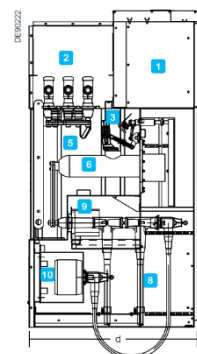
Celda de protección de transformador de potencia:

Actuará rápidamente ante posibles situaciones de sobrecargas y cortocircuitos, desconectando el transformador en caso de que sea necesario, ya que está continuamente monitoreando los parámetros, así como fallas de tierra, sobretemperatura o desbalances de fases.

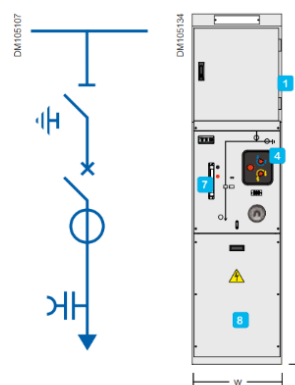
Características de la celda del transformador	
Número de celdas	1 ud
Tensión nominal	36 kV
Intensidad nominal del embarrado	1250 A
Corriente corta duración admisible (3s)	25 kA
Interruptor automático:	
Capacidad de interrupción	25 kA
Intensidad nominal derivación	1250 A
Dimensiones:	
Ancho	600 mm
Altura	2350 mm
Profundidad	1400 mm

Las celdas de protección de transformador y de línea tienen los siguientes elementos:

- 1 Celda de Baja Tensión
- 2 Embarrado principal
- 3 Seccionador tripolar de barras de tres posiciones (Cerrado-Abierto-Listo para conectar a tierra)
- 4 Mecanismo operativo del seccionador
- 5 Cuba principal (acero inoxidable de 2,5 mm) llena con gas SF₆, sellada de por vida



- 6 Interruptor automático
- 7 Mecanismo operativo del interruptor automático
- 8 Compartimento de los cables de potencia
- 9 Transformadores de Intensidad
- 10 Transformadores de Tensión (sólo celda de transformador)



Celda de protección de transformador de servicios auxiliares:

Características de la celda del transformador de SSAA	
Número de celdas	1 ud
Tensión nominal	36 kV
Corriente corta duración admisible (3s)	630 A
Interruptor seccionador:	
Capacidad de interrupción	630 A
Intensidad nominal derivación	630 A
Dimensiones:	
Ancho	600 mm
Altura	2350 mm
Profundidad	1400 mm

Esta celda incluye:

- 1. Juego de barras principales de 36 kV, 630 A
- 2. Transformadores de intensidad
- 3. Transformadores de tensión

3.3.3 Interruptores automáticos

El interruptor automático aislado en SF6 de 36 kV es un dispositivo de protección esencial. Interrumpirá el flujo de corriente eléctrica en caso de una falla o un cortocircuito. Protegerá contra sobrecargas y cortocircuitos para evitar cualquier tipo de daño al equipo o personal. Además, tiene una función de reapertura automática, donde vuelve a conectarse para verificar si la condición de sobrecarga sigue existiendo. Esta función mejora la continuidad del suministro eléctrico. Cada uno de sus 3 polos dispondrá de una envolvente aislante independiente que formará un sistema de presión de relleno. Está equipado con un presostato para controlar la presión del SF6 e incluye un mando para el interruptor automático (Anexo A).

- Capacidad interrupción : 31,5 kA
- Clasificación de resistencia eléctrica : E2

3.3.4 Transformadores de intensidad toroidal

Cumple con una función de medición y transformación de la corriente de alta intensidad. Transforma la corriente alta a una corriente más baja y manejable para así poder medir y controlar el sistema eléctrico. Es fundamental para el monitoreo de la carga eléctrica y la protección antes fallas o cortocircuitos.

- Intensidad nominal primaria : 3000 A
- Intensidad nominal secundaria : 5 A
- Potencia : 20 VA
- Clases : 0'5, 2 y 5
- Clase de aislamiento : E
- En el anexo A aparecen las características más detalladas.

3.3.5 Transformadores de tensión

Este componente solamente se encuentra en las celdas de protección de transformador. Medirá las tensiones de una forma segura y precisa. Protegerá y controlará el sistema.

- Tensión nominal : 36 kV
- Tensión secundaria : $100/\sqrt{3}$ V
- Potencia : 30 VA

El seccionador de 3 posiciones y el interruptor-seccionador con fusibles vienen detallados en el Anexo A del documento.

3.3.6 Transformador de SSAA

Ubicado en el edificio de control, el transformador de servicios auxiliares estará diseñado para conectarse desde el embarrado de 30 kV. Específicamente, se conectará en la celda de

protección de SSAA, diseñada para proteger al transformador en caso de cortocircuito. Por eso, la celda llevará equipada un interruptor automático y fusible.

Características del Transformador de SSAA	
Potencia nominal	160 kVA
Tensión nominal:	
Primaria (AT)	30 kV
Secundaria (BT)	400/230 V
Grupo de conexión	Dyn11
Frecuencia	50 Hz
Tensión de cortocircuito	6%
Refrigeración	ONAF
Instalación	Interior

3.4 Componentes de 30 kV a la intemperie

3.4.1 Pararrayos de MT

Para proteger ante las sobretensiones en la línea de 30 kV, se instalará una autoválvula en bornes de baja tensión del transformador. Tendrá las siguientes características:

- Tensión nominal : 30 kV
- Tensión máxima : 36 kV
- Clase de descarga de línea : Clase 3 (según CEI 99-4)
- Corriente de descarga nominal : 10 kA

3.4.2 Reactancia de puesta a tierra y seccionador

En la zona de intemperie, junto al transformador de potencia, irá instalada una reactancia de puesta a tierra trifásica, cuyos arrollamientos estarán sumergidos en aceite mineral. Está diseñada para servicios exteriores, aunque funciona en el interior también.

- Tensión nominal : 30 kV
- Tensión máxima : 36 kV

- Duración máxima de falta a tierra : 30 segundos
- Máxima corriente de falta a tierra : 500 A

Incluirá un seccionador tripolar de 30 kV con apertura lateral y tensión máxima de 36 kV. El valor de cresta de la intensidad asignada cuando el seccionador se encuentre cerrado no causará los siguientes efectos:

- Averías mecánicas relevantes
- Sobrecalentamiento que pueda dañar el aislamiento de los cables conductores.
- Contactos separados

Aguantará una corriente nominal de 1250 A y una corriente admisible de cortocircuito de 31,5 kA (1 segundo).

3.5 Parque de 220 kV

3.5.1 Transformador de potencia 220/30 kV

Es uno de los elementos más importantes de la subestación. Eleva las tensiones de 30 kV a 220 kV para evacuar energía a la línea de transporte. Sus características vienen indicadas a continuación.

Transformador de Potencia 220/30 kV	
Instalación	Trifásico intemperie
Tipo	Sumergido en aceite
Potencia	50 MVA
Relación de transformación	220/30 kV
Frecuencia nominal	50 Hz
Refrigeración	ONAF
Grupo de conexión	YNd11
Tensión de cortocircuito	18%

Arrollamiento de Alta Tensión	
Tensión asignada	220±10x2,25% kV
Potencia asignada	50 MVA
Tensión de ensayo:	
Onda tipo rayo (pico)	1050 kV
Frecuencia industrial	460 kV
Conexión	YN

Arrollamiento de Media Tensión	
Tensión asignada	30 kV
Potencia asignada	50 MVA
Tensión de ensayo:	
Onda tipo rayo (pico)	170 kV
Frecuencia industrial	70 kV
Conexión	D

El transformador tendrá equipadas unas protecciones:

- Imagen térmica
- Relé Buchholz del trafo y del regulador en carga
- Nivel de aceite

- Liberador de presión

Durante su fabricación, se llevarán a cabo distintos ensayos:

- El ensayo de resistencia de devanados medirá la resistencia de los devanados para comprobar que están dentro del límite de valores calculados del diseño.
- Se verificará la relación de transformación entre los devanados primario y secundario.
- Para calcular las pérdidas del transformador, se medirán las pérdidas en vacío y en carga.
- Se llevará a cabo un ensayo de aislamiento para verificar que es aislamiento entre tierra y devanados es apropiado.
- Ensayo de impulso: Se aplicará un impulso de alta tensión al transformador para evaluar la resistencia del aislamiento ante sobretensiones.
- Se hará un ensayo de ruido para garantizar los límites acústicos permitidos, aunque el transformador estará sumergido en aceite, y la vibración se propagará más eficazmente.
- Para poder detectar posibles problemas en el núcleo magnético o en los devanados, se analizará la respuesta en frecuencia.

El diseño eléctrico se lleva a cabo basado en la siguiente normativa IEC:

- UNE-EN 60076-1: Respecto a las generalidades de los transformadores de potencia
- UNE-EN 60076-2: Respecto al calentamiento de los transformadores de potencia
- UNE-EN 60076-3: Transformadores de potencia. Niveles de aislamiento, ensayos dieléctricos y distancias de aislamiento en el aire.

- UNE-EN 60076-5: Aptitud para soportar cortocircuitos de los transformadores de potencia.

3.5.2 Pararrayos autoválvula

Se instalarán un grupo de 3 autoválvulas de 220 kV lo más cercanas posibles al transformador de potencia en el lado de AT. Cada una corresponderá a cada fase del transformador. Otras 3 se instalarán conectadas con el pórtico de salida. Tienen como objetivo proteger los elementos de la instalación ante impulsos de tipo rayo o sobretensiones a frecuencia industrial.

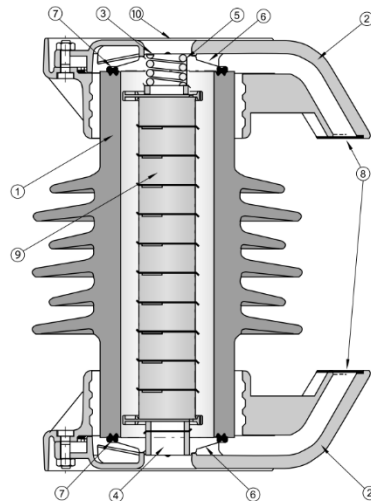


Figura 11: Autoválvula 220 kV ABB modelo EXLIM Q-E

Características:

- Modelo: EXLIM Q-E
- Clasificación de descargadores: 10 kA, IEC Clase 3
- Tensión nominal U_N : 220 kV
- Tensión máxima U_M : 245 kV

3.5.3 Equipo de alta tensión

La zona de alta tensión además contará con los siguientes equipos de protección y medida:

Seccionador

Incluye un seccionador giratorio de doble apertura lateral con puesta a tierra de la marca ABB. Cada fase del seccionador tendrá su propio armario en la misma estructura para su control.

- U_N : 220 kV
- U_M : 245 kV
- I_N : 1250 A

- I_{cc} : 40 kA

Interruptor

Para la conexión y desconexión del embarrado con la línea de evacuación, se usará un interruptor tripolar de 220 kV de la marca ABB. Contará con 3 polos y dos posiciones, abierto y cerrado.

- U_N : 220 kV
- U_M : 245 kV
- I_N : 300 A
- f : 50 Hz
- I_{cc} : 40 kA

Transformador de intensidad

Para controlar las intensidades de línea de evacuación y de la salida de los transformadores, se instalará un transformador de intensidad. También se usan para la medición de facturación. Los límites de error de intensidad y desfase estarán de acuerdo con la normativa vigente.

- U_N : 220 kV
- U_M : 245 kV
- Relación de transformación : 300 / 5 A

Transformador de tensión

La instalación contará con 3 transformadores de tensión inductivos para medir, analizar y controlar la tensión en el parque de alta tensión.

- U_N : 220 kV
- U_M : 245 kV
- Relación de transformación : $220000:\sqrt{3}$ / $110:\sqrt{3}$ V

3.6 Cable y embarrado

3.6.1 Embarrado y cableado en AT

El embarrado del transformador de potencia al que se conectarán las infraestructuras de evacuación estará formado por unos conductores desnudos en el parque de AT de intemperie a 220 kV. Será un embarrado rígido.

La interconexión de la aparamenta será realizada mediante cables dúplex ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced). Se trata del tipo de cableado usado para redes de distribución de energía y líneas de transmisión aéreas. Está diseñado para combinar las ventajas del aluminio y el acero. Ofrece una alta resistencia mecánica y una excelente conductividad eléctrica. Contará con las siguientes características, según la norma UNE-EN 50182:2002, código 337-AL1/44-ST1A:

Cableado ACSR 337-AL1/44-ST1A	
Sección	337,3 mm ²
Diámetro del alma	8,46 mm
Diámetro del conductor	25,38 mm
Masa lineal	1275 kg/km
Resistencia a tracción	10650 daN
Número alambres:	
Aluminio	54
Acero	7

3.6.2 Embarrado y cableado en MT

El embarrado sobre el transformador de potencia a 30 kV será conectado mediante cables aislados de aluminio a la celda de protección del transformador. Se trata de un cable de aluminio, con aislamiento de XLPE. El modelo es el (AS) AL/OL/20L.

Características del cable aislado	
Modelo	X-VOLT RHZ1 (AS)
Material	Aluminio
Sección	500 mm ²
Tensión nominal:	30 kV
Tensión más elevada (Um)	36 kV
Impulso tipo rayo	170 kV

4. SISTEMAS SECUNDARIOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

4.1 Sistemas auxiliares

Se dimensionarán los distintos equipos necesarios para encargarse del control, supervisión y protección de la subestación. Para la correcta suministración para servicios auxiliares de c.a. y c.c. de la subestación, existirán dos fuentes:

- La principal fuente de suministro originará del transformador de servicios auxiliares descrito en el apartado 3.2.1.2 que está conectado directamente al embarrado principal de 30 kV del grupo de cledas de MT.
- Un suministro secundario será el grupo electrógeno, descrito posteriormente en este apartado.

4.1.1 Sistema de corriente alterna

La función que tiene el sistema de SSAA de c.a. será alimentar:

- Equipos rectificadores-baterías de c.c.
- Alumbrado, tanto interior como exterior
- Extracción de aires y bombas
- Calefacción de la aparamenta
- Ventilación de salas
- Sistemas como el de antiincendios y antiintrusismo

Características del Cuadro de SSAA de c.a.	
Tensión nominal:	
Servicio	400/230 V
Aislamiento	500 V
Intensidad nominal:	
-Servicio continuo del embarrado	100 A
-Corta duración admisible (1s)	2 kA
-Valor de cresta momentánea admisible	5 kA
Tensión soportada a frec. industrial (1 min)	2500 V
Frecuencia	50 Hz

Características de Interruptores automáticos	
Tensión nominal:	
Servicio	400 V
Aislamiento	660 V
Tensión soportada a frec. industrial (1 min)	2500 V
Frecuencia	50 Hz
Poder de corte	4,5 kA

4.1.2 Sistema de corriente continua

La función que tiene el sistema de SSAA de c.c consiste en la alimentación de las siguientes cargas:

- Circuitos de protecciones, control y alarmas
- Circuitos de energía para los motores de los accionamientos eléctricos de la aparamenta
- Circuitos de comunicaciones y telecontrol

Características del Cuadro de SSAA de c.c.	
Tensión nominal:	
Servicio	125 V c.c.
Aislamiento	250 V c.c.
Intensidad nominal:	
Servicio continuo del embarrado	100 A c.c.
Corta duración admisible (1s)	10 kA c.c.
Tensión soportada a frec. industrial (1 min)	2000 V c.a.

Características de Interruptores automáticos	
Tensión nominal:	
Servicio	125 V
Aislamiento	660 V
Tensión soportada a frec. industrial (1 min)	2500 V
Frecuencia	50 Hz
Poder de corte	10 kA

Además, será necesario:

1. Un equipo de batería de 125 V c.c. que proporcione energía a la instalación en caso de emergencia o falta en la red.
2. Un cargador-rectificador del equipo de la batería de 125 V para poder transformar la tensión en corriente alterna (420 V) a corriente continua (125 V c.c.)
3. Un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI) que proporcione corriente alterna a cargas de la subestación menores.

4.1.3 Grupo electrógeno

Dentro del edificio de control, se encontrará el grupo electrógeno, que actuará de apoyo eléctrico en caso de que falle el transformador de SSAA. Conseguirá suministrar energía eléctrica a todos los elementos considerados esenciales y cuyo funcionamiento es imprescindible. El grupo puede actuar de modo manual o automático, dependiendo del selector del cuadro de control. El grupo cumplirá con su función de arrancar y acoplar la carga.

Se proyecta que un grupo electrógeno de 160 kVA suministra potencia a pleno rendimiento durante un mínimo de 12 horas para cubrir la operación esencial de la subestación.

4.2 Sistema de protección y control

El sistema de control y protección permite controlar la subestación de forma local y en remoto. Está tomando medidas, alerta de posibles fallos que se puedan dar, manda órdenes sobre interruptores, seccionadores, incluso a transformadores, en el caso de que tenga un sistema moderno con automatización incluida. También, recoge las señales, comunica con sistemas externos y monitorea el flujo de energía del sistema. Todo esto lo hace de forma continua.

El cuadro de control consistirá en unos armarios de control de las instalaciones de media y alta tensión. Contendrán adecuadamente montados, conexicionados y presentados los conmutadores de mando y posicionado, elementos para señalar y alarmar y convertidores de medida para distintas magnitudes eléctricas.

Aparte de controlar una amplitud de sistemas, elementos y parámetros, tiene una función protectora muy importante. El sistema de protección permite proteger las instalaciones de posibles faltas o cortocircuitos que se puedan dar, en las líneas y elementos.

Existen los siguientes niveles de control:

- Nivel de campo, donde la operación es local. Está compuesto por equipos primarios como celdas, transformadores, seccionadores e interruptores. También se conoce como el nivel del propio equipo.
- El segundo nivel es denominado nivel de control de posición, y está formado por elementos intermedios como unidades de control de posición. Control, supervisión, enclavamientos, regulación de tensión, protección y medida. Este nivel se encontrará en la sala de control.

Las principales funciones protectivas del sistema de protección son las indicadas:

- Protección contra sobrecorriente: Cuando se detecte una sobrecorriente en los circuitos de los equipos principales, los relés actuarán y desconectarán el transformador u otros equipos.
- Protección contra sobretensión: Monitoreará el nivel de tensión de las distintas posiciones de la subestación. Si detecta sobretensiones significativas, los relés desconectarán a los equipos que puedan ser afectados.
- Protección de temperatura: Los sensores de temperatura pueden mandar una señal a los relés para la desconexión de la aparamenta en caso de sobrepasar límites de seguridad de temperatura.
- Protección de frecuencia: El sistema de protección también supervisa la frecuencia y los relés pueden actuar en caso de que se desvíe la frecuencia de su valor normal.
- Protección de tensión inversa: Evita que la energía pueda fluir en el sentido contrario cuando el transformador no esté en funcionamiento.
- Protección de cortocircuito: Detectará y responderá ante cortocircuitos.

En caso de detectar una falla, los relés de protección enviarán una señal para desconectar equipos de forma automática para así evitar daños mayores y proteger la totalidad de la subestación. El sistema de protección también incluye la protección diferencial para desconectar el circuito en caso de defecto.

4.3 Sistema de medida y comunicaciones

Los sistemas de comunicaciones y de medidas de la subestación son vitales para la supervisión, el control y la operación eficiente de la instalación. Los sistemas internos de la subestación están compuestos por equipos de medición como los transformadores de tensión y corriente, que reducen los niveles de corriente y tensión a valores más pequeños, seguros y precisos. Los datos son enviados a los sistemas de monitoreo. Los sistemas de comunicación son esenciales. La subestación contará con una red local LAN para conectar todos los dispositivos y sistemas internos, permitiendo así la comunicación correcta entre equipos y sistemas. Se utilizará el protocolo IEC 61850 para el intercambio de información. Para hacer

un control y análisis de la planta, se necesitarán unidades de adquisición de datos que recopilen y transmitan los datos y medidas de los sensores y medidores. También habrá una interfaz para que al personal se le pueda proporcionar información en tiempo real sobre el estado de la subestación. Esta información viene de los equipos y es visible a través de los paneles táctiles de control.

4.4 Sistema de protección contra incendios

En acorde con lo establecido en la ITC-RAT 14, se colocarán dos extintores en polvo seco ABC de 50 kg. Ambos en el exterior. Uno junto a la sala del transformador de SSAA y el otro junto al transformador de intemperie. La sala de control también irá equipada con un extintor de CO₂ de 5 kg eficacia 89B.

4.5 Sistema anti intrusismo

Tiene como objetivo principal detectar si hay personas no autorizadas dentro de la instalación y comunicarlo al centro de control remoto.

Se instalarán detectores y sensores infrarrojos, una sirena exterior y un sistema de video vigilancia. Es importante que la puerta de entrada sea resistente a sierras o herramientas fuertes de perforación. Aparte del vallado exterior, la subestación contará con un cerco perimetral completo y uniforme con puertas abatibles.

5. OBRA CIVIL

5.1 Descripción general

La obra civil se desarrollará en acuerdo con la normativa vigente relacionada con ella.

El terreno está compuesto por tierra y hierba. Se deberá eliminar toda la materia vegetal existente. Se usará un pisón mecánico para compactar el suelo y rellenarlo a base de capas con un espesor máximo de 30 cm. Para evitar la compresibilidad del suelo y prevenir que se forme iodo, se rellenará el suelo con zahorra artificial, aumentando la resistencia del suelo. Después, se hará la prueba Porter para determinar las características de resistencia del suelo. Se harán las cimentaciones del parque, se instalará la red de tierras y el sistema de drenaje.

El drenaje es fundamental en esta zona, ya que Meirama es una zona con muchas precipitaciones. Habrá que evitar encharcamientos y acumulaciones de agua a toda costa,

mediante un sistema de drenaje que evacúe el agua de las lluvias. Esto se conseguirá a través de varios tubos, los cuales estarán conectados a un pozo y a un vertido de aguas. Se procurará que el agua pase a una distancia segura de los elementos de tensión para evitar averías en la instalación eléctrica en caso de roturas. Se tratará de conseguir la mayor difusión posible, para evitar un afluente masivo. Las aguas de drenaje seguirán caminos distintos que las aguas residuales del parque.

El vallado será de 2,5 metros, instalado mediante alambre guía, debido al reglamento ITC-RAT-15. Este especifica que la instalación debe contar con un vallado con una cota mínima de 2,2 metros respecto al exterior de la instalación. Estará sustentado por postes de tubo redondo, alineados cada 3 metros. Fuera, se pondrán varias señales advirtiendo el peligro existente por la alta tensión de la instalación para así informar a las personas. Además, se debe cumplir lo designado en MIE-RAT 12 Y MIE-RAT 13.

5.2 Edificación

El edificio se presenta en el plano #3 del documento de planos

Respecto al acceso al edificio, el paso, las líneas subterráneas y las canalizaciones, se deben seguir las siguientes normativas:

- MIE-RAT 05
- MIE-RAT 14
- ITC-RAT 05

Además, todas las puertas deben ser instaladas para poder abrirse hacia fuera, por ley.

Las dimensiones del edificio serán:

- Altura: 4 metros
- Ancho: 8,5 metros
- Largo: 16,5 metros

Y el edificio estará compuesto por los siguientes compartimentos:

- **Sala de celdas:** Esta sala albergará los equipos principales de la subestación, como las celdas de media tensión. Tendrá el espacio necesario para que los técnicos puedan hacer maniobras de mantenimiento y control apropiadamente. Tendrá dos puertas, una exterior y otra interior, para poder acceder desde fuera sin necesidad de pasar por otras salas. La puerta exterior debe tener cabida para que se pueda instalar la tecnología GIS apropiadamente.
- **Sala de control y comunicaciones:** Esta sala tiene una función de monitorización y control del funcionamiento de los equipos. Aquí se encuentran los paneles de control,

los sistemas de protección de la subestación y el grupo electrógeno. También albergará los armarios de control. Contará con una mesa y un teléfono.

- **Sala de servicios auxiliares:** Contará con el transformador de servicios auxiliares, el equipo de baterías y todos los elementos secundarios descritos anteriormente que alimentan las protecciones.
- **Baño:** Contará con un retrete, un espejo y un lavabo.
- **Almacén:** Se encuentra al lado del grupo electrógeno, en un cuarto externo al edificio.

5.3 Sistema de puesta a tierra

Se instalará un único sistema de puesta a tierra para toda la subestación. Esto incluye ambos parques de media y alta tensión. Además, incluirá las tierras de protección y de servicio. La instalación general de puesta a tierra inferior debe cumplir lo indicado a continuación:

- Protección del equipo y personal antes tensiones peligrosas.
- Crear un camino y dar paso a tierra a las intensidades creadas por:
 - Descargas atmosféricas
 - Acumulación de descargas estáticas
 - Defectos eléctricos
- Habilitar el despeje de falta a tierra a los elementos del sistema de protección.
- Referenciar el potencial del circuito respecto a tierra.

Se adoptará un sistema de puesta a tierra que consiste en un electrodo de puesta a tierra. Es una malla enterrada de 512 m², con cuadrículas de 6 metros de cable de cobre desnudo de 95 mm². Las picas son de 2 metros de longitud. Se montarán de forma que, al dispersar la máxima corriente de fallo, tanto la tensión de paso como la de contacto estarán dentro de los límites exigidos por la ITC-RAT-13. La red de tierras estará enterrada a 0,8 metros de profundidad. El carril por el que pasará el cable estará relleno con la tierra vegetal que proviene del movimiento de tierras inicial. El mismo material será usado para las puestas de tierra de todas las estructuras metálicas, de la aparamenta y de los armados de las cimentaciones de la edificación.

Las líneas de tierra tratarán de conductores de cobre desnudo de 50 mm². Conectarán todos los elementos obligados a ponerse a tierra al electrodo. Todo esto, de acuerdo con las instrucciones generales y particulares de puesta a tierra.

Las puestas a tierra de protección conectarán los armarios, puertas, pantallas de cables, chasis, bastidores, estructuras, vallado metálico, herrajes, soportes, carcasa del transformador, tuberías, contactos metálicos...

Las puestas a tierra de servicio incluirán el neutro del transformador de potencia y de servicios auxiliares, pararrayos auto válvulas, aparatos, equipos, circuitos de baja tensión de transformadores de medida y elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

5.4 Acceso de líneas

Como se ha mencionado anteriormente, las líneas de alta tensión entrarán por la posición de línea de evacuación de alta tensión. La línea de evacuación saliente del parque de 220 kV conectará la subestación de Mesón do Vento. La responsabilidad de construcción y mantenimiento de estas líneas recaerá sobre la red eléctrica. Las líneas de generación entrarán desde los aerogeneradores y las de demanda irán directamente a la planta de hidrógeno. También se hará cargo de la instalación y el mantenimiento de las líneas la empresa propietaria de los parques. Todas las líneas son aéreas.

CAPÍTULO 2

CÁLCULOS

6 CÁLCULOS

6.1 Objeto

Los siguientes cálculos tienen como objetivo especificar, describir y justificar las características técnicas y reglamentarias consideradas para la puesta a tierra y para la selección de cables aislados de 30 kV de la subestación transformadora. Se calculará la intensidad de cortocircuito de los interruptores y las características del embarrado a 220 kV.

Se aplicarán los siguientes criterios para diseñar la red de tierras:

- Máxima intensidad admisible
- Caída de tensión
- Máxima intensidad de cortocircuito admisible

Se aplicará la normativa correspondiente:

- RD 337/2014: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de AT e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- RD 223/2008: Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de AT e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Normas UNE (especificadas en el apartado 1.4)
- Normativa CEI (apartado 1.4)
- Estándar IEE-80

6.2 Cálculos de los cables aislados de media tensión

Es necesario conocer las características del cable empleado para la interconexión entre las celdas de media tensión (30 kV) ubicadas en la sala de celdas y embarrado del devanado secundario del transformador de potencia 220/30 kV.

Características del cable aislado	
Material	Aluminio
Sección	500 mm ²
Tensión nominal:	
Entre conductor y pantalla (U ₀)	18 kV
Entre conductores (U)	30 kV
Tensión más elevada (U _M)	36 kV
Tensión impulso tipo rayo	170 kV
Reactancia	0,109 Ω/km

6.2.1 Resistencia eléctrica

La ITC-LAT 06 establece que la temperatura en funcionamiento del conductor bajo carga nominal no pasará los 90° C, por lo que a efectos de cálculos determinaremos el valor de la resistencia en corriente alterna a esa temperatura límite. La normativa UNE EN 60228 establece que el valor de la resistencia en corriente continua a 20° C es de 0,0605 Ω/km para el aluminio rígido de clase 2, con una sección de 500 mm².

La siguiente fórmula nos permite calcular la resistencia del conductor:

$$R = R_1 \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)] \cdot 1,15 [\Omega/km]$$

- Coeficiente de temperatura del aluminio a 20° C del aluminio

$$* \alpha = 0,004 (1/K)$$

- Resistencia del conductor por km en c.a. a 90° C, temperatura máxima de funcionamiento

$$* R_1 = \text{resultado deseado}$$

- Resistencia del conductor por km en corriente continua a 20° C

$$* R_2 = 0,0605 (\Omega/km)$$

-Relación entre valores de c.c y c.a.

$$* \eta = 1,15$$

$$R = 0,0605 \cdot [1 + 0,004 \cdot (90 - 20)] \cdot 1,15 = 0,089 \Omega/km$$

6.2.2 Reactancia inductiva

La siguiente expresión será utilizada para calcular la reactancia de autoinducción:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \text{ } [\Omega/km]$$

- L = coeficiente de autoinducción (H/km)
- f = frecuencia industrial (50 Hz)

El coeficiente de autoinducción se calcula con la siguiente expresión:

$$L = \left[0,05 + 0,2 \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot DMG}{\phi_C} \right) \right] \cdot 10^{-3} \text{ } [H/km]$$

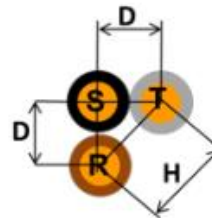
donde

DMG = separación media geométrica entre conductores en mm, siendo está la distancia entre conductores. Teniendo en cuenta que los cables irán distribuidos en contacto mutuo, la separación media geométrica será igual al diámetro nominal del conductor. La siguiente figura lo demuestra.

$$H^2 = D^2 + D^2 = 2D^2$$

$$H = \sqrt{2D^2} = \sqrt{2}D$$

$$DMG = \sqrt[3]{D \cdot \sqrt{2}D \cdot D} = \sqrt[6]{2} \cdot D$$



ϕ_C = diámetro nominal exterior del conductor

$$* \phi_C = 51,7 \text{ mm}$$

$$L = \left[0,05 + 0,2 \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot 51,7}{51,7} \right) \right] \cdot 10^{-3} \text{ } [H/km] = 0,18 \text{ mH/km}$$

Sustituyendo en la expresión inicial, se obtiene la reactancia inductiva:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,18 \cdot 10^{-3} = 0,0565 \text{ } [\Omega/km]$$

6.2.3 Justificación por intensidad máxima admisible

El objetivo es calcular y justificar la intensidad permanente admisible del conductor según la Norma UNE 21144, para no superar la temperatura máxima asignada.

Para un cable con sección de 500 mm² :

- Intensidad máxima admisible: 670 A ($I_{m\acute{a}x}$)
- Factor de corrección de temperatura: 0,84 (Tabla A.5 UNE 211435)
- Factor de corrección por agrupamiento: 0,90 (Tabla 15 ITC LAT 06)
- Número de ternas: 2

Para calcular la intensidad máxima admisible del conjunto se utilizará la siguiente expresión:

$$I_{conjunto} = I_{m\acute{a}x} \cdot 0,84 \cdot n^o \text{ ternas} \cdot 0,90$$

$$I_{conjunto} = \mathbf{1013 \text{ A}}$$

Necesidades de evacuación de energía

- * S = 44500 kVA
- * $U_n = 30 \text{ kV}$
- * **I = 856,4 A**

Si se comparan los valores de intensidad máxima admisible corregida respecto al sistema de la instalación, se puede observar como $856,4 \text{ A} < 1013 \text{ A}$, es decir, $I_{calculada} < I_{conjunto}$. Respecto al calentamiento y justificando con la intensidad máxima admisible, se puede validar el cable elegido a razón de dos unipolares por fase.

6.2.4 Justificación por caída de tensión

La Caída de tensión, tanto en voltios como en p.u, viene dada por las siguientes expresiones:

$$\Delta V = \frac{P \cdot l}{U} \cdot (R \cdot \cos\varphi + X_L \cdot \sin\varphi) \text{ [V]}$$

$$\Delta V = \frac{P \cdot l}{U^2} \cdot (R \cdot \cos\varphi + X_L \cdot \sin\varphi) \cdot 100 \text{ [%]}$$

Donde:

- P (W) = Potencia a transportar, 44'5 MW. El factor de potencia se aproxima a la unidad.
- R (Ω/km) = Resistencia del conductor por km en corriente alterna, calculada en el apartado 5.2.1
- X_L (Ω/km) = Reactancia de autoinducción por km en c.a., calculada en el apartado 5.2.2
- U (V) = Tensión nominal de la línea, 30 kV.
- l (km) = Longitud del circuito, en km. 15 metros de longitud promedia (0,025 km).
- $\cos \phi$ = factor de potencia ≈ 1

Sustituyendo valores:

$$\Delta V = 3,3 \text{ V} = 0,011 \% = 0,00011 \text{ p.u.}$$

La caída de tensión es baja, se encuentra por debajo del 3%.

6.2.5 Justificación por intensidad de cortocircuito

Con el objetivo de que el cable no se pueda dañar frente a la energía desprendida por la corriente de un cortocircuito durante el tiempo de falta, se calculará la intensidad máxima de cortocircuito del conductor y se comprobará que pueda soportar un valor más elevado que la máxima corriente de cortocircuito en la instalación.

$$I_{admisible} = \frac{S \cdot K}{\sqrt{t}} \cdot \sqrt{\ln \frac{T_1 + \beta}{T_0 + \beta}} \cdot 10^{-3} \text{ [kA]}$$

Donde:

- $I_{admisible}$ (A) = Corriente de cortocircuito
- S (mm^2) = Sección del conductor = 500
- K = Valor densidad de corriente de cortocircuito del aluminio = 148
- t (sg) = Duración del cortocircuito = 0,5
- T_0 ($^{\circ}\text{C}$) = Temperatura inicial = 90
- T_1 ($^{\circ}\text{C}$) = Temperatura final = 250
- β ($^{\circ}\text{C}$) = Inversa del coeficiente de temperatura de la resistividad a 0°C = 228

Sustituyendo queda:

$$I_{admissible} = 66,81 \text{ [kA]}$$

66,81 kA es un valor muy superior al valor de la máxima corriente de cortocircuito, por lo tanto, tiene sentido usar este cable.

6.3 Cálculo de la red de tierras

Datos de partida

- Resistividad del terreno: 300 Ωm
- Tiempo que dura la corriente de falta: 0,5 segundos
- Valor estimado de intensidad de falta monofásica: 8 kA

6.3.1 Tensión de paso y de contacto máximas admisibles

Las tensiones de paso y contacto máximas admisibles vienen definidas a continuación, según la ITC-RAT 13:

$$U_{paso} = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s}{1000} \right)$$

$$U_{contacto} = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right)$$

Como se va a usar una capa de material con una resistividad alta, se multiplicará la resistividad de la capa de terreno adicional por el coeficiente C_s .

$$C_s = 1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho_{s1}}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right) = 0,864$$

$$\rho_s = \rho_{s1} \cdot C_s ; 3000 \cdot 0,864 = 2594$$

- R_{a1} : Resistividad de la capa superficial : 2500 Ω
- ρ : Resistividad del terreno : 300 Ωm
- ρ_{s1} : Resistividad de la capa superficial (zoharra) : 3000 Ωm
- ρ_s : Resistividad superficial aparente : 2594 Ωm
- h_s : Espesor capa superficial : 0,3 m
- U_{ca} : Tensión de contacto aplicada máxima (corriente falta 0,5 segundos) : 204 V

Duración de la corriente de falta, t_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
0.60	185
0.70	165
0.80	146
0.9	126
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
> 10.00	50

Tabla 1. Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta t_F

$$U_{paso} = 43.439,76 \text{ V}$$

$$U_{contacto} = 1.252,76 \text{ V}$$

Para una persona, las tensiones son

$$U_p = (1000 + 6 \cdot C_{ss} \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} = 2.417,60 \text{ V}$$

$$U_c = (1000 + 1,5 \cdot C_{ss} \cdot \rho_s) \cdot \frac{0,116}{\sqrt{t_s}} = 725,26 \text{ V}$$

$$C_{ss} = 1 - \left(\frac{0,09 \cdot \left(1 - \frac{\rho}{\rho_{s1}}\right)}{2 \cdot h_s + 0,09} \right) = 0,88$$

6.3.1 Resistencia de puesta a tierra

$$R_s = \rho \cdot \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1 + h \cdot \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right) = 3,68 \, \Omega$$

- ρ : Resistividad de terreno : 300 Ωm
- L : Longitud de conductor enterrado : 800 m
- h : profundidad de conductor : 0,8 m
- A : Superficie de la malla enterrada : 1512 m²

6.3.2 Conductor de puesta a tierra

Se utilizará un cableado de cobre con una sección de 95 mm² y se comprobará que cumple con los requisitos mínimos para su uso. La intensidad que puede circular por el cable y su sección mínima necesaria para soportar estreses térmicos serán calculados.

Para calcular la sección mínima:

$$A = I \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{T_{CAP} \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha \cdot \rho_r} \right) \cdot \ln \left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_t} \right)}} = 51,66 \, \text{mm}^2$$

- I: Intensidad de cortocircuito por efecto térmico : 9,75 kA
- t_c : Tiempo máximo de falta : 1 s (1 para $t=0,5$ segundos)
- T_m : Temperatura máxima alcanzable : 300 °C
- T_t : Temperatura del terreno : 25 °C
- T_{CAP} : Capacidad Térmica del conductor : 3,42 [J/cm³*°C]
- α : Coeficiente térmico de resistividad a 20 °C : 0,00381 [1/°C]
- ρ_r : Resistencia del conductor a 20 °C : 1,78 [$\mu\Omega \cdot \text{cm}$]
- K_o : Inversa del coeficiente térmico de resistividad a 0 °C : 242 [cm³/(J*°C)]

- A: Sección mínima del conductor necesaria

El cable de 95 mm² cumple con la sección mínima exigida. La siguiente comprobación consta en verificar que la intensidad que pueda circular por el cable sea mayor que la corriente de falta estimada de 8 kA. Se sabe que la máxima densidad de corriente que soporta un cable de cobre es 192 A/mm².

$$I_{sop} = 192 \cdot 95 = \mathbf{18,24\ kA} > \mathbf{8\ kA}$$

CAPÍTULO 3

ESTUDIO ECONÓMICO

7. ESTUDIO ECONÓMICO

7.1 Introducción

Este capítulo analizará la viabilidad económica del proyecto, estudiando la rentabilidad de la instalación y buscando beneficios, tanto en la construcción y en el mantenimiento de la subestación transformadora.

En el documento 4 del proyecto, el presupuesto total de los costes incluye:

- Equipos principales
- Cableado
- Obra civil
- Acondicionamiento del terreno
- Estructuras
- Cableado
- Cerramiento perimetral
- Alumbrado

El presupuesto total es de 1.814.390,84€

7.2 Rentabilidad del proyecto

El estado concederá una subestación a la empresa privada que lleve a cabo el proyecto. La totalidad de la subvención se definirá en base al número de posiciones de la subestación y sus respectivas tensiones, la potencia del transformador y el mantenimiento de las distintas partes de la instalación. La cifra de la subvención se define en la página 117254 del B.O.E del sábado 12 de diciembre de 2015.

Para una posición blindada interior a una tensión de 30 kV, la subvención es de 112.716 € por posición. La subestación cuenta con 7 posiciones de media tensión, por lo tanto:

Descripción	Inversión [€]	Mantenimiento [€]	Unidades
Posición blindada interior 30 kV	112716	3031	7

SUBVENCIÓN	
Inversión	Mantenimiento
€ 730.500,00	€ 19.650,00

Para una posición convencional de 220 kV, 40 kA, se recibirá una subvención de 692.402 € por posición. Esta instalación cuenta con una única posición de alta tensión, por lo tanto:

Descripción	Inversión €	Unidades
Posición convencional 220 kV, 40 kA	692402	1

SUBVENCIÓN	
Inversión	
€ 692.402,00	

La inversión para un transformador de potencia de relación de transformación 220/30 kV es de 14.610 €/MVA. El transformador es de 50 MVA, por lo tanto:

Descripción	Inversión [€/MVA]	Mantenimiento [€/MVA]	Potencia [MVA]
Transformador 220/30 kV 50 MVA	14610	393	50

SUBVENCIÓN	
Inversión	Mantenimiento
€ 789.012,00	€ 21.217,00

La subvención total asciende a:

SUBVENCIÓN TOTAL	
Inversión	Mantenimiento
€ 2.211.914,00	€ 40.867,00

Marge neto previsto:

$$SUBVENCIÓN - INVERSIÓN = 2.211.914,00 - 1.814.390,84 = \mathbf{397.523,16 \text{ €}}$$

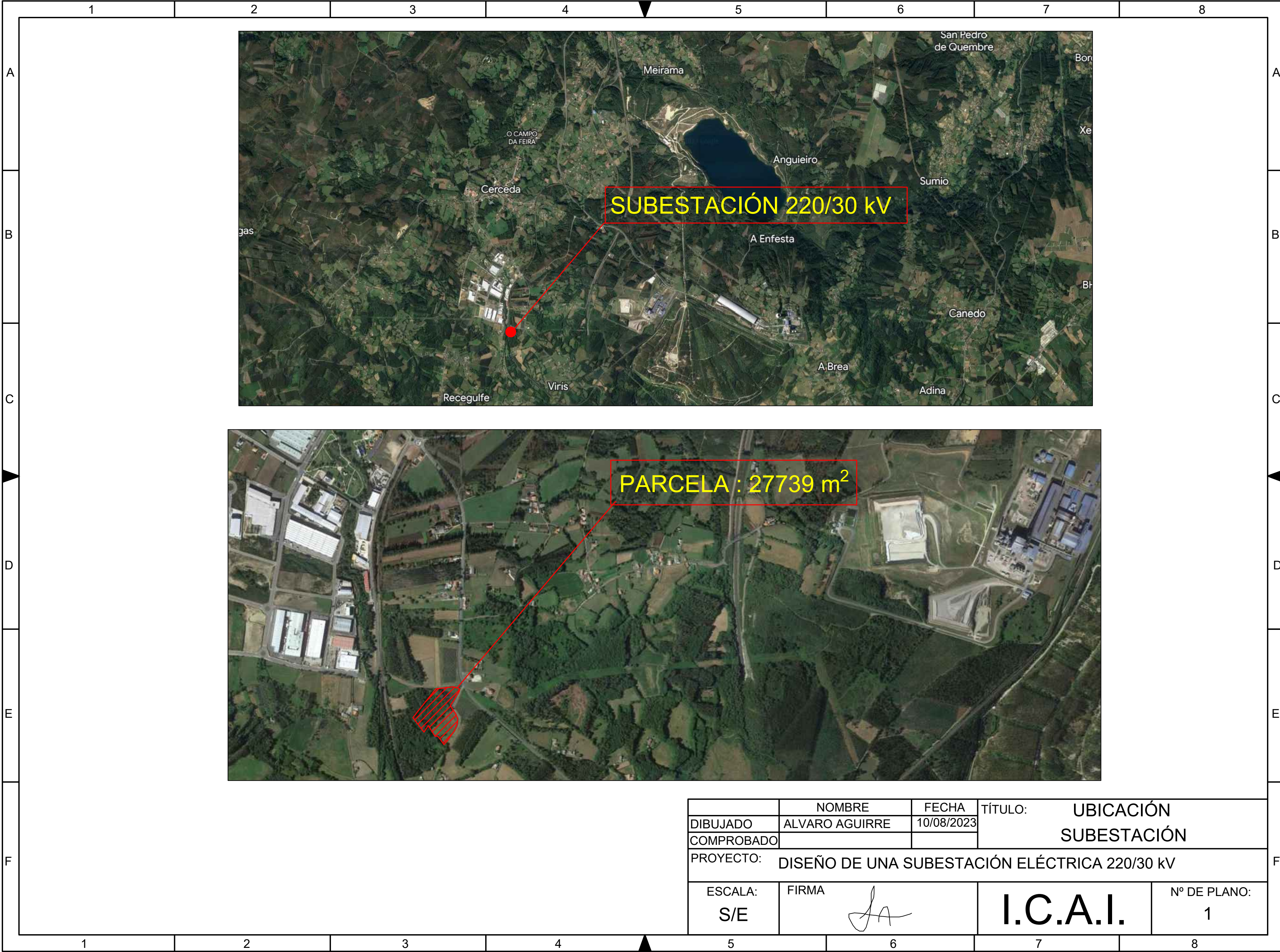
Beneficio:

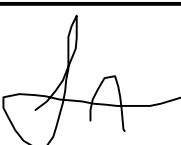
$$BENEFICIO = \frac{MARGEN}{INVERSIÓN} \cdot 100 = \frac{397.523,16}{1.814.390,84} \cdot 100 = \mathbf{21,9 \%}$$

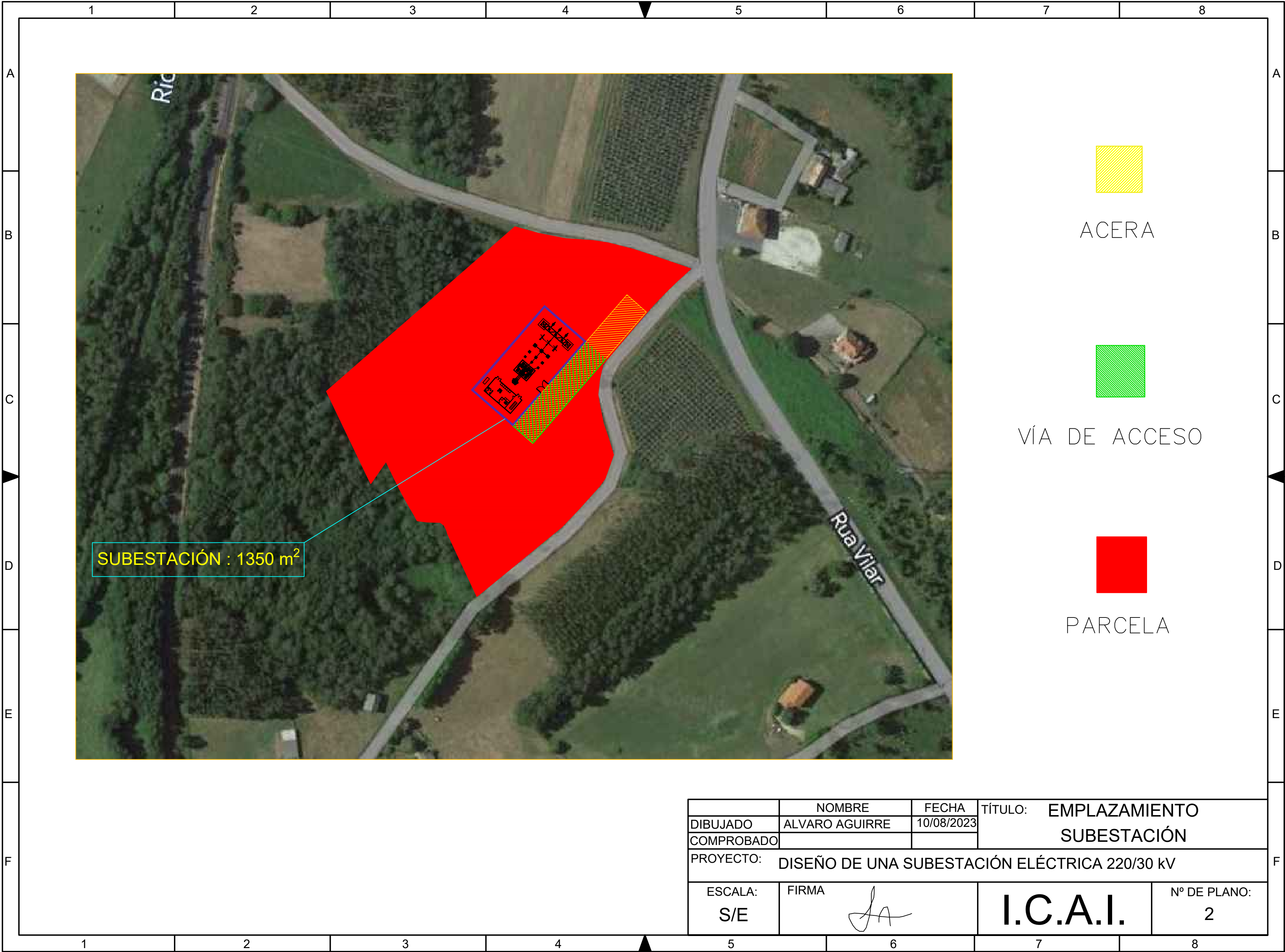
La instalación es rentable económicamente. Con un beneficio del 21,9%, el proyecto está gestionado de forma adecuada respecto a los equipos elegidos y el diseño y elección de la configuración de la subestación. Además, el beneficio demuestra que la subestación confirma que un desarrollo sostenible es posible económicamente.

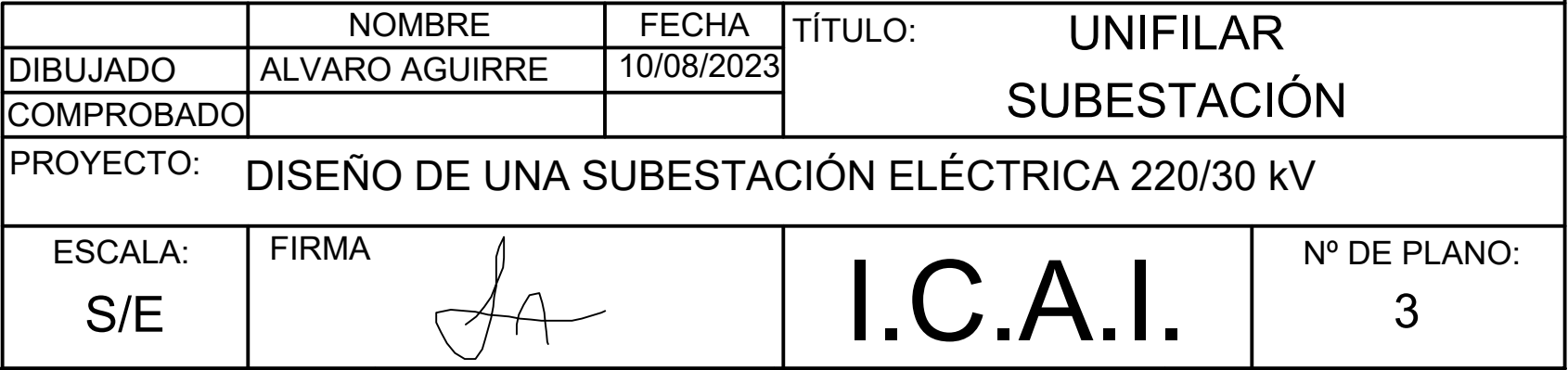
DOCUMENTO 2

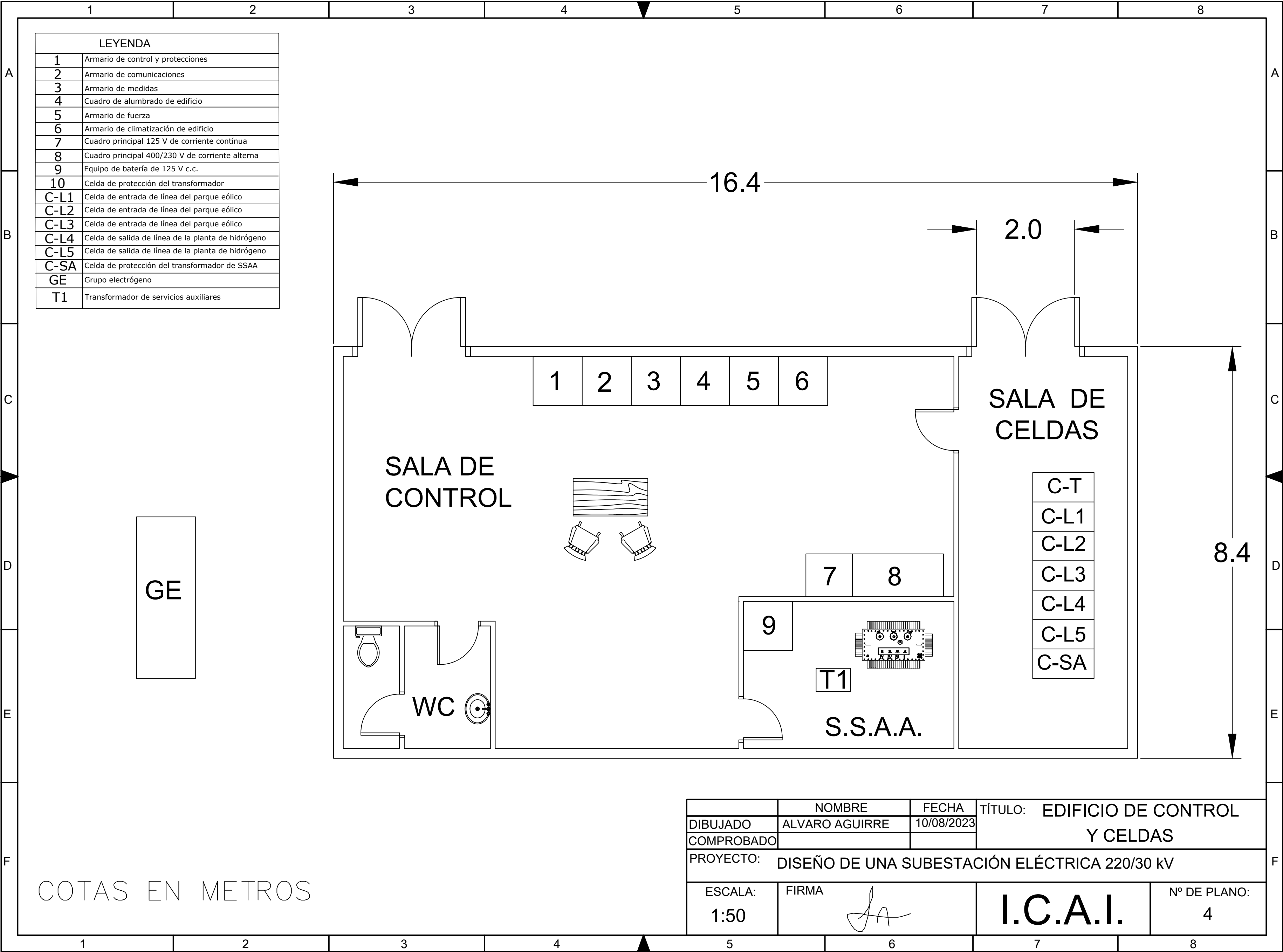
PLANOS

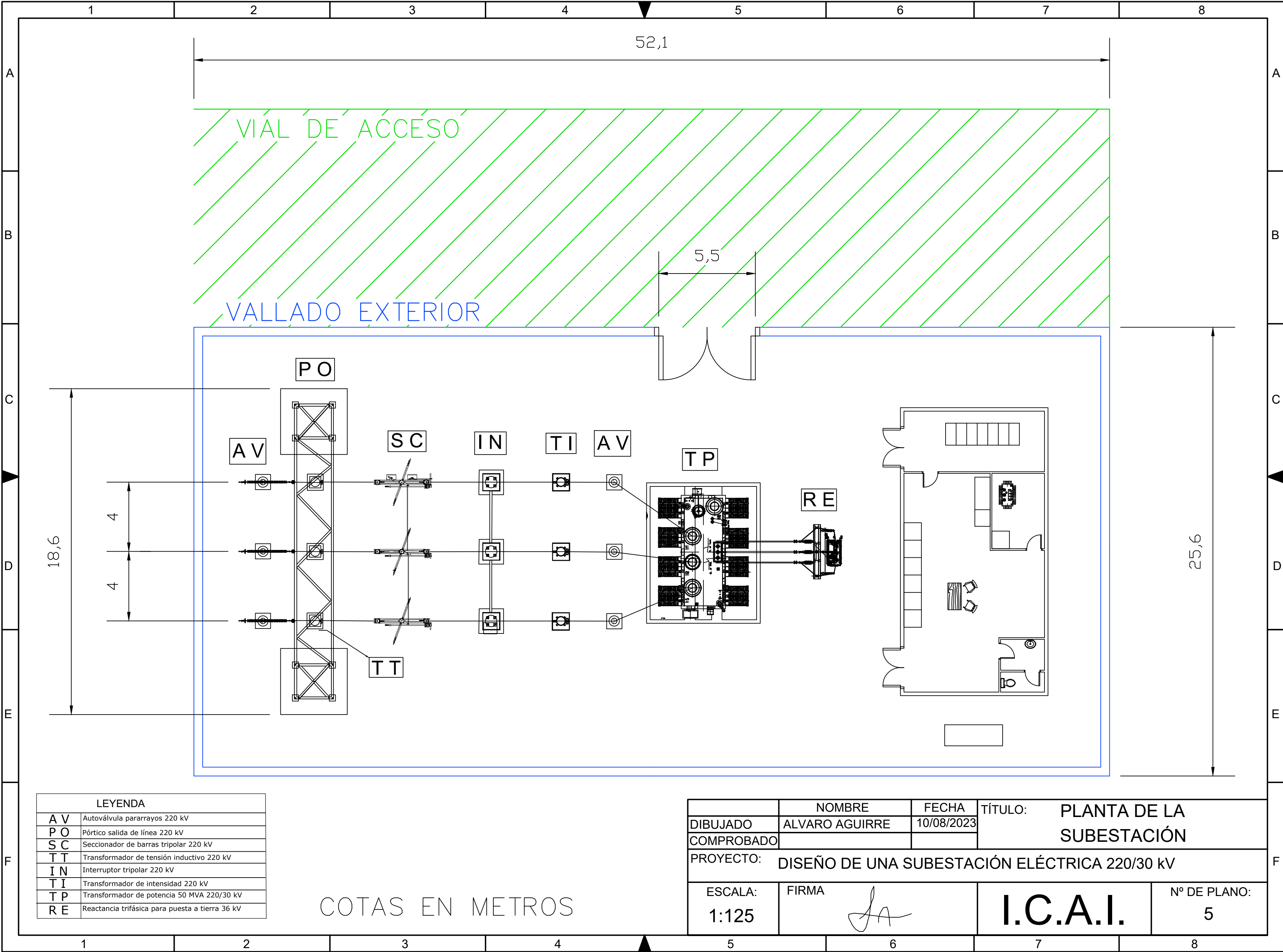


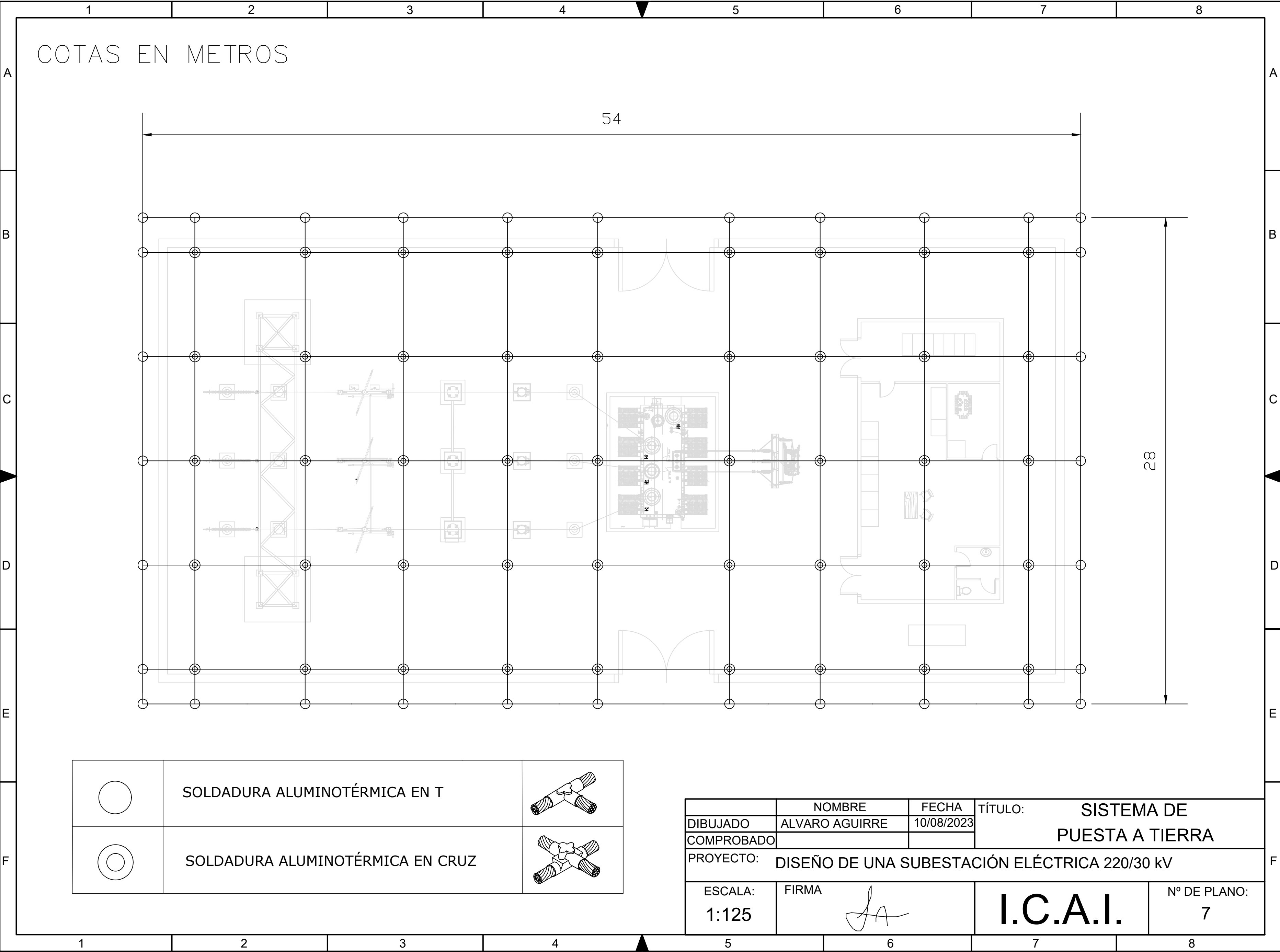
	NOMBRE	FECHA	TÍTULO: UBICACIÓN SUBESTACIÓN	
DIBUJADO	ALVARO AGUIRRE	10/08/2023		
COMPROBADO			PROYECTO: DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 220/30 kV	
ESCALA: S/E	FIRMA 		I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 1











DOCUMENTO 3

PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO 3 : PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES Y ECONÓMICAS

3.1 PREÁMBULO Y DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

3.1.1 OBRAS A QUE SE REFIERE ESTE PLIEGO

El presente objeto se basa en el desarrollo de una subestación eléctrica transformadora de 220/30 kV situada en Meirama, A Coruña. La localización de la instalación está mostrada en el plano 1, en el documento de planos.

3.1.2 OBJETO

El objeto del presente pliego de condiciones es establecer las regulaciones necesarias bajo las que se desarrollará una subestación eléctrica incluyendo los trabajos en explanación, obra civil y montaje electromecánico a realizar. Las características técnicas se expondrán en los documentos restantes del proyecto de la misma manera que las responsabilidades, obligaciones y garantías de los diferentes gestores que intervienen en el proyecto.

3.1.3 DOCUMENTOS DEL PROYECTO

El proyecto está constituido por un conjunto de documentos relacionados entre sí y dependientes entre ellos para obtener los datos necesarios para la implementación de la instalación. Estos son de obligado cumplimiento para alcanzar su desarrollo incluyendo las mediciones, planos y presupuesto, entre otros.

3.1.4 OMISIONES

En el caso de omisión accidental de ciertos procesos u obras necesarios para la consecución del proyecto, se considerarán incluidas como si se tratasen al detalle en el trabajo.

3.2 DISPOSICIONES GENERALES

3.2.1 DISPOSICIONES QUE REGIRÁN DURANTE EL CONTRATO

A la persona contratada para la realización de esta obra se le llama Contratista y podrá ser toda persona natural o jurídica que disponga de la capacidad legal o técnica para la realización de esta. Su personalidad y capacidad deberá ser acreditada en el momento de la oferta y el contrato. En todo momento el Contratista deberá cumplir con toda la reglamentación necesaria para la construcción, como puede ser la contratación del seguro obligatorio o el seguro de enfermedad, además de todas las reglamentaciones de carácter social vigentes en la fecha de la aprobación del presente proyecto. En concreto, deberá cumplir con lo acordado en la norma UNE 24042:

"Contratación de obras, condiciones generales", siempre que no lo modifique el presente pliego de condiciones.

3.2.2 SEGURIDAD EN EL TRABAJO

Las condiciones de seguridad son de obligado cumplimiento por parte del contratista para así garantizar el adecuado ambiente de trabajo para los trabajadores y demás agentes.

El Contratista deberá aportar todo lo que sea necesario para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en las debidas condiciones de seguridad. Además, deberá asegurarse de que se cumplan todas las medidas de seguridad tanto en los elementos de accesibilidad (escaleras, rampas, etc.), como en las áreas de trabajo que estuvieran protegidas de posibles caídas de elementos o materiales. Por otro lado, deberá comprobar también que todos los elementos y equipos de protección personal como por ejemplo cascos o guantes estén en las condiciones óptimas de trabajo.

En dicha obra, mientras los trabajadores estén realizando cualquier actividad en circuitos eléctricos con equipos en tensión o en su proximidad, usaran ropa que se abstenga de accesorios metálicos e intentarán evitar el uso de objetos de metal cuando estos no sean necesarios. En cuanto a las herramientas y equipos, estos se llevarán en bolsas.

Con el fin de proteger a los trabajadores, se les proporcionará todos los medios de protección adecuados para cada equipo de trabajo, y además todos ellos estarán obligados a cumplir con las medidas de seguridad previstas y a hacer uso de todos los dispositivos y equipos de protección individual necesarios para eliminar o reducir riesgos

Para evitar accidentes y reducir riesgos, los trabajadores estarán informados desde el primer momento y durante toda la obra sobre todos los riesgos a los que se pueden enfrentar para su seguridad y salud en dicha obra.

El director de obra dispondrá de la autoridad para realizar los siguientes cambios :

- suspender de manera temporal los trabajos si cree que el personal está expuesto a peligros que pueden ser corregidos;
- exigir, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, supusiera una amenaza capaz de ocasionar accidentes que hicieran peligrar su propia integridad física y/o la de sus compañeros;

- exigir al Contratista en cualquier momento, antes o después del comienzo de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social en la forma legal establecida.

3.2.3 SEGURIDAD PÚBLICA

El Contratista deberá tomar las máximas precauciones en todas las operaciones que se realicen para proteger a personas, animales y bienes materiales de los peligros procedentes del trabajo, ya que los accidentes que se ocasionen durante la realización de estas estarán bajo su responsabilidad.

En consecuencia, el Contratista contratara una póliza de seguros que proteja tanto a él como a sus empleados frente a cualquier imprevisto en que pudieran incurrir el contratista o con terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

3.2.4 Identificación de riesgos

Las Empresas adjudicatarias de las obras han de considerar que la evaluación de los riesgos asociados a cada una de las actividades de construcción de Subestaciones supone el análisis previo de:

- Las condiciones generales del trabajo, a las máquinas y equipos que se manejen, a las instalaciones próximas existentes y a los agentes físicos, químicos y biológicos que puedan existir.
- Las características de organización y control del trabajo que cada Empresa tiene establecidas, lo que influye en la magnitud de los riesgos.
- La inadecuación de los puestos de trabajo a las características de los trabajadores especialmente sensibles a ciertos riesgos.

Por ello las Empresas Contratistas adjudicatarias de los trabajos deben disponer de una Evaluación de Riesgos genérica concerniente a sus trabajos.

De todos modos, en todo caso se prevé riesgos que se pueden presentar:

- Caídas de personas al mismo nivel: Producido por malas condiciones del suelo, por pisar, tropezar o por vertidos de líquidos inapropiados.
- Caídas de personas a distinto nivel: Producido por escaleras, andamios o plataformas temporales.

- Caída de objetos: Producido por manipulación manual irresponsable o inadecuada de objetos o herramientas.
- Desprendimientos, desplomes y derrumbes: Producido por elementos de montajes fijos o desplome de paredes.
- Choques y golpes: Choques tanto contra edificios, objetos fijos o bien móviles. También por uso inadecuado de herramientas manuales o eléctricas.
- Explosiones: Producido por máquinas o equipos.
- Cortes: Producido por herramientas portátiles eléctricas o manuales.
- Tráfico: Producido por choques entre distintos vehículos o atropello de peatones en las carreteras.
- Arcos eléctricos: Calor y proyecciones.
- Contactos químicos: Producido por contactos con sustancias corrosivas o irritantes.
- Contactos térmicos: Producido por contacto con sustancias calientes o frías con temperaturas extremas.
- Contactos eléctricos: Producido por contacto directo a distintos niveles de intensidad y descargas eléctricas no soportadas.

3.2.5 PERSONAL

En todo momento el Responsable de los trabajos y el personal tendrán acceso a los trabajos para los que han sido contratados además, el Contratista les facilitara cualquier servicio para poder acceder a los trabajos de la manera más fácil.

Por otro lado, el Contratista dotara de un encargado al frente de la obra durante la realización de esta que estará en contacto con el Director de la obra para así poder recibir ordenes y comunicárselas a sus empleados para que estos puedan obedecerlas.

3.2.6 AUTORIDAD DEL DIRECTOR DE LA OBRA

El Director de la obra será el encargado de poner solución a todos los problemas que aparezcan durante la realización de los trabajos, dependiendo siempre de los límites que se establezcan en la legislación vigente. Como excepción, el Director de obra tendrá poder sobre el contratista siempre y cuando se refieran a la calidad y provisión de materiales, ejecución de las unidades de obra, interpretación de planos y especificaciones, modificaciones del proyecto, programa de ejecución de los trabajos y precauciones a adoptar en el desarrollo de los mismos.

3.2.7 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El Contratista exigirá los trabajos de la manera más ágil para su ejecución, y siguiendo las pautas presentadas en el presente plano de condiciones.

3.2.8 DATOS DE LA OBRA

Para empezar, antes de iniciar la obra se le entregará al Contratista una copia de todos los planos y pliegues del proyecto además de toda la información necesaria para poder llevarlo a cabo.

Una vez entregadas estas copias al Contratista, este tendrá la posibilidad de o bien tomar nota de estos documentos o realizar una copia, ya que los documentos originales deberán de ser devueltos al Director de la obra de la misma manera que fueron entregados.

Una vez realizada la obra, y con un plazo de 60 días, los planos y documentos originales deberán de ser actualizados con todas las modificaciones que se hayan realizado sobre estos una vez la obra este terminada, todo esto será realizado por el contratista que además deberá entregar al Director de la obra 2 expedientes completos sobre los trabajos que se han llevado a cabo.

Para cualquier alteración, corrección, omisión o adición sustancial en los datos fijados en el proyecto el Contratista deberá contar con una aprobación escrita por parte del Director de la obra.

3.2.9 REPLANTEO DE LA OBRA

Cuando el contratista de la construcción tenga un proyecto y antes de iniciar la construcción, el director del proyecto debe revisarlo, prestar especial atención a las peculiaridades y proporcionar al contratista de la construcción la información necesaria para encontrar los puntos mencionados.

El acta de la reunión se encuentra en dos copias, una firmada por el director del proyecto y el representante del ejecutor.

3.2.10 MODIFICACIONES SOBRE EL PROYECTO

En caso de detección de cualquier irregularidad o discrepancia que se encuentre entre los planos del proyecto y los documentos o de cualquier otra situación en la que se pudiera necesitar cualquier tipo de modificación sobre el proyecto, el Contratista estará obligado a notificar al Director de la obra.

Para la realización de cualquier modificación sobre el proyecto se deberá llevar a cabo por parte del Director de la obra, que será el encargado de evaluar todos los gastos adicionales que puedan producirse.

La compra de materiales de mayor tamaño y con un importe superior que lo previamente señalado en el proyecto y en el presupuesto correrán a cargo del Contratista siempre y cuando no hayan sido autorizados por el Director de la obra.

3.2.11 RECEPCIÓN DEL MATERIAL

El material será almacenado en un lugar ya establecido y que cumpla con todos los criterios necesarios para estos, como pueden ser : los pesos, la facilidad de transporte y manipulación y las necesidades de protección de la inclemencia del tiempo. Estos materiales deberán estar protegidos contra golpes o clima desfavorable para su buena conservación y además, deberán ser vigilados durante todo el proceso de almacenaje y montaje, todo esto ira por cuenta del Contratista.

Por otro lado en cuanto al Director de la obra, este tendrá acceso a todo lo relacionado con la obra, incluyendo el lugar de almacenaje de materiales que deberá reconocer y aprobar, teniendo además la posibilidad de rechazar aquellos materiales que no cumplan con las exigencias de calidad pedidas en el presente proyecto o muestren daños.

3.2.12 ORGANIZACIÓN

El contratista actuará como empleador legal y asumirá todas las responsabilidades, quedando obligado de esta manera a cumplir con los honorarios y con todas las cargas que estén legalmente establecidas además de cualquier cosa que se legisle, decrete y ordene sobre el particular, antes o durante la ejecución de las obras.

La organización de la obra y la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista, quien deberá informar previamente al Director de Obra.

3.2.13 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

La ejecución de la obra se regulará por las disposiciones legales enumeradas en “1.5 Normativa a emplear”, por este proyecto y su pliego de condiciones, además de cualquier documento que por conveniencia o exigencias superiores se hayan requerido e incluso conforme a las instrucciones que el Director de Obra pudiera dar al Contratista y en caso de que estas se dieran de forma verbal se deberán reescribir en el menor tiempo posible para que puedan ser vinculantes para ambas partes.

No obstante, se necesitará la presencia de un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de obra que actuará como supervisor durante todo el desarrollo de la obra y hasta que se cumpla el plazo de garantía, de los defectos que puedan ocurrir en la construcción.

3.2.14 SUBCONTRATACIÓN DE OBRAS

La subcontratación de obras solo podrá llevarse a cabo siempre y cuando el Director de obra haya manifestado su conformidad por escrito y siempre que el importe total de las partes subcontratadas no se exceda del 15% del presupuesto total de la obra. En este caso, el pago a los subcontratistas será asumido por el propio Contratista.

3.2.15 PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de la totalidad de las obras del presente proyecto es de meses contados a partir del día siguiente a la firma del acta de comprobación del replanteo.

En el caso de haberse establecido plazos parciales en los documentos del proyecto técnico o replanteo, el Contratista estará obligado a cumplir estos plazos, que no se podrán mover, salvo que ambas partes así lo deseen y establezcan de forma expresa y por escrito un acuerdo que suponga el aplazamiento de dichos trabajos debido a causas ajenas al Contratista.

3.2.16 RECEPCIÓN PROVISIONAL

Se dará una vez hayan pasado quince días desde la finalización de las obras. Con el objetivo de realizar la recepción provisional de manera adecuada, el director de la obra deberá comprobar que la obra ha sido realizada de manera correcta y cumplen con las condiciones exigidas. El representante del contratista y el director de obra deberán firmar dicho documento que dará la obra por recibida y dará lugar al periodo de garantía.

En el caso de que la obra no se de por recibida, el contratista deberá hacerse cargo de las imperfecciones de la obra en un plazo de tiempo determinado y si los defectos no son corregidos, el contrato se declararía por rescindido perdiendo la fianza.

3.2.17 PLAZO DE GARANTÍA

Durante este periodo de tiempo el contratista deberá responder a los posibles defectos que no se hayan detectado antes de la recepción provisional. El contratista es responsable del mantenimiento de las obras hasta su recepción definitiva. Por otra parte, el contratista se queda exento de la responsabilidad de daños que puedan causar agentes externos de manera intencionada.

3.2.18 RECEPCIÓN DEFINITIVA

Se llevará a cabo una vez que haya expirado el plazo de garantía en el que participarán el Director de la Obra y el representante del Contratista. Una vez que se haya dado el visto bueno a la obra, se dará por finalizado el plazo de garantía, devolviendo al contratista la fianza y extendiendo el acta por duplicado.

3.2.19 PAGOS DE OBRA

Los pagos y la modalidad en los que se van a llevar a cabo están estipulados en el contrato, los cuales se harán de manera mensual reflejando las unidades de obra terminadas en el plazo estipulado. Las liquidaciones se harán de forma parcial, las cuales se podrán establecer por el Director de Obra, además los documentos tendrán carácter provisional, los cuales son rectificables por las certificaciones resultantes de la liquidación final.

CÁPITULO 4: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES

4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

4.1.1 OBRAS A LAS QUE SE REFIERE ESTE PLIEGO

Este pliego se refiere a las obras relativas a todas las instalaciones eléctricas de una subestación eléctrica elevadora de 220/30 kV. Se encuentra en Meirama, A Coruña.

5.1.2 OBJETO

El objetivo es aclarar y establecer las condiciones bajo las que se pretende ejecutar las instalaciones eléctricas, teniendo en cuenta todos los componentes necesarios y pasando hasta por la propia subestación.

4.1.3 DISPOSICIONES APLICABLES

Con el objetivo de garantizar el funcionamiento de todos los elementos que forman parte de dichas instalaciones es fundamental establecer las condiciones de seguridad en las distintas fases como por ejemplo ejecución y montaje.

Respecto a los materiales, es imprescindible presentar los certificados oficiales que verifiquen la calidad de los materiales utilizados. Por otra parte, el Director de la Obra deberá presentar las distintas verificaciones en relación con el funcionamiento de la obra.

El contratista se hará cargo de los gastos de las distintas pruebas y ensayos que se darán en el proyecto, llegando a alcanzar hasta un máximo del 1% del total del presupuesto.

4.1.4 OMISIONES

El pliego de condiciones será aplicado por omisión a las obras aludidas en los distintos documentos del proyecto, pero que por otra parte se consideran fundamentales para llevar a cabo el proyecto.

4.2 MOVIMIENTOS DE TIERRAS

4.2.1 GENERALIDADES

Distintas operaciones de movimientos de tierras necesarios para ajustar la forma del terreno durante la obra. También se tendrán en cuenta los materiales necesarios para la obra, así como las pruebas y finalización de las obras.

Se dispondrán de una serie de puntos de referencia en el exterior de las zonas de trabajo con el objetivo de conocer las modificaciones llevadas a cabo y compararlas con el estado inicial del terreno.

4.2.2 DESPEJE Y DESBROCE DEL TERRENO

Esta actividad tiene como objetivo retirar todos los escombros y materiales de la zona de obra, así como su correspondiente transporte al vertedero, el cual ha de ser autorizado por la Dirección Facultativa y los organismos medioambientales. Es importante recalcar que los elementos del desbroce no se emplearán en ningún momento en la obra.

4.2.3 EXCAVACIÓN

Se llevará a cabo tras la actividad de despeje y desbroce del terreno, siempre siguiendo la normativa de la Dirección Facultativa y además se realizará con los materiales adecuados para las distintas características del terreno.

En las zonas donde se realizarán las obras, deberán estar en condiciones favorables para garantizar la seguridad y calidad en la construcción de las obras. Para garantizar que las condiciones sean favorables para llevar a cabo las obras, el Director de Obra deberá asegurarse de que el Contratista pueda aplicar los medios necesarios para mantener las excavaciones en seco. En el caso de que existiera la posibilidad de surgir posibles filtraciones de aguas, se tendrían que aplicar medidas para evitar la inundación para evitar la presencia de agua a presión.

Es importante distinguir entre los distintos sistemas de excavación, entre los que encontramos el sistema clasificado y no clasificado. Dentro del sistema de excavación clasificada encontramos la excavación en roca, en tierra de tránsito y en terreno blando.

1. Excavación en roca: Los materiales están cementados fuerte y la excavación se realiza a partir de explosivos.
2. Excavación en tierras de tránsito: Los materiales comprenden desde roca meteorizada hasta tierras compactas. Se realiza la excavación a partir de excavadoras pesadas (no se utilizan explosivos).
3. Excavación en terreno blando: Se realiza la excavación a mano o a partir de una máquina.

Además, también se pueden clasificar a partir de su configuración en: a cielo abierto, en pozo, en trinchera y a media ladera.

A partir del conocimiento del proyecto a desarrollar, se escogerá el sistema óptimo para el desarrollo de la instalación. Cada sistema incluye mediciones y abono distinto.

- EXCAVACIÓN DE LAS ZANJAS

Las excavaciones se realizarán de manera que el fondo queda completamente despejado y nivelado con respecto a las dimensiones expuestas en el proyecto. Para ello, si se encontrase algún material rígido que dificultase la operación, se excavará hasta eliminarlo por el rasante del mismo. Posteriormente, se rellanará ese hueco con otro componente para alcanzar esa nivelado buscado.

En este proceso, se emplearán apuntalamientos en el caso de ser necesario autorizados tanto por el Contratista como por la Dirección Facultativa.

Para su prepración se apisonarán las paredes y fondo para así poder trabajar en condiciones óptimas en la obra. Se alcanzará como mínimo un 95% de Proctor Modificado, es decir, una compactación en obra que cuenta con una densidad seca de al menos 95% de la densidad seca máxima alcanzada en los ensayos.

Para terminar, el fondo y las paredes de las zanjass se refinarán para compensar las modificaciones debidas a los excesos inevitables durante la obra. Se realizará hasta alcanzar una diferencia menor a 5 cm con respecto a los resultados teóricos.

Para el posterior relleno se utilizará el material extraído en las excavaciones de las zanjass.

Hasta la completa revisión del fondo y los laterales, además de la autorización de la Dirección de Obra no se podrá continuar con el trabajo de relleno.

- EXCAVACIÓN EN EMPLAZAMIENTOS

Para realizar de manera correcta la excavación en emplezamientos se marcará sobre el terreno la situación consensuada y los límites de la misma.

Las excavaciones para la cimentación se efectuarán de forma que el hormigón esté pegado a las paredes del terreno en el caso que el proyecto no indique otro método.

Como en las excavaciones de las zanjas, estas no podrán darse por concluidas hasta que la Dirección Facultativa de la orden y compruebe que todo esta bajo mandato.

4.2.4. EXPLANACIÓN

El proceso de nivelación por corte o terraplenado y nivelación por relleno se conoce por explanación. Este proceso deberá seguir las siguientes especificaciones.

- *TERRAPLENES*

Se conoce como terraplenes a la extensión y compactación de suelos que proviene de las excavaciones desarrolladas en la obra. Para este proceso se autoriza el uso de maquinaria de elevado rendimiento.

Los pasos que conforman el proceso son:

1. Preparación de la superficie en la ubicación fijada para el terraplén.
2. Extensión de una capa o tongada.
3. Humectación o desecación de una capa o tongada.
4. Compactación de una capa o tongada.

Para alcanzar el resulta óptimo del proceso, se hará uso de maquinaria voluminosa como son camiones cisterna, motoniveladoras, bulldozer, compactadores, ripper y tractores con orugas.

Se dedicará especial atención a las zonas de contacto de desmonte y terraplenes con el fin de que queden nivelados el fondo de la excavación y el terraplén. Simultáneamente, se considerarán los posibles drenajes en el caso de inundaciones.

- *RELLENOS*

Se conocen como “rellenos” al proceso de extensión y compactación de suelos que han sido previamente excavados para zanjas y obras, ya vistos anteriormente.

Todo avance deberá ser aprobado por la Dirección Facultativa.

El relleno de fosos no alzará más de 150 milímetros por capas y estas serán compactadas hasta conseguir al menos un 95% Proctor Modificado. Se repetirá el proceso tantas veces como sea necesario hasta alcanzar el nivelado del terreno original.

- *Relleno de zanjas para cables*

La instalación del tendido de cables se llevará a cabo siguiendo estos pasos:

1. El conductor de tierra se dispondrá en el fondo de la zanja
2. Se tenderán los cables de potencia sobre una capa de arena de 3 centímetros de espesor. En el caso en el que hubiese dos ternas, estarían separadas de manera horizontal de al menos 2,5 centímetros.
3. Para continuar, se colocarán los cables de fibra óptica sobre otra capa de arena de 2 centímetros de espesor.
4. Otra capa de arena de 2 centímetros de espesor sobre la fibra óptica mencionada en el apartado anterior.
5. Se extenderá una capa de arena de aproximadamente 2 centímetros de espesor libre de piedras, raíces u otros objetos. Sobre ella se implementará una cinta de señalización de cables de alta tensión.
6. Para terminar, se rellenará con una capa de tierra de 2 centímetros hasta alcanzar el nivel inicial del terreno.

4.3 EJECUCIÓN DE OBRAS Y ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

4.3.1 OBJETIVO Y ALCANCE

El cemento, los áridos fino y grueso, el agua además de, ocasionalmente, aditivos, constituyen el material de construcción como “hormigón”. Estos componentes son mezclados en las proporciones adecuadas para así alcanzar las características establecidas. Además, un tipo de hormigón al que se le puede añadir a los componentes citados piedra o roca, es referido como “hormigón ciclópeo”.

A continuación, se expondrán las especificaciones principales del desarrollo de las obras y estructuras de hormigón pudiendo ser tanto en masa, ciclópeo o armado. También, se explicará la calidad y composición del mismo.

En el alcance se plantearán las características que dicho material de construcción debe seguir así como las de los materiales implicados y relacionados con este, entre los que se encuentran:

- Cemento, áridos, agua, aditivos y su transporte, acopio y hormigonado.
- Encofrados
- Armaduras

La preparación de las mezclas y las cantidades de los componentes correspondientes se estudiarán previamente en detalle. De esta manera, se asegurará la capacidad del hormigón en los ámbitos mecánicos, reológicos y de durabilidad. El proyecto seguirá la línea de trabajo de obras reales teniendo en cuenta conceptos como los diámetros y características superficiales así como la distribución de las armaduras y la dimensión de las piezas, entre otros.

4.3.2 MATERIALES DEL HORMIGÓN Y RELACIONADOS

En este apartado, se plantean las principales características de los componentes que constituyen el hormigón y todos aquellos relacionados. Además, se especificarán las normas vigentes que cubren a día de hoy la ejecución de proyectos de este calibre, tanto para el desarrollo de la obra como para otros ámbitos aplicables. A continuación, el Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08).

- *Agua*

El agua es uno de los componentes principales para un resultado óptimo del hormigón. Para ello, el agua estará libre de materiales y sustancias que puedan modificar las propiedades del material de construcción.

Se deberán efectuar ensayos y análisis del agua utilizada en el caso que en el que el suministro de la misma fuese dudoso, regidos por UNE 7236. A su vez, es necesario el cumplimiento de las siguientes normas:

- **UNE 7234:** Exponente de hidrógeno $\text{pH} \geq 5$
- **UNE 7130:** Sustancias disueltas $\leq 15 \text{ g/l}$ (15.000 p.p.m)
- **UNE 7131:** Sulfatos $\text{SO}_4^- \leq 1 \text{ g/l}$ (15.000 p.p.m)
- **UNE 7178:** Ión Cloruro Cl^-
 - a) Hormigón pretensado $\leq 1 \text{ g/l}$ (1.000 p.p.m)
 - b) Hormigón armado o en masa $\leq 3 \text{ g/l}$ (3.000 p.p.m)
- **UNE 7132:** Hidratos de carbono = 0
- **UNE 7235:** Sustancias orgánicas solubles en éter $\leq 15 \text{ g/l}$ (15.000 p.p.m)

- Cementos

La mezcla de los cementos deberán ser de la misma procedencia y a ser posible, no utilizar mezclas de distintas partidas aun siendo del mismo origen. El cemento se recibirá en sacos de papel de 50 kg.

Hasta que no haya una comprobación exhaustivo del cemento mediante los ensayos correspondientes no se permitirá su uso.

El correspondiente almacenamiento se organizará en silos ventilados de manera que se aíse de la humedad. No se abrirán los sacos hasta su uso para así evitar la humedad de las paredes, del suelo y del exterior.

El Director de Obra dispondrá de la palabra en el caso en el que las obras se realicen en terrenos o ambientes agresivos, del cemento a emplear así como la cantidad y condiciones de implementación. Esta decisión se tomará a partir de las conclusiones obtenidas a partir de los ensayos previos oportunos.

En este proyecto, el cemento a utilizar será Portland de 250 kp/cm² (P-250) de resistencia a compresión a los 28 días en toda la obra. Se trabajará bajo el Real Decreto 1247/2008 ya comentado.

- Aditivos

Los aditivos se definen como sustancias posiblemente incluidas en el conjunto de componentes que forman el hormigón en proporciones muy bajas, alrededor del 5% del peso del cemento. Estas sustancias se incorporan durante todo el proceso ya sea antes, después y durante el amasado de la mezcla. Como resultado, consiguen modificar las condiciones del hormigón alcanzando propiedades óptimas.

Para el empleo de aditivos, se necesitará el consentimiento de la Dirección Facultativa.

- Madera

La madera deberá cumplir las siguientes siete condiciones:

1. Procedencia de troncos sanos
2. Grado de humedad preciso para el uso.

3. Ausencia de signos de putrefacción, carcomas o hongos.
4. Carencia de defectos o grietas que amenacen su solidez y resistencia.
5. Fibras rectas y paralelas.
6. Anillos anulares regulares.
7. Concesión de sonido claro por percusión.

El uso de la madera será principalmente para andamios, encofrados y diversos medios auxiliares. Al menos deberá presentar la durabilidad natural del pino “sylvestris”.

- Áridos

Arenas y gravas que provienen de yacimientos naturales. Estos pueden ser utilizados para la realización de hormigón siempre que sean aconsejables tras estudios correspondientes. Este componente cumple las propiedades fisio-químicas, fisio-mecánicas y granulométricas expuestas en el apartado 28.3 del artículo 28 de la EHE, Instrucción Española del Hormigón Estructural. Los áridos pueden ser clasificados en tres grupos bajo la norma UNE EN 933-2:96 : áridos fino o arena, árido grueso o grava y árido total.

1. **Árido fino o arena:** Resultado de la filtración de un tamiz de 4 mm de luz de malla.
2. **Árido grueso o grava:** Árido retenido en la filtración de un tamiz de 4 mm de luz de malla.
3. **Árido total:** Árido con características propias para la fabricación de hormigón ya sea por mezcla o solo.

4.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/03pliegodecondiciones.pdf

4.4.1 ENSAYOS ELÉCTRICOS

Se realizarán en base a la conformidad con respecto a planos, nomenclatura y esquemas. Se comprobarán las distancias de aislamiento y el grado de protección, así como el funcionamiento eléctrico. El cuadrista será responsable de establecer el informe técnico que refleje dicha conformidad y aporte las pruebas en base a un sistema de cuadros y ensayados.

4.4.2 CONDICIONES TÉCNICAS PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN

- Conductores para baja tensión

A continuación, se presentarán las características de los conductores eléctricos para la implementación en las instalaciones eléctricas interiores cumpliendo los límites de tensión nominales o inferiores a 1000 V y con tensión asignada dentro de las pautas expuestas en el Reglamento de Baja Tensión, artículo 4. Se expondrá toda la documentación, reglamentos y procesos que los cables deben cumplir.

En cuanto al modo de instalación, los distintos conductores de cobre o aluminio se pueden agrupar por ser similares en la capacidad de expulsión del calor producido debido a las pérdidas.

Los conductores se fijarán mediante bridas, collares o abrazaderas alcanzando de esta manera un fuerte sujeción y evitando daños entre ellos o por causas externas. Se dispondrán con una separación entre puntos de fijación no mayor a 0,40 metros para conductores sin amar y 0,75 metros para los armados.

Las caídas de tensión máximas vienen recogidas en el ITC-BT-19 con los valores máximos fijados. En una subestación eléctrica de baja tensión se queda en una caída de tensión máxima de 3% para el alumbrado y 5% para otros usos.

Se tomarán en cuenta los factores de corrección necesarios previstos para la implementación de la instalación. Este factor de corrección variará dependiendo del receptor o tipo de instalación.

Las características mecánicas, físicas y químicas seguirán lo establecido por la norma UNE 21123. Es esencial puntualizar la importancia de la existencia de ensayos previos que verifiquen el correcto uso según la norma IEC 60502-2, que son:

- Verificación de la resistencia eléctrica de los cables.
- Ensayo de descargas parciales tanto en el conductor como sobre el aislamiento.
- Ensayo de tensión a frecuencia industrial.
- Comprobación de las propiedades geométricas.

La sección se corresponderá a tal valor que cumpla los valores mencionados: la intensidad máxima de cortocircuito y la caída de tensión crítica. Además, se tendrá que tener especial precaución a la hora del montaje de la obra para no causar ningún desperfecto en los conductores que den lugar a averías francas. Por ello, la obra deberá ser supervisada por la Dirección Facultativa de principio a fin siguiendo sus pautas e indicaciones.

- Canalizaciones

Las canalizaciones se definen como tubos aislantes rígidos de PVC libres de químicos cuya implementación se da para obras no subterráneas. La sección es de al menos 1,5 veces el diámetro exterior del cable si se dan varios cables en un mismo tubo.

En cuanto al modo de instalación del cable en el tubo, previamente se deberá eliminar cualquier rastro de restos en el interior que puedan dañar los conductores. De la misma manera, se prestará especial atención a que estos queden alineados y no haya ni confusión ni taponamientos de cables.

Durante la obra se protegerán los cables por medio de un rodillo en la entrada del tubo que lo guíe hasta el centro del mismo.

Se dará a lugar la implementación de la obra siguiendo todas las medidas de seguridad y respetando los valores máximos indicadas por el fabricante de los cables.

- Montaje y puesta en servicio

Se deberá seguir las indicaciones del fabricante para realizar el montaje de una manera adecuada. Los cuadros eléctricos constituirán una instalación segura basada entre las unidades y el sistema de retribución de la corriente. Las operaciones de mantenimiento deberán ser realizadas con el cuadro sin tensión, rápidas y cómodas y facilitadas por un acceso a la paramenta. Por otra parte, la seguridad será garantizada por las tapas de protección de la paramenta y las protecciones internas adicionales.

- Pequeño material eléctrico

Mecanismos necesarios para la protección, toma de corriente, control de circuitos, receptores en instalaciones domésticas y de terminal terciaria, deberán cumplir las especificaciones del REBT.

- Señalización

Toda la instalación eléctrica deberá estar señalizada y presentar las advertencias e instrucciones necesarias para llevar a cabo la obra de una manera adecuada y prevenir riesgos. Todas las máquinas aplicadas y aparatos usados en la instalación deben estar diferenciados entre sí con marcas establecidas.

Por otra parte, todos los elementos necesarios para los aparatos de maniobra tienen que estar claramente señalizados, especificando las posiciones de apertura y cierre o que su visión sea físicamente visible.

4.4.3 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

El sistema de puesta a tierra será una sola instalación con accesibilidad desde toda la subestación.

A continuación, se nombran los elementos por los que está constituido:

- Malla de cobre de al menos un espesor de 70 mm²
- Picas verticales formadas por barras de cobre (diámetro: 14 mm y longitud: 2 m)
- Red de media tensión conectadas a las picas anteriores y a la propia subestación.

Todo elemento sin propiedad aislante a un nivel mínimo de tensión tendrá que estar conectado a la puesta a tierra.

La malla de la puesta a tierra se dispondrá siguiendo las indicaciones presentadas en el proyecto. Su ubicación será representada en los planos.

Las conexiones se harán a partir de procesos de soldadura, también indicada. Los cruzamientos se deberán realizar sin cortar los conductores.

Por último, no se recubrirá ni tapaná ninguna sección de malla de la puesta a tierra ni soldadura existente en la malla sin el consentimiento previo de la Dirección Facultativa.

DOCUMENTO 4

PRESUPUESTO GENERAL

CAPÍTULO 1

MEDICIONES

ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO		
Desbroce, retirada del terreno y compactado	m ³	2960
Relleno de 30 cm de zahorra y compactado	m ³	1000
Viales de acceso e interior	m ²	550

OBRA CIVIL		
Cimentaciones		
Aparamenta 220 kV	ud	1
Bancada transformador de portencia	ud	1
Pararrayos	ud	2
Embarrado 220 kV	ud	1
Portico salida de líneas	ud	1

EDIFICIO DE CONTROL Y CELDAS MT		
Excavación, cimentaciones, desagüe, abastecimiento	ud	1

EQUIPOS PRINCIPALES		
Autovávula 220 kV	ud	6
Transformador de Potencia 50 MVA 220/30 kV Acisa	ud	1
Autovávula 30 kV	ud	1
Interruptor tripolar 245 kV, 350 A, 40 kA	ud	1
Seccionador tripolar con PaT 245 kV, 1600 A	ud	1
Transformador de intensidad 245 kV, 300/5 A	ud	3
Transformador de tensión 245 kV, 220/0,11 kV	ud	3
Transformador de servicios auxiliares Potenad	ud	1
Celda de protección de línea 36 kV	ud	5
Celda de protección de transformador 36 kV	ud	1
Celda de servicios auxiliares 36 kV	ud	1
Grupo electrógeno	ud	1
Armario de control y protecciones	ud	1
Armario de comunicaciones	ud	1
Armario de medidas	ud	1
Armarios de alumbrado y fuerza	ud	2
Armarios de servicios auxiliares	ud	2

ESTRUCTURAS		
Soportes metálicos de aparamenta	ud	24
Soportes metálicos pararrayos	ud	2

CABLEADO		
Red de tierras	m	950
Cableado X-VOLT RHZ1	m	120
Cableado ACSR 337-AL1/44-ST1A	m	150
Conductor de mando y control	m	600

CERRAMIENTO PERIMETRAL		
Material de señalización	ud	30
Vallado metálico exterior	m	164
Puerta metálica corredera	ud	1
Sistema anti intrusismo	ud	1

ALUMBRADO		
Interior	ud	1
Exterior	ud	1
Emergencia	ud	1

CAPÍTULO 2

PRECIOS UNITARIOS

ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	Unidad	Precio unitario
Desbroce, retirada del terreno y compactado	m ³	€ 5,82
Relleno de 30 cm de zahorra y compactado	m ³	€ 3,56
Viales de acceso e interior	m ²	€ 31,04

OBRA CIVIL		
Cimentaciones	Unidad	Precio unitario
Aparamenta 220 kV	ud	€ 1.657,04
Bancada transformador de portencia	ud	€ 36.021,28
Pararrayos	ud	€ 342,72
Embarrado 220 kV	ud	€ 1.420,12
Portico salida de líneas	ud	€ 1.883,17

EDIFICIO DE CONTROL Y CELDAS MT	Unidad	Precio unitario
Excavación, cimentaciones, desagüe, abastecimiento	ud	€ 165.000,00

EQUIPOS PRINCIPALES	Unidad	Precio unitario
Autovávula 220 kV	ud	€ 2.205,00
Transformador de Potencia 50 MVA 220/30 kV Acisa	ud	€ 516.337,00
Autovávula 30 kV	ud	€ 898,00
Interruptor tripolar 245 kV, 350 A, 40 kA	ud	€ 82.500,00
Seccionador tripolar con PaT 245 kV, 1600 A	ud	€ 12.935,00
Transformador de intensidad 245 kV, 300/5 A	ud	€ 6.900,00
Transformador de tensión 245 kV, 220/0,11 kV	ud	€ 6.500,00
Transformador de servicios auxiliares Potenad	ud	€ 9.252,75
Celda de protección de línea 36 kV	ud	€ 41.000,00
Celda de protección de transformador 36 kV	ud	€ 83.000,00
Celda de servicios auxiliares 36 kV	ud	€ 37.500,00
Grupo electrógeno	ud	€ 16.376,00
Armario de control y protecciones	ud	€ 19.000,00
Armario de comunicaciones	ud	€ 16.500,00
Armario de medidas	ud	€ 11.000,00
Armarios de alumbrado y fuerza	ud	€ 3.500,00
Armarios de servicios auxiliares	ud	€ 9.000,00

ESTRUCTURAS	Unidad	Precio unitario
Soportes metálicos de aparamenta	ud	€ 1.700,00
Soportes metálicos pararrayos	ud	€ 1.300,80

CABLEADO	Unidad	Precio unitario
Red de tierras	m	€ 17,00
Cableado X-VOLT RHZ1	m	€ 27,00
Cableado ACSR 337-AL1/44-ST1A	m	€ 30,00
Conductor de mando y control	m	€ 7,50

CERRAMIENTO PERIMETRAL	Unidad	Precio unitario
Material de señalización	ud	€ 5,00
Vallado metálico exterior	m	€ 28,00
Puerta metálica corredera	ud	€ 470,00
Sistema anti intrusismo	ud	€ 15.000,00

ALUMBRADO	Unidad	Precio unitario
Interior	ud	€ 2.100,00
Exterior	ud	€ 1.200,00
Emergencia	ud	€ 470,00

CAPÍTULO 3

SUMAS PARCIALES

ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	Suma parcial
Desbroce, retirada del terreno y compactado	€ 17.227,20
Relleno de 30 cm de zahorra y compactado	€ 3.560,00
Viales de acceso e interior	€ 17.072,00
OBRA CIVIL	Suma parcial
Cimentaciones	
Aparamenta 220 kV	€ 2.125,00
Bancada transformador de portencia	€ 36.021,28
Pararrayos	€ 685,44
Embarrado 220 kV	€ 1.420,12
Portico salida de líneas	€ 1.883,17
EDIFICIO DE CONTROL Y CELDAS MT	Suma parcial
Excavación, cimentaciones, desagüe, abastecimiento	€ 235.000,00
EQUIPOS PRINCIPALES	Suma parcial
Autovávula 220 kV	€ 13.230,00
Transformador de Potencia 50 MVA 220/30 kV Acisa	€ 516.337,00
Autovávula 30 kV	€ 898,00
Interruptor tripolar 245 kV, 350 A, 40 kA	€ 82.500,00
Seccionador tripolar con PaT 245 kV, 1600 A	€ 12.935,00
Transformador de intensidad 245 kV, 300/5 A	€ 20.700,00
Transformador de tensión 245 kV, 220/0,11 kV	€ 19.500,00
Transformador de servicios auxiliares Potenad	€ 9.252,75
Celda de protección de línea 36 kV	€ 205.000,00
Celda de protección de transformador 36 kV	€ 83.000,00
Celda de servicios auxiliares 36 kV	€ 37.500,00
Grupo electrógeno	€ 16.376,00
Armario de control y protecciones	€ 19.000,00
Armario de comunicaciones	€ 16.500,00
Armario de medidas	€ 11.000,00
Armarios de alumbrado y fuerza	€ 7.000,00
Armarios de servicios auxiliares	€ 18.000,00

ESTRUCTURAS	Suma parcial
Soportes metálicos de aparamenta	€ 40.800,00
Soportes metálicos pararrayos	€ 2.601,60

CABLEADO	Suma parcial
Red de tierras	€ 16.150,00
Cableado X-VOLT RHZ1	€ 3.240,00
Cableado ACSR 337-AL1/44-ST1A	€ 4.500,00
Conductor de mando y control	€ 4.500,00

CERRAMIENTO PERIMETRAL	Suma parcial
Material de señalización	€ 150,00
Vallado metálico exterior	€ 4.592,00
Puerta metálica corredera	€ 470,00
Sistema anti intrusismo	€ 15.000,00

ALUMBRADO	Suma parcial
Interior	€ 2.100,00
Exterior	€ 1.200,00
Emergencia	€ 470,00

CAPÍTULO 4

PRESUPUESTO GENERAL

PRESUPUESTO POR ÁREAS	SUMAS PARCIALES
ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	€ 37.859,20
OBRA CIVIL	€ 42.135,01
EDIFICIO DE CONTROL Y CELDAS MT	€ 235.000,00
EQUIPOS PRINCIPALES	€ 1.088.728,75
ESTRUCTURAS	€ 43.401,60
CABLEADO	€ 28.390,00
CERRAMIENTO PERIMETRAL	€ 20.212,00
ALUMBRADO	€ 3.770,00
TOTAL (sin IVA)	€ 1.499.496,56
TOTAL (con IVA incluido 21%)	€ 1.814.390,84

El presupuesto general asciende a un total de:

1.814.390,84 EUROS

CAPÍTULO 5

BIBLIOGRAFÍA

Referencias

- Subestaciones y centrales eléctricas – Javier Díaz Pampín, Matías Sánchez Mingarro - 2022.
- Proyecto de Ejecución Subestación de Planta Fotovoltaica 220/30 kV – Ingeniería y Proyectos Innovadores S.L. - Aragón, España.
- Especificaciones Particulares para Instalaciones de Alta Tensión (hasta 30 kV), Edición 11 – Grupo Iberdrola – Mayo, 2019.
- Diseño de las instalaciones eléctricas de alta tensión de un parque eólico, incluyendo líneas y cabinas de 20 kV, y subestación de 45 kV, 35 MVA – María Lucía Ly – Agosto, 2016.
- Mapa de la Red Eléctrica Española – R.E.E. – 2021.
- Normas UNE
- Normas IEC
- IEEE 80-2013 Guía para la seguridad de puesta a tierra - IEEE Standards Association – 2013.
- Catálogo MESA Celdas de media tensión CBGS-0 – MESA - 2021.
- Malla de tierra, Capítulo 11 – Alcisa – 2019.
- Especificaciones técnicas particulares de subestaciones AT/MT – Endesa Distribución Eléctrica - Mayo, 2019.
- Earthing System Calculation - Neoen - 31 de mayo, 2023.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, ITC-RAT 01 a 23.

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias, ITC-LAT 01 a 09.

- Subestación de 66 kV de transporte en la red insular española de transporte ubicada en entorno protegido – Alejandro Rambla Batallo – Junio 2018.

DOCUMENTO 6

ANEJOS

ANEXO A:

Catálogo de celdas MESA CBGS-0 36 kV

Catálogo 2020



CBGS-0

Celdas blindadas con aislamiento en SF6
hasta 36/38 kV

Distribución de Media Tensión

Gama CBGS-0

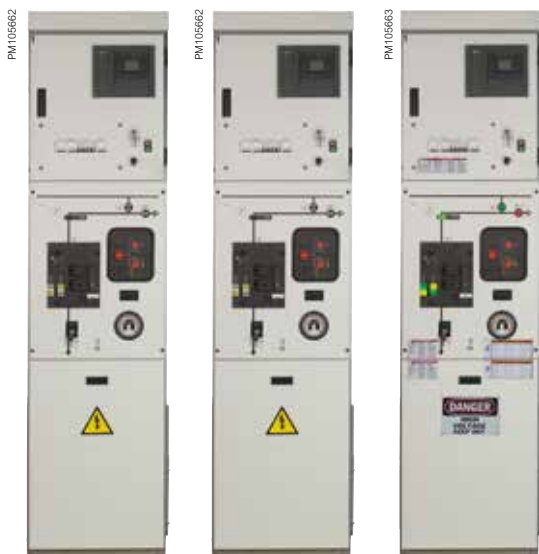
Cada conjunto CBGS-0 se compone de diversas unidades funcionales (celdas) ensambladas entre sí.

Cada unidad funcional contiene todos los elementos necesarios para realizar su función.

Las diferentes celdas (unidades funcionales) están interconectadas mediante un sistema de embarrado con aislamiento sólido apantallado en el exterior de la cuba de SF₆. Las bandejas de los cables de conexión internos de Baja Tensión se ubican en la parte superior de la celda, sobre el cajón de baja tensión.

		IEC		ANSI		
Tensión nominal		(kV)	24	36	27	38
Nivel de aislamiento	A frecuencia industrial, 50 Hz	(kV rms)	50	70	60	80
	A onda de choque tipo rayo	(kV cresta)	125	170	125	170
Intensidad nominal	Embarrado	(A)	1250 / 1600 / 2000		1200 / 2000	
	Derivaciones	(A)	630 / 1250 / 1600 / 2000		600 / 1200 / 2000	
Intensidad nominal de corte		(kA)	25 / 31.5			
Capacidad de cierre en cortocircuito		(kA cresta)	65 / 82			
Intensidad nominal de corta duración		(kA-3 s)	Max 25 / 31.5			
Resistencia frente a arcos internos (opcional)	(AFL o AFLR)	(kA-1 s)	31.5			
Presión nominal relativa de gas SF6 a 20°C		(bar)	0.30			
Grado de protección	Compartimento de AT		IP65			
	Compartimento de BT		IP3X - IP41			

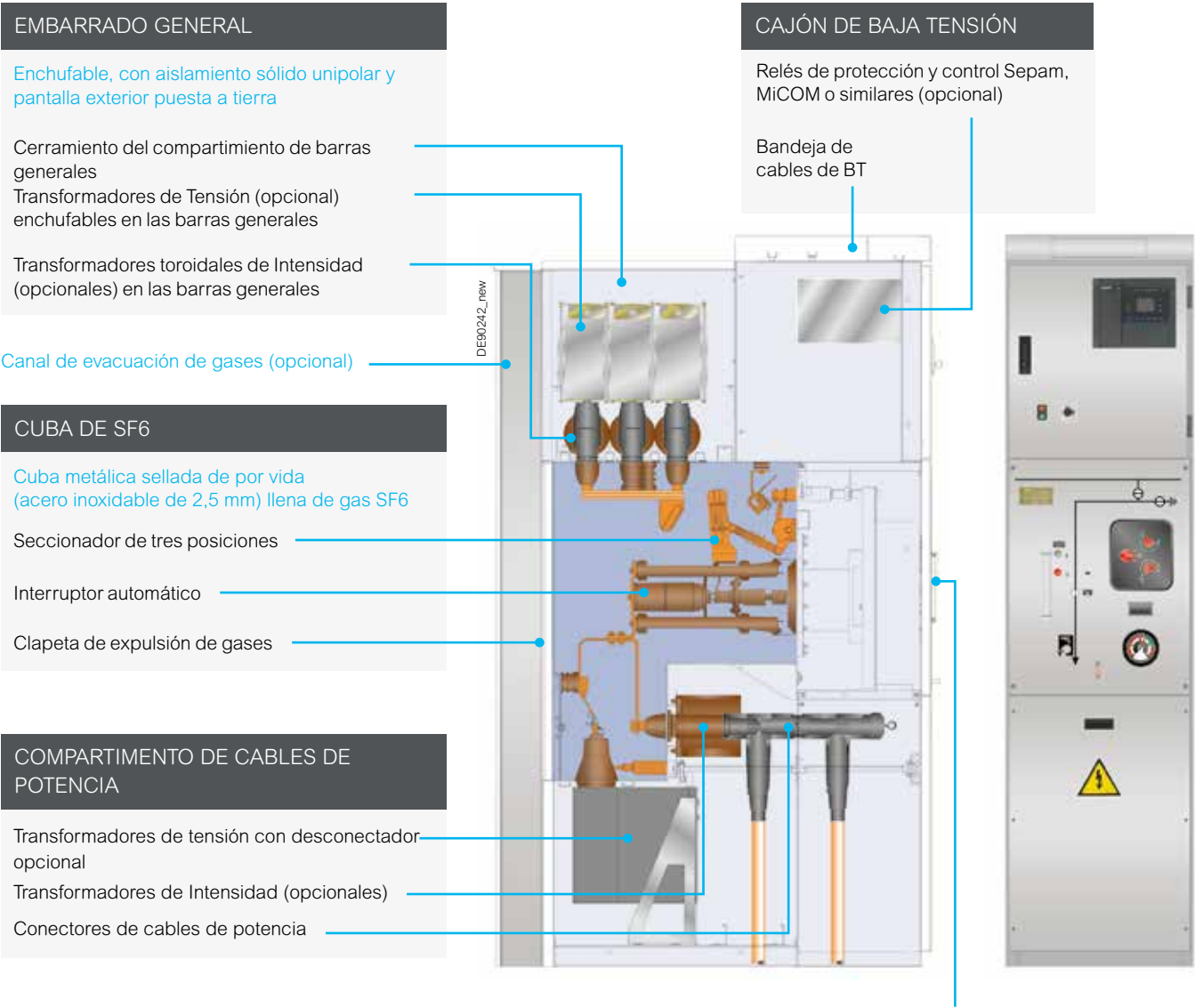
3 variantes de celda (IEC, RAIL, ANSI)



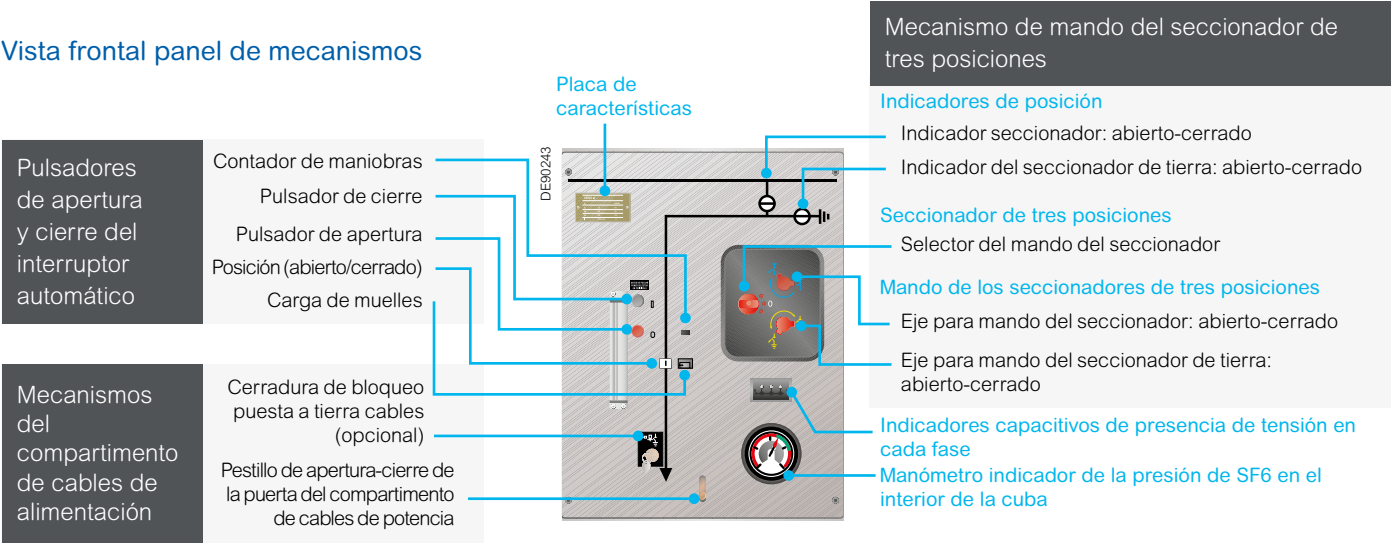
Estructura de la celda CBGS-0

Cada celda es un conjunto de paneles (RAL 9002), chapas y bastidores de metal. Todos están puestos a tierra según la definición de «envolvente de metal» y cumplen con los requisitos de la norma IEC 62271-200.

- **El compartimento (cajón) de baja tensión**, separado de la zona de Media Tensión, está ubicado en la parte superior de la celda y contiene relés y el resto de elementos de protección y control auxiliares de Baja Tensión.
- **El embarrado principal**, aislado en silicona, apantallado y conectado a tierra, está ubicado en la parte trasera superior de la celda, fuera del compartimento de SF₆.
- **El compartimento del interruptor automático (cuba de SF₆)** está ubicado en la parte central de la celda. Los cables de potencia y el sistema de embarrado se conectan a este mediante pasatapas.
- **El compartimento de conexión de cables de Media Tensión** está ubicado en la parte inferior de la celda, con acceso por la parte frontal.



Vista frontal panel de mecanismos



Condiciones de funcionamiento y normas

Condiciones ambientales y de funcionamiento

Las celdas CBGS-0 pueden funcionar como celdas de interior en condiciones de funcionamiento normal conforme a la norma IEC 62271-1.

El funcionamiento en condiciones diferentes a las indicadas solo es admisible previa consulta y con el consentimiento del fabricante.

Temperatura ambiente

- Inferior o igual a +40 °C (consúltanos para temperaturas hasta +55 °C)
- Inferior o igual a +35 °C de media durante un periodo de 24 horas
- Superior o igual a - 5 °C (consúltanos para temperaturas hasta -25 °C)

Para otras temperaturas, consúltanos

Altitud hasta 2000 m

- ≤ 2000 m sobre el nivel del mar. Para altitudes superiores, contacta con nosotros

Condiciones exigentes para altitudes superiores

- Altitudes superiores a 2000 m sobre el nivel del mar, previa petición

Humedad

- Humedad relativa media durante un periodo de 24 horas: 95%
- Humedad relativa media durante un periodo de 1 mes: 90%
- Presión de vapor media durante un periodo de 24 horas: 2,2 kPa
- Presión de vapor media durante un periodo de 1 mes: 1,8 kPa

Vibraciones

- Celdas con certificación sísmica opcional

Condiciones exigentes con vibraciones (opcional):

- Según la norma IEEE 693-2005 2) (Espectro de respuesta alto requerido)
- AC 156 / ICC-ES (IBC – Código de edificación internacional – sustituye a UBC) 3)
- $S_d = 2,109 \text{ g}$ > con desnivel $z/h=0$
- $S_d = 1,389 \text{ g}$ > con desnivel $z/h=1$

Condiciones ambientales extremas

Rango de condiciones ambientales extremas (opcional):

- Hasta IP51 en mecanismos y el armario de BT
- Probado con un nivel de severidad 6 según la norma IEC 60068-2-52 /
- Caso más desfavorable -Atmósfera cargada de sal y seca

Criterios de aplicación:

- Ensayo dieléctrico a 36 kV
- Ensayo de fugas de SF6
- Funcionamiento mecánico/eléctrico del sistema de interruptor automático, seccionador y enclavamiento
- Ensayo eléctrico de baja tensión
- Ensayo eléctrico del TT y el TI
- Aspecto visual

Condiciones de funcionamiento y normas

Normas IEC

Las celdas CBGS-0 han sido diseñadas y certificadas de conformidad con las normas siguientes:

Norma	Especificación
IEC 62271-1	Aparamenta de Alta Tensión
IEC 62271-100	Interruptores automáticos de corriente alterna
IEC 62271-102	Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna
IEC 62271-200	Aparamenta bajo envoltente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV
IEC 62271-103	Interruptores para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV
IEC 60529	Grados de protección proporcionados por los envoltentes (código IP)

Normas ANSI, IEEE

Las celdas CBGS-0 están certificadas por UL (Underwriters Laboratories):

Norma	Especificación
IEEE C37.06-2000	Guide for High-Voltage Circuit Breakers Rated on Symmetrical Current Basis Designated "Definite Purpose for Fast Transient Recovery Voltage Rise Times.
IEEE C37.09-1999	Standard Test Procedure for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis
IEEE C37.010-1999	(R 2005), IEEE Application Guide for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis
ANSI C37.54-2002	Indoor Alternating Current High-Voltage Circuit Breakers Applied as Removable Elements in Metal-enclosed Switchgear – Conformance Test Procedures
IEEE C37.20.3-2001	Metal-Enclosed Interrupter Switchgear
IEEE C37.20.4-2001	Indoor AC Switches (1 kV–38 kV) for Use in Metal - Enclosed Switchgear.
C37.57-2003 NEMA	Switchgear — Metal-Enclosed Interrupter Switchgear Assemblies — Conformance Testing.
C37.58-2003 NEMA	Switchgear — Indoor AC. Medium Voltage Switches for Use in Metal-Enclosed Switchgear — Conformance Test Procedures
IEEE 1247-1998	Interrupter Switches for Alternating Current, Rated Above 1000 V
NFPA 70-2005	National Electrical Code (NEC)

Normas CSA

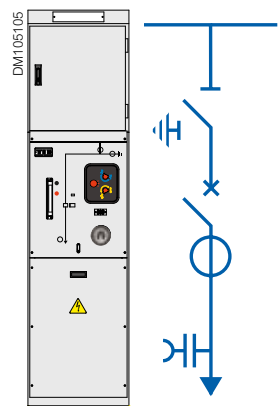
Standard	Specification
C22.2 No. 31-04	Switchgear Assemblies
C22.2 NO. 58-M1989	High Voltage Isolating Switches
C22.2 No. 193-M1983 Reaffirmed 2004	High Voltage Full-Load Interrupter Switches

Funciones y características CBGS-0 IEC

Descripción general: elección de unidades funcionales	30
Protección de transformador / línea	31
Acoplamiento - Remonte	32
Celda de unión / seccionador	33
Interruptor - seccionador	34
Interruptor - seccionador con fusibles	35

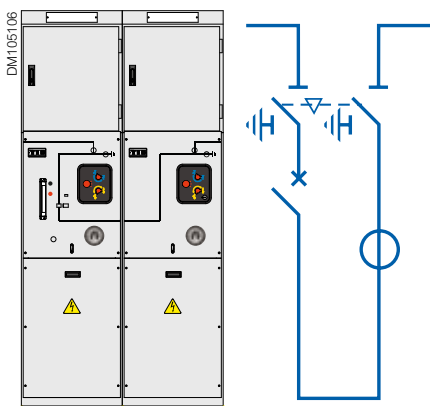
Descripción general: elección de las unidades funcionales

Protección de transformador / línea



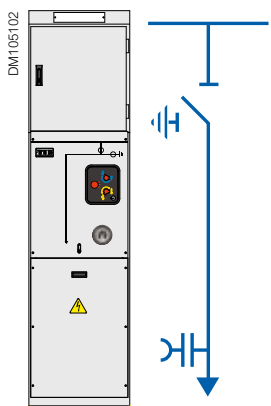
Tensión nominal (kV)	24 / 36
Intensidad nominal (barras) (A)	1250 / 1600 / 2000
Intensidad nominal derivaciones (A)	630 / 1250 / 1600 / 2000
Corr. corta duración admisible 3 s (kA)	25 - 31.5

Acoplamiento - Remonte



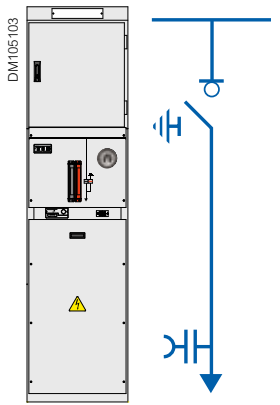
Tensión nominal (kV)	24 / 36
Intensidad nominal (barras) (A)	1250 / 1600 / 2000
Intensidad nominal derivaciones (A)	1250 / 1600 / 2000
Corr. corta duración admisible 3 s (kA)	25 - 31.5

Celda de unión / seccionador



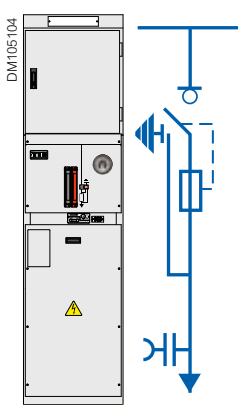
Tensión nominal (kV)	24 / 36
Intensidad nominal (barras) (A)	1250 / 1600 / 2000
Intensidad nominal derivaciones (A)	630 / 1250 / 1600 / 2000
Corr. corta duración admisible 3 s (kA)	25 - 31.5

Interruptor - seccionador



Tensión nominal (kV)	24 / 36
Intensidad nominal (barras) (A)	1250 / 1600 / 2000
Intensidad nominal derivaciones (A)	630
Corr. corta duración admisible 3 s (kA)	25

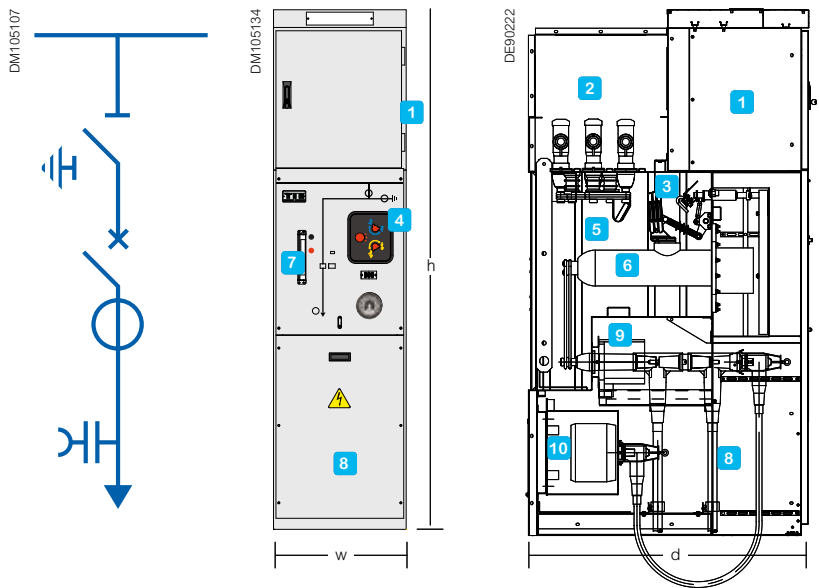
Interruptor seccionador con fusibles



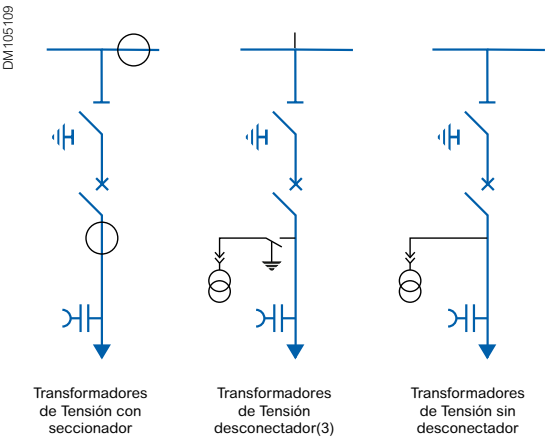
Tensión nominal (kV)	24 / 36
Intensidad nominal (barras) (A)	1250 / 1600 / 2000
Intensidad nominal derivaciones (A)	200 (limited by the fuse)
Corr. corta duración admisible 3 s (kA)	Limited by the fuse

Protección de transformador / línea

- 1 Celda de Baja Tensión
- 2 Embarrado principal
- 3 Seccionador de tres posiciones (Cerrado-Abierto-Listo para conectar a tierra)
- 4 Mecanismo operativo del seccionador
- 5 Cuba principal (acero inoxidable de 2,5 mm) llena con gas SF6, sellada de por vida
- 6 Interruptor automático
- 7 Mecanismo operativo del interruptor automático
- 8 Compartimento de los cables de potencia
- 9 Transformadores de Intensidad (opcionales)
- 10 Transformadores de Tensión (opcionales)



Transformadores de Medida

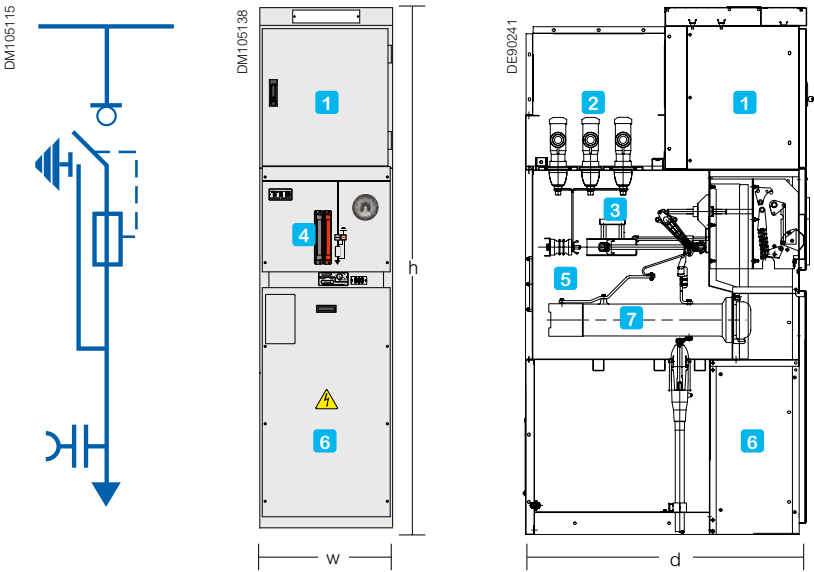


			IX-S	
Tensión nominal	kV		24	36
Nivel de aislamiento nominal	kV rms - 1 min		50	70
	kV impulso 1.2/50 ms		125	170
Intensidad nominal (barras)	A	1250	●	●
		1600	●	●
		2000	●	●
Intensidad nominal (derivaciones)	A	630	●	●
		1250	●	●
		1600	●	●
		2000	●	●
Capacidad de interrupción	kA		25/31.5	
Corr. corta duración admisible	kA 3s		25/31.5	
(An) Ancho	mm		600 ⁽²⁾	
(Al) Altura	mm		2350 ⁽¹⁾	
(P) Profundidad	mm		1400 (AFLR)	
Peso aproximado 1250 A	kg		725	
Peso aproximado 2000 A	kg		1020	

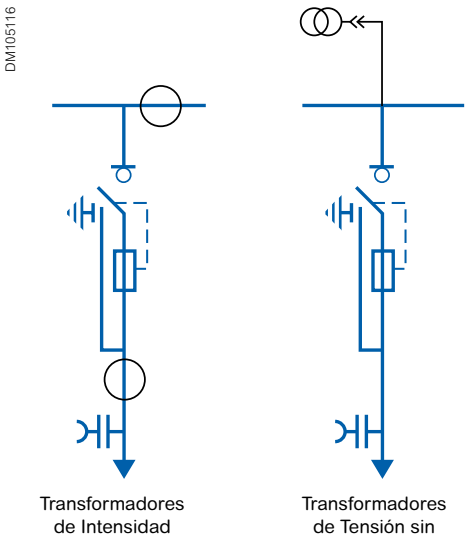
(1) 2380 mm aprox. con transformadores de tensión para barras de 2000 A
(2) 1200 mm de ancho para celdas de 2000 A
(3) Consúltanos

Interrupor seccionador con fusibles

- 1 Cajón de Baja Tensión
- 2 Sistema general de barras colectoras
- 3 Seccionador-interruptor de tres posiciones (Cerrado-Abierto-Puesto a tierra)
- 4 Mecanismo operativo del interruptor-seccionador
- 5 Cuba principal (acero inoxidable de 2,5 mm) llena con gas SF6, sellada de por vida
- 6 Compartimento de los cables de potencia
- 7 Portafusibles



Transformadores de Medida



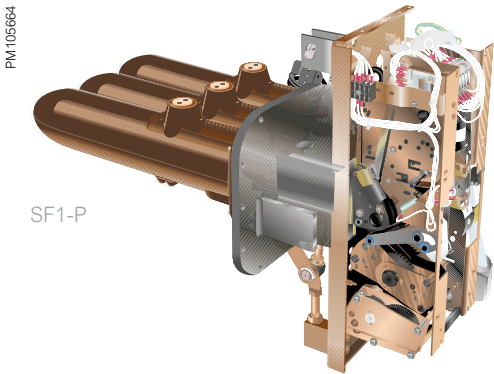
		AS-S	
Tensión nominal	kV	24	36
Nivel de aislamiento nominal	kV rms - 1 min	50	70
	kV impulso 1.2/50 ms	125	170
Intensidad nominal (barras)	A	1250	●
		1600	●
		2000	●
Intensidad nominal (derivaciones)	A	Acc. to fuse	
Capacidad de interrupción	kA	Acc. to fuse	
Corr. corta duración admisible	kA 3s	Acc. to fuse	
(An) Ancho	mm	600	
(Al) Altura	mm	2350 ⁽¹⁾	
(P) Profundidad	mm	1250	
Peso aproximado	kg	420	

(1) 2380 mm aprox. con Transformadores de Tensión para barras de 2000 A

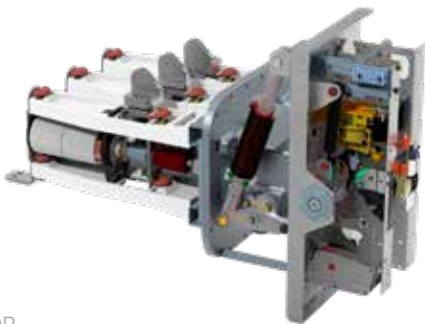
CBGS-0

Interruptor automático

La celda CBGS-0 ofrece dos opciones de interruptor automático: en SF6 y en vacío



SF1-P



DP

SF1-P y SF1-G: interruptores automáticos en SF6

El interruptor automático está ubicado en el interior del compartimento intermedio de SF6 en una configuración fija.

Los interruptores automáticos funcionan en base al principio de «soplado» con SF6, que se utiliza como medio de interrupción y aislamiento.

- Cada uno de los 3 polos dispone de una envolvente aislante independiente que forma un sistema de presión de relleno que cumple los requisitos de la norma IEC 62271-100
- No es necesario efectuar ninguna operación de llenado durante la vida útil del equipo
- Cada interruptor automático de SF6 está equipado con un presostato para controlar continuamente la presión de SF6. En el improbable caso de una caída de presión por debajo del umbral de trabajo establecido, automáticamente se activan 2 alarmas.

DP: interruptor automático en vacío

Todas las intensidades de funcionamiento y defecto se conmutan mediante una innovadora tecnología de interruptor automático en vacío. En este caso, las intensidades se conmutan independientemente del medio gaseoso.

En las celdas con interruptor automático, el gas SF6 se utiliza como medio aislante y no para interrumpir arcos eléctricos.

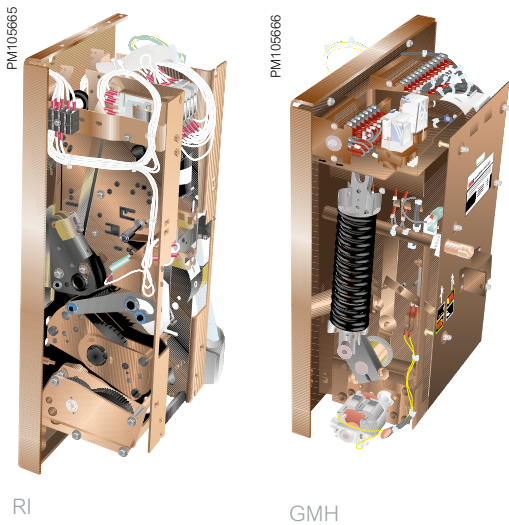
El interruptor automático en vacío puede cumplir todos los requisitos de cualquier tipo de aplicación:

- Conmutación de cables, líneas aéreas, transformadores, condensadores, generadores y motores
- Alto número de maniobras de conmutación mecánica y eléctrica sin mantenimiento

Tipo de interruptor automático		IA SF6		IA vacío
		SF1-P	SF1-G	DP
Tensión nominal	kV	24	36	24 / 36
Nivel de aislamiento nominal	kV rms 50Hz - 1 min	50	70	50 / 70
	kV impulso 1.2/50 ms	125	170	125 / 170
Intensidad nominal (Ir)	A 1250	●	-	●
	2500	-	●	●
Capacidad de interrupción (Isc)	kA rms	25	31.5	25 / 31.5
Capacidad de cierre	kA pico	65 / 82	65 / 82	65 / 82
Corr. corta duración admisible	kA rms 3s	25	31.5	25 / 31.5
Secuencia de funcionamiento nominal	O-3min-CO-3min-CO	●	●	●
	O-0.3s-CO-3min-CO	●	●	●
	O-0.3s-CO-15s-CO	●	-	●
Clasificación de resistencia eléctrica		E2	E2	E2
Clasificación de resistencia mecánica		M2	M2	M2

CBGS-0

Mando del interruptor automático



Hay tres mecanismos operativos disponibles, dependiendo del interruptor automático utilizado en la aparamenta y los requisitos del cliente.

Interruptor automático	Tipo de interruptor automático	Tensión normal	Intensidad normal	Intensidad en cortocircuito	Mecanismo operativo
SF1-P	SF6	24	1250	25	RI
SF1-G	SF6	36	2500	31.5	GMH
DP	Vacío	24 / 36	1250 / 2000	25 / 31.5	RI

Mando

La velocidad de apertura y cierre de los contactos del interruptor automático utilizado en las celdas CBGS-0 es independiente de la acción del operador. Este mecanismo eléctrico, que siempre está motorizado para realizar funciones de control remoto, permite ciclos rápidos de reenganche.

En las celdas de tipo CBGS-0, todos los mecanismos de accionamiento están ubicados fuera de la cuba de SF6.

Además, el mantenimiento de este tipo de mecanismo operativo es muy reducido ya que se utilizan componentes autolubricados.

Contactos auxiliares

El mecanismo operativo está equipado con un bloque de al menos 14 contactos auxiliares.

El número de contactos disponibles depende de la composición del mecanismo operativo y de las opciones elegidas. En cualquier caso, hay al menos 3 contactos de NA/NC disponibles en el bloque de terminales de Baja Tensión de salida de la aparamenta destinados a las señales externas.

Características técnicas		
Intensidad nominal		10 A
Capacidad de interrupción	AC - 220 V ($\cos \varphi \geq 0,3$)	10 A
	DC - 110 or 220 V ($L/R \leq 0.01s$)	1.5 A

El mando incluye:

- Un sistema de muelle que almacena la energía necesaria para abrir y cerrar el interruptor automático
- Un sistema de carga manual del muelle
- Un dispositivo de carga del muelle con motor eléctrico que recarga automáticamente el muelle en menos de 10 segundos tras el cierre de los contactos principales
- Un pulsador mecánico de apertura con tapa para enclavamiento
- Un pulsador mecánico de cierre con tapa
- Un sistema de cierre eléctrico que incluye:
 - Una bobina de cierre para control remoto y un relé antibombeo
- Un sistema de apertura eléctrico que incluye:
 - Bobina de disparo simple o doble (opcional)
- Contador de maniobras
- Un contacto de indicación de carga del muelle
- Un contacto de indicación de carga finalizada
- Un indicador mecánico de posición del interruptor: abierto-cerrado
- Un indicador mecánico de estado del muelle: cargado-descargado
- Un enclavamiento por llave para el bloqueo del interruptor automático en posición abierto (opcional)

Mando RI

Los interruptores automáticos en SF6 SF1-P se accionan mediante un mecanismo operativo RI que garantiza una tasa de apertura y cierre del dispositivo de conmutación independientemente del operario. Este mecanismo operativo permite ciclos de cierre rápidos y remotos.

Tipo de dispositivo auxiliar			Motor de carga del muelle	Bobina de cierre	Bobina de apertura en derivación		Contactos disponibles	
					Simple	Doble	NC	NA
Tensión de alimentación	CA (V)	50 Hz	48-110-127-220					
		60 Hz	120-240					
	CC (V)		24-48-60-110-125-220					
Consumo	CA (VA)		360	160	160	320		
	CC (W)		360	50	50	100		
Combinaciones posibles de dispositivos auxiliares y cantidades			●	●	●		5	4
	o		●	●		●	5	3
	o		●	●			5	5

Mando GMH

Los interruptores automáticos SF1-G se accionan mediante un mecanismo operativo GMH que garantiza una tasa de apertura y cierre del dispositivo de conmutación independientemente del operario. Este mecanismo de accionamiento permite ciclos de cierre rápidos y remotos.

Tipo de dispositivo auxiliar			Motor de carga del muelle	Bobina de cierre	Bobina de apertura en derivación		Contactos disponibles	
					Simple	Doble	NC	NA
Tensión de alimentación	AC (V)	50 Hz	48-110-127-220					
		60 Hz	120-240					
	DC (V)		24-48-60-110-125-220					
Consumo	AC (VA)		700	120	120	240		
	DC (W)		570	70	70	140		
Combinaciones posibles de dispositivos auxiliares y cantidades			●	●	●		5	4
	o		●	●		●	5	3
	o		●	●			5	5

Un interruptor automático para cada necesidad

Treinta años de experiencia en el desarrollo, la fabricación y la comercialización de interruptores automáticos de Media Tensión en vacío y SF6 en todo el mundo han demostrado que ninguna de las dos tecnologías es mejor que la otra, y especialmente que son complementarias desde el punto de vista de la aplicación. Factores económicos, preferencias de usuario, «tradiciones» locales, conocimientos y requisitos de conmutación especiales influyen a la hora de decidir a favor de una u otra tecnología.

La necesidad de «conmutaciones frecuentes» o «conmutaciones suaves» puede ser otro elemento que influya en la elección.

Sobretensiones de conmutación

Las tensiones de conmutación generadas por los interruptores automáticos que utilizan cualquiera de las dos tecnologías se encuentran dentro de los límites y no representan un peligro para los equipos ni las instalaciones conectados.

Debido a sus características intrínsecas de interrupción suave, los interruptores automáticos en SF6 ofrecen este nivel de rendimiento sin la necesidad de dispositivos adicionales. Los interruptores automáticos en vacío que utilizan materiales de contacto modernos también ofrecen intensidades de interrupción bajas; sin embargo, en casos excepcionales, y dependiendo de las características de la instalación específica, puede ser necesario realizar un estudio detallado de los parámetros del sistema para determinar si se requieren dispositivos limitadores de tensión específicos.

Aplicaciones de conmutación específicas

Cables y líneas aéreas

Ambas tecnologías ofrecen márgenes adecuados más allá del máximo requerido por las normas pertinentes y en condiciones de funcionamiento normal.

Transformadores

Por ejemplo, cuando se utilizan interruptores automáticos en vacío para conmutar transformadores secos en instalaciones industriales, se recomienda usar limitadores contra sobretensiones transitorias.

Motores

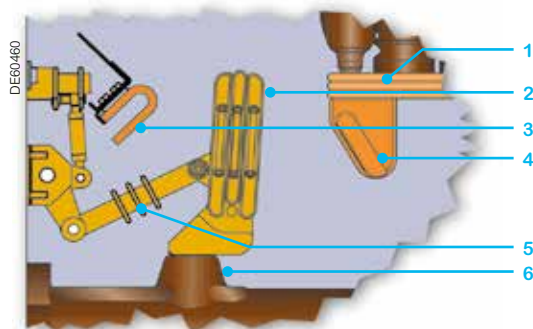
El límite objetivo para sobretensiones inferiores a 2,5 unidades de potencia se puede obtener con ambas tecnologías. El uso de interruptores automáticos en vacío para conmutar motores pequeños (intensidades de arranque inferiores a 600 A) puede requerir medidas para limitar las sobretensiones debidas a los múltiples rearranques; sin embargo, la probabilidad de que se produzca este fenómeno es baja.

Baterías de condensadores

Ambas tecnologías son adecuadas para la conmutación sin recebado de las baterías de condensadores. El SF6 está especialmente recomendado para aplicaciones con tensiones nominales superiores a 27 kV.

Inductancias en derivación

Los interruptores automáticos en SF6 son adecuados para conmutar sobretensiones inferiores a 2,5 unidades de potencia. Cuando se utilizan interruptores automáticos en vacío, en algunos casos puede ser necesario tomar medidas adicionales para limitar las sobretensiones.



- 1 Barras interiores superiores
- 2 Dedos de contacto móviles
- 3 Contacto fijo «seccionador a tierra»
- 4 Contacto fijo «seccionador cerrado»
- 5 Biela de aislamiento
- 6 Soporte

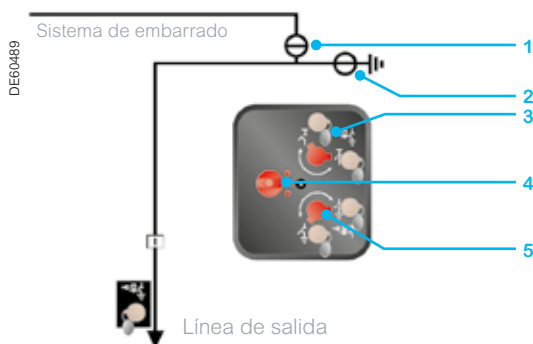
Características del seccionador de 3 posiciones

Cumple los requisitos de la norma IEC 62271-102 sobre seccionadores y seccionadores de puesta a tierra.

- Capacidad de cierre con intensidad de cortocircuito (seccionador y seccionador de puesta a tierra) a través del interruptor automático.
- Diseño compacto y dimensiones reducidas.
- Indicador de posición de alta fiabilidad (sin bielas de transmisión).
- Ejes de palanca independientes para el seccionador y la función de listo para conectar a tierra.
- Punto de rotación/transmisión único para el seccionador y el seccionador de puesta a tierra

Funcionamiento y enclavamientos

- Operación mediante palanca de accionamiento.
- Selección de la función (maniobra admisible) mediante un selector.
- El diseño del selector de tipo bandera permite insertar la palanca de accionamiento solo en el punto de accionamiento correspondiente a la función seleccionada.
- La palanca de accionamiento no se puede extraer del eje de accionamiento hasta que finalice la maniobra del seccionador.
- El interruptor automático no se puede cerrar hasta después de devolver el selector de función a la posición neutra.
- El seccionador de tres posiciones solo se puede accionar cuando el interruptor automático está en posición abierta.
- Se pueden incluir enclavamientos especiales, como cerraduras, de manera opcional.

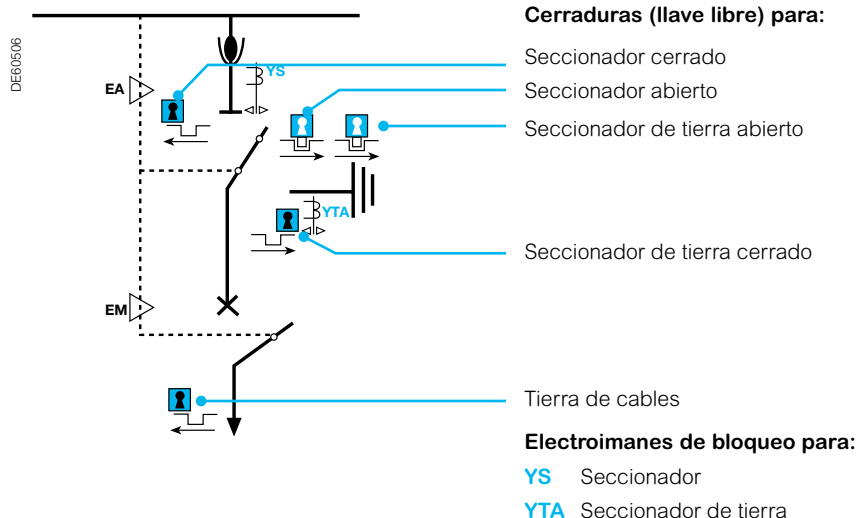


Indicadores de posición

- 1 Seccionador
- 2 Seccionador de tierra

Puntos de accionamiento por palanca

- 3 Seccionador (abierto y cerrado)
- 4 Selector de función
Accionamiento seccionador / Neutro /
Seccionador de tierra
- 5 Seccionador de tierra a tierra

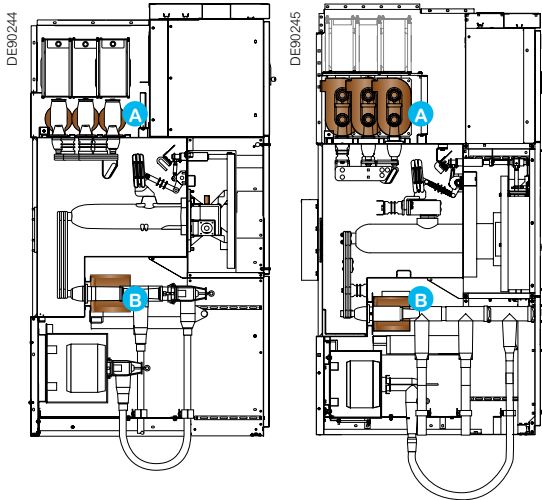


Transformadores de Intensidad

Dependiendo del tipo de cubículo, aplicación y necesidades del cliente, el CBGS-0 ofrece diversas opciones para Transformadores de Intensidad.



Transformador de intensidad toroidal



Transformadores de Intensidad toroidales

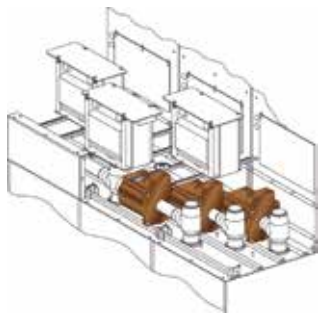
- Fuera de la atmósfera de SF6
- Sin estrés dieléctrico
- Conforme a la norma IEC 61869-2 (para otras normas específicas, como ANSI, AS, BS o NBR, consúltanos)

Características		A	B
Intensidades térmicas	Permanente (valor máx.)	1.2 x I _n	
Intensidades nominales	Primario	A	25 a 2000
	Secundario	A	1 a 5
Posibilidad de conmutación en el secundario	De	25 - 50	
	Hasta	1000 - 2000	
Los datos del núcleo dependen de la intensidad del primario (máx. 3 núcleos)		Núcleo de medida	Núcleo de protección
Potencia	VA	2.5 to 25	0.5 to 30
Clase		0.2 to 1	5 to 10
Factor de sobreintensidad		FS5	P10 to P30
Dimensiones (tipo A*)			
Diámetro interior	mm	Min.: 60 - Máx.: 205	
Altura útil máxima	mm	Min.: 130 - Máx.: 225	
Dimensiones (tipo B**)			
Altura x Anchura x Profundidad	mm	435 x 420 x 190	
Temperatura ambiente de funcionamiento	° C	- 5 °C / + 40 °C	
Clase de aislamiento		E	

* Ubicado en las barras. El espacio requerido en las barras para la instalación de un conjunto completo de 3 Transformadores de Intensidad se corresponde con la anchura de 2 celdas CBGS-0.
** En los pasatapas de derivación.

Transformadores de Intensidad

DE60515



PM105667



Transformador de intensidad toroidal de baja potencia

Transformadores de intensidad toroidales de baja potencia

Razones para desarrollar estas aplicaciones:

- Evitar el uso de potencias de precisión elevadas (innecesarias para los relés electrónicos de estado real)
 - Combinar potencias de precisión y precisiones de clases combinadas (medición + protección)
 - Los relés electrónicos generalmente tienen 1 entrada de TI para medición y protección
 - **Primario no conectado** - Sin esfuerzo térmico
 - BT → Sin rigidez dieléctrica
 - Conforme a la norma IEC 61869-2
- (para otras normas específicas, como ANSI, AS, BS o NBR, consúltanos)

Tensión nominal		N.C. (Baja Tensión)
Relaciones de transformación posibles		2 x intensidad primaria*
		1 x intensidad secundaria
Potencias de precisión	VA	0.5
Precisiones		Cl 1/5P20 (combinadas))
		Cl 0.5 /5P20 (combinadas para varios casos)
Relaciones	A	100
		150
		600
		200 - 400
		250 - 500
		300 - 600
		400 - 800
		500 - 1000
* El número de núcleos depende de las necesidades del cliente.		

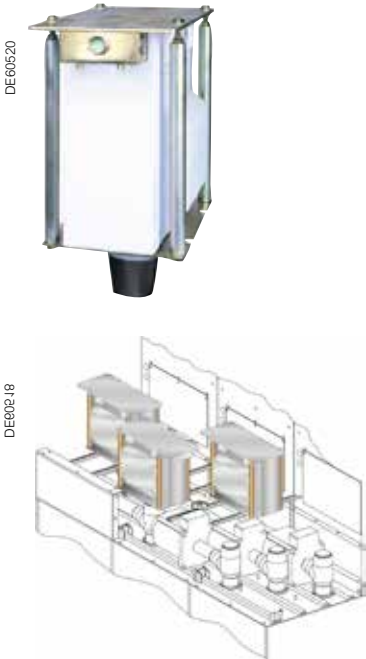
Transformadores de Tensión

Estos transformadores de tensión suministran energía a:

- Dispositivos de medición y supervisión
- Relés o dispositivos de protección

Características generales

- Principio inductivo
- Arquitectura
 - Conectables directamente a barras
 - Conexión a través de cable
- Pueden tocarse con seguridad gracias a una envolvente metálica blindada
- Encapsulados en resina moldeada
- Conforme a las normas IEC 61869-3
(para otras normas específicas: ANSI, AS, BS, NBR, etc., consúltanos)



Características		A	B	
Tensión normal (U _N)	kV	> 3.6 hasta 36/38		
Tensión normal alterna en el primario		1.2 x U _N		
Factor normal de tensión (U _N / 8h)		1.9		
Tensión en el secundario	V	100 / √3 V		
		110 / √3 V		
		100 / 3 V		
		110 / 3 V		
		120 / 3 V		
Límite de intensidad térmica (arrollamiento de medida)	A	8		
Intensidad de larga duración normal (8 h)	A	8		
Potencia disponible en función de la clase de precisión	Clase 0.2	VA	20, 25, 30	25
	Clase 0.5	VA	30, 50, 60	50
	Clase 1	VA	50, 60, 100	100
Fusible en el primario del TT Opcional				



Sensores de Tensión

El transformador de voltaje de baja potencia (LPVT) es un sensor de voltaje basado en divisores de resistencia para dispositivos de medición y protección digital. Los LPVT proporcionan una señal de salida de bajo voltaje compatible con los relés de protección Easergy P5.

Los LPVT permiten a los usuarios pasar de los transformadores de instrumentos convencionales a una mejor tecnología de sensores de baja potencia, lo que brinda una variedad de beneficios en cada etapa del proyecto y durante todo el ciclo de vida de la instalación.

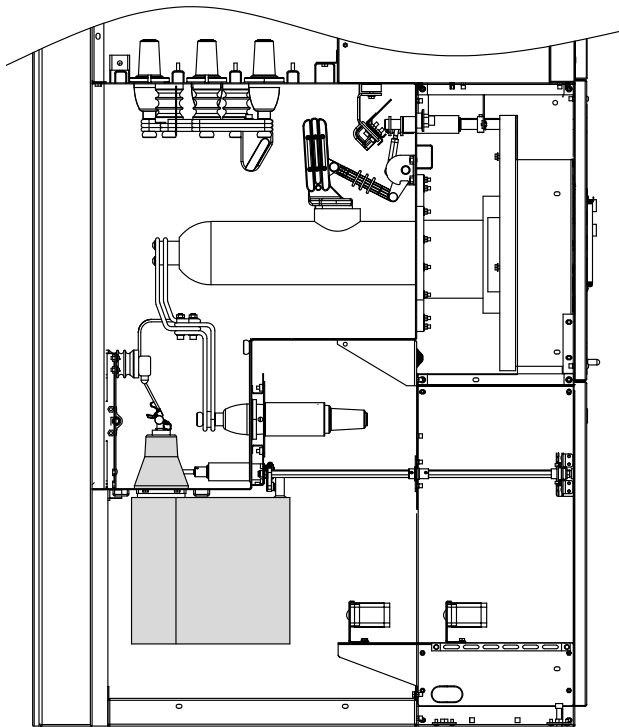
Transformadores de Tensión de Tensión

Transformadores de Tensión Desconectables

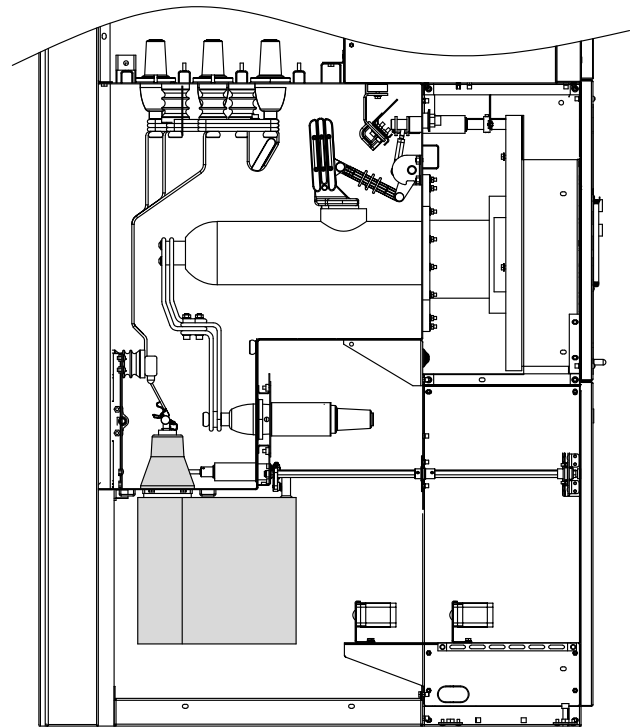
Como opción se incluye la posibilidad (menos en celdas de 2000 A) de introducir en la oferta TT-s con primario desconectable (Cerrado - PAT).

Esta función está disponible para TT-s conectados a la parte de la línea como para TT-s seccionables conectados a la barra sin necesidad de una celda adicional (Se utilizaría una celda de línea).

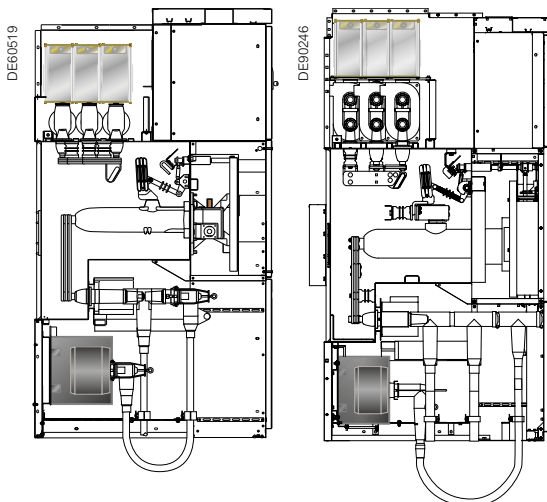
Los TT desconectables pueden tener a su vez fusibles en su primario.



TT-s desconectables de línea

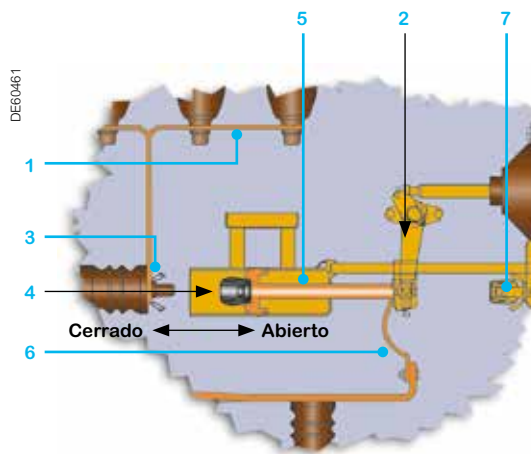


TT-s seccionables de barra



Posibilidades y tipos de montaje

- Conectables a través de cable de Media Tensión, con seccionador opcional
- Conectable directamente sobre el embarrado, con seccionador opcional



- 1 Barras interiores superiores
- 2 Transmisión
- 3 Contacto fijo "interruptor cerrado"
- 4 Contacto móvil
- 5 Cámara del interruptor
- 6 Trenza de conexión
- 7 Contacto fijo "puesta a tierra cerrada"

Características del interruptor-seccionador

La arquitectura de los interruptores-seccionadores utilizados en las celdas CBGS-0 es del tipo de 3 posiciones: abierto/cerrado/puesto a tierra, diseñada para evitar falsas maniobras.

El sistema de corte utiliza la técnica de «soplado» autoneumático. Este soplado de gas sobre la zona de separación de los contactos tiene lugar solo como consecuencia del movimiento horizontal y de alta velocidad del contacto móvil del interruptor dentro de la cuba de gas, sin que se produzca ninguna aportación adicional de gas.

Cumple los requisitos de las normas IEC 62271-103 e IEC 62271-102 para interruptores-seccionadores y seccionadores.

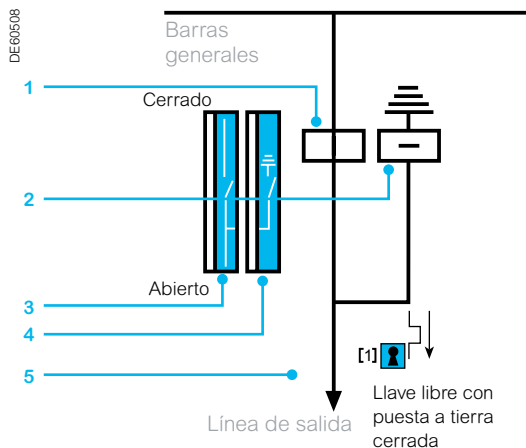
Función del interruptor

- Clase: E3 / M0
- Capacidad de interrupción: 630 A
- Intensidad nominal de corta duración: 25kA/1s

Función del seccionador de puesta a tierra

- Intensidad nominal de corta duración: 25kA/1s

Este tipo de interruptor-seccionador puede motorizarse opcionalmente.



Indicadores de posición

- 1 Seccionador
- 2 Seccionador de puesta a tierra

Puntos para accionamiento por palanca

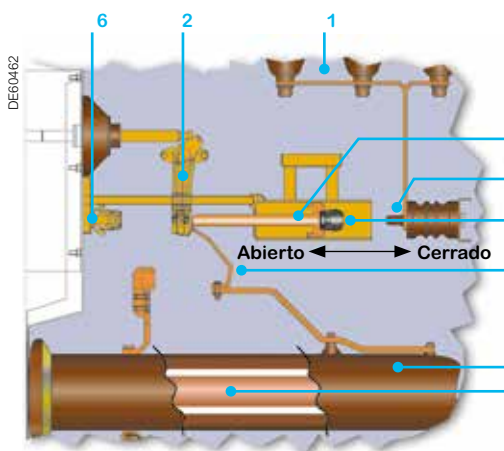
- 3 Accionamiento seccionador
- 4 Accionamiento seccionador de puesta a tierra
- 5 Enclavamiento con cerradura

Funcionamiento y enclavamientos

Todas las maniobras de apertura y cierre (siempre tripolar) se pueden realizar con una palanca, siendo siempre la velocidad independiente del operario (excepto para la apertura del seccionador de puesta a tierra).

En las operaciones de apertura y cierre del interruptor-seccionador y el seccionador de puesta a tierra, la palanca no se puede extraer hasta completar la maniobra.

La puesta a tierra del seccionador de puesta a tierra está siempre enclavada con el acceso a los compartimentos de cables, de manera que la tapa de este compartimento no se pueda abrir hasta que la puesta a tierra no esté cerrada. Además, en esta situación la llave de la cerradura del enclavamiento queda liberada.



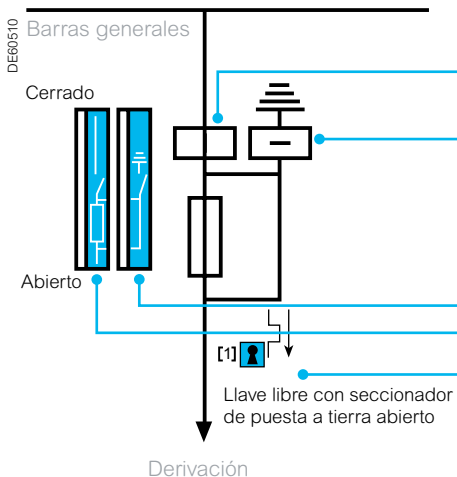
- 1 Barras interiores superiores
- 2 Transmisión
- 3 Cámara del interruptor
- 4 Contacto fijo "interruptor cerrado"
- 5 Contacto móvil
- 6 Contacto fijo "puesta a tierra cerrada"
- 7 Trenza de conexión
- 8 Portafusibles
- 9 Fusible

Características y alojamiento de los fusibles

- 3 En las celdas CBGS-0, los 3 portafusibles individuales están dispuestos en el interior de la cuba de gas en posición horizontal, todos a la misma altura.
- 4 Los fusibles deben cumplir la norma IEC 60282-2. Se recomienda usar fusibles tipo CF (conforme a las normas DIN) por sus bajas pérdidas por disipación de calor.
- 5 Los portafusibles han sido diseñados para fusibles de 36 kV e incluyen un adaptador para su uso con 24 kV.
- 6 Para más información sobre el fusible adecuado en cada caso según la tensión de la red y la potencia del transformador protegido, consulta nuestro catálogo específico de fusibles de MT.

Sustitución de los fusibles

Si una avería de la red causa que se fundan uno o dos fusibles, las características de los fusibles aparentemente no dañados a menudo se ven afectadas debido al cortocircuito. El retorno al funcionamiento normal en estas condiciones puede causar que estos se fundan repentinamente por sobreintensidades bajas. Por lo tanto, se recomienda sustituir los tres fusibles conforme a los requisitos de la norma IEC 60282-2.



Funcionamiento y enclavamientos

El acceso al compartimento de los fusibles (normalmente para sustituirlos) siempre está enclavado. Este enclavamiento permite la apertura de la cubierta solo cuando el seccionador de puesta a tierra está en la posición abierta.

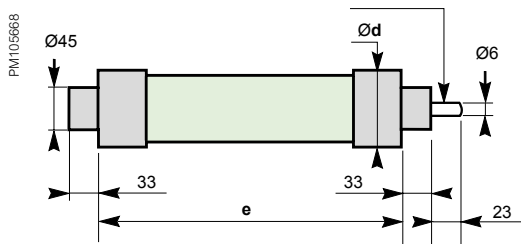
Como medida de seguridad adicional, la puesta a tierra se realiza en ambos extremos del fusible.

Indicadores de posición

- 1 Seccionador
- 2 Seccionador de puesta a tierra

Puntos para accionamiento por palanca

- 3 Seccionador de puesta a tierra
- 4 Seccionador
- 5 Enclavamiento con cerradura



Dimensiones de los fusibles

La clasificación de los fusibles destinados a proteger el transformador depende, entre otras cosas, de los factores siguientes:

- Tensión de servicio
- Potencia del transformador
- Disipación térmica de los fusibles
- Tecnología de los fusibles (fabricante)).

Se recomienda usar el tipo Fusarc CF, según las normas sobre dimensiones DIN 43.625, equipado con un percutor térmico.

Gama	Intensidad nominal normal (A)	Longitud (mm)	Diámetro Ød (mm)	Peso (kg)
CF-24/...	6.3-10-16-20-25	442	50.5	1.6
CF-24/...	31.5-40	442	55	2.2
CF-24/...	50-63-80	442	76	4.1
CF-24/...	100	442	86	5.3
CF-36/...	6.3-10-16-20	537	50.5	1.9
CF-36/...	25	537	55	3.1
CF-36/...	31.5-40	537	76	5.4
CF-36/...	50-63	537	86	6.5

Tabla de selección de fusibles Fusarc CF para protección de transformadores

$U_{cc} (S \leq 630 \text{ kVA}) = 4\%$

- Conforme a IEC 62271-105
- Conforme a IEC 60787

Sobrecarga admisible $\leq 20\%$ y temperatura ambiente $< 40^\circ \text{C}$.

Ur(kV)	Us(kV)	S _r (kVA)				
		50	100	160	200	250
24	11	CF-24/10	CF-24/20	CF-24/25	CF-24/31,5	CF-24/31,5
	13,2	CF-24/6.3	CF-24/16	CF-24/25	CF-24/25	CF-24/31,5
	15	CF-24/6.3	CF-24/16	CF-24/20	CF-24/25	CF-24/25
	20	CF-24/6.3	CF-24/10	CF-24/16	CF-24/20	CF-24/25
36	25	CF-36/4	CF-36/6.3	CF-36/10	CF-36/16	CF-36/20
	30	CF-36/4	CF-36/6.3	CF-36/10	CF-36/16	CF-36/16
	33	CF-36/4	CF-36/6.3	CF-36/10	CF-36/10	CF-36/16

Características del embarrado

El embarrado general de las celdas CBGS-0 ha sido diseñado para proporcionar la máxima seguridad y fiabilidad en este tipo de celdas, junto con una gran facilidad de instalación.

La posibilidad de fallo en barras es casi nula. Sin embargo, al tratarse de una configuración unipolar, un fallo en una de las barras no afectaría al resto.

El conjunto se compone de tres o seis barras conductoras de cobre independientes, aisladas en silicona. La conexión entre las celdas se realiza mediante una barra y conectores en forma de «T» (conector intermedio) o «L» (conector final).

El campo eléctrico se controla con la ayuda de insertos semiconductores en el aislamiento de goma-silicona, tanto en el interior como en el exterior. La pantalla externa está conectada a tierra mediante el envoltorio de la celda.

Aunque todo el conjunto es sensible a la suciedad y la condensación, está protegido contra descargas mediante una cubierta externa de metal.

Ampliación de celdas

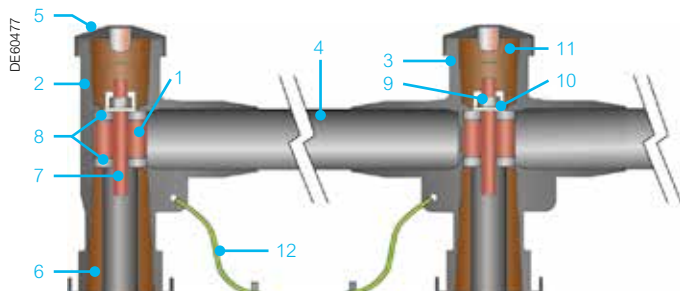
Un conjunto de celdas CBGS-0 se puede ampliar de manera rápida y sencilla, interrumpiendo el servicio durante un periodo de tiempo muy corto.

Sustitución de celdas

Si fuera necesario dejar fuera de servicio una celda debido a una avería, existe un kit específico opcional para hacer un bypass entre celdas adyacentes y proporcionar continuidad de servicio a la barra. De esta manera se minimiza el alcance de la interrupción del servicio.

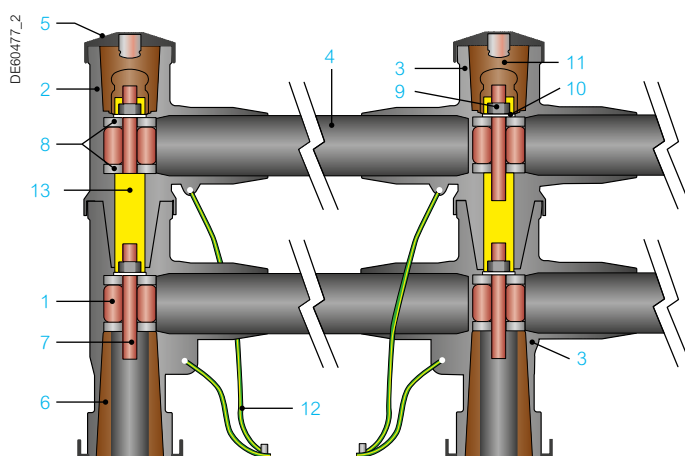
Detalle del embarrado general apantallado

1250-1600A



- | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 Suplemento conexión de barra | 8 Brida de conexión |
| 2 Conector final "L" | 9 Tuerca |
| 3 Conector intermedio "T" | 10 Arandela |
| 4 Barra | 11 Tapón aislante |
| 5 Tapa de cierre | 12 Cable puesta a tierra |
| 6 Pasatapas | 13 Conexión intermedia connection |
| 7 Espárrago roscado | |

2000A



Subestaciones prefabricadas y transportables



Módulo tipo CIAT de estructura metálica



Módulo tipo CIMT de hormigón

Las subestaciones modulares en edificios prefabricados se suministran totalmente probadas y terminadas, de forma que se consigue una reducción muy importante en el tiempo de ejecución del proyecto al eliminarse gran parte de los trabajos en campo.

El reducido tamaño de las celdas CBGS, permite optimizar las dimensiones de los edificios incluso en configuraciones de doble barra y 52 kV.

Una vez realizado el transporte y descarga en destino, ya sea una subestación con todos sus servicios o un conjunto edificio-celdas, solo es necesario realizar las interconexiones externas a los módulos, y la subestación quedaría lista para energizar.

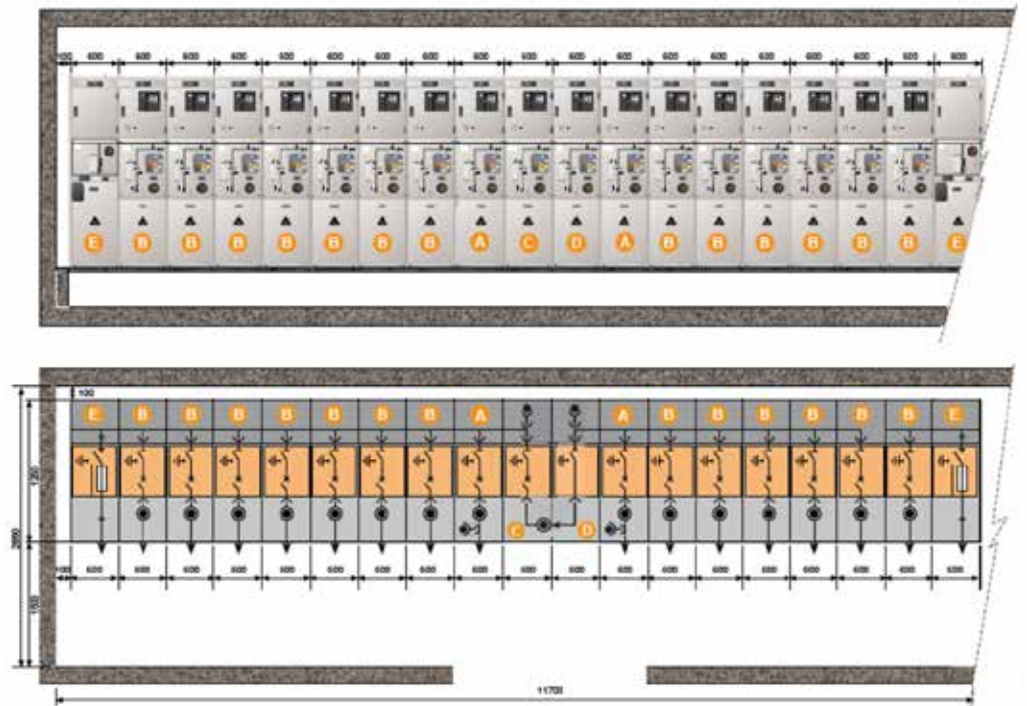
Los edificios prefabricados pueden ser de hormigón o metálicos según los requerimientos del proyecto. En ambos casos las ventajas para el usuario final son las mismas:

- Menor tiempo requerido en la ejecución del proyecto.
- Mejor calidad en los trabajos de instalación y pruebas, por realizarse en un entorno industrial en origen.
- Mayor simplicidad en la gestión del proyecto.

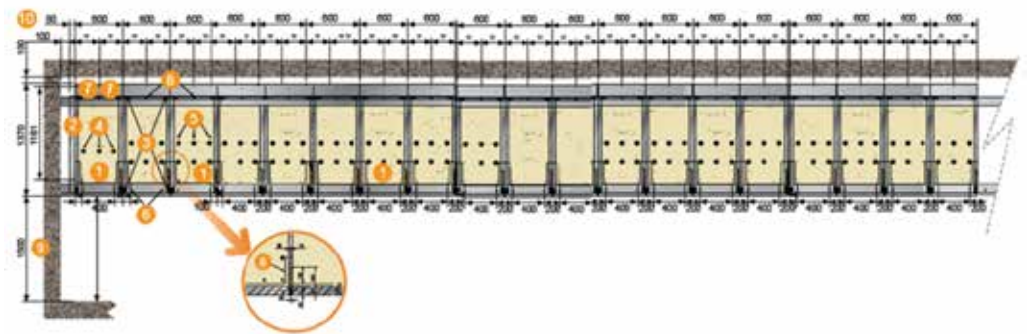
Todo ello redundando en una reducción del CAPEX, y una mayor capacidad para ejecutar proyectos por parte del usuario.

**Para más información consulten al dpto Comercial de MESA.*

Esquema orientativo de subestación hasta 1600 A

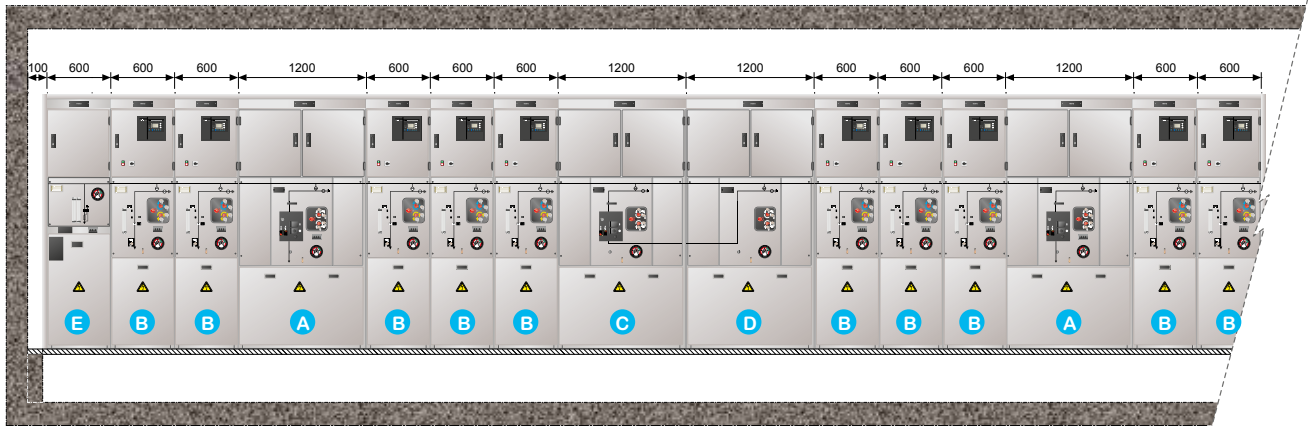


A Transformador B Línea C Acoplamiento D Remonte E Servicios auxiliares

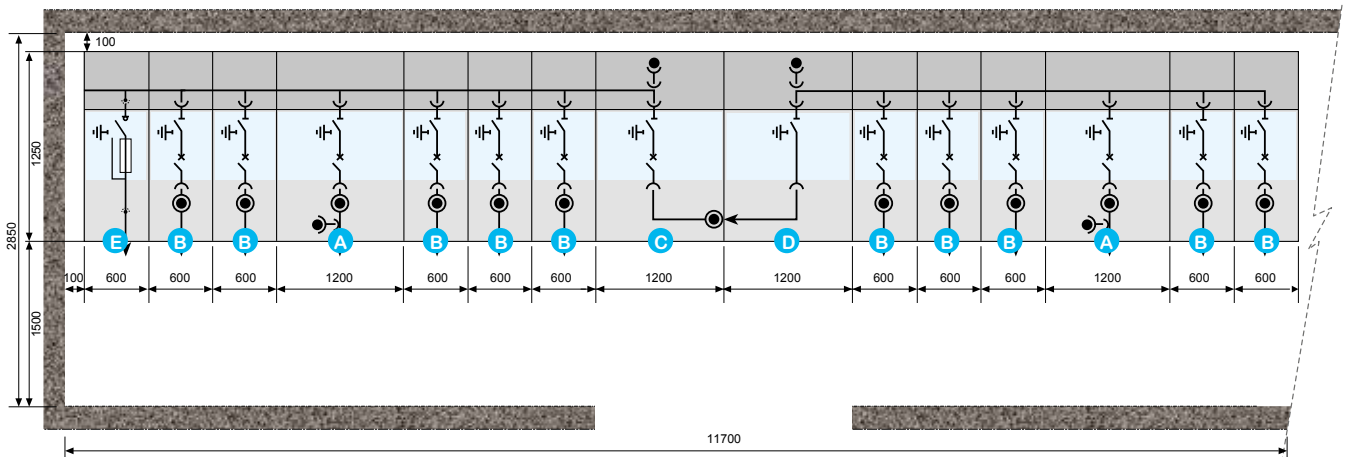


- 1 Celda
- 2 Panel de cierre lateral izquierdo
- 3 Puntos de nivelación
- 4 Posición de los cables de potencia de MT
- 5 Posición de los cables de TT
- 6 Puntos de anclaje
- 7 Zona de alivio en caso de sobrepresión de SF6 (100 mm)
- 8 Canaleta para cables de control (220 x 26 mm abierta hacia la derecha)
- 9 Pasillo anterior mínimo de maniobra (1500 mm)
- 10 Distancia lateral a la pared (100 mm)

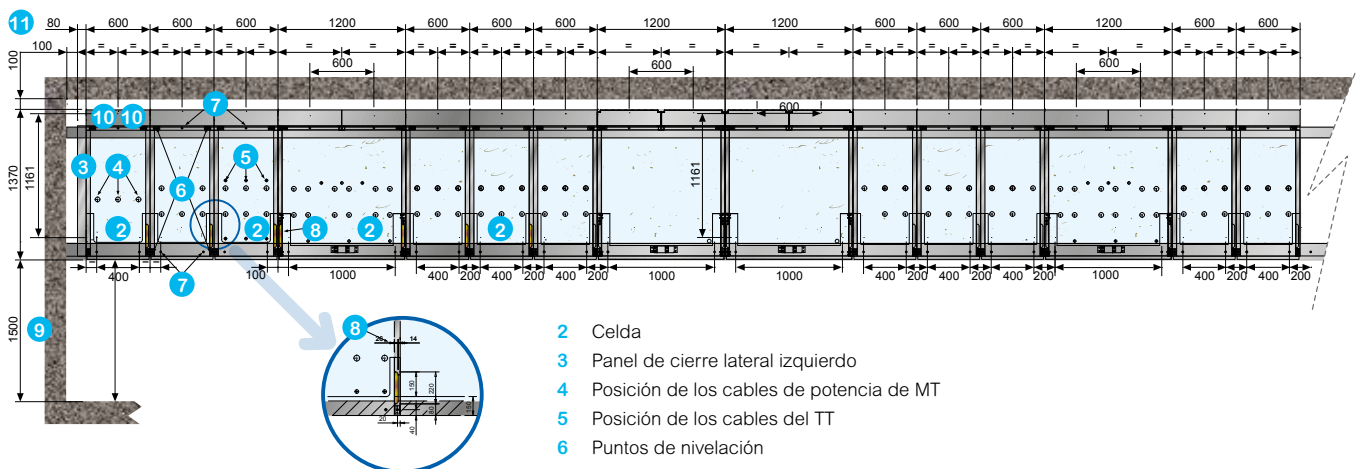
Esquema orientativo de subestación 2000 A



A Transformador **B** Línea **C** Acoplamiento **D** Remonte **E** Servicios auxiliares

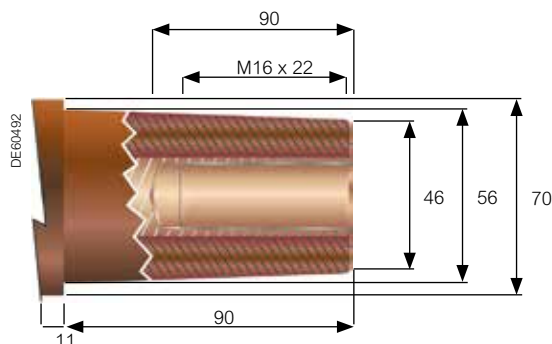


Vista en planta



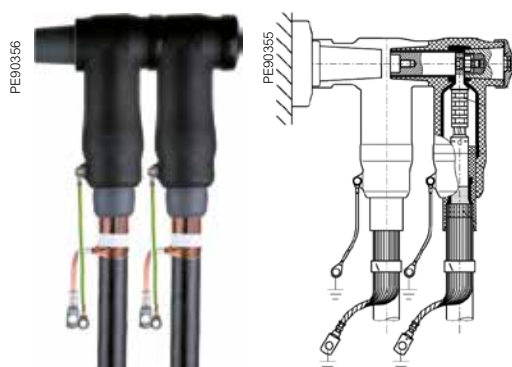
- 2** Celda
- 3** Panel de cierre lateral izquierdo
- 4** Posición de los cables de potencia de MT
- 5** Posición de los cables del TT
- 6** Puntos de nivelación
- 7** Puntos de anclaje
- 8** Canaleta para cables de control, abierta hacia la derecha, 220x26 mm
- 9** Pasillo anterior mínimo de maniobra (1500 mm)
- 10** Zona de alivio en caso de sobrepresión de SF6 (100 mm)
- 11** Distancia lateral a la pared (100 mm)

Detalle de un pasatapas normalizado de tipo C conforme a los requisitos de la norma EN 50181 para conectores de potencia.

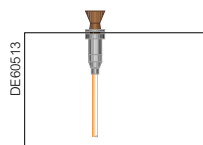


Dimensiones en mm.

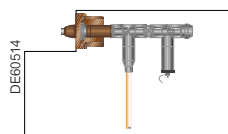
Conectores reducidos



* Mismas posibilidades de instalación que los conectores normales



1 cable por fase
(servicios auxiliares)



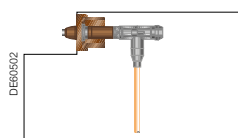
Limitadores de
sobretensiones transitorias

Conectores enchufables para los cables de entrada / salida

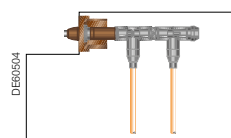
Los conectores utilizados para los cables de entrada en todas las celdas CBGS-0 24 / 36 kV (1) son enchufables, de tipo «T», roscados (M16) y apantallados conforme a la norma EN 50181.

El fabricante de cada conector proporciona la sección transversal máxima ($\leq 630 \text{ mm}^2$) y las características de los cables que se pueden conectar a las celdas CBGS-0 mediante conectores como los descritos. Para más información sobre las características de los diferentes conectores, consulta a los principales fabricantes.

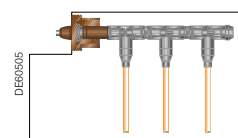
El compartimento de cables de potencia admite un máximo de tres cables por fase.



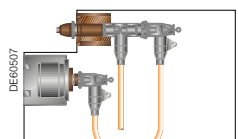
1 cable por fase



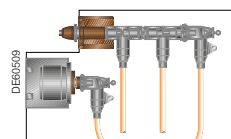
2 cables por fase



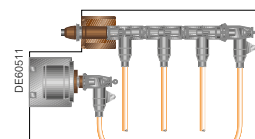
3 cables por fase



1 cable por fase + TT



2 cables por fase + TT



3 cables por fase + TT
(hasta 24kV 1600A
o 36kV 1250A)

(1) Los conectores utilizados para los puentes de conexión de MT en los Transformadores de Tensión son enchufables, de tipo acodado, sin rosca y apantallados, para 250 A (24 kV) y 400 A (36 kV).

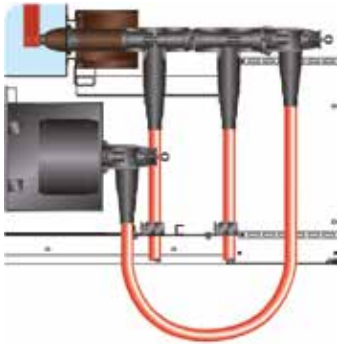
Conectores de salida para celdas de servicios auxiliares

Las celdas CBGS-0 24/36 kV con interruptor en carga combinado con fusibles necesitan conectores del tipo siguiente: enchufables, rectos, sin rosca, apantallados y siempre de 36 kV y 400 A.

Instalación de Pararrayos

En el compartimento de cables se pueden instalar pararrayos. Los limitadores de sobretensiones transitorias deben ser adecuados para los pasatapas de tipo C, conforme a la norma EN 50181 (mismo espacio que un conector).

*Para Conexión directa de cables a los pasatapas superiores consultar a MESA.



Cada fabricante debe indicar la sección máxima y las características de los cables que se pueden conectar con cada tipo de conector.

Consulta los ejemplos para 24 kV y 36 kV.

Posibilidades de instalación de los conectores

	Anchura de celda (mm)		600					1200					1200 TT SECC					Fabricante	Referencia					
	Nº de cables por celda y fase		1	2	3	1 + aux	2 + aux	3 + aux	1	2	3	1 + aux	2 + aux	3 + aux	1	2	3			1 + aux	2 + aux	3 + aux		
	Cross Section (mm²)	Diámetro (mm)																						
24 kV	ASIMÉTRICOS	25 - 630	12,7 - 56																			TYCO	RSTI	
																							PRYSMIAN	MSCEA-630A
																							NKT	CB24
		400 - 1000	34 - 59																				EUROMOLD	K4**
																							TYCO	RSTI
																							PRYSMIAN	MSCEA-630A
	SIMÉTRICOS	25 - 630	12,7 - 56																				NKT	CB24
																							EUROMOLD	K489
																							TYCO	RSTI
		400 - 1000	34 - 59																				PRYSMIAN	MSCT - 630
																							NKT	CB24
																							EUROMOLD	K4**
36 kV	ASIMÉTRICOS	35 - 630	12 - 59																				TYCO	RSTI
																							PRYSMIAN	MSCT - 630
																							NKT	CB36
		400 - 800	34 - 59																				EUROMOLD	K4**
																							TYCO	RSTI
																							PRYSMIAN	MSCT-630
	SIMÉTRICOS	35 - 630	12 - 59																				NKT	CB36
																							EUROMOLD	M489
																							TYCO	RSTI
		400 - 800	34 - 59																				PRYSMIAN	MSCT - 630
																							NKT	CB36
																							EUROMOLD	K4**

*Para más información consulten el catálogo del Fabricante

ANEXO B:

**Ficha técnica de transformador de
potencia 50 MVA 220/30 kV Acisa**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA FICHA TÉCNICA PARA EQUIPOS DE 38/50 MVA 220/30 kV			
ITEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	Fabricante
1	Fabricante del equipo		ACISA
2	Modelo del equipo		SFZ-50000/220
3	Tipo		Núcleo sumergido en aceite mineral
4	Estándares y Tolerancias		IEC 60076
5	Tipo de instalación		Exterior-Intemperie
6	Requerimiento sísmico		0.04g
7	Temperatura ambiente (máxima/mínima)	°C	40 / -25
8	Altitud máxima de inst. sobre el nivel del mar	m	1000
9	Clasificación ambiental según ISO12944-2 (protección contra la corrosión)		C4-M
10	Nº de fases		3
11	Tipos de refrigeración		ONAN/ONAF
12	Ratio de potencia	MVA	38/50
13	Frecuencia	Hz	50
14	Grupo de conexión		YNd11
15	Disposición del neutro red AT		A tierra
16	Disposición del neutro red BT		Aislado
17	Tipo de aislamiento del neutro		Gradual
18	Niveles de aislamiento asignados	kV	
19	Alta tensión (Um/BIL/LF)		245/1050/460
20	Neutro AT (Um/BIL/LF)		72,5/325/140
21	Baja tensión (Um/BIL/LF)		36/170/70
22	Distancia mínima de fuga	mm/kV	31,0 mm/kV fase-fase
23	Bushings:		53,6 mm/kV fase-tierra
24	Alta Tensión		Tipo Condensador de Porcelana
25	Neutro AT		Tipo Condensador de Porcelana
26	Baja Tensión		Porcelana
27	Tensión de cortocircuito AT/BT a 75°C (Base ONAF)	%	
28	Toma principal - Tensiones nominales		11% (± Tolerancia IEC)
29	Sobreexcitación en el núcleo (en vacío/en carga)		10%/5%
30	Regulación en carga:		
31	Tipo		En carga (OLTC)
32	Nº de posiciones		21 (±10x1,5%)
33	Fabricante del cambiador		ABB
34	Modelo del cambiador		UCGRN 380/400
35	Tipo de protección del dispositivo		Relé de presión
36	Tipo de interruptor		Tipo aceite
37	Regulador automático de tensión (AVR)		No
38	Pérdidas:		
39	Pérdidas en vacío al 100% de la Tensión nominal	kW	24
40	Pérdidas a máxima potencia en la toma principal	kW	170
41	Pérdidas auxiliares (principalmente en ventiladores)	kW	2
42	PEI mínimo - Ecodirectiva (Tier1) / PEI Calculado		min Tier2 99,734
43	Flujo de densidad a tensión nominal		≤ 1,75 T
44	Calentamientos sobre Tª ambiente:		
45	Calentamiento máximo en el aceite	°C	60
46	Calentamiento medio en el devanado	°C	65
47	Calentamiento máximo en el devanado	°C	78
48	Valores de cortocircuito de red (referidos a la Un de la red): AT/BT	MVA	20000/1000
49	Transformadores de Intensidad		
50	Para Imagen Térmica BT		1 Ud. en el bushing central BT
51	Para protección		No
52	Para medida		no
53	Corriente en vacío en el primario a tensión nominal	%	0,15%
54	Corriente en vacío en el primario al 110% de la tensión nominal	%	0,5%
55	Nivel de vacío soportable por el tanque	mmHg	Vacío total
56	Presión máxima de trabajo soportable por el sistema de aceite	kg/cm2	0.5
57	Tipo de aceite: aceite mineral tipo no inhibido		Si
58	Potencia consumida por los ventiladores	kW	2
59	Nivel máximo de presión sonora en ONAF (medido sin carga) a 2 m de distancia, máxima según NERMA TR- 1	dB(A)	Lp(A)≤81 dB (A)
60	Pesos iniciales		
61	Parte activa	kg	38950
62	Aceite	kg	24600
63	Peso de transporte (pieza más pesada)	kg	51350
64	Total	kg	85900
65	Dimensiones iniciales:		
66	Largo	mm	At engineering stage
67	Ancho	mm	At engineering stage
68	Alto	mm	At engineering stage
69	Dimensiones iniciales para transporte:		
70	Largo	mm	At engineering stage
71	Ancho	mm	At engineering stage
72	Alto	mm	At engineering stage
73	Accesorios estándar		
74	Cuadro control ventiladores	Si	IP55
75	Cableado externo en conducción flexible	Si	Conducción flexible
76	Cuadro control OLTC	Si	IP55
77	Radiadores galvanizados y pintados con válvula independiente	Si	C4M
78	Sujeción de los ventiladores a los radiadores	Si	Mediante unión desmontable
79	Conservador de aceite	Si	Si
80	Diafragma de goma para evitar contacto entre el aceite y el aire interno del conservador	Si	Si

	Termostato de aceite	Si	1 ud. con 4 contactos y salida a 4-20 mA
	Termostato en el devanado (Imagen térmica)	Si	1 ud. En lado de BT, con 4 contactos y salida a 4-20 mA
	Relé Buchholz con dispositivo para toma de muestras de gases acumulados	Si	Si
	Nivel de aceite en el tanque principal del conservador	Si	Si
	Nivel de aceite en el OLTC	Si	Si
	Relé de sobrepresión	Si	1 ud. Con 2 contactos
	Válvulas para el llenado de aceite, vacío, filtrado y muestreo	Si	Si
	Terminales a tierra (2)	Si	Si
	Registradores de Impacto	Si	1 ud. para ser devuelta a fabrica una vez posicionado el transformador en su ubicación
	Desecadores de aire con carga de silicagel para el conservador de aceite y el OLTC	Si	2 Ud.
	Placa de características	Si	Si
	Ruedas bidireccionales	No	No
	Apoyos para el uso de gatos	Si	4 unidades
	Elementos para elevación, posicionamiento y desembalaje	Si	Si
39	Material de los devanados		Cobre

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA FICHA TÉCNICA PARA EQUIPOS DE 40/55 MVA 220/30 kV				
ITEM	DESIGNACIÓN	UNIDAD	VALOR SOLICITADO	Fabricante
1	Fabricante del equipo		A diligenciar por el fabricante	Zhejiang Jiangshan Transformer Co., Ltd
	Modelo del equipo		A diligenciar por el fabricante	SFZ-55000/220
2	Tipo		Núcleo sumergido en aceite mineral	Núcleo sumergido en aceite mineral
3	Estándares y Tolerancias		IEC 60076	IEC 60076
4	Tipo de instalación		Exterior-Intemperie	Exterior-Intemperie
	Requerimiento sísmico		0.04g	0.04g
5	Temperatura ambiente (máxima/mínima)	°C	40 / -25	40 / -25
6	Altitud máxima de inst. sobre el nivel del mar	m	1000	1000
7	Clasificación ambiental según ISO12944-2 (protección contra la corrosión)		C4-M	C4-M
8	Nº de fases		3	3
9	Tipos de refrigeración		ONAN/ONAF	ONAN/ONAF
10	Ratio de potencia	MVA	40/55	40/55
11	Frecuencia	Hz	50	50
13	Grupo de conexión		YNd11	YNd11
14	Disposición del neutro red AT		A tierra	A tierra
	Disposición del neutro red BT		Aislado	Aislado
15	Tipo de aislamiento del neutro		Gradual	Gradual
16	Niveles de aislamiento asignados	kV		
	Alta tensión (Um/BIL/LF)		245/1050/460	245/1050/460
	Neutro AT (Um/BIL/LF)		72,5/325/140	72,5/325/140
	Baja tensión (Um/BIL/LF)		36/170/70	36/170/70
17	Distancia mínima de fuga	mm/kV	31,0 mm/kV fase-fase	31,0 mm/kV fase-fase
			53,6 mm/kV fase-tierra	53,6 mm/kV fase-tierra
18	Bushings:			
	Alta Tensión		Tipo Condensador de Porcelana	Tipo Condensador de Porcelana
	Neutro AT		Tipo Condensador de Porcelana	Tipo Condensador de Porcelana
	Baja Tensión		Porcelana	Porcelana
19	Tensión de cortocircuito AT/BT a 75°C (Base ONAF)	%	A diligenciar por el fabricante	
	Toma principal - Tensiones nominales		11% (± Tolerancia IEC)	11% (± Tolerancia IEC)
20	Sobreexcitación en el núcleo (en vacío/en carga)		10%/5%	10%/5%
21	Regulación en carga:			
	Tipo		En carga (OLTC)	En carga (OLTC)
	Nº de posiciones		21 (±10x1,5%)	21 (±10x1,5%)
	Fabricante del cambiador		MR/ABB	ABB, China
	Modelo del cambiador		A diligenciar por el fabricante	UCGRN 380/400
	Tipo de protección del dispositivo		Relé de presión	Relé de presión
	Tipo de interruptor		Tipo aceite	Tipo aceite
	Regulador automático de tensión (AVR)		No	No
22	Pérdidas:			
	Pérdidas en vacío al 100% de la Tensión nominal	kW	23 (± Tolerancia IEC)	25
	Pérdidas a máxima potencia en la toma principal	kW	225 (± Tolerancia IEC)	190
	Pérdidas auxiliares (principalmente en ventiladores)	kW	<15	2
23	PEI mínimo - Ecodirectiva (Tier1) / PEI Calculado		min Tier2 99,739	min Tier2 99,739
24	Flujo de densidad a tensión nominal		≤ 1,75 T	≤ 1,75 T
25	Calentamientos sobre Tª ambiente:			
	Calentamiento máximo en el aceite	°C	60	60
	Calentamiento medio en el devanado	°C	65	65
	Calentamiento máximo en el devanado	°C	78	78
26	Valores de cortocircuito de red (referidos a la Un de la red): AT/BT	MVA	20000/1000	20000/1000
27	Transformadores de Intensidad			
	Para Imagen Térmica BT		1 Ud. en el bushing central BT	1 Ud. en el bushing central BT
	Para protección		No	No
	Para medida		no	no
28	Corriente en vacío en el primario a tensión nominal	%	0,15%	0,15%
29	Corriente en vacío en el primario al 110% de la tensión nominal	%	0,50%	0,5%
30	Nivel de vacío soportable por el tanque	mmHg	Vacío total	Vacío total
31	Presión máxima de trabajo soportable por el sistema de aceite	kg/cm2	A diligenciar por el fabricante	0.5
32	Tipo de aceite: aceite mineral tipo no inhibido		Cumplimiento de la normativa medio ambiental	Si
33	Potencia consumida por los ventiladores	kW	<15	2
34	Nivel máximo de presión sonora en ONAF (medido sin carga) a 2 m de distancia, máxima según NERMA TR-1	dB(A)	Lp(A)≤81 dB (A)	Lp(A)≤81 dB (A)
35	Pesos iniciales			
	Parte activa	kg	44000	41350
	Aceite	kg	32000	25000
	Peso de transporte (pieza más pesada)	kg	64000	53920
	Total	kg	110500	89070
36	Dimensiones iniciales:			
	Largo	mm	< 9500	At engineering stage
	Ancho	mm	< 5500	At engineering stage
	Alto	mm	aprox 7500	At engineering stage
37	Dimensiones iniciales para transporte:			
	Largo	mm	5900	At engineering stage
	Ancho	mm	2550	At engineering stage
	Alto	mm	3550	At engineering stage
38	Accesorios estándar			
	Cuadro control ventiladores	Si	IP55	IP55
	Cableado externo en conducción flexible	Si	Conducción flexible	Conducción flexible
	Cuadro control OLTC	Si	IP55	IP55
	Radiadores galvanizados y pintados con válvula independiente	Si	C4M	C4M
	Sujeción de los ventiladores a los radiadores	Si	Mediante unión desmontable	Mediante unión desmontable
	Conservador de aceite	Si	Si	Si
	Diafragma de goma para evitar contacto entre el aceite y el aire interno del conservador	Si	Si	Si

	Termostato de aceite	Si	1 ud. con 4 contactos y salida a 4-20 mA	1 ud. con 4 contactos y salida a 4-20 mA
	Termostato en el devanado (Imagen térmica)	Si	1 ud. En lado de BT, con 4 contactos y salida a 4-20 mA	1 ud. En lado de BT, con 4 contactos y salida a 4-20 mA
	Relé Buchholz con dispositivo para toma de muestras de gases acumulados	Si	Si	Si
	Nivel de aceite en el tanque principal del conservador	Si	Si	Si
	Nivel de aceite en el OLTC	Si	Si	Si
	Relé de sobrepresión	Si	1 ud. Con 2 contactos	1 ud. Con 2 contactos
	Válvulas para el llenado de aceite, vacío, filtrado y muestreo	Si	Si	Si
	Terminales a tierra (2)	Si	Si	Si
	Registradores de Impacto	Si	1 ud. para ser devuelta a fabrica una vez posicionado el transformador en su ubicación	1 ud. para ser devuelta a fabrica una vez posicionado el transformador en su ubicación
	Desecadores de aire con carga de silicagel para el conservador de aceite y el OLTC	Si	2 Ud.	2 Ud.
	Placa de características	Si	Si	Si
	Ruedas bidireccionales	No		No
	Apoyos para el uso de gatos	Si	4 unidades	4 unidades
	Elementos para elevación, posicionamiento y desembalaje	Si	Si	Si
39	Material de los devanados		Cobre	Cobre

ANEXO C:

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Alineación del proyecto con los objetivos de desarrollo sostenible

Se presentan los distintos ODS relacionados con el proyecto y formas en las que se pueden integrar y cumplir:

ODS 7: Energía asequible y no contaminante: Este objetivo se relaciona directamente con la subestación eléctrica, ya que busca garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. Las subestaciones eléctricas son esenciales para la distribución de energía eléctrica, que es una parte fundamental de la infraestructura energética asequible y sostenible.

ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura: Centrado en la construcción de infraestructuras resilientes, inclusivas y sostenibles. El montaje de una subestación eléctrica forma parte de esta infraestructura, y su diseño y operación eficientes contribuyen a la innovación y el desarrollo sostenible en el sector energético.

ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles: Las subestaciones eléctricas suelen ubicarse en áreas urbanas o cerca de comunidades. Un montaje y operación adecuados de estas instalaciones pueden minimizar los impactos negativos en las comunidades y contribuir a un entorno urbano más sostenible y habitable.

ODS 12: Producción y Consumo Responsables: Este objetivo promueve la eficiencia en el uso de los recursos y la reducción de los impactos ambientales. En el contexto de una subestación eléctrica, esto puede traducirse en la adopción de tecnologías energéticas limpias y la gestión eficiente de los recursos en la operación y el mantenimiento.

ODS 17: Alianzas para lograr los objetivos: La construcción y operación de una subestación eléctrica requiere la colaboración entre diferentes actores, como empresas, gobiernos y comunidades. La cooperación y la asociación entre estas partes son fundamentales para garantizar la eficacia y la sostenibilidad del proyecto.

Integración de las ODS en el montaje, puesta en marcha y funcionamiento de la subestación transformadora:

Eficiencia Energética: Diseño la subestación para maximizar la eficiencia energética en la transmisión y distribución de electricidad. Uso de tecnologías avanzadas y sistemas de control para minimizar las pérdidas de energía en el proceso.

Energía Renovable: Si es posible, integra fuentes de energía renovable en la subestación, como en este caso, los parques eólicos y las plantas electrolizadoras. Esto ayuda a reducir la huella de carbono y aumentar la proporción de energía limpia en la red eléctrica.

Seguridad y Salud en el Trabajo: Prioriza la seguridad de los trabajadores y de la comunidad durante el montaje y operación del parque. Cumple con las regulaciones de seguridad.

Innovación Tecnológica: Investigación y uso de tecnologías innovadoras que mejoren la eficiencia, la confiabilidad y la sostenibilidad de la subestación, como sistemas inteligentes de monitoreo y control.

Gestión de Residuos: Establecimiento de prácticas adecuadas de manejo de residuos y reciclaje durante la construcción y operación de la subestación para reducir el impacto ambiental.

Medición y Reporte: Implementación sistemas de medición y seguimiento para evaluar continuamente el desempeño ambiental y social de la subestación. Reporta los avances hacia los ODS de manera transparente.

Colaboración y Alianzas: Trabajo en colaboración con otras partes interesadas, como gobiernos locales, organizaciones no gubernamentales y otras empresas, para abordar conjuntamente los desafíos relacionados con los ODS.

ANEXO D:

Subvenciones del Estado (BOE)

Posiciones blindadas

Código	Tensión	Descripción	Inversión €	Operación y mantenimiento €
TI-88U	U > 123 kV	TI-88 Posición Blindada-Interior - U > 123 kV	600.632	16.151
TI-89U	U > 123 kV	TI-89 Posición Blindada-Intemperie - U > 123 kV	600.632	16.151
TI-90U	U > 123 kV	TI-90 Posición Blindada-Móvil- U > 123 kV	600.632	16.151
TI-88V	123 kV ≥ U > 72,5 kV	TI-88 Posición Blindada-Interior -123 kV ≥ U > 72,5 kV	565.644	15.210
TI-89V	123 kV ≥ U > 72,5 kV	TI-89 Posición Blindada-Intemperie -123 kV ≥ U > 72,5 kV	565.644	15.210
TI-90V	123 kV ≥ U > 72,5 kV	TI-90 Posición Blindada-Móvil -123 kV ≥ U > 72,5 kV	565.644	15.210
TI-95U	72,5 kV ≥ U > 52 kV	TI-95 Posición Blindada-Interior-72,5 kV ≥ U > 52 kV	481.941	12.959
TI-96U	72,5 kV ≥ U > 52 kV	TI-96 Posición Blindada-Intemperie-72,5 kV ≥ U > 52 kV	481.941	12.959
TI-97U	72,5 kV ≥ U > 52 kV	TI-97 Posición Blindada-Móvil-72,5 kV ≥ U > 52 kV	481.941	12.959
TI-95V	52 kV ≥ U > 36 kV	TI-95 Posición Blindada-Interior-52 kV ≥ U > 36 kV	436.042	11.725
TI-96V	52 kV ≥ U > 36 kV	TI-96 Posición Blindada-Intemperie-52 kV ≥ U > 36 kV	436.042	11.725
TI-97V	52 kV ≥ U > 36 kV	TI-97 Posición Blindada-kV-Móvil-52 kV ≥ U > 36 kV	436.042	11.725
TI-102U	36 kV ≥ U > 24 kV	TI-102 Posición Blindada-Interior-36 kV ≥ U > 24 kV	112.716	3.031
TI-103U	36 kV ≥ U > 24 kV	TI-103 Posición Blindada-Intemperie-36 kV ≥ U > 24 kV	112.716	3.031
TI-104U	36 kV ≥ U > 24 kV	TI-104 Posición Blindada-Móvil-36 kV ≥ U > 24 kV	112.716	3.031
TI-102V	24 kV ≥ U > 17,5 kV	TI-102 Posición Blindada-Interior-24 kV ≥ U > 17,5 kV	98.014	2.636
TI-103V	24 kV ≥ U > 17,5 kV	TI-103 Posición Blindada-Intemperie-24 kV ≥ U > 17,5 kV	98.014	2.636
TI-104V	24 kV ≥ U > 17,5 kV	TI-104 Posición Blindada kV-Móvil-24 kV ≥ U > 17,5 kV	98.014	2.636
TI-102W	17,5 kV ≥ U > 12 kV	TI-102 Posición Blindada-Interior-17,5 kV ≥ U > 12 kV	88.212	2.372
TI-103W	17,5 kV ≥ U > 12 kV	TI-103 Posición Blindada-Intemperie-17,5 kV ≥ U > 12 kV	88.212	2.372
TI-104W	17,5 kV ≥ U > 12 kV	TI-104 Posición Blindada-Móvil-17,5 kV ≥ U > 12 kV	88.212	2.372
TI-102B	12 kV ≥ U ≥ 1 kV	TI-102 Posición Blindada-Interior-12 kV ≥ U ≥ 1 kV	78.411	2.108
TI-103B	12 kV ≥ U ≥ 1 kV	TI-103 Posición Blindada-Intemperie-12 kV ≥ U ≥ 1 kV	78.411	2.108
TI-104B	12 kV ≥ U ≥ 1 kV	TI-104 Posición Blindada-Móvil-12 kV ≥ U ≥ 1 kV	78.411	2.108

Máquinas de potencia

Código	Tensión	Descripción	Inversión €/MVA	Operación y mantenimiento €/MVA
TI-157U	U > 123 kV	TI-157 Trafo en subestación- Tensión primario 420 kV-Tensión secundario 245 kV $\geq$ U > 123 kV	7.553	203
TI-157V	123 kV $\geq$ U > 72,5 kV	TI-157 Trafo en subestación- Tensión primario 420 kV-Tensión secundario 123kV $\geq$ U > 72,5 kV	8.020	216
TI-158U	U > 123 kV	TI-158 Trafo en subestación- Tensión primario 420 kV-Tensión secundario 245 kV $\geq$ U > 123 kV	7.553	203
TI-158V	123 kV $\geq$ U > 72,5 kV	TI-158 Trafo en subestación- Tensión primario 420 kV-Tensión secundario 123 kV $\geq$ U > 72,5 kV	8.020	216
TI-158W	72,5 kV $\geq$ U > 36 kV	TI-158 Trafo en subestación- Tensión primario 420 kV-Tensión secundario 72,5 kV $\geq$ U > 36 kV	7.397	199
TI-159U	U > 123 kV	TI-159 Trafo en subestación- Tensión primario 245 kV-Tensión secundario 245 kV $\geq$ U > 123 kV	10.446	281
TI-159V	123 kV $\geq$ U > 72,5 kV	TI-159 Trafo en subestación- Tensión primario 245 kV-Tensión secundario 123 kV $\geq$ U > 72,5 kV	11.092	298
TI-160U	72,5 kV $\geq$ U > 36 kV	TI-160 Trafo en subestación- Tensión primario 245 kV-Tensión secundario 72,5 kV $\geq$ U > 36 kV	10.230	275
TI-161U	36 kV $\geq$ U > 24 kV	TI-161 Trafo en subestación- Tensión primario 245 kV-Tensión secundario 36kV $\geq$ U > 24 kV	14.610	393
TI-161V	24 kV $\geq$ U > 17,5 kV	TI-161 Trafo en subestación- Tensión primario 245 kV-Tensión secundario 24 kV $\geq$ U > 17,5 kV	17.189	462
TI-161W	17,5 kV $\geq$ U > 12 kV	TI-161 Trafo en subestación- Tensión primario 245 kV-Tensión secundario 17,5 kV $\geq$ U > 12kV	18.908	508
TI-161B	12 kV $\geq$ U $\geq$ 1 kV	TI-161 Trafo en subestación- Tensión primario 245 kV-Tensión secundario 12 kV $\geq$ U $\geq$ 1 kV	20.627	555
TI-162U	72,5 kV $\geq$ U > 52 kV	TI-162 Trafo en subestación- Tensión primario 145-72,5 kV-Tensión secundario 72,5 kV $\geq$ U > 52 kV	12.909	347
TI-162V	52 kV $\geq$ U > 36 kV	TI-162 Trafo en subestación- Tensión primario 145-72,5 kV-Tensión secundario 52 kV $\geq$ U > 36kV	14.268	384
TI-163U	36 kV $\geq$ U > 24 kV	TI-163 Trafo en subestación- Tensión primario 145-72,5 kV-Tensión secundario 36 kV $\geq$ U > 24 kV	13.718	369
TI-163V	24 kV $\geq$ U > 17,5 kV	TI-163 Trafo en subestación- Tensión primario 145-72,5 kV-Tensión secundario 24 kV $\geq$ U > 17,5 kV	16.139	434
TI-163W	17,5 kV $\geq$ U > 12 kV	TI-163 Trafo en subestación- Tensión primario 145-72,5 kV-Tensión secundario 17,5kV $\geq$ U > 12 kV	17.753	477
TI-163B	12 kV $\geq$ U $\geq$ 1 kV	TI-163 Trafo en subestación- Tensión primario 145-72,5 kV-Tensión secundario 12 kV $\geq$ U $\geq$ 1 kV	19.367	521
TI-164U	36 kV $\geq$ U > 24 kV	TI-164 Trafo en subestación- Tensión primario 72,5-36 kV-Tensión secundario 36 kV $\geq$ U > 24 kV	16.340	439
TI-164V	24 kV $\geq$ U > 17,5 kV	TI-164 Trafo en subestación- Tensión primario 72,5-36 kV-Tensión secundario 24 kV $\geq$ U > 17,5 kV	19.223	517
TI-164W	17,5 kV $\geq$ U > 12 kV	TI-164 Trafo en subestación- Tensión primario 72,5-36 kV-Tensión secundario 17,5kV $\geq$ U > 12 kV	21.146	569
TI-164B	12 kV $\geq$ U $\geq$ 1 kV	TI-164 Trafo en subestación- Tensión primario 72,5-36 kV-Tensión secundario 12 kV $\geq$ U $\geq$ 1 kV	23.068	620
TI-165U	36 kV $\geq$ U > 24 kV	TI-165 Trafo en subestación- Tensión primario 36 kV > U $\geq$ 1 kV-Tensión secundario 30 kV $\geq$ U > 24 kV	13.356	359
TI-165V	24 kV $\geq$ U > 17,5 kV	TI-165 Trafo en subestación- Tensión primario 36 kV > U $\geq$ 1 kV-Tensión secundario 24 kV $\geq$ U > 17,5 kV	15.712	423
TI-165W	17,5 kV $\geq$ U > 12 kV	TI-165 Trafo en subestación- Tensión primario 36 kV > U $\geq$ 1 kV-Tensión secundario 17,5kV $\geq$ U > 12 kV	17.284	465
TI-165B	12 kV $\geq$ U $\geq$ 1 kV	TI-165 Trafo en subestación- Tensión primario 36 kV > U $\geq$ 1 kV-Tensión secundario 12 kV $\geq$ U $\geq$ 1 kV	18.855	507

ANEXO I

Instalaciones tipo y valores unitarios de referencia de inversión por elemento de inmovilizado para instalaciones de transporte de energía eléctrica ubicadas en el territorio peninsular

Valores unitarios de referencia de inversión para líneas aéreas

Líneas aéreas de longitud mayor o igual a 10 km	Término variable €/km	Término fijo €
400 kV (dúplex) Simple circuito	298.437	—
400 kV (dúplex) Doble circuito	505.047	—
400 kV (dúplex) Cuádruple circuito	1.010.096	—
400 kV (triplex) Simple circuito	373.047	—
400 kV (triplex) Doble circuito	569.843	—
400 kV (triplex) Cuádruple circuito	1.262.619	—
220 kV (simplex) Simple circuito	266.617	—
220 kV (simplex) Doble circuito	451.197	—
220 kV (dúplex) Simple circuito	286.684	—
220 kV (dúplex) Doble circuito	485.158	—
220 kV (dúplex) Cuádruple circuito	970.317	—

Líneas aéreas de longitud menor a 10 km	Término variable €/km	Término fijo €
400 kV (dúplex) Simple circuito	268.331	301.065
400 kV (dúplex) Doble circuito	454.098	509.495
400 kV (dúplex) Cuádruple circuito	826.850	1.832.454
400 kV (triplex) Simple circuito	305.371	676.759
400 kV (triplex) Doble circuito	455.315	1.145.284
400 kV (triplex) Cuádruple circuito	1.033.563	2.290.567
220 kV (simplex) Simple circuito	221.525	450.923
220 kV (simplex) Doble circuito	389.913	612.848
220 kV (dúplex) Simple circuito	238.198	484.863
220 kV (dúplex) Doble circuito	419.261	658.976
220 kV (dúplex) Cuádruple circuito	806.209	1.641.076

Tendido de circuitos en fases	Porcentaje sobre unitario correspondiente
Tendido 1.º circuito con apoyos para dos	80%
Tendido 2.º circuito con apoyos para dos	30%

Aumentos de capacidad	Término variable €/MVA y km
400 kV (€/MVA y km línea)	36
220 kV (€/MVA y km línea)	194

Valores unitarios de referencia de inversión para líneas subterráneas

Líneas subterráneas de longitud mayor o igual a 2,2 km	Término variable €/km	Término fijo €
Simple circuito de Cu de 1,100 mm ² de sección	1.713.810	—
Doble circuito de Cu de 1,100 mm ² de sección	3.332.377	—
Simple circuito de Cu de 2.000 mm ² de sección	2.271.313	—
Doble circuito de Cu de 2.000 mm ² de sección	4.218.198	—
Simple circuito de Cu de 2.500 mm ² de sección	2.594.117	—
Doble circuito de Cu de 2.500 mm ² de sección	5.110.149	—
Simple circuito de Al de 630 mm ² de sección	889.446	—
Doble circuito de Al de 630 mm ² de sección	1.729.461	—
Simple circuito de Al de 1,200 mm ² de sección	1.041.301	—
Doble circuito de Al de 1,200 mm ² de sección	2.055.048	—
Simple circuito de Al de 2,000 mm ² de sección	1.496.871	—
Doble circuito de Al de 2,000 mm ² de sección	2.910.557	—

Líneas subterráneas de longitud menor a 2,2 km	Término variable €/km	Término fijo €
Simple circuito de Cu de 1,100 mm ² de sección	1.236.015	1.051.148
Doble circuito de Cu de 1,100 mm ² de sección	2.517.002	1.793.825
Simple circuito de Cu de 2.000 mm ² de sección	1.905.324	805.175
Doble circuito de Cu de 2.000 mm ² de sección	3.593.624	1.374.063
Simple circuito de Cu de 2.500 mm ² de sección	1.983.895	1.342.487
Doble circuito de Cu de 2.500 mm ² de sección	4.066.650	2.295.697
Simple circuito de Al de 630 mm ² de sección	641.476	545.532
Doble circuito de Al de 630 mm ² de sección	1.306.291	930.973
Simple circuito de Al de 1,200 mm ² de sección	750.996	638.671
Doble circuito de Al de 1,200 mm ² de sección	1.559.631	1.089.919
Simple circuito de Al de 2,000 mm ² de sección	1.079.557	918.091
Doble circuito de Al de 2,000 mm ² de sección	2.198.394	1.566.759

Valores unitarios de referencia de inversión para posiciones

Posiciones convencionales	Término €/posición
Convencional 400 kV, 50 kA, todas las configuraciones. .	1.043.909
Convencional 220 kV, 40 kA, Interruptor y medio	650.768
Convencional 220 kV, 40 kA, resto de configuraciones	692.402

Posiciones blindadas	Término €/posición
Blindada 400 kV, 63 kA, todas las configuraciones	2.512.565
Blindada 400 kV, 63 kA, con fluoductos	3.140.706
Blindada 220 kV, 40 kA, en edificio, todas las configuraciones	578.750
Blindada 220 kV, 40 kA, en edificio, todas las configuraciones, con fluoductos	641.946
Blindada 220 kV, 50 kA, en edificio, todas las configuraciones	1.023.124
Blindada 220 kV, 50 kA, en edificio, todas las configuraciones, con fluoductos	1.134.842
Blindada 220 kV, 63 kA, en edificio, todas las configuraciones	1.555.815
Blindada 220 kV, 63 kA, en edificio, todas las configuraciones, con fluoductos	1.944.769
Blindada 220 kV, 50 kA, en intemperie, todas las configuraciones	1.217.594