



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV 2x60 MVA LOCALIZADA EN CASTALLA

Autor: Andrea Fernández Sanz
Director: Gerardo Fernández Magester

Madrid
Agosto 2016



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

**DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN
TRANSFORMADORA 220/20 kV 2x60 MVA
LOCALIZADA EN CASTALLA**

Autor: Andrea Fernández Sanz

Director: Gerardo Fernández Magester

Madrid

Agosto 2016

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor Dña. Andrea Fernández Sanz DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV 2x60 MVA LOCALIZADA EN CASTALLA, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 30 de Agosto de 2016

ACEPTA

Fdo.....

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA
220/20 kV 2x60 MVA LOCALIZADA EN CASTALLA
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2015-2016 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.: Andrea Fernández Sanz

Fecha: 27/08/2016

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Gerardo Fernández Magester

Fecha: 29/08/2016

Vº Bº del Coordinador de Proyectos

Fdo.: Fernando de Cuadra García

Fecha: 30/08/2016

DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV 2x60 MVA LOCALIZADA EN CASTALLA

Autor: Fernández Sanz, Andrea.

Director: Fernández Magester, Gerardo.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia de Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

En los últimos años la subcomarca de Hoya de Castalla ha sufrido una fuerte industrialización, así como un gran crecimiento urbanístico propiciado por una mejora en la red de comunicaciones.

Actualmente, el único punto de suministro de la región es la subestación de Ibi, de relación de transformación 132/20 kV. Esto genera un déficit de abastecimiento eléctrico y una gran saturación de las líneas existentes.

La alternativa más óptima, así como el objetivo de este proyecto, es el diseño de la subestación transformadora de relación 220/20 kV y 120 MVA de potencia de transformación, situada en Castalla.

Dicha subestación se conecta directamente a la red de 220 kV Benejama-Novelda. De esta forma, se obtiene un punto de suministro independiente de la subestación de Ibi, dotando al sistema de una mayor fiabilidad ante una posible contingencia.

La subestación utiliza la tecnología GIS dado que, al tratarse de soluciones totalmente ensambladas y probadas en fábrica, el tiempo de entrega es mínimo. Además, este tipo de tecnología aporta una mayor confiabilidad, seguridad y vida útil, así como una reducción casi total del mantenimiento, en comparación con el resto de tecnologías existentes.

Los parámetros de diseño de la subestación son la tensión más elevada para el material, el nivel de aislamiento, que engloba las diferentes sobretensiones que debe soportar la aparamenta y la intensidad de cortocircuito, determinada por las líneas de entrada a la subestación.

Los criterios adoptados para la selección de la aparamenta se basan en un balance entre confiabilidad, seguridad e innovación tecnológica y la minimización de los costes de inversión y mantenimiento.

Para el parque de 220 kV, la configuración seleccionada es de doble barra con acoplamiento transversal y las celdas escogidas son del fabricante Siemens. Dispone en total de nueve (9) posiciones:

- Cuatro (4) posiciones de línea
- Dos (2) posiciones de transformador
- Una (1) posición para el acoplamiento transversal

- Una (1) posición para la medida
- Una (1) posición de reserva

Para el parque de 20 kV se ha escogido una configuración doble barra con acoplamientos transversal y longitudinal. Las celdas de media tensión escogidas son del fabricante ABB. En total hay treinta (30) posiciones de 20 kV:

- Catorce (14) posiciones de línea
- Cuatro (4) posiciones de transformador
- Dos (2) posiciones de acoplamiento transversal
- Dos (2) posiciones de acoplamiento longitudinal
- Dos (2) posiciones de medida de tensión
- Dos (2) posiciones de servicios auxiliares
- Cuatro (4) posiciones de reserva

Con respecto al transformador, ningún fabricante disponía de un transformador con las características requeridas: 220/20 kV de relación de transformación y 60 MVA de potencia de transformación. La alternativa adoptada ha sido solicitar los transformadores por encargo al fabricante Pauwels, para obtener los requerimientos anteriores.

Se instalan dos transformadores de potencia, de refrigeración ODAF, reservándose el espacio necesario para la instalación de un tercer transformador.

Se seleccionan los servicios auxiliares de la instalación. Están alimentados por dos transformadores trifásicos de tipo seco. Son de tipo interior e irán alojados en una sala independiente, con acceso desde la sala de servicios auxiliares.

En la sala de servicios auxiliares están ubicados los cuadros de corriente alterna y corriente continua, las baterías con sus respectivos conjuntos cargador-rectificador y las unidades de control y comunicación.

Con respecto al diseño de la red de tierras, el objetivo principal de la puesta a tierra es garantizar la seguridad de las personas, así como reforzar la protección de los equipos de la instalación. Los electrodos de puesta a tierra consisten principalmente en un conductor enterrado dispuesto en forma de mallado metálico junto con picas distribuidas uniformemente a lo largo del perímetro de la red de tierras.

A partir de la selección de las celdas de alta y media tensión, los transformadores de potencia y los servicios auxiliares, se han escogido los cables y terminales más adecuados para su conexión. Todos estos elementos son del fabricante General Cable.

En relación al sistema de protecciones, se diseñan tanto para el parque de media tensión, como para la parte de alta tensión, en la que se dividen en protecciones de transformadores de potencia, de líneas de transporte y de barras.

En la parte final de la memoria se detallan los sistemas de protección contra incendios, anti-intrusismo, así como la descripción del sistema de alumbrado.

En el capítulo de cálculos se determinan las intensidades tanto nominales como de cortocircuito para poder seleccionar los conductores más apropiados. Además, se detalla paso a paso el cálculo de la red de tierras y de las baterías.

En el capítulo de planos se incluyen los planos de situación y emplazamiento, para permitir el correcto acceso a la instalación, la planta y el alzado de la subestación, la red de tierras y los esquemas unifilares de los parques de alta y media tensión.

Se detalla también un pliego de condiciones que incluye los requisitos, condiciones técnicas y normativa a los que debe acogerse la ejecución de la obra.

Finalmente, en el último apartado de este proyecto es el presupuesto total de ejecución de obra, formado a partir del presupuesto de ejecución material y el presupuesto de contrata.

ABSTRACT

During the last years, the subregion of Hoya de Castalla has suffered a big industrialization and a large urban growth led by an improvement in the communications network.

Currently, the only point of supply in the region is the substation of Ibi, with a transformation ratio 132/20 kV. This creates a shortage of electricity supply and high saturation of existing lines.

The best alternative, and the purpose of this project is the design of the transformer substation with a transformation ratio 220/20 kV and 120 MVA transformation power, located in Castalla.

The new substation will be directly connected to the 220 kV network Benejama-Novelda. Thus, an independent point of supply, apart from substation Ibi is obtained, providing the system with greater reliability for a possible contingency.

The substation will use GIS technology since, being fully assembled and factory-tested solutions, delivery time is minimal. In addition, this technology provides greater reliability, security and life as well as an almost complete reduction of maintenance in comparison with other existing technologies.

The design parameters of the substation are the highest voltage for the material, the isolation level, which includes the different overvoltages the switchgear must support and short-circuit current, determined by the input lines to the substation.

The criteria adopted for the selection of switchgear are based on a balance between reliability, security and technological innovation and minimizing investment costs and maintenance.

For 220 kV, the selected configuration is double busbar and the manufacturer of the cells chosen is Siemens. It has a total of nine (9) positions:

- Four (4) busbar line connection
- Two (2) busbar transformer connection
- One (1) busbar transversal bar coupling connection
- One (1) busbar measuring connection
- One (1) busbar reserve connection

For 20 kV switchgear it has been chosen a double busbar configuration with longitudinal and transversal coupling connection. The manufacturer of the medium voltage cells chosen is ABB. The 20 kV positions are as follows:

- Fourteen (14) busbar line connection
- Four (4) busbar transformer connection
- Two (2) busbar transversal bar coupling connection
- Two (2) busbar longitudinal bar coupling connection
- Two (2) voltage measure connection
- Two (2) busbar auxiliary services connection

- Four (4) busbar reserve connection

Regarding the transformer, no manufacturer offered a transformer with the required characteristics: 220/20 kV transformation ratio and 60 MVA transformation power. The alternative carried out was to request custom transformers to the manufacturer Pauwels, for the above requirements.

Two power transformers with an ODAF cooling system are installed, reserving the necessary space for the installation of a third transformer.

Auxiliary services of the installation are selected. They are powered by two three-phase dry-type transformers. They are indoor type and will be housed in a separate room with access from the auxiliary services room.

In the auxiliary services room are located alternating current and direct current boxes, batteries with their respective sets charger-rectifier and control and communication units.

With regard to the design of the ground grid, the main purpose is to ensure the safety of people and strengthen protection for all the equipments of the installation. Grounding electrodes consist mainly of a buried conductor with metal spikes uniformly distributed along the perimeter of the ground grid.

From the selection of the cells of high and medium voltage, the power transformers and ancillary system, the most suitable cables and terminals for connections have been chosen. All these elements are manufactured by General Cable.

Regarding the protection system, it will be divided into medium voltage and high voltage protections. High voltage protections will be also divided into transformer protections, transmission line protections and busbar protections.

In the final part of the memory fire protection system, anti-intruders system, as well as the description of the lighting system are detailed.

In the calculations chapter, both rated currents and short-circuit currents are determined in order to select the most appropriate conductors. In addition to this, step by step calculating of the ground grid and batteries is specified.

In the chapter of plans, situation and location plans are included to allow proper access to the installation. High voltage and medium voltage single-line plans, ground and elevation plans and ground grid plan are also included.

A specification that includes requirements, technical conditions and applicable regulations is also detailed.

Finally, the last section of this project is the total budget, formed from the material execution budget and contract budget.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

**DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN
TRANSFORMADORA 220/20 kV 2x60 MVA
LOCALIZADA EN CASTALLA**

Autor: Andrea Fernández Sanz

Director: Gerardo Fernández Magester

Madrid

Agosto 2016

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría comenzar dedicando unas líneas de agradecimiento a todos aquellos que han caminado a mi lado durante estos años de etapa universitaria.

A mi familia, por su cariño y apoyo incondicional tanto en los momentos buenos como en los malos.

A mi director de proyecto Gerardo, por su gran dedicación y supervisión durante todos estos meses.

A mis amigos y compañeros de ICAI, porque año tras año se han ido convirtiendo en una segunda familia.



ÍNDICE GENERAL

1. MEMORIA

- 1.1. Introducción
- 1.2. Selección tipo de subestación y configuración
- 1.3. Parque de 220 kV
- 1.4. Parque de 20 kV
- 1.5. Transformador de potencia
- 1.6. Cables aislados
- 1.7. Servicios auxiliares
- 1.8. Red de tierras
- 1.9. Protecciones
- 1.10. Sistema de protección contra incendios (PCI)
- 1.11. Sistema anti-intrusismo
- 1.12. Alumbrado

2. CÁLCULOS

- 2.1. Intensidades nominales
- 2.2. Intensidades de cortocircuito
- 2.3. Cálculo de las secciones de los conductores
- 2.4. Red de tierras
- 2.5. Cálculo de servicios auxiliares. Batería de 125 Vcc

3. PLANOS

- 01. Situación y emplazamiento



- 02. Esquema unifilar de alta tensión
- 03. Esquema unifilar de media tensión
- 04. Planta general
- 05. Alzado general
- 06. Red de tierras

4. PLIEGO DE CONDICIONES

- 4.1. Objeto
- 4.2. Abreviaturas y símbolos
- 4.3. Disposiciones generales
- 4.4. Condiciones administrativas
- 4.5. Condiciones de ejecución de obra
- 4.6. Condiciones técnicas de los materiales
- 4.7. Condiciones técnicas de ejecución de trabajos
- 4.8. Control de calidad
- 4.9. Simultaneidad y coordinación entre suministradores
- 4.10. Listado actuaciones revisión anual en celdas GIS y transformador de potencia
- 4.11. Señalización y balizamiento

5. PRESUPUESTO

- 5.1. Mediciones y presupuesto
- 5.2. Cuadro resumen

6. BIBLIOGRAFÍA

1. MEMORIA



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Objetivos y motivación	7
1.2. Estado de la técnica	9
1.2.1. Subestaciones en el sistema eléctrico español	9
1.2.2. Tendencia de las subestaciones según la aparamenta	13
1.3. Titular.....	16
1.4. Emplazamiento	16
1.5. Plazos de ejecución	16
2. SELECCIÓN TIPO DE SUBESTACIÓN Y CONFIGURACIÓN	16
2.1. Selección tipo de subestación	16
2.2. Selección tipo de configuración	18
2.3. Parámetros de diseño	19
2.4. Configuración	21
3. PARQUE DE 220 KV	23
3.1. Descripción del equipo	23
3.2. Características generales de la aparamenta	24
3.3. Datos técnicos	25
3.4. Descripción de la aparamenta	26
3.4.1. Esquema de celdas	26
3.4.2. Componentes	27
3.4.2.1. Módulo del interruptor	27
3.4.2.2. Seccionadores de aislamiento y puesta a tierra	30
3.4.2.3. Pararrayos	32



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

3.4.2.4. Transformadores de medida	32
3.4.2.5. Módulos terminales	35
3.4.2.6. Módulo del embarrado	37
3.4.2.7. Módulos de conexión	37
3.4.3. Dimensiones	38
4. PARQUE DE 20 KV	39
4.1. Descripción del equipo	39
4.2. Características generales de la aparamenta	41
4.2.1. Característica principal: tecnología enchufable	43
4.3. Datos técnicos	44
4.4. Descripción de la aparamenta	45
4.4.1. Esquema de celdas	45
4.4.2. Componentes	46
4.4.2.1. Módulo del interruptor	46
4.4.2.1.1. Condiciones normales de funcionamiento	47
4.4.2.1.2. Información técnica	48
4.4.2.1.3. Estructura	48
4.4.2.1.4. Funcionamiento	49
4.4.2.2. Seccionador	50
4.4.2.2.1. Información técnica	50
4.4.2.2.2. Descripción general	51
4.4.2.3. Control y operaciones	52
4.4.2.4. Protecciones	52
4.4.2.5. Medición de corriente	52
4.4.2.6. Medición de tensión	53
4.4.2.7. Conexión a sistemas de automatización	53
4.4.2.8. Comunicación	53



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

4.4.3. Dimensiones	53
4.5. Seguridad	54
4.6. Inspección y mantenimiento	54
5. TRANSFORMADOR DE POTENCIA	55
5.1. Características generales	55
5.2. Núcleo magnético	57
5.3. Arrollamientos	58
5.4. Aceite	59
5.5. Depósito de expansión	61
5.6. Cuba	62
5.7. Ruedas y elementos de elevación	63
5.8. Válvulas	64
5.9. Tornillería y juntas	64
5.10. Bornas	65
5.11. Cambiador de tomas	68
5.12. Relé Buchholz, termómetro y relés de imagen térmica	69
5.12.1. Relé Buchholz	69
5.12.2. Termómetro	70
5.12.3. Relé de imagen térmica	71
5.13. Cables	72
5.14. Equipo de refrigeración	72
5.15. Armarios	73
5.16. Placa de características	74
5.17. Pintura	75
5.18. Ruido	76
5.19. Equipo analizador de gases	76
6. CABLES AISLADOS	78



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

6.1. Cables de 20 kV	78
6.2. Cables de 220 kV	79
6.2.1. Terminales de AT	80
7. SERVICIOS AUXILIARES	82
7.1. Servicios auxiliares de corriente alterna	82
7.1.1. Transformador de servicios auxiliares	82
7.1.1.1. Circuito magnético	83
7.1.1.2. Bobinado de baja tensión	83
7.1.1.3. Bobinado de media tensión	84
7.1.1.4. Sistema de encapsulado de media tensión	84
7.1.1.5. Protección térmica	84
7.1.1.6. Sistema de ventilación	86
7.1.1.7. Conexiones	86
7.1.1.8. Características eléctricas	88
7.1.1.9. Dimensiones y pesos	89
7.1.2. Cuadro de CA	90
7.2. Servicios auxiliares de corriente continua	90
7.2.1. Sistema de 48 V de corriente continua	90
7.2.2. Sistema de 125 V de corriente continua	91
7.2.2.1. Batería de 125 Vcc	91
7.2.2.2. Cargador de la batería	92
7.2.2.3. Cuadro de corriente continua	94
8. RED DE TIERRAS	95
8.1. Electrodo de puesta a tierra	96
9. PROTECCIONES	97
9.1. Protecciones en 20 kV	97
9.1.1. Protección de sobreintensidad	97



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

9.2. Protecciones en 220 kV	98
9.2.1. Protección de los transformadores	98
9.2.2. Protección de líneas de transporte	99
9.2.3. Protección de barras	101
10. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (PCI)	104
10.1. Sistema de detección de incendios	104
10.2. Sistema de extinción de incendios	105
11. SISTEMA ANTI-INTRUSISMO	105
12. ALUMBRADO	106
12.1. Alumbrado exterior	106
12.2. Alumbrado interior	106
12.3. Alumbrado de emergencia	106

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos y motivación

La Hoya de Castalla es una subcomarca de la Comunidad Valenciana localizada en el interior de la provincia de Alicante, dentro de la comarca de la Hoya de Alcoy. Está comprendida por los municipios de Ibi, Onil, Castalla y Tibi.

La subcomarca de la Hoya de Castalla ha sufrido una fuerte industrialización y crecimiento urbanístico en los últimos años, en el que la mejora en la red de comunicaciones ha jugado un papel fundamental.

La región de Hoya de Castalla está conectada mediante la autovía A-7 con grandes núcleos de población cercanos, como Alcoy, Alicante y Valencia. Además, también está conectada con el interior de la península mediante la autovía A-31, que la une a importantes localidades alicantinas como Elda y Villena, y con Madrid en una duración aproximada de tres horas.

Actualmente, esta región cuenta únicamente con el suministro de la subestación de Ibi, de relación de transformación de 132/20 kV. Esta subestación a su vez, está alimentada desde la subestación de Benejama (400/132 kV).

A continuación, se adjuntan los mapas de la red, tomados de la página web de Red Eléctrica de España (REE):

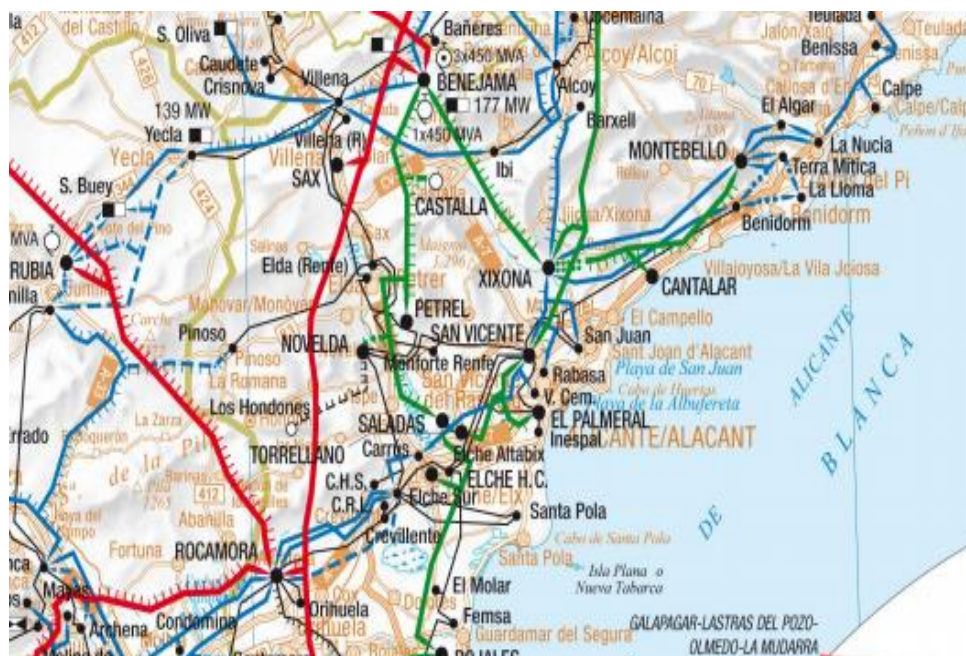


Fig.1: Mapa de la red de la región de Hoya de Castalla

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

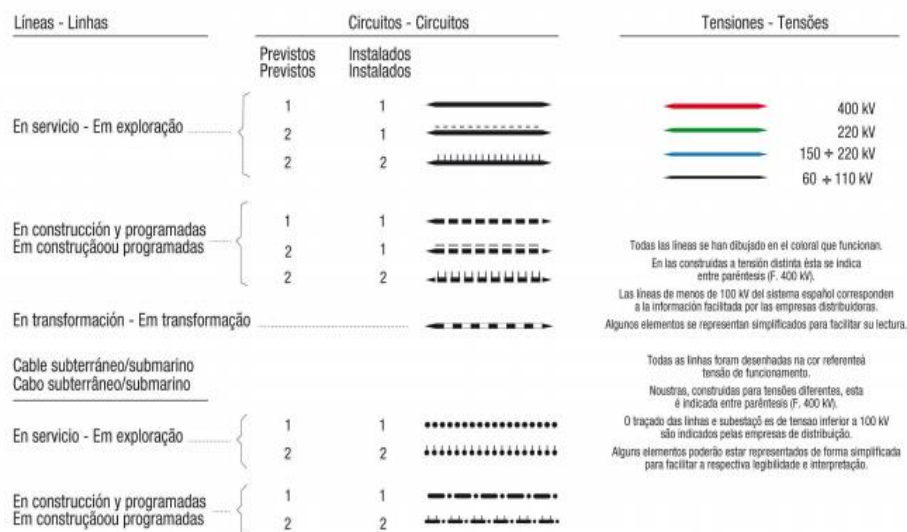


Fig. 2: Leyenda de la Fig.1

Por tanto, el hecho de que sólo haya un punto de suministro, origina un déficit de abastecimiento eléctrico que desencadena en una alarmante saturación, principalmente en la transformación a media tensión.

Como alternativa a esta grave saturación, a lo largo de los últimos años se han tratado de construir numerosas líneas de evacuación de 132 kV con el fin de descongestionar el sistema, sin éxito.

Con todo lo explicado anteriormente, queda constatado que la única alternativa viable es la construcción de una nueva subestación en el municipio de Castalla, que aúne los principios de flexibilidad, seguridad y confiabilidad esperados.

Por tanto, el propósito de este proyecto de fin de carrera consiste en el diseño de la subestación transformadora blindada de relación 220/20 kV y 120 MVA de potencia de transformación, situada en Castalla.

La subestación de diseño se conectará directamente a la red de 220 kV Benejama-Novelda, constituyéndose, así como una fuente de suministro independiente de la subestación de Ibi y de la red de 132 kV existente.

La subestación será de intemperie, no justificándose que sea subterránea dado que va a estar ubicada en las proximidades de un polígono industrial donde no se presenta falta de espacio.

La subestación será de tipo GIS. La elección de este tipo de aparamenta frente a las otras tecnologías AIS, HIS y DTB existentes radica en que las tipo GIS tienen un menor tiempo de montaje y ejecución. Esta mayor rapidez es debida a que se trata de subestaciones prefabricadas que se montan totalmente en fábrica, pasando en esta todos los controles de calidad. Además, los costes de mantenimiento son muy inferiores.

1.2. Estado de la técnica

1.2.1. Subestaciones en el sistema eléctrico español

En primer lugar, se comenzará por dar una definición de subestación. Una subestación es una instalación comprendida por la aparataje eléctrica y los edificios necesarios para realizar alguna de las siguientes funciones:

- Transformación de tensiones
- Transformación del número de fases
- Transformación de la frecuencia
- Interconexión de dos o más circuitos
- Rectificación
- Compensación del factor de potencia.

A continuación, se distinguirán dos tipos de clasificaciones de las subestaciones eléctricas:

- Según la función que realicen:
 - De maniobra: Son aquellas destinadas a la interconexión de dos o más circuitos y de ejecutar sus maniobras

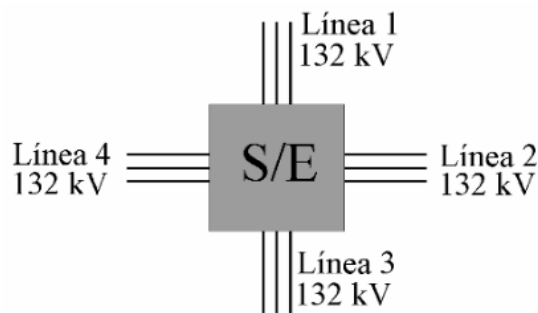


Fig. 3: Esquema subestación de maniobra

- De transformación pura: Pueden ser elevadoras o reductoras. Las primeras transforman la tensión de un nivel inferior a uno superior y las reductoras hacen la función inversa.

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

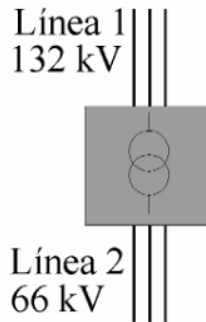


Fig. 4: Esquema subestación de transformación pura

- De transformación/maniobra: Como su propio nombre indica tiene una doble función: por un lado, transformar el nivel de tensión y además la interconexión de circuitos que tengan el mismo nivel de tensión.

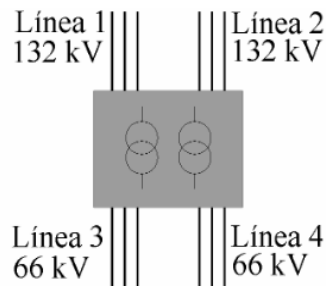


Fig. 5: Esquema subestación de transformación/maniobra

- De transformación/cambio de número de fases: Aquellas que interconectan redes que tienen un número distinto de fases.

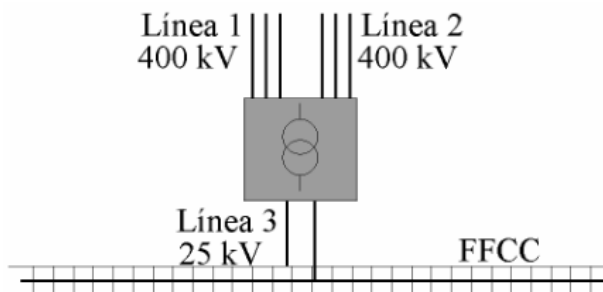


Fig. 6: Esquema subestación de transformación/cambio de número de fases

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- De rectificación: en ella se realiza la conversión de tensión alterna a tensión continua.

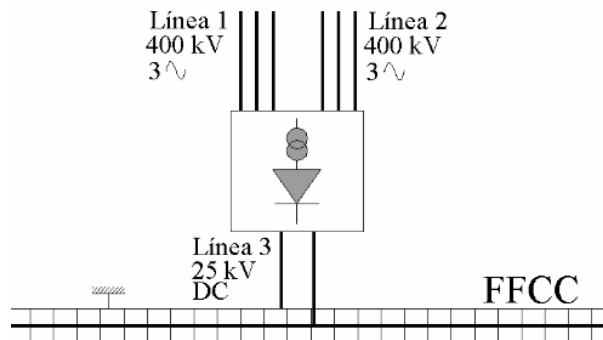


Fig. 7: Esquema subestación de rectificación

- De central: se utilizan para pasar de un nivel de tensión inferior en la generación de las centrales, a un nivel superior. Son por tanto un tipo de subestaciones elevadoras.

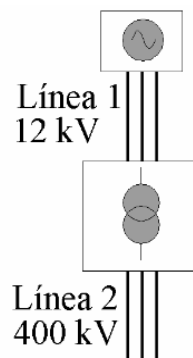


Fig. 8: Esquema subestación de central.

- Según su construcción:
 - Tipo intemperie

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



Fig. 9: Subestación tipo intemperie

- Tipo interior:



Fig. 10: Subestación tipo interior

- Tipo blindado:



Fig. 11: Subestación tipo blindado



Cabe destacar que las tres características fundamentales que debe poseer una subestación son: flexibilidad, confiabilidad y seguridad.

- **Flexibilidad:** Es la capacidad de adaptación a las diferentes situaciones que pudieran presentarse tales como contingencias, cambios en el sistema operativo o mantenimiento.
- **Confiabilidad:** Es la probabilidad de que una subestación pueda continuar suministrando energía durante un período de tiempo dado, cuando al menos un componente de la subestación está fuera de servicio.
- **Seguridad:** Se debe garantizar la continuidad en el servicio ante cualquier fallo en el sistema. Una subestación es más segura en la medida que todos sus elementos esté duplicados y la pérdida de uno de ellos no afecte al correcto funcionamiento de los demás.

1.2.2. Tendencia de las subestaciones según la aparamenta

Las subestaciones eléctricas han evolucionado enormemente a lo largo del último siglo en tamaño, protección y control.

Hace cien años aproximadamente ABB fabricó la primera subestación. En aquel momento la única tecnología disponible era la aparamenta aislada en aire (AIS). Los interruptores eran muy complejos y voluminosos y exigían una supervisión y mantenimientos constantes. Las redes eléctricas no eran fiables y los cortes debidos a trabajos de mantenimiento eran habituales.

Posteriormente, con la invención del seccionador se mejoró notablemente la continuidad del suministro.

Durante todo el siglo XX, toda la investigación se ha centrado en desarrollar nuevas tecnologías capaces de reducir el espacio y el mantenimiento. Asimismo, se pretende aumentar la capacidad y la fiabilidad del suministro, mejorándose en todo momento las condiciones de seguridad de las instalaciones. Toda esta investigación desencadenó en la fabricación, en los años 60, de las primeras subestaciones tipo GIS (Gas Insulated Switchgear) o subestaciones aisladas en gas.

Subestaciones eléctricas encapsuladas (GIS)

Tendencia de las subestaciones eléctricas

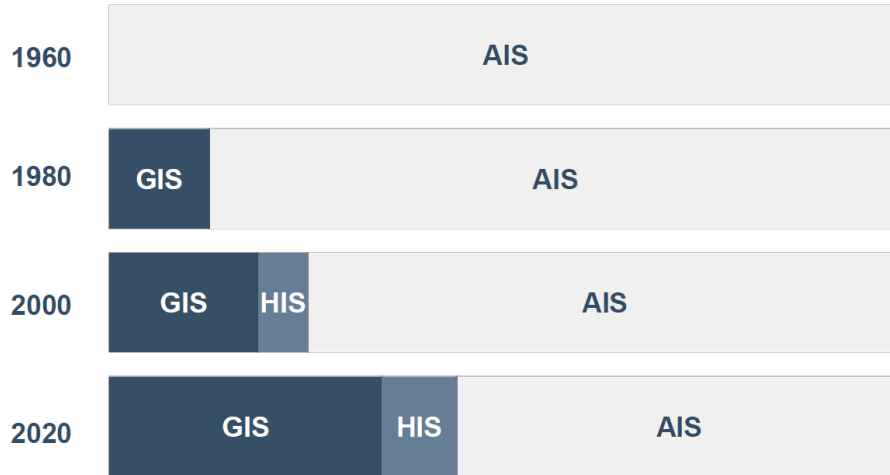


Fig. 12: Tendencia de las subestaciones eléctricas

Hasta el momento, la tecnología existente eran las subestaciones tipo AIS (Air Insulated Switchgear), subestaciones aisladas en aire. Con respecto a estas últimas, el espacio de las nuevas subestaciones tipo GIS se vio disminuido en torno a un 90%.

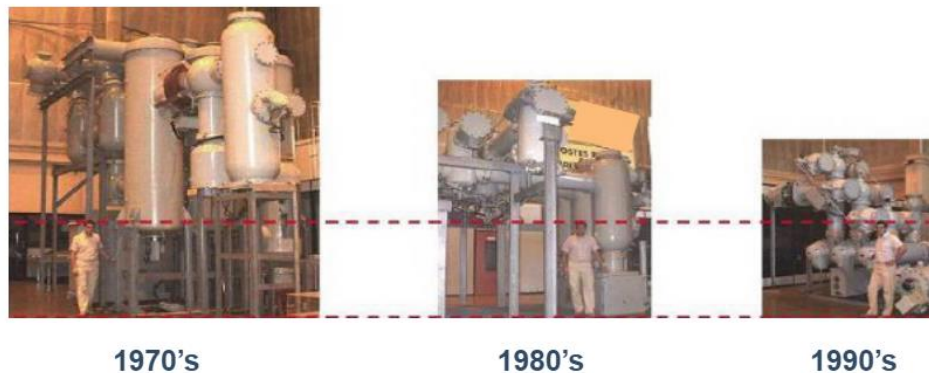


Fig. 13: Evolución del tamaño de las subestaciones tipo GIS

Durante las siguientes décadas, se han llevado a cabo innovaciones centradas en la automatización, consiguiendo que todos estos sistemas se comuniquen entre sí mediante tecnología digital.

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

En la actualidad, las compañías eléctricas realizan el control de sus subestaciones a distancia, eliminando el personal en las instalaciones y reduciéndose así los costes de mantenimiento.

Una de las principales ventajas de las subestaciones tipo GIS es el hecho de que, al tratarse de soluciones prefabricadas, pueden instalarse en un tiempo menor que las tipo AIS, teniendo que montarse estas últimas en el propio lugar de instalación.

Tanto los interruptores como los seccionadores actuales exigen mucho menor mantenimiento que los primeros fabricados. Los interruptores y seccionadores encapsulados en SF₆ requieren un intervalo entre servicios de mantenimiento de aproximadamente 15 años.

Subestaciones GIS integradas Mas de 45 años de avance tecnológico

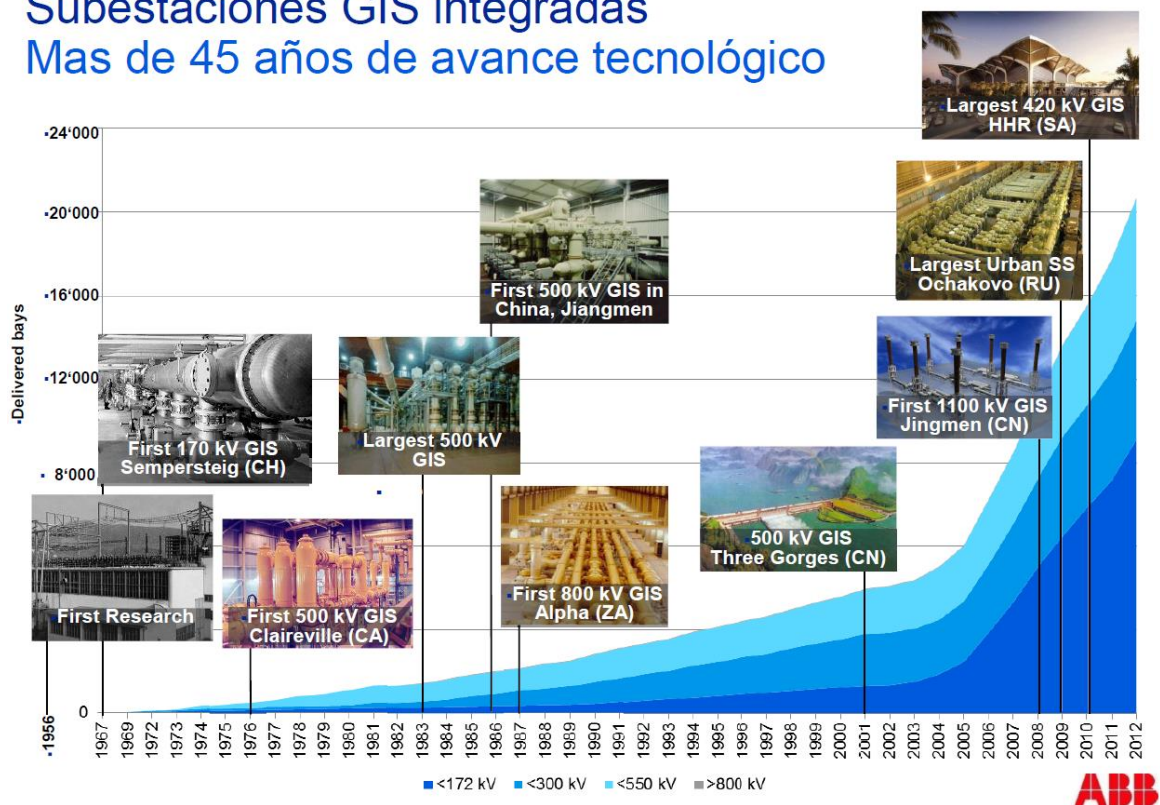


Fig. 14: Evolución subestaciones tecnología GIS



1.3. Titular

El titular de la instalación es Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A. (Sociedad Unipersonal), con domicilio social en Bilbao (Bizcaia), Avenida de San Adrián, 48. El código de identificación fiscal CIF es A-950755578.

1.4. Emplazamiento

La subestación estará situada en el municipio de Castalla, en la provincia de Alicante. La parcela estará ubicada en el polígono industrial la Foia, detallándose la ubicación exacta en los planos de situación y emplazamiento que se adjuntan en el apartado de Planos.

La parcela tendrá unas dimensiones de 52 x 40 m. En el interior se construirá un edificio donde estarán ubicados los transformadores de potencia, las celdas de media y alta tensión y los servicios auxiliares.

1.5. Plazo de ejecución

El plazo para la construcción de la subestación y el montaje de la aparamenta eléctrica será de 15 meses, una vez que se hayan concedido todas las licencias y permisos requeridos.

2. SELECCIÓN TIPO DE SUBESTACIÓN Y CONFIGURACIÓN

2.1. Selección del tipo de subestación.

Se realizará una comparativa, en función de los criterios que se especifican a continuación, de los principales tipos de subestaciones tipo AIS y GIS. Los factores que se tendrán en cuenta son:

- Factor económico:
 - La inversión en aparamenta es superior en una subestación tipo AIS que en una tipo GIS, dado que en la primera la aparamenta está separada individualmente. En la de tipo GIS, dado que es un diseño modular compacto encapsulado en gas, el tamaño se reduce notablemente, siendo menores los gastos del terreno. Esta reducción de espacio también se debe al hecho de que, al estar los embarrados encapsulados, se reduce la distancia de seguridad entre las barras y la longitud de los cables.



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

- Aunque la sustitución de aparamenta en caso de avería es más barata en un sistema AIS, las subestaciones GIS conllevan un ahorro debido a la reducción de las estructuras de soporte y cimentaciones a realizar.
 - También se aprecia un ahorro en los sistemas GIS dado que no necesita aisladores, al ser el gas el propio aislante.
 - Considerando que en la tecnología AIS existen muchos fabricantes para los distintos elementos, el coste y el tiempo de gestión es mayor que en la adquisición de los módulos GIS.
-
- Diseño e ingeniería: El diseño modular del sistema GIS es más sencillo. Respecto el cableado, la dificultad es similar ya que las distancias más cortas de la GIS se contrarrestan con la mayor dificultad de conexionado.
 - Obra civil: Tanto el montaje como la puesta en servicio son más sencillos en el sistema GIS, dado que, al ser modular, viene montado y probado de fábrica.
 - Mantenimiento: Es más sencillo el sistema modular GIS, dado que es prácticamente libre de mantenimiento.

De forma comparativa, se incluyen en la siguiente tabla las diferencias entre la tecnología AIS y GIS:

AIS	GIS
Diseño estructural y espacial	Diseño modular y compacto
Instalación exterior	Instalación interior y exterior
Mayor espacio	Menor espacio
Exposición a la intemperie	Aislamiento a la intemperie
Menor seguridad	Mayor seguridad
Menor confiabilidad	Mayor confiabilidad
Menor coste de equipos	Menor coste de O&M
Menor vida útil	Mayor vida útil

Como conclusión, se ha seleccionado el sistema GIS tanto para las celdas de alta como de media tensión. Este sistema presenta las siguientes ventajas:

- Las subestaciones encapsuladas reducen la superficie con respecto a una convencional entre un 70 y un 90%.
- Su diseño modular permite variedad de configuraciones y ampliaciones sin pérdida de servicio.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Su tiempo de entrega es mínimo gracias al despacho de unidades ensambladas y probadas en fábrica
- Las subestaciones encapsuladas combinan los más altos estándares de confiabilidad, seguridad y operatividad.
- Restablecimiento rápido del servicio en caso de avería.
- Libres de mantenimiento durante los primeros quince años de operación aproximadamente.
- Soporta condiciones ambientales extremas
- Requiere un menor tamaño de la instalación.

2.2. Selección del tipo de configuración

Las disposiciones más habituales de los embarrados de una subestación son:

- Simple barra
- Barra partida
- Simple barra con By-Pass
- Simple barra con barra de transferencia
- Doble barra
- Doble barra con by-pass
- Doble barra con barra de transferencia
- Interruptor y medio
- Doble barra con doble interruptor
- Anillo
- H

A continuación, se muestran las razones por las que se han descartado cada una de las siguientes disposiciones para finalmente mostrar la disposición seleccionada.

- Simple barra: En caso de tener que efectuar una revisión o reparación de alguno de los elementos conectados a barras, se debe suspender el servicio de toda la instalación.
- Barra partida: Si fuese necesario la revisión o reparación de alguno de los elementos conectados a barras, se interrumpiría el servicio en el 50% de la instalación. Esta disposición no se suele usar en disposiciones de alta tensión.
- Simple barra con barra de transferencia: El fallo de cualquier elemento conectado a la barra o de la propia barra interrumpe el suministro de toda



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

la subestación. Por tanto, no posee los niveles de seguridad y flexibilidad requeridos por la subestación de diseño.

- Doble barra con barra de transferencia: A parte de su elevado coste, presenta una elevada complicación para efectuar las maniobras.
- Interruptor y medio: El sistema de relés y el reenganche son complicados. Además, se considera que no está justificado su elevado coste en relación al nivel de seguridad y flexibilidad requeridos en la futura subestación.
- Anillo: En el caso de que se produjese un fallo durante la operación de mantenimiento de interruptores, podría dividirse el anillo en dos secciones. Hacen falta dispositivos de tensión en todos los circuitos dado que no hay ningún punto de referencia de tensión definido.

Finalmente, se concluye que el sistema adoptado tanto para alta tensión como para media tensión es la configuración doble barra. Esta disposición aporta una alta flexibilidad, permitiendo conectar los circuitos de alimentación a cualquier barra. Ofrece una alta regularidad de servicio sin presentar un coste muy elevado.

Para 220 kV se utilizará la configuración de doble barra con acoplamiento transversal y para 20 kV la configuración doble barra con acoplamiento transversal y longitudinal.

2.3. Parámetros de diseño

Los parámetros básicos de diseño de la subestación son los siguientes:

- Tensión más elevada para el material: es el valor eficaz de la tensión fase-fase para el cual se seleccionan todos los componentes de la subestación.
- Nivel de aislamiento: Consiste en seleccionar la rigidez dieléctrica de los equipos en función de las tensiones a las que pueden estar sometidos. Estas tensiones son:
 - Tensión soportada a frecuencia industrial
 - Tensión soportada para sobretensiones tipo rayo
 - Tensión soportada para tensiones de maniobra.
- Intensidad de cortocircuito



Parque de 220 kV

Los valores de las magnitudes anteriormente citadas, y a los que debe acogerse la aparamenta seleccionada son:

Sobretensión de corta duración a frecuencia industrial	460 kV
Sobretensión a impulsos tipo rayo	1050 kV
Intensidad de cortocircuito	50 kA

Otros datos importantes de diseño son:

Intensidad por posición de línea	2000 A
Intensidad nominal de barras y acoplamientos	2500 A

La subestación está conectada directamente a la línea de 220 kV Benejama-Novelda, cuyas características de servicio se muestran en la siguiente tabla:

Sistema	Corriente alterna trifásica
Tensión de servicio	220 kV
Tensión más elevada para el material	245 kV
Frecuencia	50 Hz
Estado del neutro	Rígido a tierra

La subestación está ubicada dentro de un edificio, por lo que las condiciones del servicio en el que se encuentra la subestación son las siguientes:

Temperatura ambiente máxima	+40 °C
Temperatura ambiente mínima	-5 °C
Altura sobre el nivel del mar	670 m

Parque de 20 kV

Los parámetros de diseño para el parque de media tensión se adjuntan en la siguiente tabla:

Sobretensión de corta duración a frecuencia industrial	50 kV
Sobretensión a impulsos tipo rayo	125 kV
Intensidad de cortocircuito	25 kA



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Otros datos necesarios para el diseño son:

Intensidad por posición de línea	1250 A
Intensidad de acoplamiento de barras	2000 A

Las características de la red de distribución se muestran en la siguiente tabla:

Tensión de servicio	20 kV
Tensión más elevada para el material	24 kV
Frecuencia nominal	50 Hz
Estado del neutro	Aislado

2.4. Configuración

En el diseño de la instalación, se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Fiabilidad. Se debe garantizar la continuidad de servicio ante las siguientes situaciones:
 - Fallos en circuitos
 - Fallos en barras
 - Fallos en apertura de interruptores
 - Mantenimiento de interruptores
- Operación y maniobra:
 - Previsiones de futura ampliación
 - Posibilidad de interconexión de circuitos
- Costes de la instalación
- Impacto visual
- Cumplimiento de normativas
- Cumplimiento de condiciones de seguridad

Parque de 220 kV

La configuración seleccionada será de doble barra con acoplamiento transversal. El interruptor de acoplamiento de barras permite conectar las dos barras cuando está en la posición de cerrado. Gracias a la acción de los seccionadores de barras, se puede transferir un circuito de una barra a otra manteniendo el nivel de tensión.



Las posiciones de 220 kV serán:

- Cuatro (4) posiciones de línea
- Dos (2) posiciones de transformador
- Una (1) posición para el acoplamiento transversal
- Una (1) posición para la medida
- Una (1) posiciones de reserva

Cada posición cuenta con los siguientes elementos:

- Un (1) interruptor automático, aislado en SF₆
- Un (1) seccionador de puesta a tierra
- Dos (2) seccionadores de barras
- Tres (3) transformadores monofásicos de intensidad inductivos
- Tres (3) transformadores monofásicos de tensión inductivos

Transformador de potencia

La subestación contará con dos transformadores de potencia trifásicos, de relación de transformación 220/20 kV, 60 MVA con aislamiento en aceite.

Parque de 20 kV

La configuración seleccionada será de doble barra con acoplamiento longitudinal y transversal. Las posiciones serán las siguientes:

- Catorce (14) posiciones de línea
- Cuatro (4) posiciones de transformador
- Dos (2) posiciones de acoplamiento transversal
- Dos (2) posiciones de acoplamiento longitudinal
- Cuatro (4) posiciones de reserva
- Dos (2) posiciones de medida de tensión
- Dos (2) posiciones de servicios auxiliares

Cada una de las posiciones tendrá los siguientes elementos:

- Un (1) interruptor automático desenchufable de tres posiciones
- Un (1) transformador de intensidad
- Un (1) transformador de tensión

3. PARQUE DE 220 KV

3.1. Descripción del equipo

Se ha elegido el modelo de celdas 8DN9 del fabricante SIEMENS. Las celdas están completamente aisladas en hexafluoruro de azufre (SF_6) y poseen un encapsulado de aluminio resistente a la corrosión que garantiza un bajo peso.

Cuentan con encapsulado monofásico en el alimentador y trifásico en los embarrados.

Cabe destacar que, en comparación con la aparamenta de otros fabricantes, los niveles de ruido y las emisiones de campo de este modelo son extremadamente bajos, por lo que es idóneo para ser instalado en cualquier ubicación.



Fig. 15: Celdas modelo 8DN9 del fabricante Siemens



3.2. Características generales de la aparamenta

Las celdas seleccionadas, que cumplen todas las especificaciones mencionadas, serán las celdas aisladas en gas tipo 8DN9 del fabricante Siemens.

Los años de intensa investigación y desarrollo han llevado a la actual generación de subestaciones con aislamiento en gas y encapsulado metálico.

Estas celdas están diseñadas para ahorrar el máximo espacio posible y presentan un peso notablemente bajo que facilita el proceso de la instalación. Estas características junto con los bajos costes de operación hacen que sea una opción muy económica.

Todos los componentes están ubicados en recintos sellados completamente estancos. Todos los compartimentos están fabricados en aluminio, para garantizar un bajo peso y un sistema resistente a la corrosión. Cabe destacar que las juntas de unión de cada módulo son mediante juntas tóricas para asegurar un total hermetismo que garantice el escape de gas.

Esta aparamenta cuenta con encapsulado monofásico en las líneas de 220 kV de entrada a la subestación y trifásico en los embarrados.

Los conductores están unidos por contactos de acoplamiento capaces de absorber las expansiones causadas por incrementos térmicos.

El gas utilizado como aislante y como medio de extinción del arco eléctrico es el hexafluoruro de azufre (SF_6). Es una molécula de gas elaborada artificialmente en la cual seis átomos de flúor están dispuestos alrededor de un átomo de azufre. Es un medio aislante inerte, no tóxico, no inflamable y no destructor de la capa de ozono.

Sus propiedades físicas y químicas le proporcionan una excelente capacidad de aislamiento, proporcionando las condiciones óptimas para el manejo de tensiones superiores a 1000 V.

Este gas está completamente sellado dentro del encapsulado por lo que, con un correcto uso, no hay ningún tipo de perjuicio para el medio ambiente.

Tanto la humedad como cualquier producto de descomposición son totalmente absorbidos por filtros estáticos ubicados en los compartimentos del gas.

Las membranas de ruptura previenen la formación de una impermisible alta presión en el encapsulado. Una boquilla desviadora en la membrana de ruptura asegura que el gas es expulsado en una dirección definida, escogida de tal forma que en ningún caso resulte dañado el personal de operación.



3.3. Datos técnicos

Las celdas seleccionadas poseen las siguientes características:

Aparamenta tipo	8DN9
Tensión nominal	Hasta 245 kV
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Sobretensión de corta duración a frecuencia industrial (1 min)	Hasta 460 kV
Sobretensión a impulsos tipo rayo	Hasta 1050 kV
Corriente nominal de barras	Hasta 4000 A
Corriente nominal de alimentador	Hasta 4000 A
Corriente de cortocircuito nominal soportada (< 3 ciclos)	Hasta 50 kA
Valor de cresta de la corriente nominal soportada	Hasta 135 kA
Sobreintensidad de corta duración nominal soportada (hasta 3 s)	Hasta 50 kA
Índice de fugas en los compartimentos de gas por año	<0,1%
Mecanismo del interruptor	Almacenamiento de energía por resorte
Secuencia de operación nominal	O-0.3 s-CO-3min-CO CO-15 s-CO
Anchura del compartimento	1500 mm
Altura del compartimento, profundidad (depende de la disposición)	3700 mm x 5100 mm
Rango de temperatura ambiental	-25°C hasta +55 °C
Instalación	Interior
Primera inspección principal	> 25 años
Tiempo de vida estimado	> 50 años
Normativas	IEC/IEEE/GOST

3.4. Descripción de la aparamenta

3.4.1. Esquema de celdas



Fig. 16: Celdas modelo 8DN9

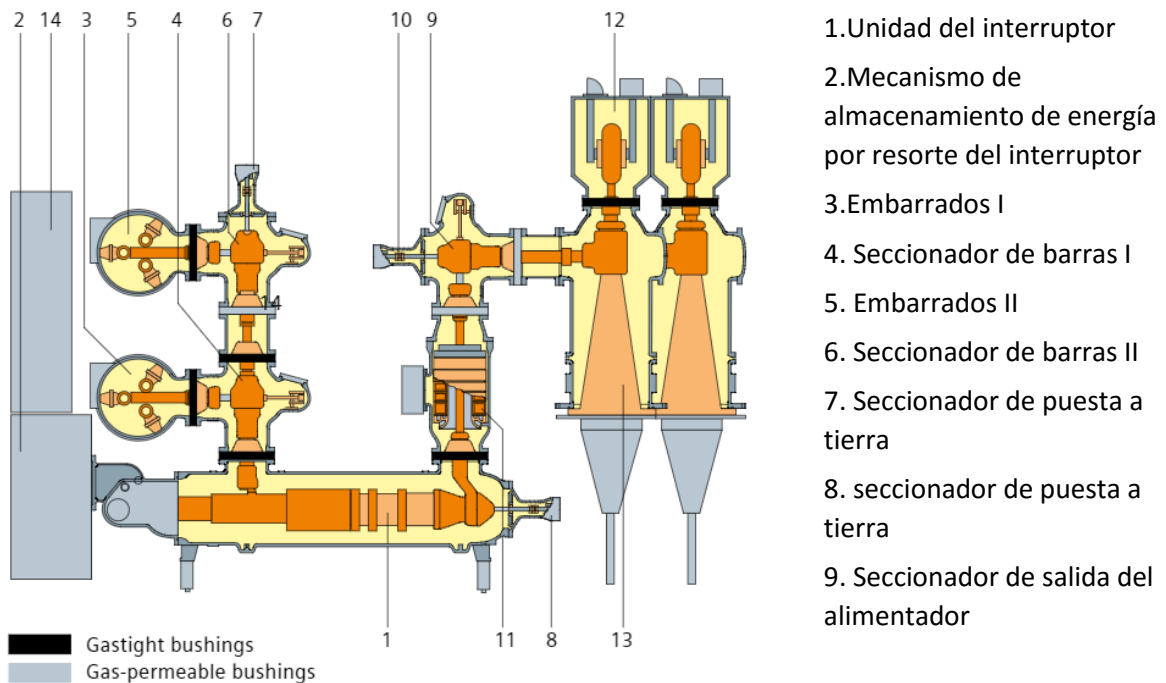


Fig. 17: Esquema de celdas alta tensión

10. Seccionador de puesta a tierra rápido
11. Transformador de intensidad
12. Transformador de tensión
13. Módulo de empalme de cable subterráneo
14. Armario de control

3.4.2. Componentes

3.4.2.1. Módulo del interruptor

El interruptor es el elemento central dentro de la aparamenta aislada en gas de la celda. Es de tipo encapsulado monofásico. Está diseñado para un reenganche unipolar automático y contiene dos componentes principales:

- Unidad del interruptor
- Mecanismo de almacenamiento de energía por resorte

Unidad del interruptor

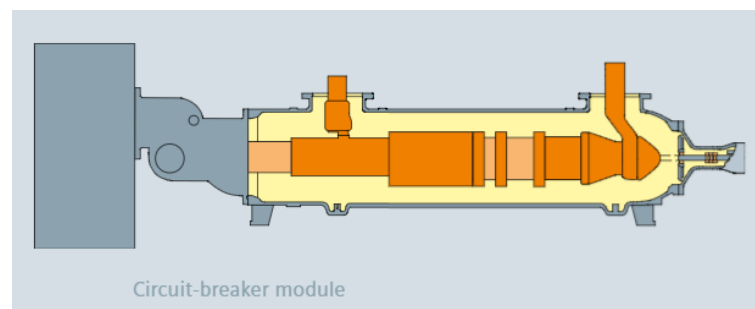


Fig. 18: Módulo del interruptor SF₆

La unidad del interruptor, cuya función es la extinción del arco eléctrico, opera de acuerdo al principio dinámico de autocompresión. Este principio requiere muy poca energía para su operación, lo que permite mantener las cargas mecánicas tanto en el interruptor como en las carcassas en los mínimos valores posibles.

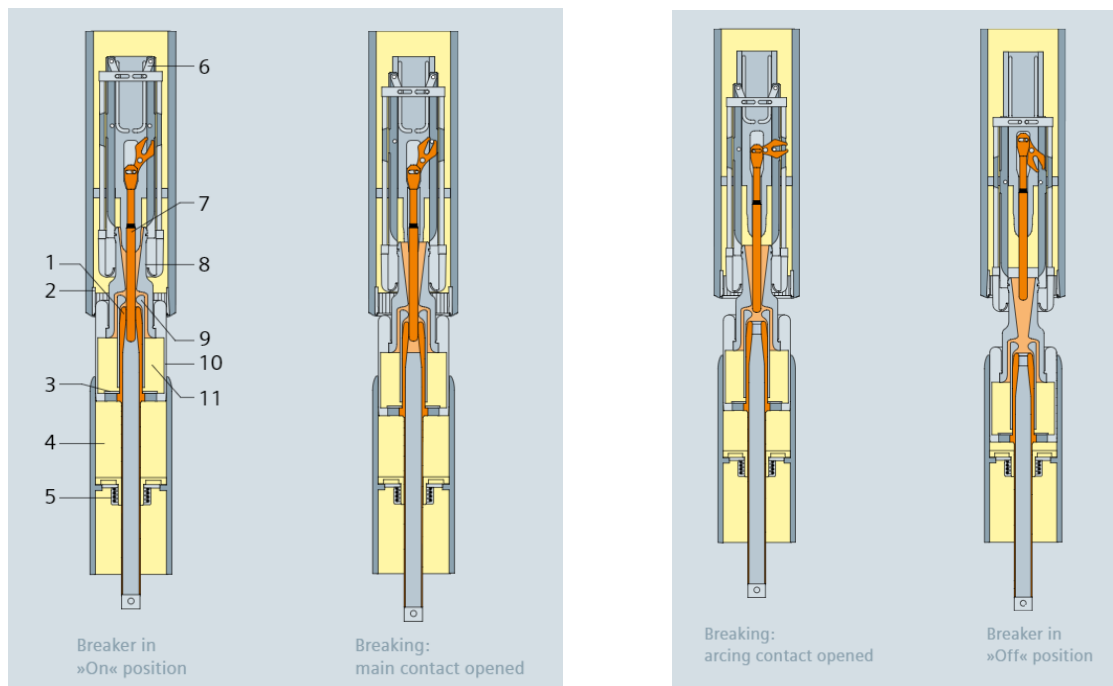


Fig. 19: Fases de la operación del interruptor

Componentes del interruptor:

1. Contacto de arco fijo
2. Contacto principal
3. Válvula de sobrepresión
4. Volumen de compresión
5. Válvula de sobrepresión
6. Accionamiento
7. Contacto de arco móvil
8. Tobera
9. Boquilla auxiliar
10. Contacto principal
11. Volumen de calentamiento

- Camino de la corriente (cuando el interruptor está cerrado y la corriente fluye normalmente):

Cuando el interruptor está cerrado, la corriente de operación fluye a través de los contactos principales (2) y (10). Los contactos de arco fijo y móvil (1) y (7) respectivamente están conectados en paralelo con los contactos principales.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Interrupción de las corrientes de operación:

Durante la operación de corte, los contactos principales (2) y (10) abren y la corriente conmuta a los contactos de arco (1) y (7) que todavía permanecen cerrados. A medida que continúa la operación de corte, se forma un arco eléctrico entre los contactos (1) y (7). Al mismo tiempo, el contacto principal (10) comprime el gas SF₆ contenido en el volumen de compresión (4). Este gas extintor del arco que ha sido comprimido, sale a través del volumen de calentamiento (11) por la boquilla auxiliar (9) al hueco donde se está produciendo el arco y lo extingue.

- Interrupción de las corrientes de falta:

En el caso de grandes corrientes de cortocircuito, el gas entre los contactos de arco (1) y (7) es calentado por la energía producida por el arco eléctrico. Por consiguiente, la presión en el volumen de calentamiento (11) aumenta. En el paso por cero de la corriente, el gas SF₆ fluye a través del volumen de calentamiento (11) a través de la boquilla auxiliar (9) extinguiendo el arco. La válvula de sobrepresión (3) del contacto principal cilíndrico (10) evita que el aire a alta presión entre en el volumen de compresión (4). Con esto se concluye que, en este caso, el mecanismo de operación no necesita abastecer la energía necesario para la extinción del arco.

- Explicación del mecanismo de almacenamiento de energía por resorte:

El mecanismo del accionamiento de los interruptores automáticos es unipolar electromecánico.

Este tipo de mecanismo es capaz de proporcionar la fuerza necesaria para la actuación del interruptor. Al igual que el resto de componentes, posee una carcasa fabricada en aluminio para que sea totalmente resistente a la corrosión.

Tanto el muelle de apertura como el de cierre (7 y 17 en el dibujo) están dispuestos en la unidad de tracción. Toda la unidad de tracción está estrictamente separada del compartimento de SF₆.

Los rodamientos de los rodillos y el mecanismo del resorte, no requieren mantenimiento dado que aseguran décadas de operación fiable.

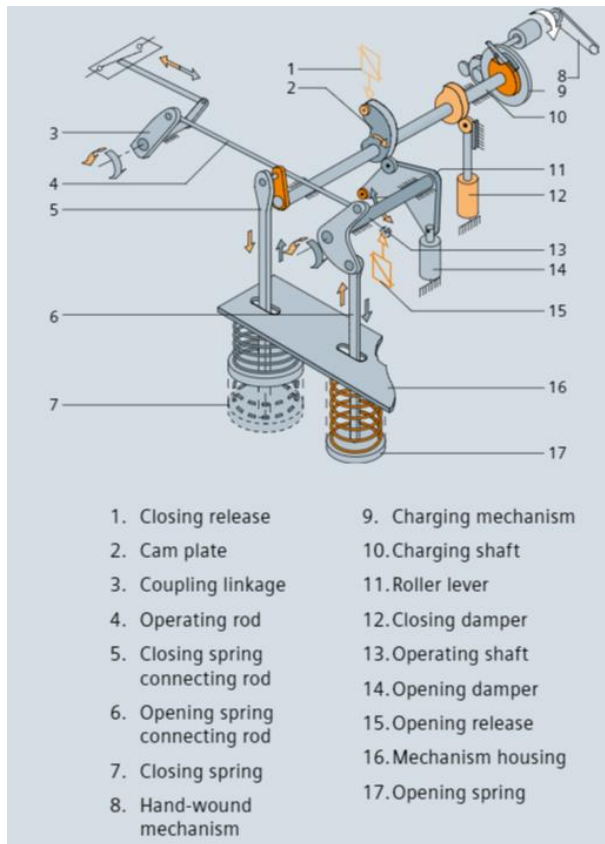


Fig. 20: Mecanismo del almacenamiento de energía por resorte

3.4.2.2. Seccionadores de aislamiento y puesta a tierra

En la posición de abierto, los seccionadores aseguran un hueco dieléctrico seguro entre las partes del sistema a diferentes potenciales. Los cojinetes fabricados en resina mantienen el sistema de contacto en su lugar y el gas presurizado sirve como medio aislante entre las partes activas y la carcasa metálica.

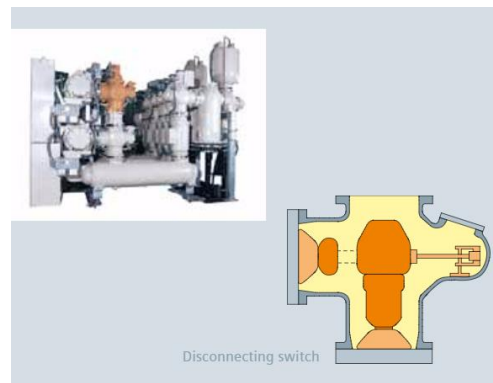


Fig. 21: Seccionador de aislamiento

El mecanismo de almacenamiento de energía por resorte presenta las siguientes ventajas:

- Bajo consumo de energía durante la operación de funcionamiento.
- Principio simple de operación.
- El estado de conmutación es controlable en todo momento.
- Requiere un bajo mantenimiento y ofrece una larga vida de servicio.

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Seccionadores de puesta a tierra

Los seccionadores de puesta a tierra son usados para conectar correctamente las partes activas desenergizadas (sin tensión) al sistema de puesta a tierra. En las líneas de salida, se utiliza una puesta a tierra para disipar las corrientes inductivas y capacitivas de los cables en paralelo o de las líneas superiores y para reducir los riesgos para el sistema GIS en caso de conexiones fallidas.



Fig. 22: Seccionador de puesta a tierra

Los seccionadores de puesta a tierra tienen un diseño de tipo pin. Con este seccionador, el pin de tierra al potencial de tierra es empujado hacia el contacto de acoplamiento. Estos seccionadores también están equipados con un sistema de almacenamiento de energía mediante resorte, al igual que los interruptores. La energía almacenada en el muelle puede ser recargada o bien mediante un motor o manualmente en caso de emergencia.

Características comunes entre los seccionadores y los seccionadores de puesta a tierra:

- Los tres polos de un compartimento están acoplados mecánicamente.
- Todos los polos son operados habitualmente por un motor.
- Las alarmas de los seccionadores y los indicadores de encendido y apagado están directamente conectados al eje del accionamiento.
- Se utilizan accionamientos idénticos para los seccionadores y los seccionadores de puesta a tierra.
- La operación manual de emergencia está integrada
- Pueden integrarse ventanas de inspección en los recintos cerrados si se requiere

3.4.2.3. Pararrayos

El objetivo de este elemento es limitar el valor de cualquier sobretensión.

Sus partes activas consisten en resistencias de óxidos metálicos con una característica tensión/intensidad fuertemente no lineal.

El pararrayos está articulado al aparellaje mediante unos cojinetes que proporcionan el hermetismo requerido.

Poseen un orificio de inspección en la carcasa que permite abrir el conductor interno cuando se esté llevando a cabo una inspección de la aparamenta.

Las conexiones para la monitorización del gas, las pruebas del pararrayos y el contador de sobrecargas se encuentran colocados en la parte posterior del mismo.

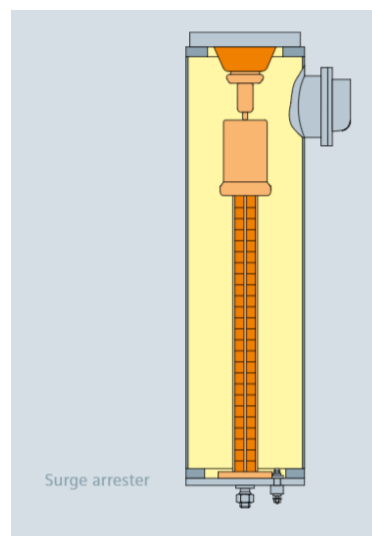
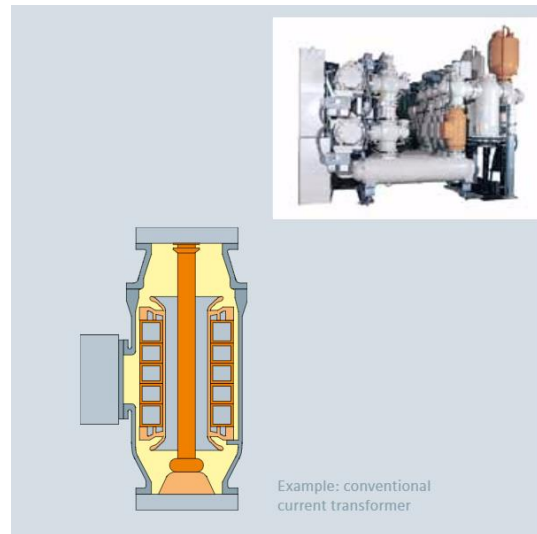


Fig. 23: Pararrayos

3.4.2.4. Transformadores de medida

Tanto el transformador de intensidad como el de tensión, se utilizan con propósitos de medida y protección.

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

▪ Transformador de intensidad**Fig. 24:** Transformador de intensidad

Los transformadores de intensidad son de tipo monofásico, inductivos y poseen uno o más núcleos. Preferentemente, se colocan en la zona de salida del interruptor, aunque pueden estar localizados en cualquier punto de la subestación.

Los conductores de alto voltaje forman la red primaria.

Los núcleos con los secundarios están localizados en el electrodo de tierra y están diseñados para cumplir con los requisitos en términos de precisión, clase y valor de potencia. Diferentes índices pueden ser alcanzados mediante transformadores en el secundario. Las conexiones secundarias son guiadas a lo largo de láminas herméticas hasta una caja terminal.

El gas presurizado SF₆ actúa como principal aislante y el diseño encapsulado proporciona muy alta fiabilidad en términos de compatibilidad electromagnética (EMC).

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

- Transformador de tensión/divisor de tensión RC

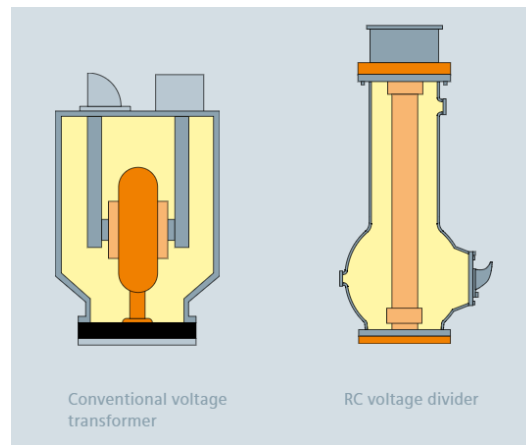


Fig. 25: Transformador de tensión convencional y divisor de tensión RC

Cada transformador de tensión es de tipo monofásico inductivo. Está encapsulado en su propia carcasa y por tanto constituye un módulo estanco independiente. Cada transformador de tensión tiene los siguientes componentes principales:

- El primario.
- Uno o más secundarios arrollados en la misma bobina.
- Un núcleo de hierro.

El gas presurizado en el interior del recinto en combinación con la película aislante, proporcionan el aislamiento necesario para el alto voltaje. Las conexiones de alta tensión a la aparatada se establecen a través del primario, el cual es soportado mediante un cojinete hermético. Las conexiones secundarias están guiadas mediante láminas herméticas a la caja terminal.

Los divisores de tensión resistivo-capacitivos (RCVD) consisten en elementos capacitivos impregnados en aceite con resistencias montadas en paralelo en tubos de plástico de fibra de vidrio reforzada, herméticamente sellados (GPR). El RCVD tiene un compartimento común de gas con el compartimento de gas de al lado. La conexión secundaria está diseñada como una unidad doble (versión redundante).

El RCVD tiene un tamaño y peso menor en comparación con los transformadores de tensión inductivos. Es una tecnología libre de ferresonancias con núcleos no saturables. Los mapas de alta tensión de

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

RCVD en la forma lineal forman un amplio rango de frecuencia desde corriente continua hasta 20 kHz y tiene una característica transitoria excelente. La potencia de salida es baja pero suficiente para las demandas de las protecciones actuales y de los contadores de energía.

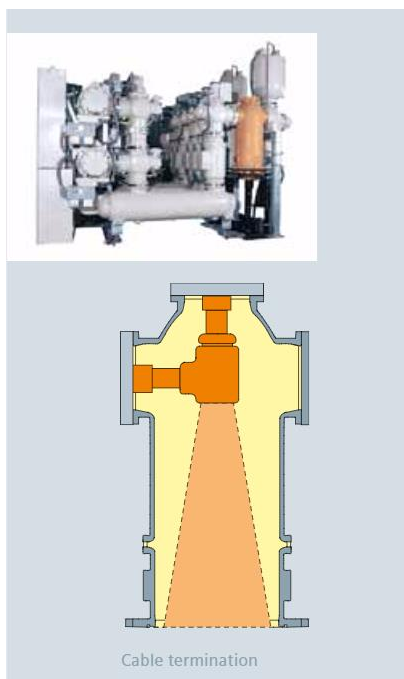
3.4.2.5. Módulos terminales

Los módulos terminales conectan los puertos de salida de la aparamenta aislada en aire a las siguientes piezas del equipamiento:

- Cables
- Líneas superiores.
- Transformadores o reactores.

Forman la transición entre el GIS con aislamiento SF6 y otros sistemas de alto voltaje con distintos medios de aislamiento.

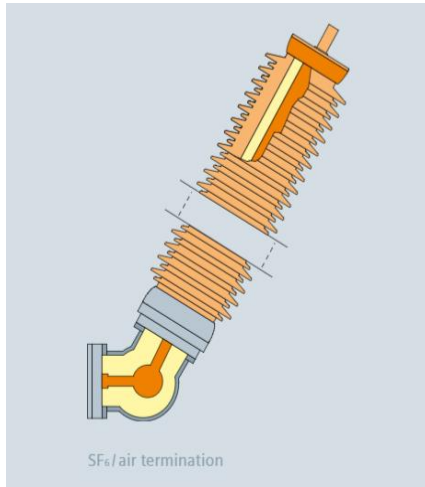
- Terminación del cableado



Este módulo actúa como un nexo entre la aparamenta encapsulada aislada en gas y el cableado de alto voltaje. Todo tipo de cables de alto voltaje que cumplan la IEC 62271-209 pueden ser conectados. La ventana de inspección también proporciona el reborde de conexión para el set de pruebas de los cables de alto voltaje. Durante las pruebas de los cables de alto voltaje, el conductor primario entre el final de la junta de cables y la aparamenta puede ser extraído.

Fig. 26: Terminales del cableado

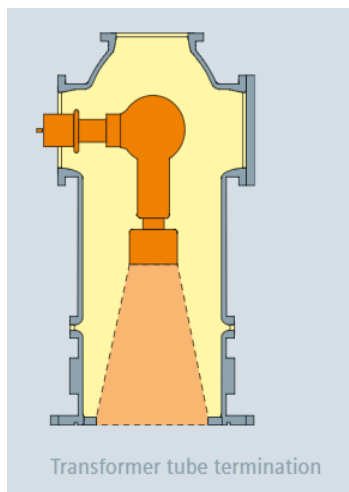
- Terminal SF6/Aire



El módulo de terminación en SF6/Aire permite la conexión de la aparamenta aislada en gas a los componentes aislados en aire o líneas superiores mediante cojinetes, que están disponibles tanto en porcelana como en aislamiento de composite. Esta terminación es de un módulo de tipo ángulo. La longitud y la forma de la cubierta del exterior puede ser adaptada a varios requerimientos en relación con la coordinación de aislamiento, mínimo espacio libre o grado de polución.

Fig. 27: Terminal SF₆/Aire

- Terminal del transformador



El módulo terminal del transformador permite una conexión tubular directa desde el GIS hasta el transformador aislado en aceite. Para este propósito, el cojinete del transformador tiene que ser totalmente estanco al aceite y al gas y resistente a la presión.

Los movimientos relacionados con la temperatura de la aparamenta y del transformador, así como el asentamiento de los cimientos son absorbidos por las juntas de expansión en las conexiones de los tubos (de acuerdo con la IEC 61639/IEC 62271-211).

Fig. 28: Terminal del transformador

3.4.2.6. Módulo del embarrado

La aparatenta 8DN9 hasta 245 Kv tiene una barra 'pasiva' trifásica encapsulada. Los módulos de los embarrados de las posiciones adyacentes están conectados con juntas de expansión que absorben las tolerancias de la construcción y los movimientos longitudinales relacionados con la temperatura, así como en dirección transversal a las barras. Los contactos deslizantes guiados axialmente entre los conductores compensan las expansiones en la longitud de conductor relacionadas con la temperatura.

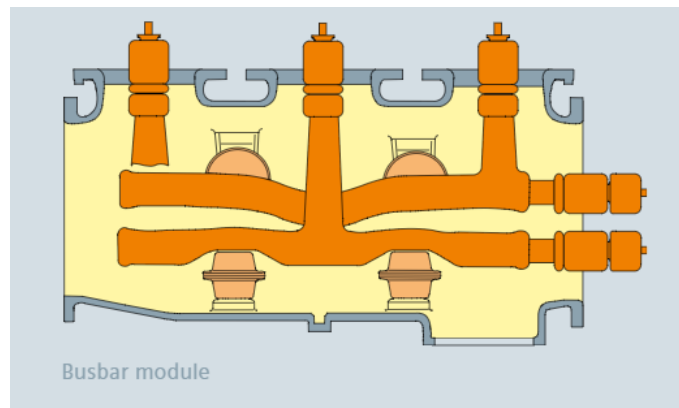


Fig. 29: Módulo de barras

3.4.2.7. Módulos de conexión

Estos módulos unipolares son usados para las conexiones requeridas dentro de cada posición. Dependiendo del circuito, se pueden emplear los siguientes módulos de conexión:

- Módulos de extensión.
- Módulos en T
- Módulos de tipo angular
- Módulos de juntas de expansión.

3.4.3. Dimensiones

Disposición doble barra

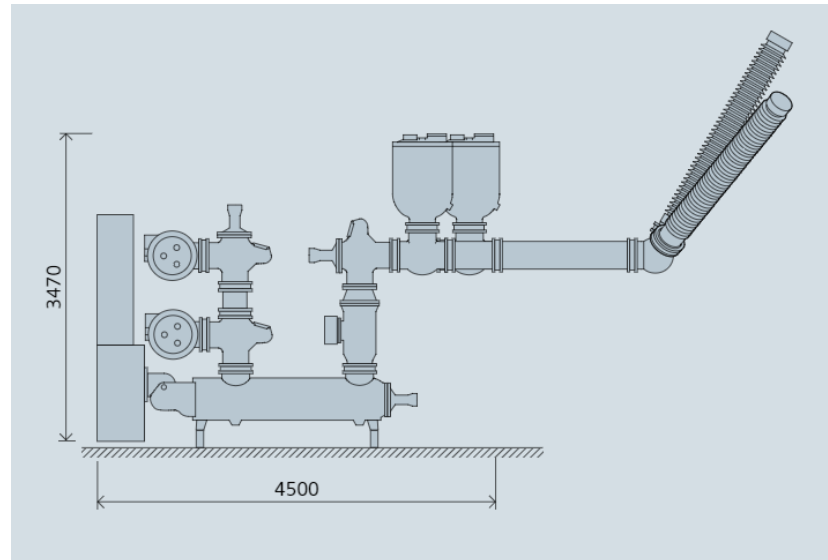


Fig. 30: Disposición de celdas para sistema doble barra

Disposición de acoplamiento de barras

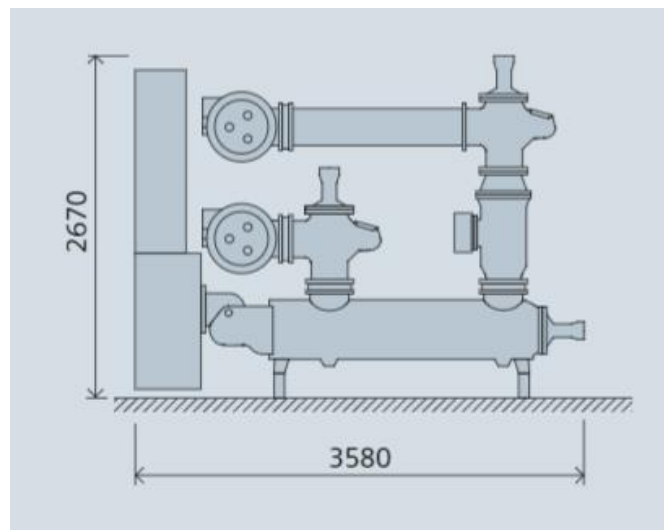


Fig. 31: Módulo de acoplamiento de barras

4. PARQUE DE 20 KV

4.1. Descripción del equipo

Para el parque de media tensión, las celdas elegidas se corresponden al modelo ZX2 de doble barra diseñado por el fabricante ABB. Dicho modelo ofrece una gran versatilidad y confiabilidad.



Fig. 32: Celdas modelo ZX2 del fabricante ABB

GENERALIDADES

Los paneles ZX2 poseen un sistema sellado a presión tanto para el compartimento de barras como para el compartimento del interruptor.

Disponen de tecnología de sensores y transformadores de medida convencionales para realizar las mediciones necesarias con la máxima precisión posible

Asimismo, dispone de tecnología de control y protección, operada desde un microprocesador integrado.

NORMAS Y ESPECIFICACIONES

El fabricante garantiza que las celdas cumplen con la normativa IEC correspondiente válida en el momento que se realizan los ensayos de tipo.

Para efectuarse el montaje y la puesta en servicio de la instalación tienen que aplicarse las siguientes normativas:



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Instalaciones de energía con valores superiores a 1 Kv de corriente alterna.
- EN 50110, Operación de instalaciones eléctricas
- Reglamentos para la prevención de accidentes publicados por los cuerpos profesionales correspondientes
- Puesta a tierra para instalaciones de energía especiales con tensiones nominales superiores a 1 Kv.
- Las directivas de seguridad para los materiales de producción.

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Las condiciones de operación normales han sido establecidas según la IEC 60694 con los siguientes valores límite:

Temperatura ambiente	
Máxima (°C)	40
Máximo promedio de 24h (°C)	35
Mínimo (°C)	-5
Humedad	
Máxima humedad relativa promedio medida durante 24h	95%
Máxima humedad relativa promedio medida durante un mes	95 %
Altura del sitio de la instalación (m sobre el nivel del mar)	≤ 1000
Aire ambiente	No debe estar significativamente contaminado por polvo, humo, gases corrosivos o inflamables o por sal.

GAS AISLANTE SF₆

El hexafluoruro de azufre (SF₆) es el gas aislante utilizado en todos los paneles. Los dispositivos de maniobra que no necesitan mantenimiento se ubican dentro del compartimento aislado en gas. Los mecanismos de operación que requieren un bajo mantenimiento, se ubican en el compartimento de baja tensión. Con esto, las celdas cumplen con los requisitos para sistemas de sellado a presión, establecidos por la DIN EN 60694 resp. IEC 60694.

Cabe destacar que el gas aislante se emplea además como protección permanente contra influencias ambientales dañinas para las partes activas de la aparamenta eléctrica de alta tensión



Fig. 33: Celdas modelo ZX2 del fabricante ABB con el gabinete de control abierto

4.2. Características generales de la aparamenta

El modelo seleccionado tiene un diseño de doble barra en el que todos los compartimentos, fabricados en acero inoxidable, están unidos mediante tecnología por haz laser.

Los cables se conectan por la parte posterior. Existe la opción de que todos los elementos de desconexión se puedan controlar de forma remota y opcionalmente inter-bloqueados mecánicamente.

El ensamblado de todos los componentes y las pruebas del aislamiento del gas aislante se realizan en fábrica previamente a la instalación. Todos los componentes están situados en un recinto sellado de acero inoxidable que contiene el gas aislante SF₆.

La vida de servicio prevista de la instalación es de 40 años o superior. Durante este tiempo no se requiere la adición de gas SF₆ ni de ningún tratamiento de vacío en los componentes.

Toda la aparamenta está diseñada para operar a altitudes de hasta 1000 metros sobre el nivel del mar garantizándose en todo momento el correcto

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

funcionamiento dado que la altitud donde se ubicará la subestación es de 675 metros sobre el nivel del mar.

Estadísticamente, este modelo de celdas presenta muy bajo porcentaje de fallos independientemente de las condiciones climatológicas. Además, en caso de falta, la reparación es muy rápida.

Respecto a los costes, se ha elegido este modelo por los motivos que se citarán a continuación:

- El diseño compacto permite reducir los costes de construcción.
- Es un diseño libre de mantenimiento, reduciéndose los costes en personal.
- Todos los componentes pueden ser reutilizados o reciclados.
- El tiempo de montaje es reducido debido a la tecnología enchufable.

Compartimentos:

Tanto el compartimento de barras como el compartimento del interruptor son sistemas sellados totalmente estancos.

Los compartimentos activos están separados unos de otros. Los compartimentos de alto voltaje están diseñados como sistemas sellados totalmente herméticos de acuerdo con la IEC 62271-1.

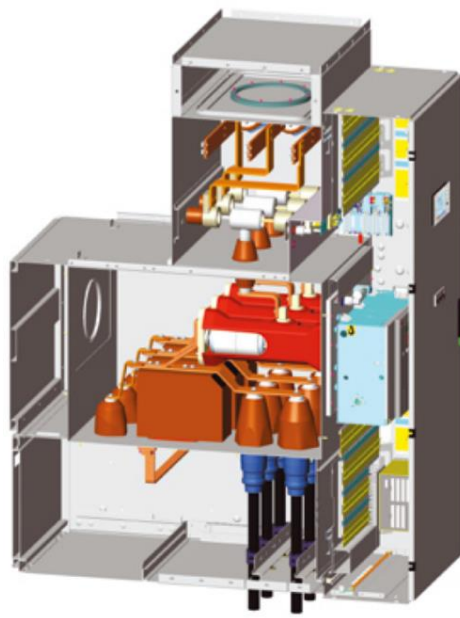


Fig. 34: Vista interior de las celdas.

Es fundamental controlar que en todo momento la presión de operación sea la correcta. Para ello:

- En los compartimentos individuales, la presión de llenado está monitoreada por sensores de densidad:
 - Sensor de presión para el compartimento del interruptor.
 - Sensor de presión para el compartimento de barras.
- En el caso de que la presión de un compartimento de gas descendiese a un nivel inferior del nivel de alarma para el aislamiento de dicho compartimento, el sistema de protección lo detectaría y las lámparas de señalización lo indicarían.

4.2.1. Característica principal: tecnología enchufable

Tanto el cableado como los embarrados y los transformadores de tensión están conectados a los paneles mediante tecnología enchufable.

El sistema de conexión de enchufes de cables consiste en un sistema interno de conexión cónica enchufable de cable y zócalos, de acuerdo con EN 50181.

Los zócalos para cables enchufables, montados de manera estanca al gas, mantienen la separación entre el compartimento de gas aislante y el compartimento de terminal de cables.

Este tipo de tecnología permite un montaje simple y seguro que no requiere ningún tipo de tornillo para la unión de las diferentes piezas.

Esta tecnología enchufable asegura un sistema dieléctricamente seguro incluso a presión atmosférica, con un sellado estanco durante toda la vida útil de la aparamenta y garantizando el máximo ahorro de espacio.

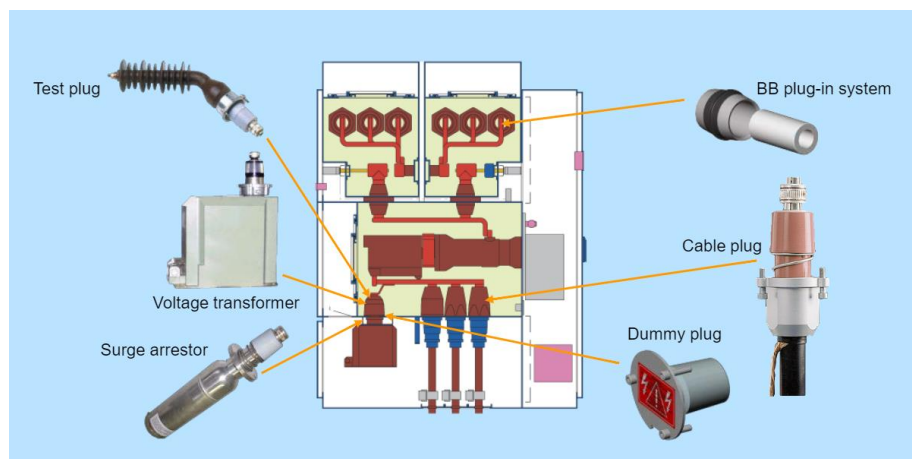


Fig. 35: Detalle elementos enchufables.

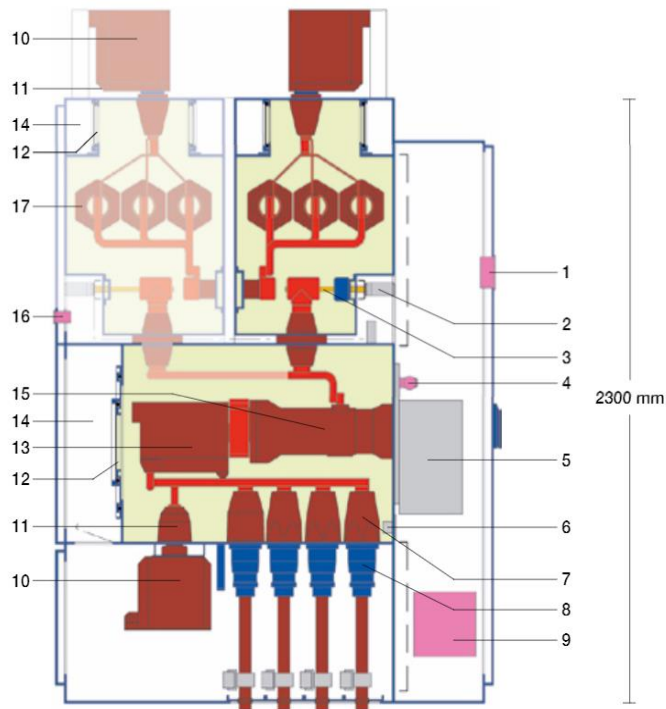


4.3. Datos técnicos

Información eléctrica	Valores de la norma IEC
Tensión nominal (kV)	24
Tensión nominal soportada a frecuencia industrial (kV)	50
Tensión nominal soportada de impulso (kV)	125
Frecuencia nominal (Hz)	50
Corriente nominal de barras (A)	1250/2500
Corriente nominal de las salidas (A)	1250/2000/2500
Corriente nominal soportada pico (kA)	100
Corriente nominal de corta duración para 3 s (kA)	40
Corriente nominal de apertura de cortocircuito del interruptor 3s (kA)	40
Corriente nominal de cierre de cortocircuito de interruptor (kA)	100
Secuencia nominal de operación	O-0,3 s-CO-3 min-CO
Sistema de gas aislante	
Gas aislante	SF6
Presión mínima para aislamiento (kPa)	100
Nivel de alarma para aislamiento (kPa)	120
Nivel nominal de llenado para aislamiento (kPa)	130
Información sobre el motor y el desenganche	
Motor de carga (W)	max. 210
Bobina de cierre (W)	250-310
Bobina de apertura (W)	250-310
Tensión nominal de alimentación	
Tensión CC (V)	60,110,220
Grado de protección (IEC 60529)	
Compartimentos estancos al gas	IP65
Gabinete de control	IP4X

4.4. Descripción de la aparamenta

4.4.1. Esquema de celdas



Partes del alimentador

1. Unidad de control HMI
2. Mecanismo de operación del seccionador de 3 posiciones
3. Seccionador de 3 posiciones
4. Sensor de presión (con compensación de temperatura)
5. Mecanismo de operación del interruptor
6. Terminales secundarios del transformador de corriente
7. Zócalos para cables enchufables
8. Conectores
9. Protección multifuncional y unidad de control de la aparamenta
10. Transformador de tensión
11. Conector multifuncional
12. Disco de descarga de presión
13. Transformador de intensidad
14. Conducto de descarga de presión
15. Interruptor
16. Conectores de medida para sistemas indicadores de voltaje capacitivos
17. Embarrados
18. Gas aislante (color amarillo)

Fig. 36: Panel tipo ZX2, barra doble, 2500 A, 4 conectores, medición de voltaje de los cables y embarrados.

4.4.2. Componentes

4.4.2.1. Módulo del interruptor

El modelo del interruptor es el VD4-X. Este modelo de interruptor está diseñado para ser utilizado en paneles encapsulados estancos al gas.

Además de sus funciones principales de cierre, apertura y apertura de cortocircuitos, la puesta a tierra se lleva a cabo mediante el interruptor, en lugar del seccionador de puesta a tierra. Esta opción es una gran ventaja dado que un interruptor tiene mayor calidad y se produce un mayor número de ciclos de conmutación sobre las faltas.

También existe una opción de puesta a tierra adicional mediante el interruptor, en combinación con un seccionador de tres posiciones.

El interruptor está situado en una placa de montaje, permitiendo la estanqueidad requerida en los paneles aislados en gas. Está conectado a los polos del interruptor por medio de un buje estanco.

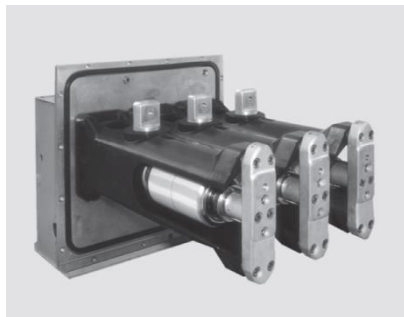


Fig. 37: Interruptor modelo VD4-X.

El mecanismo de operación está ubicado fuera del compartimento de gas

Tanto el montaje estático del interruptor, como la no necesidad de mantenimiento durante toda su vida útil, permiten que la función de seguridad sea lo más precisa posible.

Durante las operaciones de conmutación no hay contaminación del gas SF₆.

**4.4.2.1.1. Condiciones normales de funcionamiento**

De acuerdo con las normativas VDE 0670 parte 1000 e IEC 60694, se establecen los siguientes valores:

Temperatura ambiente	
Máxima	40 °C
Máximo promedio de 24 h	35 °C
Mínimo	-5 °C
Humedad	
El valor promedio de la humedad relativa, tomado durante un período de 24 hs., no excede el	95 %
El valor promedio de la presión del vapor de agua, tomado durante un período de 24 hs., no excede	2,2 kPa
El valor promedio de la humedad relativa, tomado durante un mes, no excede el	90 %
El valor promedio de la presión del vapor de agua, tomado durante un mes, no excede	1,8 kPa
Aire ambiente	
El aire ambiente no debe estar significativamente contaminado por polvo, humo, gases corrosivos o inflamables, vapores o sal.	

En caso de darse alguna condición operativa especial se debe tener en cuenta que:

- Ante una temperatura ambiente superior a la máxima establecida, disminuye la capacidad de conducción de la corriente y se requiere ventilación adicional para disipar el calor.
- En caso de zona muy húmeda, tomar medidas preventivas como instalación de calefactores en el compartimento de baja tensión para evitar la condensación.

**4.4.2.1.2. Información técnica**

Información eléctrica	Valores según normas IEC
Tensión nominal (kV)	24
Tensión operativa máxima (kV)	24
Sistema de gas aislante	
Gas aislante	SF6
Nivel de operación mínimo para aislamiento (kPa)	100
Nivel de alarma para aislamiento (kPa)	120
Nivel de llenado nominal para aislamiento (kPa)	130
Datos eléctricos	
Tensión nominal aplicada a frecuencia industrial (kV)	50
Tensión nominal aplicada de impulso (kV)	125
Todas las tensiones son válidas para una presión de gas aislante absoluto a 20°C (kPa)	100
Frecuencia nominal (Hz)	50/60
Corriente nominal (A)	1250/2000/2500
Secuencia nominal de operación	O-0.3 s- CO - 3 min - CO

4.4.2.1.3. EstructuraEstructura de los polos del interruptor

Los polos están encajados de forma estanca mediante cojinetes en la placa de montaje. Están ubicados en la parte posterior del mecanismo de operación del interruptor, colocados en forma horizontal.

Las partes vivas de los polos se encuentran encapsuladas en resina epoxi y tienen una protección frente a golpes u otro tipo de influencias externas.

Estructura de los mecanismos de maniobra

El mecanismo de maniobra es del tipo de acumulación de energía por resorte. Dicha acumulación de energía se carga mediante un motor. La energía de operación necesaria se almacena mediante la carga del resorte acumulador de energía.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Este mecanismo es especialmente útil para la operación de autocierre, y dado que los tiempos de carga son cortos, también es muy apropiado para el autocierre de disparos múltiples.

En caso de emergencia, se pueden efectuar las operaciones manualmente mediante una palanca de carga.

4.4.2.1.4. Funcionamiento

Carga del mecanismo de acumulación de energía por resortes

Para abastecer la energía de operación necesaria, el mecanismo de acumulación de energía por resortes se carga de manera automática mediante un motor de carga.

En caso de emergencia, esta operación de carga se realiza manualmente mediante un movimiento vertical con una palanca de carga.

Como condición para que se produzca la secuencia de autocierre, se carga automáticamente el mecanismo después de la operación de cierre realizada por el motor de carga.

Procedimiento de cierre

Este procedimiento se inicia mediante la activación de la bobina de cierre. A continuación, el mecanismo de desenganche, mediante un resorte espiral, provoca la rotación del eje de otro mecanismo. A través de un disco de levas y de cadenas cinemáticas se levanta el contacto móvil hasta que los contactos se tocan.

Procedimiento de apertura

Este procedimiento comienza a partir de la activación de un desenganchador o a través de un pulsador mecánico. A continuación, el mecanismo de desenganche hace que, mediante el resorte espiral, el eje del mecanismo gire aún más. De esta forma se produce el desenganche del resorte de apertura, que separa los contactos hasta la posición de abierto a una velocidad fijada.

Secuencia de autocierre

Una secuencia de autocierre cerrar-abrir o cerrar-abrir-cerrar se activa y controla a través del sistema de protección. Para que se inicie cualquiera de estas secuencias es necesario que el interruptor esté en la posición de cerrado. Después de cada operación de cierre del interruptor, se realiza automáticamente el proceso de recarga. Durante dicho proceso de recarga,



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

es posible que se produzca la apertura del interruptor, pero el siguiente cierre se bloquea hasta finalizar el proceso de carga.

Principio extintor de las ampollas de vacío

En la cámara del interruptor la presión es baja, por lo que la distancia aislante requerida para conseguir un dieléctrico elevado es considerablemente pequeña.

En las cámaras de vacío, la corriente se extingue en uno de los primeros pasos por cero de la corriente.

La pequeña distancia aislante junto con la alta conductividad del medio, hacen que tanto la caída de tensión como la energía del arco eléctrico sean extremadamente bajas, lo que tiene un efecto muy positivo en la vida útil de los contactos y de las ampollas de vacío.

4.4.2.2. Seccionador

Los seccionadores que incorporan los paneles ZX2 son del tipo seccionadores de tres posiciones. Los elementos de operación activos están ubicados en el compartimento de gas aislante. Por el contrario, se requiere que el mecanismo de operación esté ubicado en un lugar de fácil acceso: el compartimento de baja tensión.

4.4.2.2.1. Información técnica

Datos eléctricos	Valores de la norma IEC
Tensión nominal (kV)	24
Tensión nominal soportada a frecuencia industrial a través de la distancia aislante (kV)	60
Tensión nominal soportada de impulso a través de la distancia aislante (kV)	145
Corriente nominal (A)	1250
Corriente nominal soportada pico (kA)	100
Corriente nominal de corta duración para 3s (kA)	40

4.4.2.2.2. Descripción general

El mecanismo de operación consta de los siguientes elementos:

- Un perno, operado por un motor, controla el contacto móvil.
- La detección de la posición se lleva a cabo mediante sensores de proximidad o contactos auxiliares.
- Indicadores de posición mecánicos.
- Sistema manual para la operación de emergencia.

Los seccionadores de línea son operados por un motor y tienen tres funciones diferenciadas: conexión, seccionamiento y puesta a tierra.

Las tres posiciones de maniobra vienen indicadas por el mecanismo de operación. La posición de seccionamiento está en el centro. En las posiciones límite, el seccionador y la cuchilla de puesta a tierra accionados, el contacto de cuchillas (parte deslizante) alcanza los contactos aislantes que poseen uno o dos contactos en espiral.

Por motivos de seguridad, si se requiere, se pueden incluir ventanas de inspección para la observación de los contactos de desconexión.

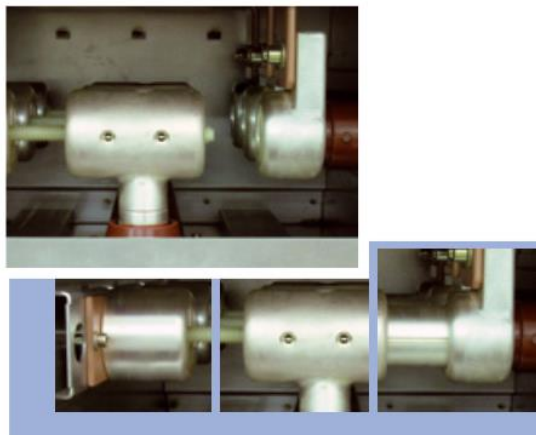


Fig. 38: Seccionador de tres posiciones.

4.4.2.3. Control y operaciones

El sistema de control y operación consta de tres partes principales:

- Unidad de protección multifuncional y unidad de control con un esquema unifilar dinámico.
- BCU (unidad de control de posición) con esquema unifilar estático e indicador de posición de barras mediante iluminación LED.
- Dispositivo multifunción personalizado.



Los interbloques de los paneles y la secuencia de operaciones de maniobra se controlan mediante el sistema de control y operación.

Las mediciones, entre las que se incluyen las de corrientes, tensiones, energía y potencia activa y reactiva y número de ciclos de horas de operación, entre otras, aparecen como números y diagramas de barras en la pantalla.

Las alarmas y las señalizaciones de fallo se indican mediante texto por los LED.

La unidad de control y operación se puede conectar a un sistema de automatización mediante cables de fibra óptica, los cuales anulan las interferencias electromagnéticas.

4.4.2.4. Protecciones

Las protecciones RE_series cubren desde la protección de sobrecorriente hasta la protección de distancia.

Con el fin de evitar situaciones peligrosas, así como un funcionamiento defectuoso, el sistema de protección dispone de una serie de interbloques para proteger tanto al personal como a la propia celda.

4.4.2.5. Medición de corriente

La medición de la intensidad se lleva a cabo mediante dos elementos, ambos situados en el compartimento del gas:

- El transformador de corriente.
- Los sensores de intensidad tipo Rogowski.

Estos sensores ofrecen una altísima precisión y un comportamiento de gran calidad dado que no presenta efecto de histéresis o saturación del núcleo

ferromagnético ni ningún tipo de magnetismo remanente. Permiten la medición de corriente en tiempo real con una rápida velocidad de respuesta.

4.4.2.6. Medición de tensión

La medida del voltaje se lleva a cabo a través de dos elementos principales:

- Transformadores de tensión enchufables en aire.
- Sensores de tensión en el compartimento de gas.

4.4.2.7. Conexión a sistemas de automatización

Es posible la conexión a un sistema de automatización más elevado dependiendo del tipo de protección y el dispositivo de control. Están disponibles interfaces desde SPA-Bus hasta IEC 61850.

4.4.2.8. Comunicación

La comunicación entre paneles y sistemas de automatización puede ser llevada a cabo mediante protecciones multifuncionales equipadas, unidades de control y guías de ondas a lo largo de todos los paneles.

La tecnología de guía de ondas es un método simple, fiable y sin cables, de transmisión de datos en las subestaciones. Es más rápido y fácil de instalar y requiere menos mantenimiento que las comunicaciones tradicionales entre los distintos elementos de la aparamenta basada en la transmisión por cable.

Esta innovadora tecnología trabaja en el rango de las microondas, en el orden de GHz, y las pérdidas operando en alta potencia son mínimas.

4.4.3. Dimensiones



Anchura (mm) a	800
Altura (mm) b	2300
Profundidad (mm) c	1860

Fig. 39: Medidas celda



4.5. Seguridad

En lo referente a seguridad, todos los equipos de alto voltaje están encapsulados con un diseño capaz de soportar fuertes golpes.

Para incrementar al máximo la seguridad, las celdas cuentan con un sistema reductor de presión que garantiza la presión óptima en cada instante. El alivio de la presión se canaliza por los conductos de alivio de presión:

- Si se produjese un fallo de arco interno, automáticamente se abre el disco de alivio de presión correspondiente colocado en el compartimento del interruptor o en el compartimento de barras dentro del conducto de alivio de presión. Los gases se dirigen por los conductos correspondientes hacia el exterior.
- En el caso de que se produjese un fallo de arco en el compartimento de cables se abre una compuerta de alivio de presión ubicada en el conducto de alivio de presión.

4.6. Inspección y mantenimiento

El mantenimiento garantiza un funcionamiento sin problemas y logra una vida útil máxima del equipo. De acuerdo con IEC 60694, comprende las siguientes actividades estrechamente relacionadas:

- Inspección: Verificación del estado actual
- Mantenimiento: Medidas para conservar el estado especificado
- Reparación: Medidas para restablecer el estado especificado.

No es necesaria la recarga de gas aislante en condiciones normales dado que es un sistema de presión sellado para el que no es necesaria la recarga durante su vida útil prevista.

Los compartimentos de gas son libres de mantenimiento en condiciones normales.

Con todo esto, la inspección consiste únicamente en inspección visual a través de las ventanas de inspección colocadas en los distintos equipos, así como pruebas funcionales rutinarias.

Otro punto fundamental es la presión de operación mínima para el aislamiento de los compartimentos de gas. Se mide de forma automática mediante sensores de densidad, los cuales emiten una señal cuando:

- La presión de operación es inferior a la presión mínima requerida para el aislamiento.
- Se corta la conexión eléctrica entre el sensor y la unidad receptora.
- El sensor es defectuoso.



5. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

El elemento principal en el diseño de la subestación eléctrica es el transformador de potencia. En este caso era necesario disponer de un transformador con una relación de transformación de 220 kV/20 kV.

Los transformadores seleccionados son del fabricante PAUWELS y tienen una potencia nominal de 60 MVA. Se emplearán dos transformadores, dejándose el espacio necesario para una posible ampliación de un tercer transformador.

Los transformadores han sido diseñados cumpliendo la normativa UNE 60076.

Se realizarán las pruebas y ensayos necesarios recogidos por la normativa IEC 60044 y UNE 20101.

5.1. Características generales

Datos de la red	
Frecuencia	50 Hz
Tensión asignada alta	220 kV
Tensión asignada baja	20 kV
Tensión máxima de servicio alta	245 kV
Tensión máxima de servicio baja	24 kV
Relación X_0/X en red alta	3
Relación X/R en red alta	>14
Relación X_0/X en red baja	∞
Relación X/R en red baja	>14
Disposición del neutro en red alta	A tierra
Disposición del neutro en red de baja	Aislado
Aptitud ante cortocircuito	
Duración	2 s
Factor de cresta	2,55
Conexión neutros transformador (primario/secundario)	Rígido a tierra/Aislado
Tensión de servicios auxiliares en la subestación de destino	
Corriente alterna	3×400/230 Vca (+10%/-20%)
Corriente continua 1	125 Vcc(+10%/-20%)
Corriente continua 2	48 Vcc(+10%/-20%)

Condiciones de servicio	
Temperatura ambiente máxima	+40 °C
Temperatura ambiente mínima	-25 °C



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Temperatura ambiente media máxima (24 horas)	+35°C
Humedad relativa máxima	100 % (a 25 °C)
Altitud máxima sobre el nivel del mar	1000 m

Datos del transformador	
Normas de proyecto, construcción, ensayos y tolerancias	CEI_UNE
Potencia asignada en servicio continuo:	
Arrollamiento AT	60 MVA
Arrollamiento BT	30-30 MVA
Arrollamiento terciario	≥20 MVA
Tipo de refrigeración	ODAF
Inducción máxima en el núcleo al 100%/110% de la tensión nominal	1.77 T / 1.95 T
Corriente en vacío al 100%/110% de la tensión nominal	0.20 / 1.7 %
Intensidad máxima admisible en el momento de la conexión y el tiempo en segundos de duración desde AT y BT	AT 1.2 kA cresta – 3.0 s BT 10.3 kA cresta – 2.7 s
Sobreexcitación admisible sin límite de tiempo y a plena carga	110 %
Grupo de conexión	
Entre primario y secundario (AT/ BT1 y AT/ BT2)	YNyn0
Entre primario o secundario y terciario	YNd11
Tensión asignada en vacío	
Arrollamiento AT	230 ± 10×3,45 kV
Arrollamiento BT	21 kV
Arrollamiento terciario	≤15 kV
Chapa magnética	
Tipo de chapa magnética empleado	M2H
Pérdidas en W/kg (100/110%)	1.05 W / kg @ 1.7 T
Masa total de chapa magnética	ca. 31 T
Fabricante de chapa magnética	UGO
Proceso de tratamiento de chapa magnética	cold rolled oriented
Tipo de núcleo	Tres columnas
Calentamiento	
Calentamiento medio de los arrollamientos	≤ 70°C
Calentamiento máximo en los arrollamientos, en marcha continua, 100% de carga y 40 °C de temperatura ambiente	≤78 ° C
Calentamiento máximo en el aceite	≤ 60°C
Pérdidas	
Pérdidas en vacío al 100% /110% de la tensión nominal	34.5 / 55.0 kW
Depósito conservador	
Sistema de preservación del aceite	Abierto con desecadores



5.2. Núcleo magnético

La forma constructiva del transformador de potencia será de núcleo de tres columnas.

El diseño de núcleo de tres columnas es el más utilizado dado que presenta una gran facilidad para la sustitución de bobinados, ensamblaje y reparación en caso de avería. Debido a su forma constructiva, tiene que ser tratado en posición vertical

El objetivo principal es conseguir reducir el valor de pérdidas originadas por las corrientes parásitas, así como las pérdidas de vacío (histéresis). Para ello, el núcleo se fabricará a partir de chapas de acero al silicio de grano orientado de 0,35 mm de espesor aproximadamente. Dicho material es un acero especial que se utiliza por sus buenas propiedades magnéticas, como son su alta permeabilidad y las bajas pérdidas por histéresis. El silicio incrementa la resistividad del material.

Las chapas se laminarán en frío para conseguir que la dirección de laminación sea magnéticamente la más favorable, dejando pasar fácilmente el flujo en el sentido del laminado, y siendo éste prácticamente nulo en el sentido perpendicular al laminado.

Se deben recubrir cada una de las chapas de una fina capa de material aislante. El aislante es un óxido obtenido a partir de un tratamiento termoquímico que se denomina comercialmente Carlite.

Con respecto al montaje de las chapas, debe llevarse a cabo de forma que existan en el núcleo conductos de enfriamiento para conseguir eliminar los posibles puntos calientes y conseguir una distribución de campo magnético lo más uniforme y simétrica posible.

Las columnas tienen que ser fuertemente prensadas mediante bloqueos y pernos pasantes adecuadamente aislados. Las culatas deben ser bloqueadas por medio de perfiles de acero y sistemas de tirantes y pernos aislados.

El armazón que soporta el núcleo debe ser una estructura que posea la resistencia mecánica necesaria para que no presente deformaciones permanentes en ninguna de sus partes.

El núcleo debe estar siempre conectado a tierra. El devanado de menor tensión se dispone siempre más cercano al núcleo con el fin de evitar elevados gradientes de potencial. Para evitar acumulaciones de cargas electrostáticas, esta conexión a tierra será accesible desde el exterior mediante borna pasatapas.



5.3. Arrollamientos

Los arrollamientos deben ser de conductores de cobre electrolítico aislados en papel. Deben estar libres de impurezas e imperfecciones y, siempre que sea posible, sin soldaduras. Serán circulares, dado que este tipo presenta la mayor resistencia frente a cortocircuitos.

Los materiales empleados deben ser insolubles y químicamente inactivos en baño de aceite caliente. Por tanto, no se admitirá la utilización de soportes aislantes de madera por tratarse de un material inflamable.

Tanto las bobinas como el núcleo, deben secarse al vacío e impregnarse inmediatamente después de aceite dieléctrico para asegurar de esta forma la completa eliminación de humedad y aire de los materiales aislantes.

El arrollamiento terciario se empleará únicamente como devanado de compensación, y nunca alimentará a ninguna carga.

Para asegurar la presión necesaria sobre el conjunto de núcleo y arrollamientos, se colocarán tirantes asegurados por tuercas.

Arrollamientos	
Descripción esquemática de los arrollamientos	
Disposición relativa	TE – BT – AT – Reg
Método de bobinado	
AT	disco
Regulación	Capa
BT	Capa
Terciario	Capa
Sección cobre	
AT	45 mm ²
Regulación	51.6 mm ²
BT	400 mm ²
Terciario	230 mm ²
Densidad de corriente	
AT	3.89 A/ mm ²
Regulación	3.44 A/ mm ²
BT	2.70 A/ mm ²
Terciario	2.91 A/ mm ²
Fabricante del cobre	Bergman
Características del cobre	E-Cu F20 acc. DIN 40500
Tipo de cartones y elementos aislantes	PSP



Nivel de aislamiento de los arrollamientos	
Tensión aplicada a 50 Hz durante 60 seg. Valor eficaz	
AT	140 kV
Neutro de AT	140 kV
BT	50 kV
Neutro de BT	50 kV
Terciario	50 kV
Tensión de ensayo con impulso tipo rayo valor cresta	
AT	1050 kV
Neutro AT	325 kV
BT	125 kV
Neutro BT	125 kV
Terciario	125 kV
Tensión de ensayo con impulso tipo maniobra valor cresta:	
AT	850 kV

5.4. Aceite

El aceite debe ser de tipo parafínico o nafténico, y cumplir los requisitos impuestos por la norma UNE-EN 60296. De acuerdo con esta norma, el aceite no contendrá sustancias inhibidoras en su composición química.

La cantidad de aceite que se debe suministrar debe ser aquella necesaria para el transformador incluyendo cuba, el depósito de expansión, el equipo de refrigeración, aisladores pasantes y, donde fuese necesario, una reserva adicional de aproximadamente un 5% del volumen neto de aceite.

El aceite deberá ser suministrado junto con el transformador, pero envasado de forma separada en tambores de acero herméticamente cerrados y con precinto de la refinería. El transformador se transportará sin aceite.

Las dos funciones principales del aceite del transformador son servir como aislante y como medio refrigerante. Es por ello que debe reunir las siguientes características:

- Baja viscosidad
- Baja temperatura de congelación
- Elevada conductividad térmica
- Alta tensión de ruptura dieléctrica
- Buena estabilidad química
- Ausencia de compuestos corrosivos



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Elevada estabilidad a la oxidación
- Ausencia de humedad y sólidos en suspensión
- Alta temperatura de inflamación
- Bajas pérdidas dieléctricas
- Totalmente libre de PCBs (policlorobifenilos) y PCTs (policloroterfenilos)

Los aceites minerales empleados como aislantes eléctricos derivan de la destilación fraccionada del petróleo bruto. Están formados por una mezcla de hidrocarburos que aporta unas buenas propiedades físicas y químicas.

Con el fin de eliminar totalmente los compuestos corrosivos, esta mezcla de hidrocarburos es sometida a un proceso de refinado. Tras este proceso, el aceite obtenido es muy resistente a la oxidación, garantizándose la ausencia de materias sólidas, compuestos polares y productos precipitables a bajas temperaturas.

Es muy importante el uso de aceites de elevada pureza para asegurar una larga vida útil del producto sin necesidad de intervenciones.

Las características técnicas del aceite se adjuntan en la siguiente tabla:

Tipo de aceite mineral	Nafténico
Fabricante y referencia	Nynas NytroTaurus
Aditivo antioxidante	U (aceite sin inhibir)
Temperatura mínima de inflamación	$\geq 135\text{ }^{\circ}\text{C}$
Densidad a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\leq 0,895\text{ kg/cm}^3$
Viscosidad cinemática a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$	$12\text{ mm}^2/\text{s}$
Viscosidad cinemática a -30°C	$\leq 1.800\text{ mm}^2/\text{s}$
Punto de congelación máximo	$-40\text{ }^{\circ}\text{C}$
Tensión interfásica a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\geq 40 \times 10^{-3}\text{ N/m}$
Acidez	$\leq 0,01\text{ mg KOH/g}$
Azufre corrosivo	No corrosivo
Contenido en agua	$\leq 30\text{ mg/kg}$
Estabilidad a la oxidación	
Acidez total	1.20 mg KOH/g
Lodo en peso	$\leq 0,8\text{ }\%$
Tensión de ruptura con aceite tratado	$\geq 70\text{ kV}$
Factor de pérdidas a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ y entre $40\text{--}60\text{ Hz}$	$\leq 0,005$
Contenido en Policlorobifenilos (PCB's)	No detectable
Sistema de preservación de aceite	Abierto con desecadores



Dentro de las propiedades físico-químicas del aceite aislante recogidas en la tabla, cabe destacar los siguientes puntos:

- Aditivos antioxidantes: También conocidos como inhibidores, reducen la oxidación del aceite y por tanto la formación de lodos y acidez. En este caso se ha utilizado aceite no inhibido, marcado como 'U'.
- Punto de congelación: Es la temperatura más baja a la cual fluye el aceite. Es conveniente que este valor sea lo más bajo posible.
- Factor de pérdidas dieléctricas: Son proporcionales a la cantidad de impurezas y compuestos polares originados por el envejecimiento del aceite. Un factor de pérdidas bajo indica que el aceite es de gran calidad y pureza.
- Acidez: Indica el contenido en compuestos ácidos que reducen las características dieléctricas del aceite. Estos ácidos son causados por la oxidación del aceite.
- Azufre corrosivo: Como en este caso, se debe garantizar que el azufre no es corrosivo, dado que, si lo fuese, su actuación con el cobre es especialmente nociva.

5.5. Depósito de expansión

El depósito irá preferentemente sujeto con ménsulas a la cuba del transformador, sobre tapa, con el objetivo de minimizar la superficie ocupada en planta. Estará preparado para soportar el pleno vacío.

El depósito de expansión trabaja bajo el principio de los vasos comunicantes. Se diseña para que todas las partes internas del transformador estén siempre sumergidas.

Con el fin de vigilar el funcionamiento interno y evitar posibles daños, se instala un relé Buchholz entre el depósito de expansión y la cuba.

El depósito debe tener una capacidad tal que el nivel de aceite no descienda en ningún caso por debajo del nivel de los flotadores del relé Buchholz. Por otro lado, permitirá como máxima sobrecarga la establecida por la norma UNE 20110.

Deberá estar dividido en dos compartimentos independientes, una para la cuba y otra para el cambiador de tomas en carga, siendo los requerimientos idénticos para cada una de las secciones. El aceite de la cuba y el aceite del cambiador de tomas no deben estar de ninguna forma conectados.

El aceite de cada uno de estos recintos independientes debe estar comunicado con la atmósfera a través de su correspondiente desecador de aire con silicagel. Asimismo, debe disponer una mirilla de cristal que permita ver todo su contenido. Se suministrarán por tanto dos desecadores de aire con carga de silicagel recuperable.



Para llenar y vaciar los dos compartimentos del depósito de expansión, se dispondrá de un sistema con doble válvula de bola. Una se colocará a la salida del depósito y la segunda a una altura accesible a nivel del suelo. Ambas válvulas estarán conectadas por una tubería de bajada.

5.6. Cuba

Está construida con chapas de acero de bajo porcentaje en carbono, las cuales permiten ser soldadas y reforzadas con perfiles de acero con una mayor facilidad. Las juntas de las chapas deben ser a prueba de aceite caliente.

La cuba y la tapa del transformador deben ser capaces de soportar una presión de un 25% superior a la presión máxima de trabajo sin sufrir deformaciones permanentes.

Todas las bridas, argollas de montaje, juntas, etc., y las demás partes fijadas al tanque deben estar unidas por soldadura.

Debe formar un cuerpo único no subdivisible, al cual se atornillará la tapa. No se permite unión soldada ni construcción en campana. La tapa de la cuba debe ser proyectada de forma que se evite la formación de depósitos de agua sobre la superficie externa, y posibilitar que las burbujas de gas y aire se dirijan hacia el relé Bucholz.

La cuba dispone de una válvula de sobrepresión. Se debe garantizar la coordinación de actuación tanto a presión como a gradiente de presión. Dicha válvula deberá abrir ante cualquier sobrepresión interna superior a su presión máxima de tarado, causada por perturbaciones internas, y volverá a cerrar después de su actuación. La válvula es del fabricante Qualitrol y dispone de cuatro contactos de actuación para señalización de alarma. De la misma forma, incorporará un sistema deflector con canalización de aceite hacia el foso del transformador en el caso de actuación de las válvulas de alivio de protección de cuba.

Adicionalmente a las válvulas de sobrepresión, se pueden emplear discos de ruptura para conseguir la selectividad anterior.

Entre el núcleo arrollado y el fondo de la caja, se debe ajustar el espacio suficiente que permita recoger los sedimentos.

La cuba vendrá preparada con dos placas de puesta a tierra de acero. Las placas de puesta a tierra llevarán terminales de tipo mordaza, dos tornillos de fijación como mínimo. Dichos terminales estarán ubicados en dos extremos opuestos de la parte inferior de la cuba de forma que no interfieran con los apoyos para elevación por gatos y estarán preparados para albergar un conductor de cobre de sección de



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

hasta 185 mm². Es posible la conexión del cable de tierra en forma de bucle gracias a la grapa suministrada.

La cuba se diseñará de tal forma que, previo vaciado de aceite y levantamiento de las tapas, se permita la inspección del estado de compresión de los separadores de las bobinas en toda su longitud y su reapretado por personal especializado en caso necesario.

Las características técnicas de la cuba se detallan en la siguiente tabla:

Cuba	
Tipo de cuba	Tapa superior atornillada
Espesor de la cuba	8 mm
Peso total de la cuba	10.5 T
Fabricante de la cuba	BMT
Fabricante y tipo de válvulas de sobrepresión	Qualitrol
Número de válvulas de sobrepresión	1
Sobrepresión interna máxima admisible	≥1 bar
Número de fijaciones de la unión Núcleo/Tapa	mínimo 4
Pérdidas de radiación cuba a plena carga y temp. ambiente a 20 °C y 40 °C	aprox. 40 kW

5.7. Ruedas y elementos de elevación

El transformador dispondrá de ruedas de transporte de acero forjado o fundido, con pestañas delgadas orientables en las dos direcciones. Se diseñará de forma que el ancho de vía entre caras internas del raíl sea fácilmente intercambiable entre 1674 mm y 1930 mm para permitir tanto el desplazamiento vertical como el longitudinal. Las ruedas tendrán dispositivo de bloqueo y los tandem serán pivotantes.

El transformador quedará apoyado sobre dos secciones transversales al transformador realizadas sobre la bancada de hormigón. Dichas secciones son simétricas respecto a los centros de las ruedas.

Adicionalmente, la base de la cuba será construida de tal forma que el centro de gravedad del transformador no caiga fuera de los elementos de sustentación de la cuba hasta la posible inclinación del transformador de 15° con respecto al plano horizontal.



5.8. Válvulas

Se han seleccionado las válvulas del fabricante Econosto y serán de tipo bola.

El transformador debe disponer de las siguientes válvulas:

- Dos válvulas de filtrado dispuestas en lados opuestos de la cuba y en la parte superior e inferior. Estas válvulas deben garantizar un caudal mínimo de 12000 l/hora y diámetro nominal DN80.
- Dos válvulas para toma de muestras de aceite con conexionado rápido, situadas a una altura media de la cuba y en la parte inferior. No se admite manguito interno y colocar ambas válvulas en la parte inferior. Con el fin de poder analizar los gases disueltos en el aceite para la posible detección de los defectos incipientes, el dispositivo para recoger muestras de aceite se debe diseñar de forma que se puedan recoger muestras de aceite sin que éste entre en contacto con la atmósfera.
- Una válvula para vaciado total de diámetro nominal DN80. Estará ubicada en la parte inferior de la cuba.
- Una válvula de conexión a equipo analizador de gases disueltos.

La caja adaptadora de aceite en 230 kV dispone de las siguientes válvulas:

- Una válvula de llenado.
- Una válvula de vaciado.
- Una válvula de conexión de depósito conservador.
- Una válvula de conexión a equipo analizador de gases disueltos.
- Una válvula de toma de muestras con conexionado rápido.

Las válvulas de aislamiento de cuba y radiadores o aero-refrigerantes son independientes y no estarán soldadas ni a la cuba ni a la tubería del refrigerante. Deben llevar la indicación de abierto o cerrado.

5.9. Tornillería y juntas

Toda la tornillería debe ser de acero inoxidable. Los tornillos del cierre de la tapa deben tener arandelas de presión en la parte inferior de los mismos.

El tipo de material utilizado en las juntas deberá ser caucho nitrilo y el tipo de juntas debe ser doble.

Las bridas para las bornas, tapas y demás accesorios atornillados deben diseñarse de forma que las juntas de estanqueidad no queden en contacto con el



exterior, e incluirán superficies de asiento que impiden el aplastamiento de dichas juntas.

5.10. Bornas

Las características de las bornas del transformador se detallan en la siguiente tabla:

Tensión más elevada del material	245 kV
Tipo de borna	Enchufable
Fabricante y modelo	MICAFIL RTKK 245-1050/1000
Intensidad nominal	1000 A
Caja de aceite de AT	
- Tensión máxima del material	245 kV
- Nivel de aislamiento asignado	460/1.050 kV
- Intensidad asignada	1000 A
- Calentamiento	≤ 60 K
- Cable de conexión	Al 800/1.200 mm ² (127/220 kV)
- Volumen de aceite	aprox. 2100 litros
Neutro de alta. N° y tensión más elevada del material	1/72,5 kV
Tipo de borna	Enchufable
Fabricante y modelo	Pfisterer
- Intensidad nominal	2500 A
- Cable de conexión	Cu 2x630 mm ² (12/20 kV)
- Referencia Pfisterer (hembra/macho)	827.660.001 / 850.320.630
Neutro de baja. N° y tensión más elevada del material	2/24 kV
Tipo de borna	Enchufable
Fabricante y modelo	Pfisterer
- Intensidad nominal	2500 A
- Cable de conexión	Aislado
- Referencia Pfisterer (hembra/tapón ciego)	827.110.001 / 827.150.004
Terciario. N° y tensión más elevada del material	4/24 kV
Tipo de borna	Convencional
Fabricante y modelo	DIN
- Intensidad nominal	1000 A
- Línea de fuga específica/Total	25 mm/kV / 600 mm
- Material borna/capuchón	Porcelana



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

El lado de alta tensión está diseñado para aceptar los bujes abiertos. Dispondrá de tres cajas de aceite para conectar los cables que llegan desde el suelo. Estas cajas se podrán girar 180°, de manera que se pueda instalar sobre ellas bornas convencionales para conectar conductor desnudo.

Las bornas son enchufables y convencionales como se indica en la tabla.

Todos los aisladores pasatapas deben ser estancos a gases y al aceite.

Tanto las bornas de fase como de neutro pertenecientes al primario y al secundario deben ser idénticas independientemente de que en alguna de ellas vaya alojado un transformador de intensidad. De esta forma, se necesita una única borna por nivel de tensión como repuesto.

Como se indica en la tabla, el arrollamiento terciario del transformador tiene cuatro bornas convencionales sobre la tapa. El aislamiento externo de estas bornas es de porcelana. Dos bornas estarán perfectamente protegidas por capuchones aislantes, que se acoplarán al terminal mediante unión roscada. Las otras dos bornas se emplean para cerrar el triángulo mediante pletina que se conectará equipotencialmente a la tapa del transformador.

La placa del transformador llevará placas de identificación de bornas con la siguiente notación:

- Terminales de primario..... 1U,1V,1W,1N
- Terminales de secundario..... 2U,2V,2W,2N
 - 2U₁, 2V₁, 2W₁, 2N₁ y 2U₂, 2V₂, 2W₂, 2N₂ en caso de emplearse dos devanados secundarios.
 - Terminales de terciario.....3U, 3V, 3W,3N

La ubicación de las tomas se hará de tal forma que mirando desde el lado de AT y de izquierda a derecha, las bornas se encuentren identificadas como 1U, 1V, 1W.

Mirando desde el lado de baja tensión y de izquierda a derecha, las bornas de secundario se identificarán como 2W, 2V, 2U. En el caso de disponer de dos devanados secundarios, se identificarán como 2W₁, 2V₁, 2U₁ y 2W₂, 2V₂, 2U₂.

Las bornas de terciario estarán ubicadas preferentemente en el lado de BT, y mirando desde este lado, y de izquierda a derecha, se identificarán como 3W', 3W, 3V,3U.

La disposición de las bornas de neutro 1N y 2N (2N₁ y 2N₂ en caso de tratarse de doble devanado secundario) estarán ubicadas preferentemente en el mismo lado que las bornas de fase correspondientes.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Las características correspondientes a cada alternativa, enchufable o convencional, son las siguientes:

- Bornas convencionales:

Se situarán sobre la tapa y serán diseñadas de forma que puedan ser fácilmente sustituidas por enchufables.

El pasatapas (aislador externo de las bornas) será obligatoriamente de un solo cuerpo hasta 145 kV, a partir de esa tensión, será preferentemente de un solo cuerpo.

Hasta 52 kV las bornas se fabricarán de acuerdo a las normas DIN, en modelo impregnadas en aceite. Las bornas de 72,5 kV o tensiones superiores serán de tipo condensador y deben incluir toma de muestras de aceite, indicación del nivel de aceite observable desde el suelo y toma capacitiva de pruebas accesible. Esta última debe estar debidamente conectada a tierra mediante un sistema que garantice la seguridad del personal y de la instalación en todo momento.

- Solución enchufable:

Para la tensión primaria nominal de 230 kV, las bornas son enchufables, aceite-aceite con salida lateral. El pasatapas aceite-aceite es del fabricante MICAFIL, modelo RTKK 245-1050/1000 como se indica en la tabla.

Para conseguir la solución enchufable, se utilizará una caja adaptadora de aceite para cada fase, unida a la cuba mediante unión atornillada con tornillo pasante en ambos extremos. El aceite será de las mismas características que el utilizado para el transformador y el equipo de refrigeración. La caja adaptadora se realizará de acuerdo a la norma UNE-EN 50299. Debe ser estanca al aceite y soportar los mismos esfuerzos de vacío que el transformador.

El terminal del cable tiene que ser capaz de resistir un esfuerzo mecánico estático de 2 kN aplicado transversalmente en su punto de unión. Se considerarán los esfuerzos en el transformador provocados por las variaciones de temperatura y las vibraciones en servicio.

El soporte de apoyo común a las tres cajas debe considerar estos esfuerzos y movimientos y no será fijado a la brida de sujeción. De la misma forma, se tendrán en cuenta los esfuerzos producidos por arcos internos tanto en el transformador como en la propia caja adaptadora de aceite.

Las salidas de 145 kV o de tensiones inferiores, de la misma forma que la salida del neutro para su conexión a tierra, serán mediante terminales Pfisterer, como se indica en la tabla. La tapa del transformador debe diseñarse de tal forma que sea sencilla su sustitución por bornas convencionales.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Para las tensiones máximas del material de 245 kV y 145 kV, el alcance de suministro sólo permite la conexión de los terminales macho en obra.

Los pasatapas hembras tipo Pfisterer nunca se situarán en el lateral de la cuba, situándose siempre sobre la tapa.

5.11. Cambiador de tomas

La información técnica del cambiador de tomas se adjunta en la siguiente tabla:

Cambiador de tomas en carga	
Tipo de regulación	Flujo y potencia constante
Sistema de regulación	Inversor
Punto de regulación	Borne de Neutro AT
Fabricante del cambiador	MR
Modelo del cambiador	M III-350 –Y – 72.5
Intensidad máxima permanente	350 A
Tensión máxima de aislamiento	72,5 kV
Tipo de mando	ED
Características del accionamiento del cambiador	
Eléctrico	Con motor trifásico
Mecánico	Con manivela extraíble
Motor	
Tensión	3×400 Vca
Intensidad de arranque/Intensidad nominal	4.4 / 1.1 A
Control	
Tensión del circuito de control	230 Vca
Consumo del circuito de control	50.0 W
Mando de pulsadores locales	Sí
Bornas para mando a distancia	Sí
Bornas libres para bloqueo del circuito de control por intensidad	Sí
Interruptor de bloqueo para motor cuando se coloca la manivela	Sí
Contador de maniobras	Sí
Paro automático de escalones centrales de la misma tensión	Sí
Maniobra paso a paso	Sí
Nº de pistas de contactos libres de potencial para cliente	Sí
Finales de carrera 1ª y última toma de regulación	Sí



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Como se indica en la tabla, el cambiador de tomas será del fabricante MR.

Se debe evitar en todo momento que se produzcan operaciones falsas, en concreto evitar que, al pasar de un escalón a otro adyacente, el conmutador se pare en posición intermedia y que una vez se ha iniciado una conmutación no se concluya. Con este fin se disponen de los enclavamientos adecuados. También se permite la operación manual, bloqueándose el motor en caso de inserción de manivela.

La regulación en carga se realizará en alta tensión (borne de neutro) y tendrá un total de 23 posiciones. La regulación se llevará a cabo a flujo y potencia constante en todas las tomas.

La posición 1 será aquella de mayor tensión, así como la 21 será la de menor tensión. De esta forma, subir un escalón corresponde a subir tensión en el secundario a la misma tensión en el primario.

El cambiador de tomas viene equipado con finales de carrera de señal de primera y última toma de regulación y un contacto para señalar la inserción de la manivela.

El compartimento del regulador contará con una válvula de alivio con 4 contactos de actuación para señalización de alarma o diafragma de ruptura.

El aceite del compartimento del conmutador será independiente y cambiable sin desencubar, manteniéndose separado del aceite de la cuba y de las cajas adaptadoras de aceite.

El diseño será por tanto simple y robusto, con contactos de arco apropiados para una larga vida útil. Cada conmutador de tomas debe soportar los esfuerzos producidos por la corriente de cortocircuito según los requisitos de la norma UNE-EN 60214.

El conmutador de tomas se diseñará con el fin de soportar las pruebas dieléctricas aplicadas al devanado al que esté conectado.

El motor debe ir protegido con un interruptor magnetotérmico adecuado con contactos de alarma NC debidamente conectados a bornas.

5.12. Relé Buchholz, termómetro y relés de imagen térmica

5.12.1. Relé Buchholz

Se suministrará un relé Buchholz para cuba y otro para recoger el aceite proveniente de las tres bornas en la tubería común a ellas. De la misma forma, existirá separación de las tuberías de los relés Buchholz hacia el conservador.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

El relé para cuba estará ubicado en la tubería de conexión que conecta la cuba con el depósito de expansión. En caso de que se produzca una avería, se originan calentamientos y en consecuencia la producción de gases de aceite cuya cantidad aumenta a medida que se agrava la falta. Los gases suben por la tubería de conexión entre la cuba y el depósito de expansión, donde se encuentra colocado el relé Buchholz, quedando atrapados en este. Cuando la cantidad de gases es muy elevada, se cierran los contactos que alimentan el circuito de alarma.

El transformador dispondrá de toma de muestras de gases y aceites para cada relé Buchholz que se haya instalado. Dichas tomas estarán situadas a la altura del hombre y a través de vaso de cristal. Para que el vaso de cristal se pueda retirar con facilidad, se instalarán dos válvulas que permitan su aislamiento.

El relé Buchholz es un dispositivo de pequeño volumen, que cuenta con dos partes principales:

- Carcasa de fundición: dispone de dos bridas que sirven para la unión del relé a la tubería que une el transformador con el depósito de expansión. Posee una ventana de inspección para poder analizar los posibles defectos en función del color y la cantidad del gas.
- Dispositivo de control: se dispone sujeto a la tapa en el interior de la carcasa. Posee dos flotadores, uno de alarma y otro de disparo. Ambos cierran los circuitos de alarma o disparo.

5.12.2. Termómetro

El modelo utilizado es el AKM OTI/WTI del fabricante Qualitrol.

Sirve para indicar la temperatura del aceite de forma remota y dispone de funciones de control y alarma integradas.

Dispone de hasta 6 contactos independientes para el control y las alarmas. Se puede seleccionar libremente el tipo de interruptor, el rango de histéresis y el punto de ajuste sin limitación de los puntos de ajuste secuencial.

Para facilitar al máximo la lectura de la temperatura, dispone de un cuadrante de 6 pulgadas (152 mm), con un alcance de cuadrante angular de 260°.

El termómetro dispondrá de salidas de 0-20 mA para indicadores analógicos y digitales remotos.



5.12.3. Relé de imagen térmica

Los transformadores deben llevar dispositivos que indiquen la temperatura del punto más caliente de los arrollamientos primario, secundario y terciario. Asimismo, incluirá un transformador de corriente individual y juegos de contactos de alarma y desenganche.

Cada dispositivo de control de temperatura contará con los siguientes elementos:

- Un juego de contactos para la señal de alarma.
- Un juego de contactos para el circuito de protecciones.
- Dos juegos de contactos para el circuito de control automático de los electroventiladores.

La secuencia de funcionamiento será la siguiente. En los dos primeros escalones se arrancan los electroventiladores. En el tercer escalón se activa la alarma y en el cuarto escalón tiene lugar el desenganche.

Los contactos de puesta en marcha y de parada de los electroventiladores poseen una regulación comprendida entre los 50 y los 100 °C.

Para los contactos de alarma, se podrá regular el cierre entre los 60°C y los 120 °C.

El equipo de imagen térmica deberá disponer de adaptadores de corriente para los circuitos de potencia de 132 kV. Dispondrá de transformadores de corriente con una intensidad secundaria de 1 A.

Además, al igual que en el termómetro, debe disponer de indicadores de temperatura a distancia. Serán de clase 1,5 y sus dimensiones serán 96x96 mm.

Las conexiones entre la sonda localizada en la tapa del armario y el equipo de imagen térmica deberán disponer de protección mecánica en todo su tendido.

Tanto las sondas de termómetros como los relés de imagen térmica irán protegidos con una envolvente de chapa desmontable para que no estén en contacto con la intemperie.

Ambos estarán ubicados en un armario galvanizado en caliente, pintado con tapa de cristal y adosado a la cuba. El armario incluirá termostato y resistencia de caldeo. Contará también con un circuito monofásico protegido mediante el interruptor magnetotérmico adecuado y los contactos



de alarma NC conectados a bornas para la alimentación del equipo analizador de gases.

5.13. Cables

El cableado tanto interno como externo estará apantallado longitudinalmente en cinta de cobre y posee las siguientes características:

- No propagador de la llama
- No propagador del incendio
- Cero halógenos
- Baja emisión de humos opacos
- Reducida emisión de gases tóxicos
- Nula emisión de gases corrosivos

La tensión de aislamiento para el cableado interno será de 750 V, y para el cableado externo 0,6/1 kV.

El recorrido exterior de los cables a través de la cuba del transformador se lleva a cabo con sujeción a varillas de acero y con grapas metálicas inoxidables. Irá protegido con envoltorio metálico de aluminio tipo Anaconda. La superficie de canalización debe ser lo suficientemente amplia para albergar un 25% de espacio de reserva.

5.14. Equipo de refrigeración

Si el calor generado en los transformadores no es evacuado de forma apropiada, se puede producir el deterioro e incluso destrucción de los materiales aislantes de los devanados. Asimismo, la disipación del calor influye en gran medida en el tiempo de vida y en la capacidad de carga del transformador.

El equipo de refrigeración tiene un doble objetivo, su función como refrigerante y como aislante. Su función como refrigerante es mantener la temperatura de operación óptima y, como aislante, conseguir un buen aislamiento en los devanados de alta tensión que permita mantener sus propiedades dieléctricas inalteradas.

Para transformadores de una potencia elevada, se utilizan distintos tipos de refrigeración, siendo las principales: ONAN, ONAF, OFAF y ODAF.

En este caso, la refrigeración escogida será ODAF (Oil forced circulation Directed Air Forced). Su principio de funcionamiento se basa en la circulación forzada y dirigida del aceite, así como la circulación forzada de aire a través de los radiadores.



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

En la tabla que se adjunta a continuación, se indican todas las especificaciones técnicas requeridas del equipo de refrigeración:

Equipo de refrigeración alternativa ODAF	
Fabricante del intercambiador de calor	ABB
Potencia de disipación del intercambiador para calentamiento en el aceite de entrada de	circa 205 kW
Número de intercambiadores de calor (incluida reserva)	2+1
Caudal nominal de aceite y aire	72 / 15000 m ³ /h
Consumo total de la refrigeración forzada	16.0 kW
Intensidad nominal/arranque de cada ventilador	16.0 kW
Intensidad nominal/arranque de cada motobomba	10 A rms / 58 A cresta
Dimensiones de cada aero-refrigerante (largo x ancho x alto)	2.9 x 1.5 x 0.9 m
Ubicación aero-refrigerante	Vertical
Masa de cada aero-refrigerante	520 Kg
Distancia a paredes	1.5 m

Masas Alt. Refrigeración ODAF	
Núcleo y arrollamientos	54.4 Tm
Aceite	36 Tm
Transformador completo	115.2 Tm
Transporte sin aceite	71.5 Tm
Desencubado	57.6 Tm

Dimensión Alt. Refrigeración ODAF	
Largo total	7200 mm
Ancho total	4750 mm
Alto total	7380 mm
Alto para desencubado	7850 mm

5.15. Armarios

El armario de control de refrigeración y centralización de señales del transformador, termómetro e imágenes térmicas, y el armario de regulación se colocarán en el mismo lado del transformador.

El armario de control dispondrá de una toma a tierra directa y estará aislado de la cuba mediante amortiguadores de tipo silentblock. Tendrá también un 10% de bornas de reserva.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Estará fabricado en acero inoxidable, con chapa de 2 mm de espesor y se pintará del mismo color que el transformador. Tendrá tomas de aireación tanto en la parte superior como en la parte inferior, rejilla anti-insectos y la puerta estará protegida con aislante antitérmico.

Respecto al grado de protección, con las puertas cerradas ofrecerá un grado de protección mínimo contra contactos con las partes activas y penetración de cuerpos sólidos extraños IP-55 según UNE 20324:1993, y un grado de protección contra choques mecánicos IK-08 según UNE 50102:1996. Tendrá categoría de inflamabilidad FV1 según Norma UNE-EN 60707.

La separación mínima establecida entre cada armario es de 200 mm con el fin de que el calor de la cuba no incida sobre éstos.

El armario de refrigeración dispondrá de toma de enchufe monofásica de 16 A, y todos los armarios dispondrán de iluminación con conexión a través de contacto de puerta.

Entre cada contactor y los interruptores de protección que se alimentan de él se intercalarán bornas de conexión para facilitar la sustitución de elementos del armario en caso de que sea necesario.

Los circuitos de control deberán llevar los correspondientes interruptores con contactos de alarma NC conectados a bornas.

Todos los elementos de calefacción, toma de fuerza y alumbrado serán independientes de la ventilación y del control y dispondrán de interruptor de protección.

Las bornas de alimentación exterior deberán colocarse en la parte inferior del armario.

5.16. Placa de características

El transformador debe disponer de las siguientes placas de características:

- Placa de características del transformador, según norma UNE-EN 60076-1.
- Placa de características del equipo de ventilación en la que aparezca el esquema de los circuitos de ventilación, alarmas, regleteros de bornas, etc. Esta placa irá colocada en la parte interior de la puerta del armario.
- Placa de características del armario del cambiador de tomas, con esquema del mando. Estará ubicada en la parte interior de la puerta del armario, junto con los datos indicados por la norma UNE-EN 60214.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Placa de características independiente indicando valores de capacidad (C1 y C2) y factor de potencia de las bornas de tipo capacitivo AT y BT
- Placa de características de la caja adaptadora de aceite, según la norma UNE-EN 502999.
- Cada accesorio del transformador contará con placas de identificación con el número asociado en la lista de material. La tapa del transformador dispondrá de placas de identificación de bornas.

La información que debe incluir la placa de características del transformador es la siguiente:

- Tipo de transformador
- Número de la especificación. Generalmente norma CEI 76
- Nombre del fabricante. Año de fabricación. Número de serie de fabricante.
- Número de fases (trifásico o monofásico). Frecuencia asignada (50 Hz)
- Tensiones e intensidades asignadas
- Símbolo de acoplamiento (con grupo de conexiones y desfases)
- Tensión de cortocircuito a la intensidad asignada y su potencia de referencia
- Forma de refrigeración
- Peso total que se puede completar con el peso del aceite aislante, de la masa a transportar y de la masa a desencubar

Las placas de características estarán ubicadas en lugares de fácil lectura, estando los datos escritos en idioma español de forma indeleble. El material del que estarán construidas será acero inoxidable.

5.17. Pintura

La pintura del transformador y de todos los accesorios se realizará según la norma UNE 20.175, con acabado exterior gris medio B-109 siguiendo la norma RAL 7030, como se indica en la tabla inferior.

El interior de la cuba y el conservador se pintarán en color blanco brillante, según la especificación de la tabla, aplicándose la misma norma que para el acabado exterior.



En la tabla que se adjunta a continuación se detallan también los espesores requeridos para las distintas capas de pintura:

Pintura	
Acabado exterior de transformador y equipo de refrigeración	Gris Medio B-109 (RAL 7030)
Acabado exterior armarios	Gris Medio B-109 (RAL 7030)
Acabado interior cuba y conservador	Shade No.1000, White
Espesores	
Interior cuba	≥ 30 micras (1 capa)
Interior conservador	≥ 60 micras (2 capas)
Exterior transformador y accesorios	≥ 50,50,35

5.18. Ruido

El transformador junto con el equipo de refrigeración deberá funcionar con un nivel de ruido que en ningún caso supere los 75 dBA a 2.0 m del foco emisor de ruido.

Dado que esta subestación está ubicada en un polígono industrial, los niveles de ruido no son tan estrictos como en el caso de las subestaciones urbanas.

5.19. Equipo analizador de gases

Para analizar los gases disueltos y el contenido de humedad para el aceite de la cuba, se ha seleccionado el modelo Hydran M2 del fabricante General Electric.

Las características principales se enumeran a continuación:

- No contiene partes móviles y no requiere ningún tipo de tubería adicional. Es por tanto un equipo integrado de sencilla instalación.
- Dispone de alarmas remotas cuyos valores de activación se pueden seleccionar libremente.
- Muestra en tiempo real las faltas en el gas y en el sistema de medida de humedad en el aceite.
- El equipo es capaz de detectar faltas del gas hidrógeno y es también sensible al dióxido de carbono.
- Dispone de dos salidas y dos entradas analógicas aisladas de 4-20 mA

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

El diámetro nominal de la válvula de conexión es de 38,1 mm y la longitud máxima entre el punto de conexión y el sensor del equipo analizador de fases será como máximo seis veces el valor anterior, es decir 228,6 mm.



Fig. 40: Analizador de redes Hydran M2 del fabricante General Electric



6. CABLES AISLADOS

6.1. Cables de 20 kV

Los cables de 20 kV unen el secundario de los transformadores de potencia con las celdas de media tensión, así como las celdas de media tensión con los transformadores de servicios auxiliares

El modelo escogido es el modelo EXZHELLENT RHZ1-2OL (AS) Al del fabricante General Cable.

Cumple con la siguiente normativa:

UNE-HD620-10E	Norma constructiva
UNE-EN 60332--21	No propagador de la llama
UNE-EN 60332-3-23	No propagador del incendio
UNE-EN 60754	Baja acidez y corrosividad de los gases emitidos
UNE-EN 61034	Baja opacidad de los humos emitidos
IEC 60332-1-2	No propagador de la llama
IEC 60332-3-23	No propagador del incendio
IEC 60754	Baja acidez y corrosividad de los gases emitidos
IEC 61034	Baja opacidad de los humos emitidos

Como se indica en la tabla superior, este modelo seleccionado es un cable de Alta Seguridad (AS) no propagador de la llama y no propagador de incendios, para garantizar la máxima seguridad ante cualquier tipo de falta.

Es libre de halógenos, posee una reducida acidez y corrosividad de los gases, así como una reducida opacidad de los humos emitidos durante la combustión.

Las características constructivas se muestran en la siguiente tabla:

Conductor	Aluminio semirrígido clase 2
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Pantalla	Corona de hilos de cobre
Cubierta exterior	Poliolefina termoplástica libre de halógenos

Dicho cable posee una cubierta resistente tanto al desgarrar como a la abrasión. La pantalla y el conductor poseen obturación longitudinal al paso del agua.

Para los cables que unen la salida en media tensión de los transformadores de potencia con las celdas de media tensión:



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Sección (mm ²)	400
Diámetro conductor (mm)	35,8
Diámetro incluyendo cubierta exterior (mm)	53,1
Peso específico (kg/km)	3575
Radio de curvatura mínimo (mm)	800
Corriente nominal para una temperatura de servicio permanente de 40 °C (A)	610

Para los cables que unen las celdas de media tensión con el primario de los transformadores de servicios auxiliares:

Sección (mm ²)	95
Diámetro conductor (mm)	23,1
Diámetro incluyendo cubierta exterior (mm)	40,4
Peso específico (kg/km)	2010
Radio de curvatura mínimo (mm)	610
Corriente nominal para una temperatura de servicio permanente de 40 °C (A)	255

6.2. Cables de 220 kV

Los cables de 220 kV unen las celdas de alta tensión con el primario de los transformadores de potencia.

Se ha seleccionado el modelo SILEC del fabricante General Cable. Este modelo de cables está diseñado y fabricado de forma que garantice un comportamiento de primera calidad y una vida útil comparable a la de la subestación.

Los cables de SILEC son respetuosos con el medio ambiente y cumplen con la normativa internacional IEC 60840, IEC 60287 e IEC 62067.

Las características constructivas se muestran en la siguiente tabla:

Conductor	Aluminio Clase 2
Capa semiconductora interna	Compuesto semiconductor extruido
Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE)
Capa semiconductora externa	Compuesto semiconductor extruido
Pantalla metálica	Lámina de aluminio soldada
Cubierta externa	Polietileno de alta densidad (HDPE)

Como se ha descrito en el posterior apartado de cálculos, se debe seleccionar el cable que posee una sección de 630 mm² cuyas características se recogen en la siguiente tabla:

Sección (mm ²)	630
Diámetro exterior (mm)	94,5
Radio mínimo de curvatura (m)	3,3
Peso (kg/m)	11,9
Resistencia de corriente alterna a 90 °C (Ω/km)	0,0391
Corriente admisible (A)	826
Esfuerzo máximo de tracción (daN/ mm ²)	5

6.2.1. Terminales de AT

Terminal conexión celdas GIS AT

Los terminales para la conexión de los cables a las celdas de Alta Tensión, son del fabricante General Cable. Dichos terminales son del tipo ‘slip-on’ para permitir una sencilla instalación. Están diseñados siguiendo la Norma IEC 62271-209.

El cono de control de campo premoldeado está fabricado en silicona y los aisladores son de resina moldeada. Los aisladores de resina permiten la separación eléctrica de la pantalla metálica del cable de la celda metálica que contiene el material.

Las especificaciones técnicas se detallan en la siguiente tabla:

Tensión máxima entre fases Um (kV)	245
Nivel Básico de Aislamiento al Impulso tipo rayo (BIL) (Kv)	1050
Altura aproximada (mm)	1650



Fig. 41: Terminal para conexión a celdas de alta tensión

Terminal en aceite para la conexión al transformador

De igual forma que los terminales para la conexión a las celdas de Alta Tensión, estos terminales son del tipo 'slip-on', permitiendo una fácil instalación.

El cono de control de campo premoldeado es de silicona y los aisladores son de resina moldeada. Estos aisladores permiten la separación eléctrica de la pantalla metálica del cable de la estructura metálica que contiene el terminal.

Las especificaciones técnicas están recogidas en la siguiente tabla:

Tensión máxima entre fases U_m (kV)	245
Nivel Básico de aislamiento al impulso (BIL) (kV)	1050
Altura aproximada (mm)	1750



Fig. 42: Terminal para conexión a transformador



7. SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares de una subestación están formados principalmente por las fuentes de alimentación y los sistemas de distribución de energía eléctrica que aseguren la calidad y continuidad del suministro eléctrico de la instalación.

Los servicios auxiliares se dividen en:

- Servicios auxiliares de corriente alterna
- Servicios auxiliares de corriente continua

7.1. Servicios auxiliares de corriente alterna

Los servicios auxiliares de corriente alterna tienen como tensión de distribución 400/230 V, 50 Hz.

Cada transformador de potencia llevará asociado un transformador de servicios auxiliares.

7.1.1. Transformador de servicios auxiliares

El transformador de servicios auxiliares seleccionado es un transformador seco clase F gama Trihal del fabricante Schneider.

Es un transformador trifásico de tipo seco con bobinados de media tensión que han sido encapsulados y moldeados al vacío en una resina epoxi. Dicho transformador es de tipo interior.

Cumple con las siguientes normativas:

- UNE-EN 60076-11
- UNE-EN 60076-1 a 60076-5
- UNE 20182
- UNE 21538
- Documentos europeos del CENELEC HD 538-2 S1 relativos a transformadores trifásicos de distribución tipo seco.

De entre las opciones disponibles con y sin protección, para garantizar la máxima seguridad se ha seleccionado el transformador con envoltorio de protección IP31 e IK7. De esta forma, queda asegurada la protección ante contactos directos con las partes activas.

Los transformadores Trihal cuentan con un sistema de encapsulado ignífugo con alúmina trihidratada, garantizando la autoextinguibilidad en



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

caso de incendio. Esta es la razón por la que su resistencia al fuego es excepcional.

En caso de combustión, los productos resultantes no tienen toxicidad ni corrosividad. Además, la opacidad del humo es muy baja, lo que facilita la intervención en caso de emergencia.

Ante la creciente preocupación social por la sostenibilidad y el reciclaje, queda garantizado que más del 80% de los componentes del transformador pueden ser reciclados. Dichos componentes, en función del material se dividen en materiales nobles (cobre, aluminio y cobre) y materiales estériles como la resina o los aislantes. Respecto a estos últimos únicamente las bobinas de media y baja tensión requieren un tratamiento previo de trituración-cizallamiento para poder ser descompuesto en materiales reciclables.

El material recuperado posee una composición de más del 99% de aluminio, que puede ser reutilizado para numerosos usos. Los materiales aislantes recogidos se pueden reutilizar en materiales como alquitranes, cauchos, etc.

7.1.1.1. Circuito magnético

El circuito magnético está fabricado con chapa de acero al silicio de grano orientado y está aislado mediante óxidos minerales.

Debido a la gran calidad del material y de las técnicas de corte y ensamblado, queda asegurado un nivel de pérdidas, corriente en vacío y ruido muy reducidos.

Queda garantizada la protección contra la corrosión, gracias a un barniz de resina alquídica de clase F.

7.1.1.2. Bobinado de baja tensión

Las dos opciones disponibles son bobinado en banda de aluminio o en banda de cobre. Dado que los de aluminio tienen una mejor constante térmica que los de cobre, la respuesta ante sobrecargas de corta duración será mejor en los primeros. Por tanto, se selecciona el bobinado en banda de aluminio.

Esta técnica consigue esfuerzos axiales nulos en cortocircuitos y buena resistencia a los esfuerzos radiales del cortocircuito franco.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

En primer lugar, se impregnan las bandas y los extremos del bobinado de una resina epoxi para posteriormente ser cubiertas de una película aislante de clase F. Esto aporta unas excelentes propiedades dieléctricas al bobinado.

La salida de cada bobinado de baja tensión está formada por terminales de conexión de aluminio estañado que permiten realizar cualquier tipo de conexión.

7.1.1.3. Bobinado de media tensión

El bobinado de media tensión está realizado en hilo de aluminio según el método desarrollado por Schneider Electric: ‘bobinado continuo de gradiente lineal sin entrecapas’. Este procedimiento permite conseguir un gradiente de tensión entre espiras muy débil.

El bobinado es encapsulado y moldeado en vacío mediante una resina de clase F.

Estas técnicas dotan al bobinado de unas excelentes características dieléctricas, disminuyendo el nivel de descargas parciales, haciendo que la vida útil sea mayor.

Las salidas de conexión de media tensión en las barras de acoplamiento de cobre permiten la realización de cualquier tipo de conexión sin necesidad de una interfase de contacto.

7.1.1.4. Sistema de encapsulado de media tensión

Schneider Electric ha desarrollado un encapsulado mediante moldeado en vacío con una resina ignífuga. El encapsulado está formado por:

- Resina epoxi
- Un endurecedor: Garantiza una gran resistencia térmica y mecánica.
- Una carga activa compuesta de sílice y alúmina trihidratada. El sílice sirve para incrementar la calidad mecánica y la disipación calorífica del encapsulado.

7.1.1.5. Protección térmica

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Para proteger el transformador contra calentamientos que puedan ser dañinos, se incluye la protección térmica T. Esta protección permite visualizar de forma digital las temperaturas de los bobinados y contiene los siguientes elementos:

- Sondas PT100: La característica principal es que muestra la temperatura en tiempo real. El control de la temperatura se lleva a cabo a través de un termómetro digital.
- 1 bornero de conexión: sirve para unir las sondas PT100 al termómetro digital T. El bornero dispone de un conector desenchufable.
- 1 termómetro digital T: está formado por 3 circuitos. Los dos primeros circuitos sirven para controlar la temperatura. Cuando la temperatura alcanza los 140 °C aproximadamente, se activan las alarmas, señalizándose mediante diodos LED. El tercer circuito sirve para detectar un posible fallo en las sondas o un corte en el sistema de alimentación. El relé asociado se encarga de aislar inmediatamente el equipo del sistema de alimentación para evitar posibles daños. También se indica mediante un diodo LED.



Fig. 43: Termómetro digital T

Especificación técnica

Circuitos de medida	
Tensión de alimentación	24 V a 220 V CA/CC
Frecuencia	50-60 Hz CA/CC
Potencia absorbida	10 V CA/CC
Tensión máxima de conmutación	250 V CA
Intensidad máxima de conmutación	5 A (circuito resistivo)



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Corriente nominal permanente		2 A a 220 V CA/CC
Fusible aguas arriba recomendado		3 A
Vida útil	Mecánica	20.000.000 conmutaciones
	Eléctrica	50.000 h/85 °C
Coeficiente de reducción de carga		0,50 máx. con $\cos \varphi = 0,30$
Termómetro digital T. Condiciones de trabajo:		
Rango de temperaturas ambientes		-20 °C a +60 °C
Humedad ambiente máx.		90% RH (sin condensación)
Dimensiones totales (Al x An x F)		96 x 96 x 130 mm
Peso		520 g
Índice de protección de la caja		IP54 autoextinguible
Capacidad máxima de conexión en 1 borne		25 mm ²

7.1.1.6. Sistema de ventilación

Ante posibles casos de sobrecargas, se pueden producir calentamientos excesivos que dañarían el transformador. Con el fin de evitar esto, se instalará en los transformadores un sistema de ventilación forzada. Esta ventilación permite un incremento de potencia del 25% para las condiciones normales de funcionamiento.

Dado que se ha seleccionado la protección IP31, el sistema de ventilación se conectará a las sondas de temperatura.

7.1.1.7. Conexiones

Conexiones de baja tensión

La conexión en baja tensión se realizará mediante canalizaciones eléctricas prefabricadas (CEP). La conexión se realizará de acuerdo a la normativa IEC 60439-2.

Al contrario que en los cables, los materiales utilizados en las canalizaciones están libres de productos halogenados.

Como ventaja de las CEP, cabe destacar que el hecho de que los conductores estén concentrados, hace que la radiación electromagnética sea considerablemente inferior.

El conjunto se montará en los terminales de baja tensión del transformador.

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Dado que se ha incluido la envolvente de protección del transformador para maximizar la seguridad, se adaptará convenientemente el sistema de estanqueidad, donde se ubicará el elemento de conexión CEP, cumpliendo así con el IP54 de canalizaciones.

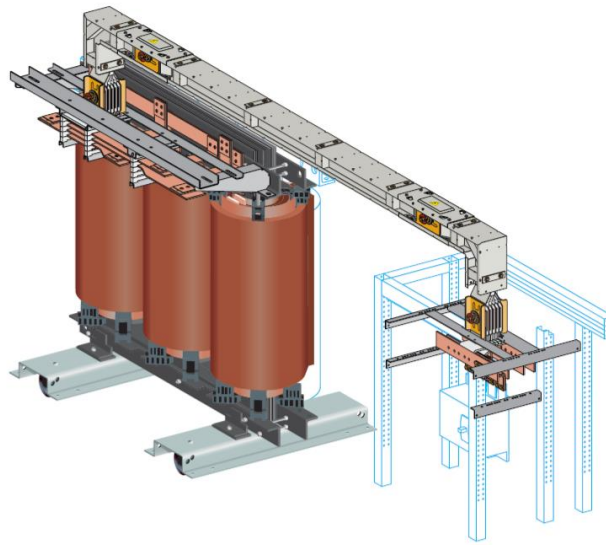


Fig. 44: Conexiones de baja tensión del transformador mediante canalizaciones eléctricas prefabricadas (CEP).

Conexión de media tensión

Las conexiones de media tensión se realizarán con cables conectados mediante conectores enchufables rectos. Dichos conectores irán montados en el extremo del cable y se conectarán a su vez con conectores enchufables ubicados en el techo de la envolvente de protección del lado de media tensión.

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

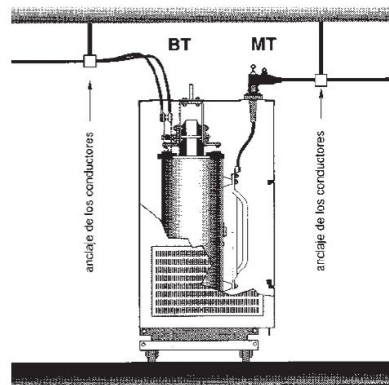


Fig. 45: Conexión de media tensión con bornas enchufables

7.1.1.8 Características eléctricas

Potencia asignada (kVA)			250
Tensión primaria asignada (kV)			20
Nivel de aislamiento asignado (kV)			24
Tensión secundaria en vacío (V)			420
Grupo de conexión			Dyn 11
Pérdidas (W)			
En vacío			880
a 75 °C			3300
a 120 °C			3800
Tensión de cortocircuito (%)			6
Corriente de vacío (%)			2
Corriente transitoria de conexión			
I _e /I _n valor de cresta			10,5
Constante de tiempo			0,18
Caída de tensión a plena carga (%)			
cos fi = 1	a 75 °C		1,49
	a 120 °C		1,69
cos fi = 0,8	a 75 °C		4,64
	a 120 °C		4,77
Rendimiento (%)			
Carga 100%	cos fi = 1	a 75 °C	98,355

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

		a 120 °C	98,16
	cos fi = 0,8	a 75 °C	97,95
		a 120 °C	97,71
Carga 75%	cos fi = 1	a 75 °C	98,56
		a 120 °C	98,42
	cos fi = 0,8	a 75 °C	98,21
		a 120 °C	98,03
Ruido: Potencia acústica Lwa			65
Presión acústica Lpa a 1 metro			53

7.1.1.9. Dimensiones y pesos

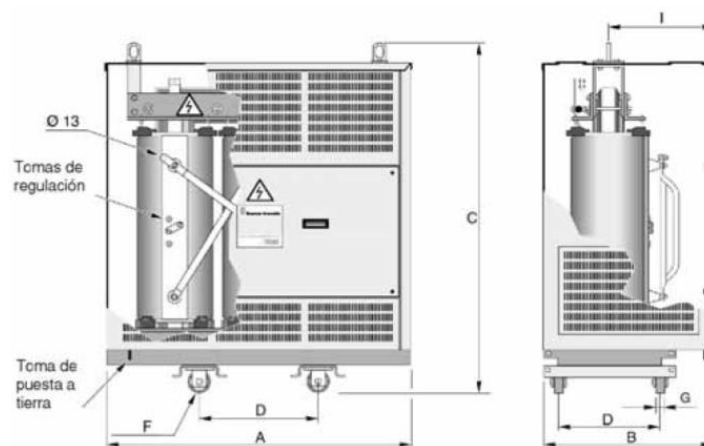


Fig. 46: Dimensiones transformador Trihal con envoltorio de protección (IP31/IK7)

En relación a la Fig. X, se adjuntan las dimensiones correspondientes en la siguiente tabla:

Magnitud	Notación en la Fig. X	Valor
Longitud (mm)	A	1800
Anchura (mm)	B	1100
Altura de conexiones de BT o altura máxima (mm)	C	2050



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Distancia entre ejes de ruedas (mm)	D	670
Diámetro de ruedas (mm)	F	125
Ancho de ruedas (mm)	G	40
Cáncamo de elevación – Panel MT (mm)	I	593
Peso envolvente (kg)	-	225
Peso total (kg)	-	1300

7.1.2. Cuadro de CA

Se instalará un cuadro de corriente alterna que estará ubicado en la sala de servicios auxiliares.

Su configuración será de simple barra partida. Se realizará la alimentación a los rectificadores batería desde ambas semibarras, siendo doble esta alimentación.

Cada una de las semibarras estará asociada a un transformador de servicios auxiliares. En condiciones normales de funcionamiento, cada transformador de servicios auxiliares alimentará, desde su semibarra correspondiente, todas las cargas asignadas.

7.2. Servicios auxiliares de corriente continua

El objetivo de los sistemas de corriente continua es la alimentación de los servicios de protección y mando. Debido a su importancia en la subestación, se debe garantizar su alimentación por todos los medios posibles.

Los servicios auxiliares de corriente continua se subdividen en dos sistemas:

- Sistema de 48 V de corriente continua.
- Sistema de 125 V de corriente continua.

7.2.1. Sistema de 48 V de corriente continua

La función principal del sistema de 48 Vcc es la alimentación de los servicios de comunicaciones y telecontrol.

Se instalarán dos convertidores de tensión 125/48 Vcc y un cuadro de distribución de 48 Vcc con dos juegos de barras alimentados desde el correspondiente equipo convertidor.



Queda de esta forma asegurada la constante alimentación y conmutación de fuentes evitándose el paso por cero.

7.2.2. Sistema de 125 V de corriente continua

El sistema de corriente continua de 125 V está formado principalmente por los equipos rectificador-batería. Estos equipos garantizan que, aún en el caso de pérdida total de alimentación de corriente alterna, los equipos de protección y mando continúen en servicio durante unas horas hasta que se reponga el servicio de corriente alterna.

Desde el cuadro principal de 125 Vcc, se proveerá de alimentación al control y protección desde barras 1, otra desde barras 2 y finalmente una tercera desde barras 1, para la alimentación de fuerza de los motores. El objetivo del sistema de fuerza es la carga de muelles de interruptores y motores de seccionadores.

Los dos rectificadores-batería alimentan a un cuadro de distribución de 125 Vcc, de tipo compartimento, que cuenta con dos juegos de barras (1 y 2).

7.2.2.1. Batería de 125 Vcc

Una batería es un dispositivo capaz de almacenar electricidad en forma de energía química. La energía química, contenida en los electrodos, se puede transformar directamente en energía eléctrica mediante reacciones electroquímicas de oxidación-reducción.

Se han seleccionado baterías de Níquel-Cadmio recargables.

Las ventajas principales que han llevado a la elección de este tipo de baterías es que poseen una resistencia interna extremadamente baja, mantienen la tensión prácticamente constante durante el 90% del ciclo de descarga y son libres de mantenimiento.

En el capítulo posterior de cálculos, se ha determinado que la capacidad requerida para las baterías debe ser superior a 215 Ah. Por tanto, se ha seleccionado el modelo del fabricante cuya capacidad sea superior a ese valor.

El modelo de batería seleccionado es SPL+420 del fabricante SAFT.

Estas baterías ofrecen una vida útil superior a 20 años y son libres de mantenimiento, con lo que se reducen los costes de personal necesario para



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

llevarlo a cabo. Durante su vida útil son capaces de proveer miles de ciclos de carga-descarga.

Poseen una alta resistencia mecánica y eléctrica.

Son capaces de operar al máximo rendimiento en un rango de temperaturas comprendido entre -30°C y + 40°C.

El alto nivel de recombinación de gases es superior a los estándares requeridos por la normativa IEC 62259. Los niveles de consumo de agua y de emisiones de gases son considerablemente bajos.

Cumple con la normativa IEC 60623 para acumuladores alcalinos y otros acumuladores con electrolito no ácido. Cumple también con la normativa IEC 62485-2 de instalación de baterías.

Con respecto a la calidad, cumple con las normas ISO 9001 e ISO 14001.

Dimensiones y pesos

Altura (mm)	400
Anchura (mm)	195
Longitud (mm)	159
Peso aproximado (kg)	19,8
Resistencia interna (mOhm)	0,39
Terminal (número y tipo de tornillo)	2xM10

Especificación técnica

Amperios disponibles a +20°C ± 5°C								
Tipo de celda	C ₅ Ah	Horas						
		10	8	5	3	2	1,5	1
SPL+420	420	44,2	54,7	86,4	128	168	200	230

7.2.2.2. Cargador de la batería

Como se ha determinado en el posterior capítulo de cálculos, la intensidad nominal necesaria del cargador debe ser igual o superior a 109 A. Por tanto, se ha seleccionado el modelo de cargador-rectificador Chloride FP-40 RM que es capaz de entregar entre 20 y 250 A.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Este modelo de rectificador incluye un control mediante microprocesador para conseguir una gran estabilidad y adaptabilidad.

Las características principales son las siguientes:

- Interfaz de usuario con pantalla LCD táctil.
- Puerto USB para la importación/exportación de las configuraciones del sistema.
- Aislamiento galvánico
- Protección contra filtraciones hasta IP42

El cargador-rectificador cumple con la siguiente normativa:

- IEC 60950
- IEC 61000-6-2
- IEC 61000-6-4
- IEC 60146-1-1
- IEC 60439-1

Especificación técnica

Entrada	
Modelo	FP-40RM30
Tensión de entrada	400 VCA (380; 415) Trifásica
Factor de potencia	0,92 a 0,99
Intervalo de frecuencia	De 47 a 65 Hz
Salida	
Tensión CC nominal	24, 48, 110, 125, 220 VCC
Regulación estática	±0,5 %
Tensión de rizado	< 0.5 % rms
Características de carga	IU de acuerdo con DIN41773
Datos generales	
Eficiencia rectificadora	De 83 % a 92,5 %
Temperatura de operación	De 0 a 40 °C
Protección externa contra infiltraciones	IP 20
Ruido	<60 dB
Color	RAL 7035
Dimensiones (AxLxC)	1452x600X608



7.2.2.3. Cuadro de corriente continua

Se ha seleccionado el modelo Prisma Plus Sistema G del fabricante Schneider.

Es un cuadro de distribución eléctrica para aparamenta modular de hasta 160 A.

Cabe destacar las siguientes ventajas:

- Facilidad de instalación y de acceso a la aparamenta
- Distribución a través de los juegos de barras aislados o de los repartidores.
- Utilización de brazaletes horizontales y canaletas
- Instalación de los colectores de tierra y neutro
- Dispositivos de identificación
- Accesorios de cierre: cerraduras y cierres.

Las especificaciones técnicas del cuadro se adjuntan en la siguiente tabla:

Corriente asignada del cuadro (A)	160
Grado de protección	IP30
Grado de protección contra choques mecánicos	IK08
Aislamiento	Clase 1
Normativa	IEC 60439-1, UNE EN 60439-1
Dimensiones (anchoxaltoxprofundidad) (mm)	555x1080x186
Capacidad de las filas	48 pasos de 9 mm
Color	RAL 9001



8. RED DE TIERRAS

Se define puesta a tierra como aquella ligazón metálica directa entre uno o varios elementos de la subestación y uno o varios electrodos enterrados en el suelo.

El objetivo de la puesta a tierra es limitar la tensión con respecto a tierra que puedan presentar en un determinado momento las masas metálicas, asegurando la actuación de las protecciones. Con esto queda garantizada la seguridad de las personas, así como la disminución del riesgo de avería en los equipos de la instalación.

Las funciones de la red de tierras son:

- Forzar la derivación al terreno de las corrientes de cualquier naturaleza que se puedan originar, proporcionando un circuito de baja impedancia.
- Establecer un potencial de referencia permanente, evitando diferencias de potencial entre diferentes puntos por la circulación de dichas corrientes.

Los sistemas eléctricos que son puestos a tierra deben conectarse de forma que se limite la tensión impuesta por un rayo, picos de tensión de línea, o contacto accidental con líneas de alta tensión. Además, la puesta a tierra estabilizará la tensión a tierra durante las operaciones normales de funcionamiento.

La elección de los materiales de la puesta a tierra debe llevarse a cabo de forma que se garantice que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga constante a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La protección mecánica queda asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Se contemplen los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

La elección de los materiales empleados y la realización de la puesta a tierra deben llevarse a cabo de tal forma que no se ve afectada la resistencia mecánica ni eléctrica por efecto de la corrosión, modificándose en este caso las características de diseño de la instalación.

8.1. Electrodo de puesta a tierra

Los electrodos de puesta a tierra son aquellos elementos conductores a través de los cuales se lleva a cabo la conexión directa a tierra.

Se han seleccionado como electrodos picas y conductor enterrado en forma de mallado cuyas características se detallan en las tablas que se adjuntan a continuación.

- Picas hincadas en el terreno:

Material	Cobre
Diámetro (mm)	18
Longitud (m)	8
Número de picas	60
Longitud total de las picas (m)	480

De acuerdo con la normativa UNE 21056, las picas de cobre deben tener un diámetro mínimo de 14,2 mm

- Conductor enterrado dispuesto formando un mallado metálico:

Material	Cobre
Sección (mm ²)	240
Diámetro (mm)	17,48
Lado de la cuadrícula del mallado (m)	2
Longitud total de cable enterrado (m)	2364

Siguiendo la normativa UNE 21022, el conductor del mallado debe tener un diámetro superior a 16 mm².

La resistencia del electrodo depende de su forma, dimensiones y principalmente de la resistividad del terreno en el que se encuentra. Todos estos valores están detallados posteriormente en el capítulo de Cálculos.

Las uniones entre las distintas estructuras se realizarán con piezas especiales fácilmente accesibles ante una posible revisión. Las uniones entre los cables de la malla de tierra se realizarán mediante soldadura aluminotérmica.

En el proceso de soldadura aluminotérmica tiene lugar una reacción química exotérmica en la que se produce la reducción del óxido de cobre por el aluminio, dando como resultado cobre. Se ha seleccionado la unión mediante este tipo de soldadura debido a que el producto que resulta funde totalmente los conductores a soldar, lo que proporciona una conexión mucho mayor que cualquier tipo de unión mecánica en relación a las propiedades mecánicas y eléctricas.



9. PROTECCIONES

El sistema de protección es el conjunto de equipos eléctricos cuyas funciones son la identificación y localización de un defecto, la realización de las actuaciones necesarias para el despeje de la falta y finalmente la señalización del defecto detectado y de las actuaciones llevadas a cabo.

Las características principales de un sistema de protección deben ser:

- Sensibilidad: Capacidad de detección de pequeñas variaciones de la magnitud vigilada.
- Selectividad: Determinar cuándo actuar, esperar o bloquearse en función de la localización y el tipo de falta.
- Rapidez: Actuación en el menor tiempo posible con el fin de minimizar los daños en los equipos de la instalación.
- Fiabilidad: Probabilidad que posee el sistema de que las actuaciones llevadas a cabo sean correctas.
- Robustez: Capacidad de soportar permanentemente las condiciones ambientales y de trabajo.

9.1. Protecciones en 20 kV

9.1.1. Protección de sobreintensidad

Sobreintensidad de fase

Es una protección contra faltas polifásicas. Cuenta con una unidad de tiempo definido (50) y una unidad de tiempo inverso (51).

El relé de tiempo definido actúa cuando la corriente de arranque es mayor que la máxima corriente de carga, pero menor que la menor corriente de cortocircuito.

El relé de la unidad de tiempo inverso actúa cuando la corriente de arranque está comprendida entre el 120% y el 150% de la intensidad de carga máxima.

Sobreintensidad de neutro

Es una protección contra faltas monofásicas. De la misma forma que la protección de sobreintensidad de fase, tiene una unidad de tiempo definido (50N) y una unidad de tiempo inverso (51N)

9.2. Protecciones en 220 kV

9.2.1. Protección de transformadores

Es fundamental una correcta protección de los transformadores, dado que en caso de que una falta dañe el equipo, los costes tanto de reparación como de indisponibilidad del transformador son muy elevados.

La protección principal en transformadores es la protección diferencial, siendo la protección de respaldo la de sobreintensidad.

Protección diferencial (87T)

Vigila la corriente diferencial. Se dispone un relé por cada fase que únicamente actúa en caso de faltas internas.

La protección diferencial presenta algunas dificultades debido a que la relación entre las relaciones de transformación de los transformadores de intensidad en AT y BT no es la relación del transformador.

La característica de la protección diferencial de transformador es la siguiente:

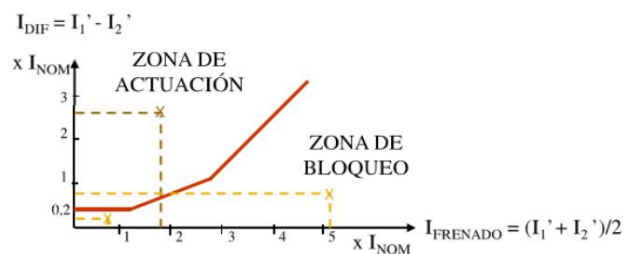


Fig. 4: Característica protección diferencial

La característica muestra la corriente diferencial frente a la corriente de frenado, siendo ésta última una medida de la corriente por el transformador.

Protección de sobreintensidad (50, 51, 51N)

Vigila las sobreintensidades de fase y neutro. Las sobreintensidades pueden ser originadas tanto por faltas internas como externas y provocan calentamientos y esfuerzos mecánicos en los arrollamientos y daños en las chapas.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Como defecto, esta protección es poco selectiva, ya que ve de igual manera defectos internos y externos dado que las corrientes de falta producidas tienen valores muy similares.

Sobreintensidad de fase (50,51)

De la misma forma que las protecciones anteriores, tiene una unidad de tiempo definido y otra de tiempo inverso. La corriente de arranque en esta última es la de máxima sobrecarga. Se debe asegurar la no actuación en caso de corriente de conexión máxima.

Sobreintensidad de neutro (51N)

Vigila la corriente que circula por el neutro. En esta protección sólo se utiliza la unidad de tiempo inverso. La corriente de arranque será inferior a la menor corriente de falta monofásica, dependiendo el valor de esta última de la puesta a tierra del neutro.

Protección de sobrecarga (49)

Detecta sobrecargas térmicas inadmisibles en los arrollamientos originadas por intensidades superiores a la intensidad nominal. Estas sobrecargas provocan el envejecimiento del aislamiento de los arrollamientos, pudiendo originar su perforación y la ocurrencia de faltas. La protección de sobrecarga también vigila la temperatura de los arrollamientos del transformador.

Las cargas admisibles en el transformador vienen establecidas por la norma UNE 20-110.

9.2.2. Protección de líneas de transporte

Protección de distancia (21)

A partir de las tensiones e intensidades, se mide la impedancia total de la línea vista en condiciones normales de funcionamiento. Esta protección considera tanto el módulo de la impedancia como su ángulo.

En caso de falta trifásica, mide la impedancia total vista al final de la línea.

Esta protección presenta dos fallos principales:



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Error de subalacance: el relé no actúa con faltas internas. Este fallo puede ser originado por errores en los parámetros de la línea, saturación en los transformadores de intensidad o error de medida en los transformadores de tensión capacitivos.
- Error de sobrealcance: El relé actúa con faltas externas. Este fallo es causado principalmente por errores en los parámetros de la línea y transitorios de corriente de conexión de transformadores.

Los relés digitales tienen la función integrada de localizador de faltas. Es fundamental para minimizar las averías tras una falta persistente y para señalar un punto débil en la línea.

A partir de la impedancia medida, calcula la distancia a la falta, que puede expresarse en porcentaje o en kilómetros.

Es imprescindible que los relés de protección de distancia de la subestación incorporen esta función, ya que en el caso de líneas con gran carga como son las de entrada a la subestación, los ángulos de tensión de fuente pueden tener hasta 35 ó 40 grados. Para estos casos más críticos, el localizador de faltas continúa detectando el fallo con gran exactitud.

Protección diferencial (87L)

Se analizarán los tipos de protecciones diferenciales disponibles actualmente en el mercado para seleccionar el más apropiado para la subestación. Se distinguen tres tipos de protección diferencial:

- Protección diferencial de hilos piloto
- Protección por comparación de fase
- Protección diferencial longitudinal

La primera de ellas es una protección antigua por lo que tiene numerosos errores: produce disparos intempestivos, necesita un par de hilos de comunicación entre los relés y sólo es válida para líneas de longitud inferior a 10 km. Por todas estas razones no se utilizará dicha protección.

En la segunda de ellas los transformadores de intensidad introducen error tanto en la relación de transformación como en la fase. En referencia a los tiempos de comunicación, son elevados, pudiendo provocar un error. Estas razones hacen que esta protección sea descartada.



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Protección diferencial longitudinal

Es la protección diferencial escogida. Se utiliza un relé por fase, que comunica los valores de intensidad en los extremos de la línea tanto en módulo como en fase. El relé también calcula la corriente diferencial.

La protección diferencial se realiza utilizando un enlace de fibra óptica integrado. La fibra óptica es la tecnología más avanzada en rapidez de transmisión de datos, siendo esta velocidad de transferencia 64 kBit/s. Es decir, los datos se transfieren prácticamente sin ningún retardo.

La protección actúa si la corriente diferencial es superior al intervalo comprendido entre el 10% y el 30% de la intensidad nominal.

Protección direccional de neutro (67N)

La protección direccional de neutro detecta faltas a tierra, pero no detecta la fase en falta. Actúa como respaldo de la protección de distancia.

Ante la detección de una falta realiza un disparo trifásico.

Cuenta con una unidad de tiempo definido con disparo temporizado a los 200 ms de detección de la falta y una unidad de tiempo inverso con disparo a partir de los 400 ms.

Protección de sobrecarga de cables aislados (49)

El objetivo de esta protección es evitar los daños que se originan en los cables debido a una sobrecarga. Los cables no admiten sobrecargas debido a que provocan una excesiva elevación de la temperatura que degrada el aislamiento.

9.2.3. Protección de barras

Las barras de las subestaciones son elementos críticos de la red dado que una falta en barras obliga la desconexión de todos los elementos que estén conectados a ella.

La zona vigilada por el sistema de protección comprende desde las barras hasta los interruptores.

El sistema de protección de barras debe cumplir dos requisitos:



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Obediencia: debe actuar obligatoriamente ante falta interna.
- Seguridad: no debe actuar por faltas externas en las líneas.

Las distintas protecciones de barras que se utilizarán en la subestación serán las siguientes:

Protección de distancia (21)

En cada salida de línea se instala una protección de distancia.

Ante una falta en barras, todos los interruptores abren, quedando aislada la barra en falta.

Protección diferencial de barras (87B)

La protección diferencial de distancia compara las intensidades entrantes y salientes en una barra.

En condiciones de funcionamiento normal, el sumatorio de las intensidades que circulan por cada línea que sale de la barra es nulo. En condiciones de falta dicho sumatorio es la propia intensidad de falta.

Para incrementar al máximo la seguridad de la protección diferencial, se instalará un relé de sobreintensidad direccional en cada posición. Cada relé generará un pulso positivo si la intensidad es entrante y negativo si es saliente. En caso de funcionamiento normal, la suma de los pulsos es distinta del número de posiciones. En caso de falta de barras la suma de pulsos igualará el número de posiciones.

Protección de fallo de interruptor (50S-62)

El fallo de interruptor puede producirse tanto por causas mecánicas como eléctricas.

La protección de fallo de interruptor vigila que el interruptor abra tras la orden de apertura.

Para mejorar la fiabilidad de la apertura de los interruptores, se instalarán dos bobinas de disparo, una principal y otra de reserva.

La protección dispone de dos modos de vigilancia de apertura:

- Por contactos auxiliares del interruptor: a partir de los contactos auxiliares se determina si el interruptor está abierto o cerrado.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Por vigilancia de intensidad a través del interruptor: se determina la posición del interruptor a partir de los valores de la intensidad de línea y homopolar

Protecciones de tensión (59 y 27)

Protección de sobretensión (59)

La protección de tensión detecta sobretensiones que son provocadas por el funcionamiento anómalo de la regulación de tensión o bien causadas por faltas en las fases sanas.

Se instala un único relé por barra y en caso de falta, abren todos los interruptores conectados a la barra.

Protección de subtensión (27)

Detecta subtensiones que han podido ser originadas por el funcionamiento anómalo de la regulación de tensión o por la conexión de transformadores.

En este caso se coloca un relé por cada interruptor.

Protecciones de frecuencia (81M y 81m)

Protección de sobrefrecuencia (81M)

Detecta las sobrefrecuencias que se han sido causadas por deslastes de cargas o bien por el funcionamiento anómalo de la regulación de frecuencia.

Se coloca únicamente un relé por barra y en caso de frecuencia abre todos los interruptores de la barra.

Protección de subfrecuencia (81m)

Vigila las subfrecuencias generadas por la desconexión de equipos en la generación o por el funcionamiento anómalo de la regulación de tensión.

En caso de subfrecuencia, abren los interruptores de las cargas.



10. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS (PCI)

Debido al gran riesgo e inflamabilidad de los elementos contenidos en la subestación de diseño, es necesario instalar un sistema de protección contra incendios. Dicho sistema es diseñado considerando la posibilidad de propagación del incendio tanto por el interior de la instalación, afectando al edificio con todos sus elementos y cubiertas, como al exterior de la misma, provocando graves consecuencias.

Los transformadores de potencia son los elementos más peligrosos de la subestación, debido a que el aceite aislante que contienen es altamente inflamable. Por esta razón, con el objetivo de minimizar las consecuencias de un posible incendio en alguno de los transformadores, se construirán muros cortafuegos entre éstos.

El resto de muros de la subestación se construirán a partir de bloques de hormigón enfoscados con mortero de cemento por ambas caras. Con esto se consigue una resistencia al fuego de 240 minutos en todas las salas del edificio.

Deben conocerse asimismo los medios públicos disponibles en las cercanías de la instalación para la extinción del incendio.

El sistema de protección contra incendios se compone del sistema de detección de incendios y del sistema de extinción de incendios.

10.1. Sistema de detección de incendios

El dispositivo principal es la central de detección de incendios. En ella quedan registradas todas las incidencias de la instalación y en ella se activan las alarmas y dispositivos de extinción oportunos.

Los dos tipos de detectores que se instalarán son de humo y por aspiración. Los primeros son de tipo óptico y su objetivo es medir la densidad de humo para determinar el posible riesgo de incendio. El funcionamiento del segundo, se basa en una red de tuberías que donde el aire es succionado continuamente por un aspirador de alta calidad y eficiencia.

Además, se instalarán pulsadores manuales de alarma distribuidos uniformemente por toda la instalación de la subestación. De esta forma cualquier operario puede avisar y alertar de la detección de un incendio.

Serán del tipo rotura de cristal y éste irá protegido mediante membrana plástica para evitar cortes en su activación.



10.2. Sistema de extinción de incendios

El sistema general de extinción de incendios de la subestación se compone de una red de tuberías en cuyos extremos se sitúan rociadores de descarga de agua pulverizada. El agua es acumulada en un tanque e impulsada a través de un motor diésel.

El tanque de acumulación dispone de una bomba que consigue mantener la presión a 400 kPa aproximadamente y tiene una capacidad de 120.000 litros, siendo capaz de suministrar un caudal de 20 litros por segundo durante un tiempo de 90 minutos.

Debido a que los transformadores de potencia son los elementos más peligrosos de la subestación por su alto contenido inflamable, cuentan con un sistema integrado de detección de incendios.

Asimismo, se instalará en la subestación un sistema de extinción automática de incendios mediante espumógeno. Este sistema consiste en burbujas formadas mecánicamente originadas por el paso de un gas a través de un medio poroso. Las burbujas son posteriormente humedecidas mediante una solución basada en agentes espumógenos. Finalmente, la solución de espuma obtenida es bombeada hasta los rociadores distribuidos por todas las salas de la instalación

Como dispositivo de respaldo, se colocarán extintores móviles de polvo polivalente ABC y de CO₂ en función del riesgo que presenten los equipos y la sala a proteger. Se distribuirán por todo el edificio y el parque exterior y estarán siempre ubicados a una distancia inferior a 15 metros de los elementos que se desee proteger.

11. SISTEMA ANTI-INTRUSISMO

Debido a que la subestación contiene elementos de alta tensión, es de suma importancia vigilar el recinto para evitar los posibles accesos no autorizados al interior de la instalación.

Como primera medida, se instalará un sistema de control de acceso desde el exterior a partir de lectores de tarjetas. De esta forma se permitirá vigilar el acceso tanto al recinto de la subestación como al interior del edificio. Asimismo, se instalarán también contactos magnéticos en las puertas.

Se instalará un sistema de cámaras interiores y exteriores de videovigilancia las 24 horas para la detección de intrusos e irá conectado a un sistema de alarma.

Como medida de respaldo, se dispondrá de detectores volumétricos dispuestos por toda la instalación, para garantizar la total detección de personal no autorizado en la instalación.



12. ALUMBRADO

La subestación de diseño debe disponer de un sistema de alumbrado que permita efectuar satisfactoriamente las inspecciones, labores de mantenimiento y reparaciones requeridas, garantizándose en todo momento la seguridad tanto del personal encargado como de los equipos.

En relación a los transformadores, deben ser visibles los niveles de aceite en las boquillas, fugas de aceite, mediciones de precisión y temperatura en el tanque principal, así como medidores de flujo en las bombas de aceite.

A continuación, se hará una breve distinción entre los distintos sistemas de alumbrado de la subestación.

12.1. Alumbrado exterior

Se debe iluminar el parque de la subestación mediante equipos detectores de movimiento que eviten posibles accidentes.

La iluminación exterior debe garantizar la seguridad visual frente a intrusos u otros animales a los que pueda ahuyentar.

12.2. Alumbrado interior

Se deben iluminar apropiadamente todas las salas del interior de la subestación:

- Sala de transformadores de potencia
- Sala de celdas GIS de alta y media tensión
- Sala de servicios auxiliares
- Sala de transformadores de servicios auxiliares

El objetivo de esta iluminación es garantizar una correcta labor de mantenimiento o las posibles reparaciones que fuese necesario llevar a cabo.

El nivel de iluminación escogido en cada sala es aquel que permita ver en detalle los equipos y materiales iluminados, evitándose deslumbramientos que puedan provocar accidentes.

12.3. Alumbrado de emergencia

En el caso de producirse una falta en la tensión de alimentación del alumbrado de emergencia normal o cuando ésta descienda a un 70% de su valor nominal, actuará el alumbrado de emergencia.



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

El alumbrado de emergencia se alimentará del conjunto batería rectificador de 125 Vcc y se utilizarán luminarias con tubos fluorescentes con una autonomía de una hora y la instalación se realizará en pared en montaje superficial.

2. CÁLCULOS



ÍNDICE

1. INTENSIDADES NOMINALES	3
1.1. Intensidad nominal en 220 kV	3
1.2. Intensidad nominal en 20 kV	3
1.3. Intensidad nominal en 400 V	3
2. INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO	4
2.1. Cortocircuito en barras de 220 kV	4
2.2. Cortocircuito en barras de 20 kV	4
2.3. Cortocircuito en barras de servicios auxiliares	5
3. CÁLCULO DE LAS SECCIONES DE LOS CONDUCTORES	7
3.1. Conductores de 220 kV	7
3.2. Conductores de 20 kV	8
4. RED DE TIERRAS	10
4.1. Descripción general	10
4.2. Especificaciones del terreno	10
4.3. Corriente de cortocircuito	11
4.4. Selección de electrodos de puesta a tierra y conductor empleado	11
4.5. Tensiones de paso y de contacto	12
4.6. Metodología de cálculo	13
4.7. Cálculos	14
4.7.1. Cálculo de las tensiones de paso y de contacto aplicadas máximas admisibles	14
4.7.2. Cálculo de las resistividades superficiales aparentes	14
4.7.3. Cálculo tensiones de paso y de contacto máximas admisibles.....	15
4.7.4. Cálculo de la resistencia de puesta a tierra	16
4.7.5. Cálculo de las tensiones de paso y contacto U_c' y U_p'	16
4.8. Resultados	19
5. CÁLCULO DE SERVICIOS AUXILIARES. BATERÍA DE 125 VCC	20



1. INTENSIDADES NOMINALES

Para el cálculo de las intensidades nominales se empleará la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{S_B}{\sqrt{3} \times U_n}$$

Se tomará como potencia base la potencia nominal del transformador (60 MVA).

1.1. Intensidad nominal en 220 kV

Se utiliza la fórmula anterior, en la que el valor de tensión es de 220 kV:

$$I_n = \frac{60 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 220 \times 10^3} = 157,46 \text{ A}$$

1.2. Intensidad nominal en 20 kV

En este caso se debe sustituir la tensión por 20 kV:

$$I_n = \frac{60 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} = 1732,05 \text{ A}$$

1.3. Intensidad nominal en 400 V

En este caso, se utiliza como potencia base la potencia nominal del transformador de servicios auxiliares, que es 250 KVA:

$$I_n = \frac{250 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 400} = 360,84 \text{ A}$$

2. INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

En este apartado se calcularán las corrientes de cortocircuito en los puntos más críticos de la subestación.

Se estudiarán los siguientes casos:

- Cortocircuito trifásico en barras de 220 kV
- Cortocircuito trifásico en barras de 20 kV
- Cortocircuito trifásico en barras de servicios auxiliares

Se calcularán únicamente los cortocircuitos trifásicos dado que son los que provocan las mayores intensidades de cortocircuito.

2.1. Cortocircuito trifásico en barras de 220 kV

Los datos de la red facilitados por la compañía suministradora de energía en el punto de conexión de la subestación son los siguientes:

Potencia de cortocircuito trifásico en el punto de conexión (MVA)	4000
Tensión de servicio (kV)	220 kV
Tensión más elevada de la red (kV)	245 kV
Conexión del neutro de la red	Rígido a tierra

A partir de estos datos, se calcularán las intensidades de cortocircuito en barras, debido a que es el punto dónde la solicitud eléctrica es mayor.

La intensidad de cortocircuito trifásico se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{4000 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 220 \times 10^3} = 10,50 \text{ kA}$$

2.2. Cortocircuito en barras de 20 kV

Conocida la potencia de cortocircuito en un determinado punto del sistema, se puede calcular el circuito equivalente Thevenin de la red en dicho punto. Se tomará como potencia base la nominal del transformador de 60 MVA.

$$Z_{th} = \frac{U^2}{S_{cc}} = \frac{(20 \times 10^3)^2}{4000 \times 10^6} = 0,1 \Omega$$

Una vez calculada la impedancia equivalente de la red, se calculan las impedancias de los transformadores, teniendo en cuenta que los dos transformadores de potencia de la subestación son idénticos. A partir de la información técnica de los transformadores:

Relación de transformación	230/21 KV
Potencia nominal (MVA)	60
Tensión de cortocircuito	11%

$$Z_{T1} = Z_{T2} = u_{cc} \times \frac{U^2}{S_b} = 0,11 \times \frac{(20 \times 10^3)^2}{60 \times 10^6} = 0,73 \, \Omega$$

La impedancia equivalente de ambos transformadores, resulta de calcular su impedancia paralelo:

$$Z_T = \frac{Z_{T1} \times Z_{T2}}{Z_{T1} + Z_{T2}} = \frac{0,73}{2} = 0,365 \, \Omega$$

La impedancia equivalente de la red y de los transformadores:

$$Z = Z_{th} + Z_T = 0,1 + 0,365 = 0,465 \, \Omega$$

Finalmente se calcula la intensidad de cortocircuito:

$$S_{cc} = \frac{U_n^2}{Z} = \frac{(20 \times 10^3)^2}{0,465} = 860,22 \, \text{MVA}$$

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{860,22 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} = 24,83 \, \text{kA}$$

2.3. Cortocircuito trifásico en barras de servicios auxiliares

En este caso, para el cálculo de la impedancia equivalente, además de la impedancia de la red y de los transformadores, también hay que considerar la impedancia del transformador de servicios auxiliares.

La impedancia de la red en 400 V se calcula de la siguiente forma:

$$Z_{th} = \frac{U^2}{S_{cc}} = \frac{400^2}{4000 \times 10^6} = 4 \times 10^{-5} \, \Omega$$

La impedancia de los transformadores de potencia resulta:

$$Z_{T1} = Z_{T2} = u_{cc} \times \frac{U^2}{S_b} = 0,11 \times \frac{400^2}{60 \times 10^6} = 2,93 \times 10^{-4} \Omega$$

Por tanto, la impedancia equivalente de los dos transformadores se obtendrá de calcular el paralelo entre ambos:

$$Z_T = \frac{Z_{T1} \times Z_{T2}}{Z_{T1} + Z_{T2}} = \frac{2,93 \times 10^{-4}}{2} = 1,47 \times 10^{-4} \Omega$$

La impedancia del transformador de servicios auxiliares, tomando como potencia base la potencia nominal de dicho transformador, se calcula como:

$$Z_{SA} = u_{cc} \times \frac{U^2}{S_b} = 0,06 \times \frac{400^2}{250 \times 10^3} = 0,038 \Omega$$

Finalmente, la impedancia de equivalente de la red, de los transformadores de potencia y del transformador de servicios auxiliares resulta:

$$Z = Z_{th} + Z_T + Z_{SA} = 4 \times 10^{-5} + 1,47 \times 10^{-4} + 0,038 = 0,0382 \Omega$$

Por último, se calcula la intensidad de cortocircuito:

$$S_{cc} = \frac{U_n^2}{Z} = \frac{400^2}{0,0382} = 4,19 \text{ MVA}$$
$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{4,19 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 400} = 6,05 \text{ kA}$$



3. CÁLCULO DE LAS SECCIONES DE LOS CONDUCTORES

A partir de las intensidades nominales y de cortocircuito calculadas en el apartado anterior y aplicando las condiciones y factores de corrección oportunos se determinarán las secciones de los cables a emplear.

3.1. Conductores de 220 KV

En este apartado se calculará la sección de los conductores de 220 kV, que son aquellos que conectan las celdas de alta tensión con el primario de los transformadores de potencia.

La intensidad nominal que circulará por dichos conductores, calculada en el apartado anterior resulta 157,46 A. Para dicha intensidad, según el catálogo del fabricante seleccionado General Cable el cable que posee una sección de 630 mm² soporta 826 A.

Se comprueba a continuación, que el cable seleccionado es capaz de soportar a su vez la intensidad de cortocircuito. Para el cálculo de dicha intensidad se utilizará la siguiente fórmula:

$$I_{cc}^2 \times t = K^2 \times S^2 \times \ln[(\beta + \theta_f)/(\beta + \theta_i)]$$

Donde:

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito (valor eficaz en A):

t : tiempo de despeje de falta (segundos)

K : Constante del material conductor

S : Sección del conductor a emplear (mm²)

θ_f : Temperatura final o de cortocircuito (°C)

θ_i : Temperatura inicial o de servicio permanente (°C)

β : Inversa del coeficiente de variación de la resistencia a 0°C (°C)

En este caso de estudio los valores serán los siguientes:

I_{cc} (A)	10500
t (s)	0,5
K	148



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

θ_f (°C)	250
θ_i (°C)	90
β	228

Dado que el conductor es de aluminio, el valor de K es de 148 y el de β 228.

Se ha considerado una temperatura de servicio permanente de 90 °C y una temperatura de cortocircuito de 250 °C.

A partir de todos estos datos, resulta una sección necesaria de:

S (mm ²)	78,58
----------------------	-------

Con esto se verifica que el conductor seleccionado de sección 630 mm² es capaz de soportar la intensidad requerida en caso de cortocircuito.

3.2. Conductores de 20 KV

En primer lugar, se calculará la sección de los conductores que conectan el secundario de los transformadores de potencia con las celdas de media tensión.

En el apartado previo se ha calculado que la intensidad nominal que circulará por dichos conductores es de 1732,05 A. La máxima sección de conductor disponible del fabricante seleccionado, General Cable, es de 400 mm². Dicha sección es capaz de soportar una intensidad máxima admisible de 610 A, siendo dicha intensidad insuficiente. Por tanto, después de realizar los cálculos oportunos, la alternativa adoptada será la utilización de 4 ternas de cables unipolares

Atendiendo al reglamento de líneas de alta tensión LAT, se aplicarán los siguientes factores de corrección:

- Dado que la temperatura de servicio permanente es de 40 °C, el factor de corrección es 1, por lo que no se tendrá en cuenta dado que modificará el valor de intensidad calculado.
- Respecto al factor de agrupación a considerar, el factor de corrección se obtendrá a partir de la tabla inferior.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Tabla 15. Cables tripolares o ternos de cables unipolares tendidos sobre bandejas continuas (la circulación del aire es restringida), con separación entre cables igual a un diámetro d

Número de Bandejas	Factor de corrección				
	Número de cables tripolares o ternos unipolares				
	1	2	3	6	9
1	0,95	0,90	0,88	0,85	0,84
2	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80
3	0,88	0,83	0,81	0,79	0,78
6	0,86	0,81	0,79	0,77	0,76

De la tabla anterior, para 1 bandeja con 4 ternas unipolares, el factor de corrección obtenido es de 0,87.

Con todo esto, el valor de intensidad nominal, aplicando los factores de corrección mencionados, resulta:

$$I = 1 \times 4 \times 0,87 \times 610 = 2122,8 \text{ A}$$

Dicho valor es superior a la intensidad nominal requerida de 1732,05 A, con lo que es válido.

Para verificar que el conductor anterior soporta la intensidad de cortocircuito, se procede de la misma forma que con los cables de 220 kV:

$$I_{cc}^2 \times t = K^2 \times S^2 \times \ln[(\beta + \theta_f)/(\beta + \theta_i)]$$

Donde:

I_{cc} (A)	24830
t (s)	0,5
K	148
θ_f (°C)	250
θ_i (°C)	90
β	228

Como el conductor seleccionado es de aluminio, los valores de K y β son los indicados en la tabla.

Se ha considerado una temperatura de servicio permanente de 40 °C y una temperatura de cortocircuito de 250 °C.

Con todo esto, la sección del conductor necesaria resulta:

S (mm ²)	185,83
------------------------	--------

Por lo que se concluye que el conductor seleccionado es válido.



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

En segundo lugar, se calculará la sección necesaria de los conductores que van de las celdas de media tensión al transformador de servicios auxiliares.

La intensidad nominal que circulará por dichos conductores es:

$$I_n = \frac{250 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 20 \times 10^3} = 7,22 \text{ A}$$

Se selecciona el conductor del fabricante General Cable, cuya sección es de 95 mm² y cuya corriente máxima admisible es de 255 A.



4. RED DE TIERRAS

4.1. Descripción general

En el proyecto de diseño de esta subestación, según las normas IEC, se debe diseñar la puesta a tierra de forma que ésta exceda 1 metro por cada lado de las dimensiones de la subestación. Por tanto, las dimensiones de la puesta a tierra son:

Lado menor (m)	42
Lado mayor (m)	54
Área (m ²)	2268

La resistividad del terreno en dicha zona es de:

Resistividad natural del terreno (Ωm)	200
---	-----

Se ha seleccionado un tiempo de despeje de falta de:

Tiempo de actuación de las protecciones (s)	0,5
---	-----

4.2. Especificaciones del terreno

Se distinguirán tres tipos de terreno:

- Hormigón:

El terreno sobre el que se construirá el edificio dónde se ubica toda la aparamenta estará cubierto por una capa de hormigón con las siguientes características:

Resistividad hormigón (Ωm)	3500
Profundidad capa de hormigón (m)	0,4

- Asfalto:

Los viales de la subestación estarán cubiertos por una capa de asfalto con las siguientes características:

Resistividad del asfalto (Ωm)	5500
Profundidad de la capa de asfalto (m)	0,1



- **Grava:**

El perímetro de la subestación sin acera está cubierto por una capa de grava cuyas características son:

Resistividad de la grava (Ωm)	3000
Profundidad de la capa de grava (m)	0,15

4.3. Corriente de cortocircuito

Se dimensionará la puesta a tierra para el caso de cortocircuito trifásico en 220 kV. La corriente de cortocircuito obtenida en caso de producirse dicha falta son 10,5 kA.

4.4. Selección de electrodos de puesta a tierra y conductor empleado

Los electrodos de puesta a tierra serán un cable conductor enterrado dispuesto en forma mallada junto con picas.

El conductor empleado posee las siguientes características:

Material	Cobre
Sección (mm^2)	240
Diámetro (mm)	17.48

Las características del mallado son:

Profundidad enterramiento malla (m)	1
Lado de la cuadrícula del mallado (m)	2
Lc: Longitud total de cable enterrado (m)	2364

En cuanto a la información referente a las picas:

Material	Cobre
Longitud (m)	8
Diámetro (m)	0.018
Número de picas	60
Longitud total de las picas (m)	480



4.5. Tensiones de paso y de contacto

De acuerdo con las normas IEC, se define tensión de paso como la diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso (1 metro), en la dirección del gradiente de potencial máximo.

De la misma forma, se define la tensión de contacto como la diferencia de potencial entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro, en la dirección del gradiente de potencial máximo.

Si una persona toca un elemento de la subestación, no está sometido a la totalidad de la tensión, dado que debido a las distintas impedancias que presenta, se produce un divisor de tensión que hace que la persona esté sometida a una tensión inferior, denominadas tensiones de paso y de contacto aplicadas.

Tanto para la tensión de paso como para la de contacto aplicadas se tendrán en cuenta para realizar los cálculos las siguientes impedancias y resistencias:

- Impedancia del cuerpo humano: se estima en $1000\ \Omega$ aproximadamente
- Resistencia del calzado
- Resistencia de contacto entre el calzado y el suelo

Con esto, se obtienen las siguientes definiciones:

Tensión de paso aplicada: Es la parte de la tensión de paso que resulta directamente aplicada entre los pies de un hombre teniendo en cuenta las impedancias y resistencias anteriores.

Tensión de contacto aplicada: Parte de la tensión de contacto que resulta directamente aplicada entre dos puntos del cuerpo humano, considerando las impedancias y resistencias anteriores.

En función de la duración de la corriente de falta, se establecen las tensiones de contacto y de paso máximas admisibles.

Como conclusión, el objetivo de la puesta a tierra es que, en cualquier punto de la subestación, las tensiones de contacto y de paso (U_c' y U_p'), sean siempre inferiores a las tensiones de paso y de contacto máximas admisibles (U_c y U_p), garantizándose en todo momento la seguridad de las personas.



4.6. Metodología de cálculo

Se trata de un proceso iterativo en el que el objetivo final es conseguir que las tensiones de paso y de contacto sean inferiores que las máximas admisibles para garantizar la seguridad exigida en la subestación.

En cuanto al cálculo de las tensiones de paso y de contacto máximas admisibles, la única variable que se puede modificar son los espesores de las capas superficiales de hormigón y de asfalto. Se han elegido unos valores razonables que se muestran a continuación en el apartado de cálculos.

Respecto a las tensiones de paso y de contacto en la subestación, hay numerosas variables de control que pueden ser modificadas para obtener los valores de tensión requeridos.

En referencia a los electrodos de puesta a tierra, prácticamente la totalidad de sus características se pueden seleccionar libremente.

La única combinación factible para conseguir que las tensiones de paso y de contacto en cualquier punto de la subestación sean menores que las admisibles, ha sido seleccionar como electrodo de puesta a tierra la combinación de un conductor enterrado en forma de mallado junto con picas.

Con respecto a ambos electrodos, los valores que se pueden seleccionar libremente son la profundidad de la malla enterrada, el diámetro del conductor y el lado de la cuadrícula del mallado. En lo referente a las picas se puede elegir tanto su número como su longitud, quedando así determinado, junto con el mallado, la longitud total de cable enterrado que determinará la diferencia en los valores de las tensiones.



4.7. Cálculos

Los pasos que se seguirán son los siguientes:

4.7.1. Cálculo de las tensiones de paso y de contacto aplicadas máximas admisibles

Para una duración de corriente de falta de 0,5 s, se obtienen los siguientes valores:

Uca: Tensión de contacto aplicada máxima admisible (V)	204
Upa: Tensión de paso aplicada máxima admisible (V)	2040

El valor máximo admisible de tensión de paso aplicada Upa entre dos pies de una persona se define como diez veces el valor máximo admisible de la tensión de contacto aplicada: $Upa=10 \cdot Uca$

4.7.2. Cálculo de las resistividades superficiales aparentes

Este cálculo se realiza a partir de las resistividades superficiales de cada zona y del coeficiente reductor Cs.

Parámetros:

Cs	Coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial
hs (m)	Espesor de la capa superficial
ρ (Ωm)	Resistividad del terreno natural
ρ* (Ωm)	Resistividad de la capa superficial

$$Cs = 1 - 1,106 \times \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right)$$

$$\text{Resistividad superficial aparente } (\rho_{\text{aparente}}) = (\rho^*) \times Cs$$

Se diferencian tres zonas en la subestación en función del tipo de suelo:

- Interior de la subestación: capa de hormigón de 40 cm

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

h_s (m)	0,4
ρ (Ω m)	200
ρ^* (Ω m)	3500
$\rho_{aparente}$ (Ω m)	3113,91

- Viales de la subestación: capa de asfalto de 10 cm

h_s (m)	0,1
ρ (Ω m)	200
ρ^* (Ω m)	5500
$\rho_{aparente}$ (Ω m)	3664,052

- Perímetro de la subestación sin acera: capa de grava de 15 cm

h_s (m)	0,15
ρ (Ω m)	200
ρ^* (Ω m)	3000
$\rho_{aparente}$ (Ω m)	2268,97

4.7.3. Cálculo de las tensiones de paso y de contacto máximas admisibles

Las expresiones para el cálculo de las tensiones de paso y contacto máximas admisibles son:

$$U_c = U_{ca} \times \left(1 + \frac{1000 + 1,5 \times \rho_{aparente}}{1000} \right)$$

$$U_p = 10 \times U_{ca} \times \left(1 + \frac{4000 + 6 \times \rho_{aparente}}{1000} \right)$$

A partir de estas fórmulas, en función del terreno se distinguen:

Interior de la subestación: capa de hormigón de 40 cm	
U_c (V) = 1360,9	U_p (V) = 48314,2

Viales de la subestación: capa de asfalto de 10 cm
--



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

$U_c (V) = 1529,2$	$U_p(V) = 55048$
--------------------	------------------

Perímetro de la subestación sin acera	
$U_c (V) = 1102,3$	$U_p(V) = 37972,1$

4.7.4. Cálculo de la resistencia de puesta a tierra

Dado que los electrodos de puesta a tierra son un mallado con picas, se utiliza la siguiente expresión:

$$R (\Omega) = \rho \times \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20 * A}} \times \left(1 + \frac{1}{1 + h \times \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

$\rho (\Omega m)$: Resistividad del terreno	200
$L (m)$: Longitud total de las picas y del cable enterrado	2844
$A(m^2)$: Superficie cubierta por la malla de tierra	2268
$h(m)$: Profundidad de la malla de tierra	1

Con todo esto, se obtiene un valor de resistencia de puesta a tierra de:

Resistencia de tierra del electrodo (Ω)	1,868
--	-------

El buen diseño de la puesta a tierra queda determinado por la consecución de unas tensiones de paso y de contacto inferiores a las admisibles en cualquier punto de la subestación. La resistencia de puesta a tierra es un factor clave que limita el valor de dichas tensiones.

4.7.5. Cálculo de las tensiones de paso y contacto U_c' y U_p'

Para los cálculos 5.1, 5.2 y 5.3:

h : Profundidad de la malla de tierra (m)	1
L_c : Longitud total de los conductores enterrados excepto picas (m)	2364
L_p : Longitud perimetral (m)	192
Área de la malla de tierra de la subestación (m^2)	2268



5.1. Número de conductores en paralelo:

$$n = \frac{2 \times L_c}{L_p} \times \sqrt{\frac{L_p}{4 \times \sqrt{A}}}$$

n	29,742
---	--------

5.2. Cálculo de K_h :

$$K_h = \sqrt{1 + h}$$

K_h	1,414
-------	-------

5.3. K_{ii} :

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{2/n}}$$

K_{ii}	0,76
----------	------

5.4. K_m : Factor geométrico de espaciado de conductores para tensión de contacto:

$$K_m = \frac{1}{2 \times \pi} \times \left(\ln \left(\frac{D^2}{16 \times h \times d} + \frac{(D + 2 \times h)^2}{8 \times D \times d} - \frac{h}{4 \times d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \right. \\ \left. \times \ln \left(\frac{8}{\pi \times (2 \times n - 1)} \right) \right)$$

K_m	0,266
-------	-------

Para este cálculo 5.4:

D: Separación media entre conductores de la red de tierras (m)	2
d: Diámetro de los conductores de la red de tierras (m)	0,01748
h: Profundidad de la malla de tierra (m)	1
n: Número de conductores en paralelo	31,415



5.5. Ks: Factor geométrico de espaciado de conductores para tensión de paso

$$K_s = \frac{1}{\pi} \times \left[\frac{1}{2 \times h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

Ks	0,424
----	-------

5.6. Ki: Factor de corrección por efecto de mayor densidad de corriente en los extremos de la malla.

$$K_i = 0,644 + 0,148 \times n$$

Ki	5,046
----	-------

5.7. Lm: Longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de contacto

$$L_m = L_c$$

Lm (m)	2844
--------	------

Si se utiliza únicamente un mallado, la longitud de conductor obtenida es insuficiente, dado que se obtiene una tensión de contacto en la subestación superior a la máxima admisible. Por esta razón, es imprescindible colocar picas para aumentar la longitud de los electrodos de puesta a tierra. Con esto se consigue que la tensión de contacto sea inferior a la máxima admisible.

5.8. Longitud efectiva de la red de conductores enterrados para tensión de paso:

$$L_s = 0,75 \times L_c$$

Ls (m)	2133
--------	------



5.9. Cálculo de las tensiones de paso y de contacto en la subestación:

$$\text{Tensión de paso: } U'_c = \frac{\rho \times K_m \times K_i \times I}{L_m}$$

$$\text{Tensión de contacto: } U'_p = \frac{\rho \times K_s \times K_i \times I}{L_s}$$

Uc'(V)	990,09
Up'(V)	2108,37

Para el cálculo de dichas tensiones:

I(A): Intensidad que circula por la red de tierras de la subestación	10500
--	-------

4.8. Resultados:

Después de realizar todos los cálculos detallados en el punto anterior, se obtiene la siguiente tabla comparativa en la que se muestra que las tensiones de paso y contacto en la subestación (Uc' y Up') son inferiores a las tensiones de paso máximas admisibles (Uc y Up):

	Uc (V)	Uc' (V)	Up (V)	Up' (V)
Interior de la subestación	1360,856	990,09	48314,225	2108,37
Viales	1529,2	990,09	55048	2108,37
Perímetro vallado	1326	990,09	46920	2108,37

5. CÁLCULO DE SERVICIOS AUXILIARES. BATERÍA DE 125 VCC.

En primer lugar, se tendrá en cuenta la tensión de carga de las baterías, que en el caso del fabricante seleccionado es de 1,45 V.

Como se muestra en la siguiente figura, las baterías se mantienen 7 horas y 45 minutos con un consumo de 25 A y 15 minutos con un consumo de 85 A.

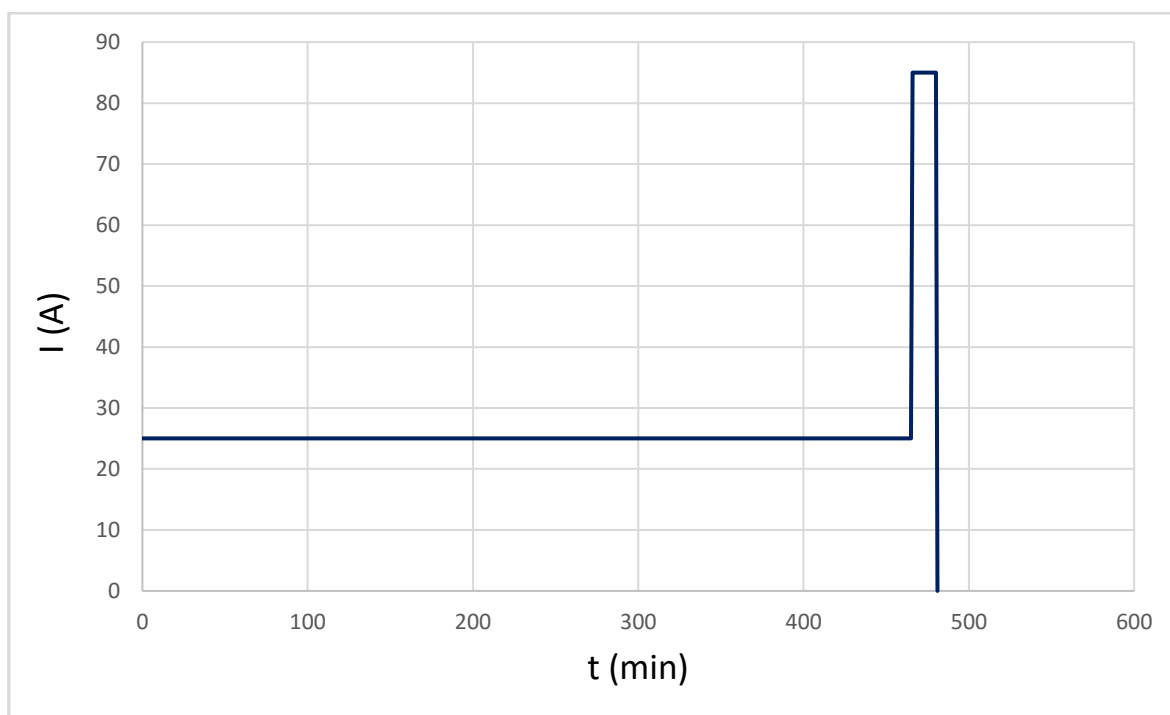


Fig. 1: Perfil de carga de las baterías

El resto de datos relevantes para el cálculo se adjuntan en la siguiente tabla:

Tiempo de descarga (horas)	8
Tipo de baterías	NiCd abiertas
Temperatura de operación (°C)	25
Tensión de operación (Vdc)	125
Tolerancias de tensión	-10% / +10%
Tensión de carga de las baterías (V)	1,45
Intensidad I_1 (A)	25
Intensidad I_2 (A)	85



Con todos estos datos se procede a realizar los cálculos:

$$N^{\circ} \text{ Celdas} = \frac{U_{m\acute{a}x}}{U_{carga}} = \frac{1,1 \times 125}{1,45} = 94,83 \text{ celdas} \rightarrow 95 \text{ celdas}$$

Con este número de celdas se calcula la tensión de fin de descarga:

$$U_{fin \text{ de descarga}} = \frac{U_{min}}{N^{\circ} \text{ Celdas}} = \frac{0,9 \times 125}{95} = 1,18 \text{ V/celda}$$

La capacidad necesaria para las baterías es:

$$C_1 = 25 \times \left(\frac{7 \times 60 + 45}{60} \right) = 193,75 \text{ Ah}$$

$$C_2 = 85 \times \left(\frac{15}{60} \right) = 21,25 \text{ Ah}$$

$$C_{total} = C_1 + C_2 = 215 \text{ Ah}$$

Por tanto, se selecciona el modelo del fabricante cuya capacidad sea superior a dicho valor, siendo esta capacidad de 230 Ah.

CÁLCULO DEL CARGADOR

Se debe considerar la corriente nominal del sistema y además la máxima corriente que debe ser capaz de proporcionar el cargador para poder suministrar la carga necesaria, así como recargar la batería simultáneamente en las horas establecidas.

$$\text{Limitación de corriente} = I_{nominal} + I_{carga} = 25 + 420 \times 0,2 = 109 \text{ A}$$

Como se indica en la fórmula anterior, en el caso de las baterías de Ni-Cd, se debe multiplicar la corriente de carga de la batería por el coeficiente 0,2.

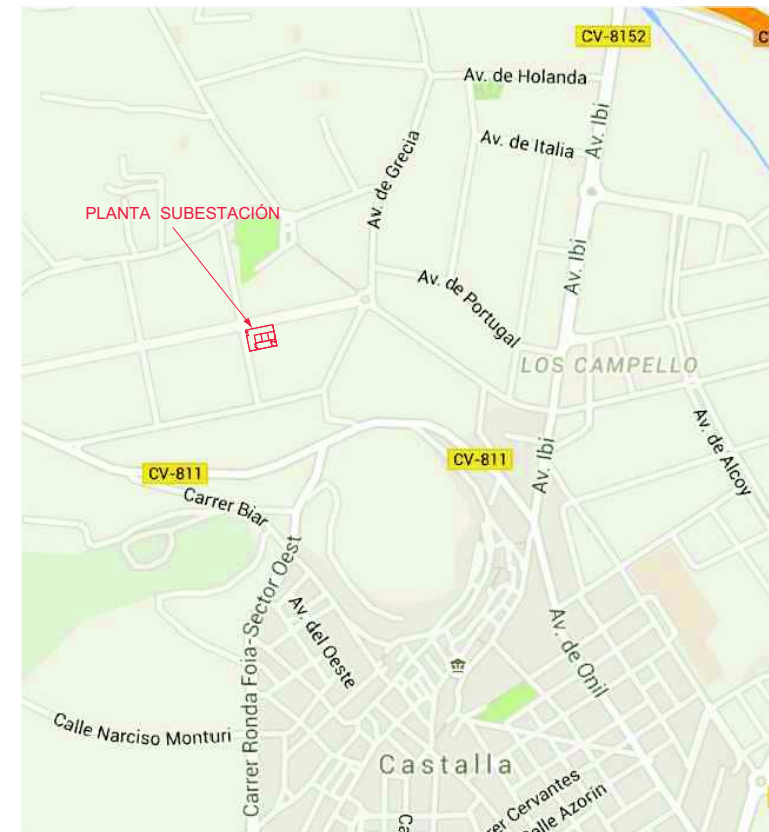
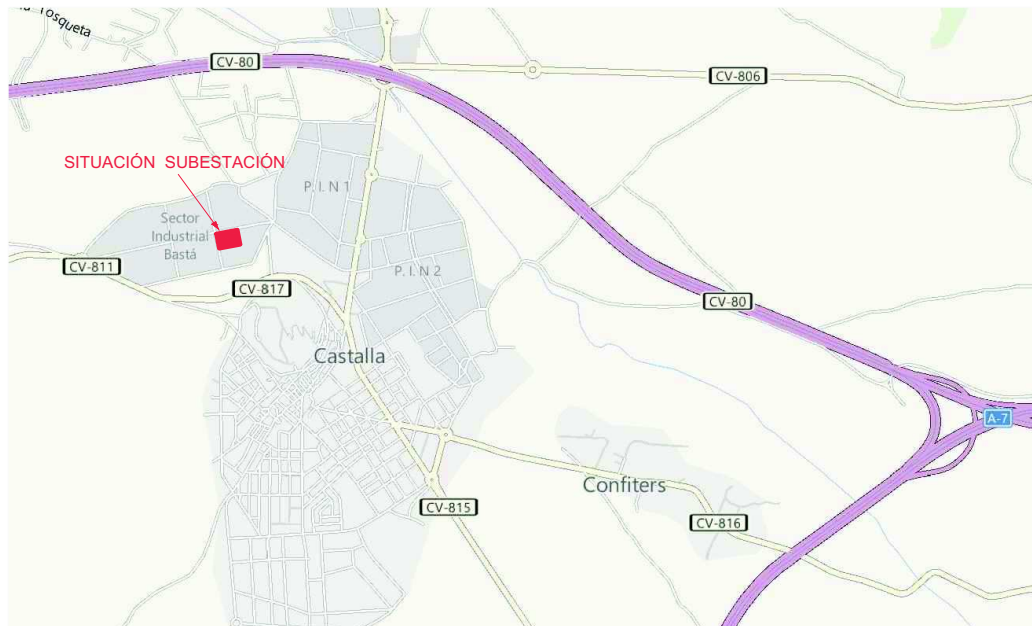
Por ello, la intensidad nominal del cargador debe ser igual o superior a 109 A.

3. PLANOS



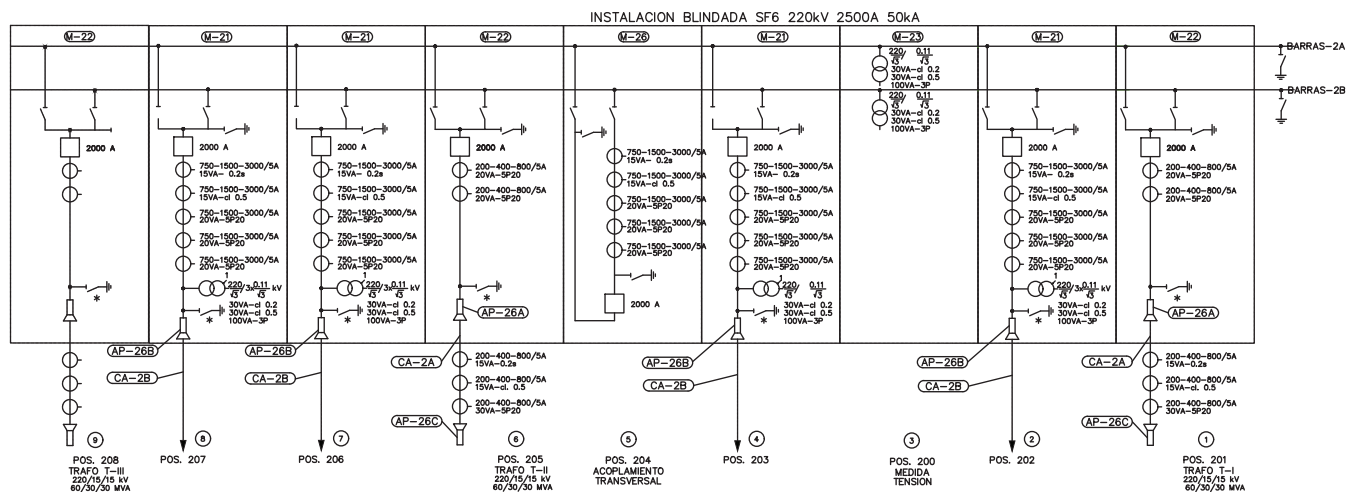
ÍNDICE

- 01. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
- 02. ESQUEMA UNIFILAR DE ALTA TENSIÓN
- 03. ESQUEMA UNIFILAR DE MEDIA TENSIÓN
- 04. PLANTA GENERAL
- 05. ALZADO GENERAL
- 06. RED DE TIERRAS



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	I.C.A.I.	FORMATO: DIN A-3
DIBUJADO	02/08/2016	ANDREA FERNÁNDEZ SANZ			 
COMPROBADO	09/08/2016	GERARDO FERNÁNDEZ MAGESTER			
ESCALA:	PROYECTO:				
	DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV				
	PLANO:				PLANO Nº
	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO				01

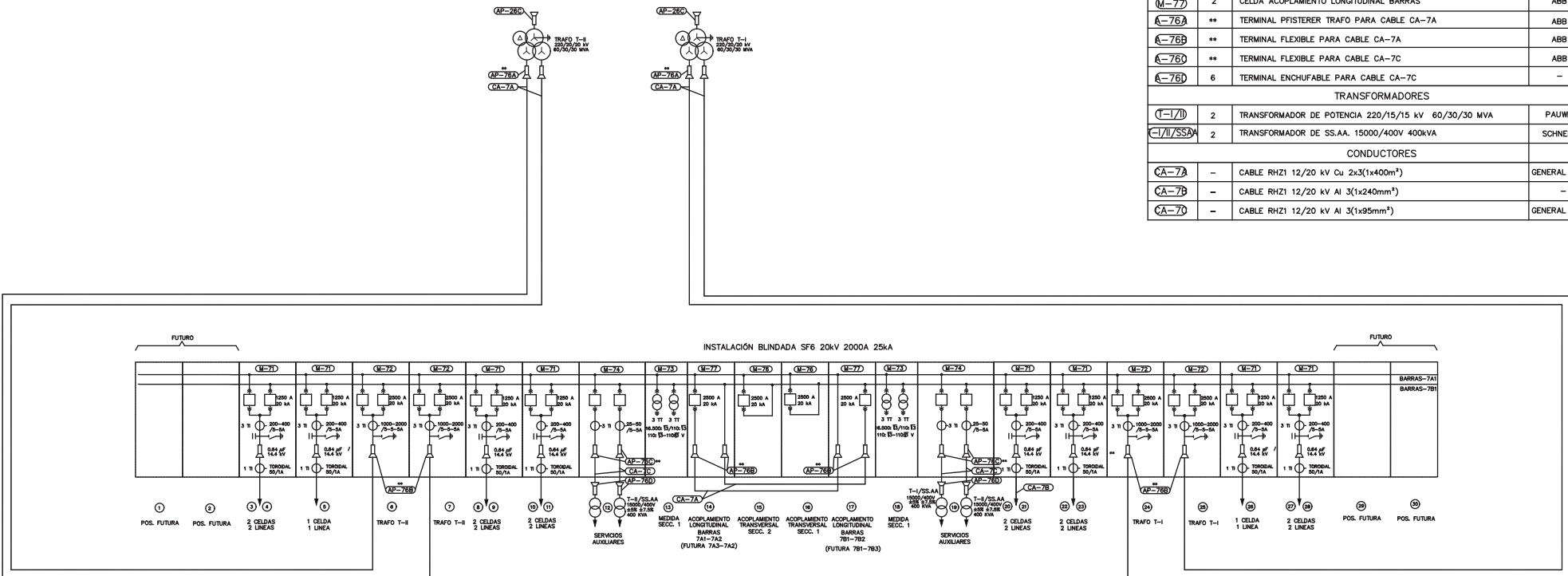
RELACION DEL NUEVO APARELLO A INSTALAR			
POS.	CANT.	DENOMINACION	FABRICANTE
APARELLO 220 kV			
M-21	4	CELDA BLINDADA SF6 BARRA DOBLE POS. LINEA	SIEMENS
M-22	2	CELDA BLINDADA SF6 BARRA DOBLE POS. TRAF0	SIEMENS
M-23	1	CELDA BLINDADA SF6 MEDIDA BARRAS A Y B	SIEMENS
M-26	1	CELDA BLINDADA SF6 ACOPLAMIENTO TRANSVERSAL BARRAS	SIEMENS
A-26A	6	TERMINAL ENCHUFABLE CELDA PARA CABLE CA-2A	GENERAL CABLE
A-26B	12	TERMINAL ENCHUFABLE CELDA PARA CABLE CA-2B	GENERAL CABLE
A-26C	6	TERMINAL ENCHUFABLE TRAF0 PARA CABLE CA-2A	GENERAL CABLE
CONDUCTORES			
CA-2A	-	CABLE RHE 127/220 kV AI 3(1x630 mm²)	GENERAL CABLE
CA-2B	-	CABLE RHE 127/220 kV AI 3(1x630 mm²)	GENERAL CABLE



(*) SECCIONADORES DE PUESTA A TIERRA RAPIDA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	I.C.A.I.	FORMATO: DIN A-3
DIBUJADO	02/08/2016	ANDREA FERNÁNDEZ SANZ			 
COMPROBADO	09/08/2016	GERARDO FERNÁNDEZ MAGESTER			
ESCALA:	PROYECTO: DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV				
S/E	PLANO: ESQUEMA UNIFILAR ALTA TENSIÓN				PLANO N°:
					02

RELACION DEL NUEVO APARELLAJE A INSTALAR			
POS.	CANT.	DENOMINACION	FABRICANTE
APARELLAJE 220 kV			
A-260	6	TERMINAL ENCHUFABLE TRAF0 PARA CABLE CA-2A	GENERAL CABLE
APARELLAJE 20 kV			
M-71	14	CELDA DOBLE BARRA SIMPLE SALIDA POS. LINEA	ABB
M-72	4	CELDA DOBLE BARRA SIMPLE SALIDA POS. TRAF0	ABB
M-73	2	CELDA MEDIDA BARRAS	ABB
M-74	2	CELDA DOBLE BARRA DOBLE SALIDA TRAFOS SS.AA.	ABB
M-76	2	CELDA ACOPLAMIENTO TRANSVERSAL BARRAS	ABB
M-77	2	CELDA ACOPLAMIENTO LONGITUDINAL BARRAS	ABB
A-76A	**	TERMINAL PFISTERER TRAF0 PARA CABLE CA-7A	ABB
A-76B	**	TERMINAL FLEXIBLE PARA CABLE CA-7A	ABB
A-76C	**	TERMINAL FLEXIBLE PARA CABLE CA-7C	ABB
A-76D	6	TERMINAL ENCHUFABLE PARA CABLE CA-7C	-
TRANSFORMADORES			
T-I/II	2	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 220/15/15 kV 60/30/30 MVA	PAUWELS
C-I/II/SSA	2	TRANSFORMADOR DE SS.AA. 15000/400V 400kVA	SCHNEIDER
CONDUCTORES			
CA-7A	-	CABLE RHZI 12/20 kV Cu 2x3(1x400mm ²)	GENERAL CABLE
CA-7B	-	CABLE RHZI 12/20 kV Al 3(1x240mm ²)	-
CA-7C	-	CABLE RHZI 12/20 kV Al 3(1x95mm ²)	GENERAL CABLE



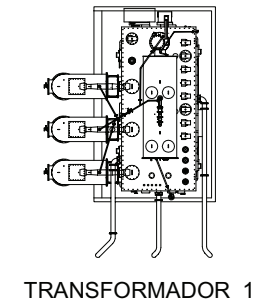
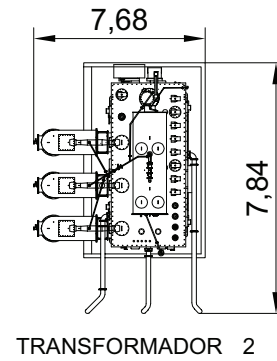
NOTAS.-
1.- EL ORDEN DE LAS CELDAS CORRESPONDE A LA FILA VISTA DE FRENTE.
2.- EL TRANSFORMADOR T-III ASI COMO SUS POSICIONES ASOCIADAS SON DE FUTURA INSTALACION
(*) SECCIONADORES DE PUESTA A TIERRA RAPIDA

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	I.C.A.I.	FORMATO: DIN A-3
DIBUJADO	02/08/2016	ANDREA FERNÁNDEZ SANZ			 
COMPROBADO	09/08/2016	GERARDO FERNÁNDEZ MAGESTER			
ESCALA:	PROYECTO: DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV				
S/E	PLANO: ESQUEMA UNIFILAR MEDIA TENSIÓN				PLANO N°:
					03

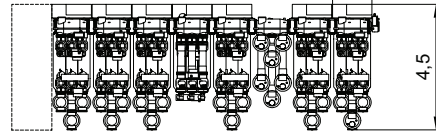
52,00

40,00

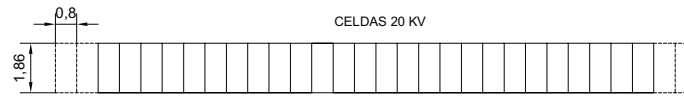
RESERVA
TRANSFORMADOR
3



CELDAS 220 KV



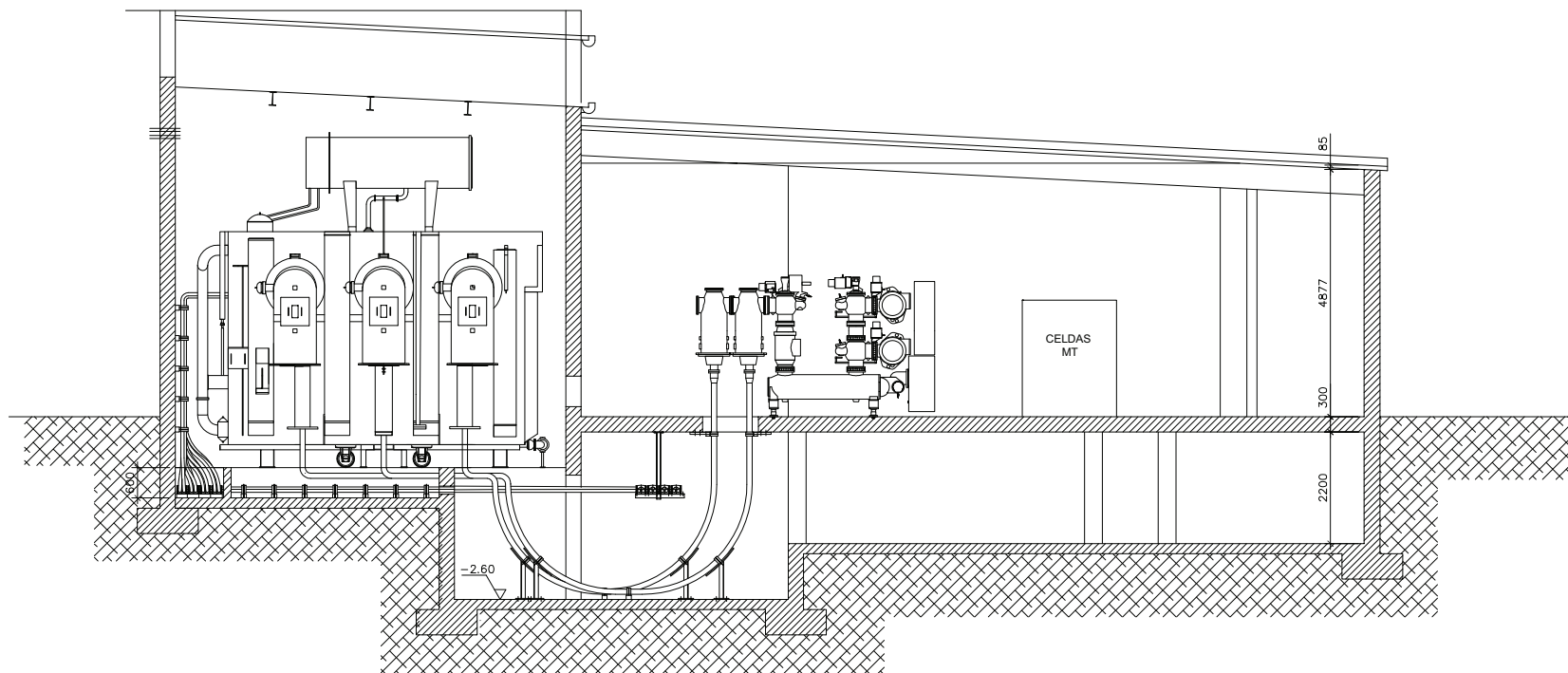
CELDAS 20 KV



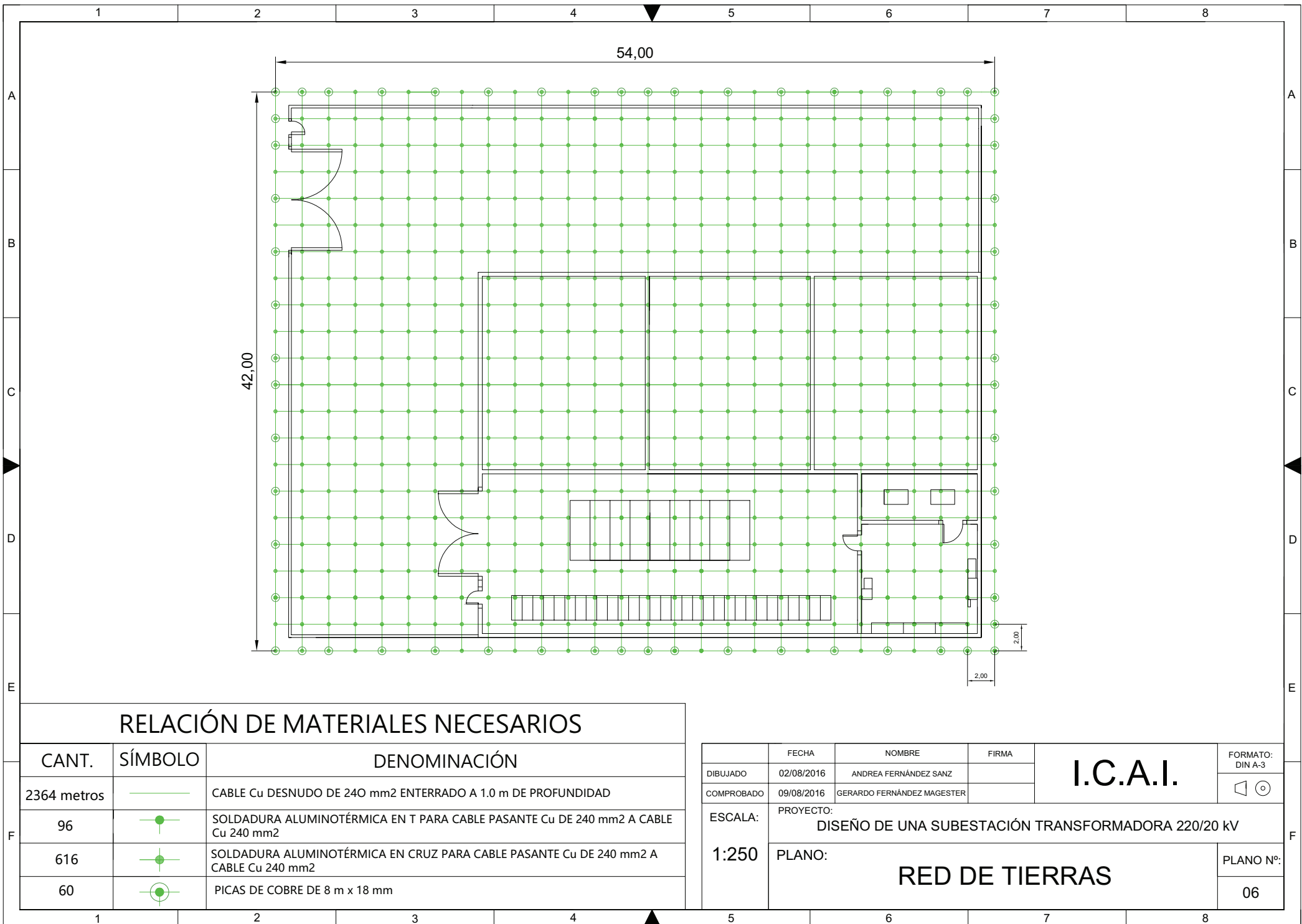
TRANSFORMADORES DE SERVICIOS AUXILIARES

SALA DE SERVICIOS
AUXILIARES

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	I.C.A.I.	FORMATO: DIN A-3
DIBUJADO	02/08/2016	ANDREA FERNÁNDEZ SANZ			 
COMPROBADO	09/08/2016	GERARDO FERNÁNDEZ MAGESTER			
ESCALA:	PROYECTO: DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV				
1:200	PLANO:				PLANO N°:
	PLANTA GENERAL				04



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	I.C.A.I.	FORMATO: DIN A-3
DIBUJADO	02/08/2016	ANDREA FERNÁNDEZ SANZ			
COMPROBADO	09/08/2016	GERARDO FERNÁNDEZ MAGESTER			
ESCALA:	PROYECTO: DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV				
1:75	PLANO: ALZADO GENERAL				PLANO Nº
					05



4. PLIEGO DE CONDICIONES



ÍNDICE

1. OBJETO.....	6
2. ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS	6
3. DISPOSICIONES GENERALES	7
3.1. Normativa técnica	7
3.2. Seguridad en el trabajo	8
3.3. Seguridad pública	10
3.4. Gestión medioambiental	10
3.5. Códigos y normas	10
4. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS	10
4.1. Contrato	11
4.2. Subcontratación	11
4.3. Rescisión del contrato	11
4.4. Indemnizaciones y reclamaciones	13
4.5. Plazos	14
4.5.1. Programación y proceso de los trabajos	14
4.5.2. Plazo de entrega y ejecución	15
4.5.3. Prórroga del plazo de ejecución	15
4.6. Penalizaciones	15
5. CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE OBRA	16
5.1. Recepción de materiales	16
5.2. Inspecciones durante la instalación	17
5.2.1. Autocontrol	17



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

5.2.2. Inspecciones programadas	18
5.3. Inspección final	18
5.4. Recepción de la obra	19
5.4.1. Recepción provisional	19
5.4.2. Recepción definitiva y garantía	20
6. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES	20
6.1. General	20
6.2. Libro de incidencias	21
6.3. Marcas de fabricación	24
6.4. Cementos utilizables	24
6.5. Arenas y gravas	24
6.5.1. Árido fino para hormigones	25
6.5.2. Árido fino para morteros	25
6.6. Aguas	26
6.7. Aceros para armar	27
6.8. Aceros laminados	27
6.9. Hormigones	27
6.10. Canalizaciones	29
6.11. Materiales prefabricados	30
6.12. Viales	31
6.13. Cerrajería	31
7. CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS	31
7.1. General	31
7.2. Ingeniería	32
7.3. Replanteo	32



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

7.4. Movimiento de tierras	33
7.5. Cimentaciones	33
7.6. Armaduras de hormigón	34
7.7. Encofrados	34
7.8. Ensayos y puesta en servicio	35
7.9. Cableado en MT	35
7.10. Interconexión de los cuadros de control	35
7.11. Conexionado de los cuadros de control	35
7.12. Rotulaciones	36
8. CONTROL DE CALIDAD	36
8.1. Control de materiales	37
8.2. Aseguramiento de la calidad del transformador	38
8.2.1. Revisión del diseño constructivo	39
8.2.2. Inspecciones de fabricación y sistema calidad del suministrador....	40
8.2.3. Ensayos de recepción en fábrica	42
8.2.3.1. Procedimientos tras la finalización de ensayos	44
8.2.4. Ensayos especiales. Ensayo de cortocircuito	45
8.2.5. Ensayos de recepción en campo	46
8.3. Inspecciones y ensayos de fabricación y montaje	47
8.4. Pruebas de suministro	47
9. SIMULTANEIDAD Y COORDINACIÓN ENTRE SUMINISTRADORES	48
10. LISTADO ACTUACIONES CELDAS GIS Y TRANSFORMADOR DE POTENCIA.....	48
10.1. Mantenimiento preventivo	48
10.1.1. Seccionadores	48
10.1.2. Conexiones	49



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

10.1.3. Interruptores	50
10.1.4. Transformadores de medida	51
10.1.5. Pararrayos-Autoválvulas	52
10.1.6. Transformador de potencia	53
10.1.7. Sistemas de protección y control	54
10.1.8. Estructuras aisladores y embarrados	55
10.1.9. Redes de MT	55
10.1.10. Batería de condensadores	56
11. SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO	56
11.1. Introducción	56
11.2. Barrera de seguridad	56



1. OBJETO

El objeto del presente Pliego de Condiciones es establecer los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de las obras del proyecto, así como las condiciones técnicas y de control de calidad que han de cumplir los materiales utilizados en el mismo.

Contiene, por lo tanto, toda la información necesaria para que el proyecto llegue a buen fin de acuerdo con los planos constructivos del mismo, indica las condiciones generales del trabajo, la descripción y características de los materiales a utilizar, los planos constructivos y la localización de la obra. También señala los derechos, obligaciones y responsabilidades de las partes que lo suscriben. Señala así mismo como se desarrollará el trabajo y como se resolverán los conflictos que puedan surgir.

Este pliego de condiciones es un documento contractual, de carácter exhaustivo y obligatorio.

2. ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

ABREV.	DESCRIPCIÓN
AMYS	Prescripciones de Seguridad y primeros auxilios para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas
AT	Alta Tensión
BOE	Boletín Oficial del Estado
BT	Baja Tensión
CIETSID	Sello de calidad
EHE	Instrucción Española de Hormigón Estructural
ET	Especificación Técnica
IEC	Internacional Electrotechnical Commission
IT	Instrucción Técnica
ITC	Instrucciones Técnicas Complementarias
LAT	Línea de Alta Tensión
MAT	Muy Alta Tensión
MIE	Ministerio de Industria y Energía
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transportes
MT	Media Tensión
MV	Normas Ministerio de Vivienda
NBE	Norma Básica de Edificación
NLT	Norma de Ensayo de Laboratorio de Transporte y Mecánica del Suelo
NTE	Norma Tecnológica de la Edificación
PG3	Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes



PGCT	Pliego General de Condiciones Técnicas de Obra Civil
RAT	Reglamento de Alta Tensión
RIPCI	Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios
UNE	Una Norma Española

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1. Normativa técnica

Las obras del Proyecto se regirán por lo especificado en:

- a) Reglamento de Estaciones de Transformación según Orden Ministerial del 23-2-49 (B.O.E. del 10-4-49) y Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, según el Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23 (BOE nº 139 de 09/06/2014)
- b) En especial las ITC del “Reglamento de Alta tensión”:
 - ITC-MIE-RAT-09: "PROTECCIONES".
 - ITC-MIE-RAT-12: "AISLAMIENTO".
 - ITC-MIE-RAT-13: "INSTALACION DE PUESTA A TIERRA".
 - ITC-MIE-RAT-15: "INSTALACIONES ELECTRICAS DE EXTERIOR".
- c) Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía según Real Decreto 724/1979 de 20 de febrero y modificación a dicho Reglamento según Real Decreto 1725/1984 de 18 de Julio (B.O.E. de 25-9-84).
- d) Reglamento sobre Condiciones Técnicas de Seguridad en Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión aprobado por Decreto 223/08 de 15 de febrero de 2008 y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT.
- e) Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por Decreto 842/2002 de 20 de septiembre (B.O.E. de 18-09-02) e Instrucciones Complementarias a dicho Reglamento (MIE BT).
- f) Real Decreto 614/2001 de 8/6/2001 (BOE nº 148 de 21 de junio de 2001) sobre las Condiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.



- g) Real Decreto 1215/97 de 18 de julio sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura, modificado por el Real Decreto 2177/04 de 12 de noviembre.
- h) Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE nº 97 23/04/1997
- i) Real Decreto 487/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores, así como la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación de cargas, elaborada en 2003 por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.
- j) Real Decreto 773/97 de 30 de mayo sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización de los trabajadores de equipos de protección individual, así como la Guía Técnica para la selección, la utilización y el mantenimiento de los Equipos de Protección Individual, elaborada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.
- k) Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, RIPCI_UE, de abril 2015.
- l) Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, modificada en enero 2015.
- m) Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

En el caso de discrepancias entre las diversas normas se seguirá siempre el criterio más restrictivo.



3.2. Seguridad en el trabajo

El contratista deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata está obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

Además, se tendrá en cuenta la siguiente normativa.

- Prescripciones de Seguridad para Trabajos y Maniobras en instalaciones eléctricas, redactadas por la comisión técnica permanente de la Asociación de Medicina y seguridad en el trabajo para la industria eléctrica, en edición 2ª revisada (AMYS).
- Real Decreto 614/2001 de 8/6/2001 (BOE nº 148 de 21 de junio de 2001) sobre las Condiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, revisado por el RD 604/2006 de 19 de mayo, a través del cual se modifica a través de su artículo segundo, introduciendo una disposición adicional única,



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

al amparo de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, se incluye en el presente proyecto, el Estudio de Seguridad y Salud correspondiente para su ejecución, en base al cual cada contratista elaborará un Plan que deberá ser aprobado por el Coordinador en materia de seguridad y salud nombrado al efecto por el promotor, previo al inicio de las obras.

3.3. Seguridad pública

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales e instalaciones de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá la póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

3.4. Gestión medioambiental

Todas las obras del proyecto se ejecutarán garantizando el cumplimiento de la legislación y reglamentación medioambiental aplicable.

Asimismo, el conjunto de medidas, planes y acciones, se encuentran reflejados en la GUÍA DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL del Departamento de Ingeniería de Subestaciones (ISUB) "G-DS.9001".

3.5. Códigos y normas

Todas las obras del proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se ejecutarán cumpliendo las normas y recomendaciones en su última edición o revisión que les sean de aplicación y estén vigentes en el momento del inicio de las mismas.



4. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

4.1. Contrato

El contrato se formalizará mediante documento privado que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes, corriendo los gastos derivados de esta acción por parte del Contratista. Este contrato comprenderá la adquisición de materiales necesarios para realizar el conjunto de los trabajos descritos, programación, mano de obra, medios auxiliares para la ejecución de la obra en el plazo estipulado, así como la reposición de unidades defectuosas, la realización de obras complementarias y las derivadas de las modificaciones que se produzcan durante la ejecución, estas últimas en los términos previstos.

La totalidad de los documentos que componen el proyecto técnico de la obra serán incorporados al contrato y tanto el Contratista como la Propiedad deberán firmarlos.

4.2. Subcontratación

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

a) Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.

b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.



4.3. Rescisión del contrato

El contratista podrá rescindir el contrato, en los casos que se especifiquen en la Ley de Contrato de Trabajo, no siendo de abono, en caso alguno, cantidad superior al trabajo efectuado.

El incumplimiento sin causa justificada de alguna de las condiciones reflejadas en el contrato o en esta documentación, dará derecho a la propiedad a rescindir automáticamente el contrato.

Se considerarán causas suficientes para la rescisión del contrato por parte de la propiedad las siguientes:

- La quiebra o suspensión de pagos del Contratista.
- El que no se dé comienzo al trabajo en el plazo señalado en el Contrato.
- El que se rehúya repetidamente el suministro de personal con el grado de especialización necesaria o de material de la calidad requerida.
- El incumplimiento de la legislación vigente.
- El incumplimiento reiterado de las obligaciones frente a terceros.
- El incumplimiento reiterado de las instrucciones del técnico de la propiedad que supervisa los trabajos realizados.
- El abandono de la obra sin causa justificada.
- La negligencia en la ejecución de los trabajos.
- Incumplimiento del Contrato en todo o en parte con perjuicio para los intereses de la obra.

La Propiedad comunicará por escrito al Contratista los anteriores fallos, y si el Contratista no tomase las medidas oportunas para remediarlo en el plazo máximo de diez días, el Propietario tendrá derecho a exigir la paralización del trabajo en el estado en que se encuentre, sin perjuicio de reclamar las responsabilidades consiguientes.

Una vez advertido el Contratista de la paralización del trabajo, éste procederá inmediatamente a:

- Detener cualquier actividad relacionada con el trabajo.
- Permitir al Propietario todos los derechos relacionados con el trabajo de que el Contratista fuera titular frente a terceros.

En los casos previstos en esta cláusula, el Contratista será indemnizado por todos los trabajos efectuados hasta el momento de la paralización del trabajo, en la medida en que éstos hayan sido efectuados de acuerdo con el Contrato.



Si debido a la rescisión del Contrato por las causas antes citadas se produjeran retrasos en el conjunto o las partes de la obra, será de aplicación la cláusula de penalización acordada.

Con arreglo a los efectos que se establecen en el artículo 1594 del Código Civil, la Propiedad, por su sola voluntad, podrá rescindir el presente Contrato de ejecución, aunque los trabajos hubieran comenzado.

En caso de conflicto en cuanto a la interpretación de esta cláusula, se estará a lo dispuesto en los artículos 1088 a 1253 del Código de Comercio, en cuanto a suspensión de pagos y quiebra.

En caso de que la propiedad decidiera rescindir el Contrato unilateralmente, el Contratista tendrá derecho a solicitar la liquidación de todas sus obligaciones. La Propiedad abonará, del trabajo realizado, las retenciones efectuadas y devolverá la fianza si la hubiera.

4.4. Indemnizaciones y reclamaciones

El contratista eximirá al Propietario de toda responsabilidad por cualquier pérdida o daño en los bienes de su propiedad o encomendados al cuidado, custodia o control del Contratista, sus agentes o empleados.

El contratista indemnizará y exonerará al Propietario de toda responsabilidad por cualquier reclamación presentada a terceros referentes a imposición de costes, tasas judiciales o minutas de Abogados y Procuradores por pleitos relacionados directa o indirectamente con el trabajo.

En todo caso, el Contratista acepta y asume la responsabilidad exclusiva por el exacto cumplimiento de todas las obligaciones establecidas por disposiciones Nacionales, Provinciales o Municipales, Reglamentaciones, Ordenanzas o Estatuto, relacionados con el Seguro de Desempleo, Seguro de Accidentes de trabajo y, en general, por todas las normas que pueden implicar un cargo o responsabilidad del Propietario.

El Contratista se compromete a rembolsar al Propietario de las sumas que éste se vea obligado a pagar debido a negligencias por parte del contratista en el cumplimiento de sus obligaciones.

El Contratista mantendrá al Propietario al Margen de cualquier reclamación por parte de terceros, relacionados, directa o indirectamente con el trabajo. Si en



cualquier momento se probara la existencia de algunas de estas reclamaciones, imputable al Contratista, y por la que el Propietario pudiera ser hecho responsable, el Propietario tendrá derecho a descontar de cualquier pago debido, según Contrato, la cantidad suficiente para afrontar los gastos de esta reclamación.

4.5. Plazos

4.5.1. Programación y progreso de los trabajos

Antes de comenzar los trabajos, el Contratista estará obligado a presentar un programa detallado de su ejecución, en el cual se deberá incluir preceptivamente lo siguiente:

- Ordenación en partes o clases de trabajos que componen el proyecto, indicando las unidades a realizar.
- Descripción de los medios necesarios, tanto de personal y materiales, como instalaciones y equipos, con expresión de sus rendimientos medios.
- Estimación de los plazos de ejecución de los distintos trabajos, instalaciones y operaciones preparatorias, transporte y puesta en servicio de los equipos y de la ejecución de las diversas partes de los trabajos contratados.
- Valoración mensual y acumulada de la obra programada, por partes o clases de obra y en conjunto, a precios unitarios.
- Gráficos, diagramas y organigramas de las diversas actividades o trabajos que se realizarán.
- Diagrama de barras del conjunto de la obra contratada y sus partes esenciales.

Este programa sólo podrá ser variado por el Contratista con objeto de acortar los plazos de ejecución y previa aprobación de la Dirección de Obra.

Si de ello se derivan gastos suplementarios para la Propiedad, será preceptiva la aprobación previa de ésta y que la modificación del programa no tenga como objeto recuperar el tiempo perdido por el Contratista.

La totalidad de los materiales, equipos y mano de obra que el Contratista tenga que aportar en virtud del Contrato, así como la forma, manera y rapidez de ejecución o mantenimiento de los trabajos, han de ser de calidad y han de llevarse a cabo de tal forma que satisfagan a la Dirección



de Obra. Si al parecer de la Dirección de Obra, el ritmo de los trabajos o de alguna de las partes es demasiado lento para asegurar su terminación, se lo comunicará al Contratista, el cual inmediatamente, deberá adoptar las medidas que considere necesarias y que la Dirección de Obra apruebe para acelerar la ejecución de los trabajos, con el objeto de terminarlos dentro del plazo fijado.

Si el cumplimiento de los plazos parciales, cuando sea por causas imputables al Contratista, hiciera prever racionalmente un retraso en la recepción final de los trabajos, el Propietario puede optar indistintamente por la resolución del Contrato o por la imposición de las penalizaciones según Contrato. De igual manera se procederá si el plazo final ha quedado incumplido.

4.5.2. Plazo de entrega y ejecución

El contratista ejecutará las obras de acuerdo con el programa de trabajo. Sin perjuicio de lo estipulado en las Especificaciones sobre la terminación prioritaria parcial de los trabajos, éstos se concluirán totalmente dentro de los plazos establecidos en el Contrato, teniendo en cuenta eventualmente las prórrogas en virtud del punto siguiente.

4.5.3. Prórroga del plazo de ejecución

Si la cantidad de trabajo extra o adicional de cualquier clase, o las circunstancias especiales de cualquier naturaleza que se produzcan, pueden ser tales que hiciesen justo conceder al Contratista una prórroga en el plazo para la terminación de los trabajos, la Dirección de Obra deberá determinar la extensión de dicha prórroga del plazo, con objeto de que su solicitud pueda ser estudiada.

4.6. Penalizaciones

Si el Contratista no termina los trabajos dentro del plazo estipulado, con inclusión de prórrogas eventuales, el Contratista pagará al Propietario por ello el importe o importes establecidos en el Contrato como penalización, por cada día o fracción de día que transcurra por exceso, hasta la fecha en que quede terminada cada parte de los trabajos, según se describe en los documentos del Contrato. Estas penalizaciones no pueden exceder del 20% del presupuesto total de la obra, por lo que una vez alcanzado este límite máximo, el Propietario podrá resolver el Contrato,



con aplicación de las indemnizaciones que procedan a su favor. La obligación del Contratista a indemnizar al Propietario por retraso subsistirá, aún en el caso de que, por causas ajenas al objeto del Contrato, se retrase la puesta en servicio de la instalación construida por el Contratista. El Propietario podrá, sin perjuicio de cualquier otro medio de reembolso, deducir la cantidad correspondiente de las que estando en su poder sean, o vayan a ser, debidas al Contratista. El pago o la deducción de tales indemnizaciones no eximirán al Contratista de su obligación de terminar las obras ni de cualquiera de sus demás obligaciones y responsabilidades que emanen del Contrato.

Si el Propietario pudiese poner o hubiera puesto en servicio la instalación para el fin previsto, aunque no se hubiera terminado la totalidad de los trabajos contratados, la indemnización por retraso será decidida para el período de retraso transcurrido después de la puesta en servicio en la proporción correspondiente al valor de las instalaciones puestas en servicio.

5. CONDICIONES DE EJECUCIÓN DE OBRA

5.1. Recepción de materiales

De acuerdo con el plan de obra, el Contratista irá almacenando en el lugar establecido de antemano, todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma escalonada, según sus necesidades.

Los materiales de fábrica vendrán convenientemente embalados, al objeto de protegerlos contra los elementos climatológicos, golpes y malos tratos durante el transporte a obra, así como durante su permanencia en el lugar de almacenamiento.

Los embalajes de componentes pesados o voluminosos dispondrán de los convenientes refuerzos de protección y elementos de enganche que faciliten las operaciones de carga y descarga, con la debida seguridad y corrección.

Externamente en el embalaje y en lugar visible se colocarán etiquetas que indiquen inequívocamente el material contenido en su interior.

El Contratista será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje y, también, una vez instalados en el lugar de emplazamiento definitivo, hasta la recepción provisional. La vigilancia incluye también las horas nocturnas y los días festivos, si en el Contrato no se estipula lo contrario.



La Dirección de Obra tendrá libre acceso a todos los puntos de trabajo y a los lugares de almacenamiento de los materiales para su reconocimiento previo, pudiendo ser aceptados o rechazados según su calidad y/o estado, siempre que la calidad no cumpla los requisitos marcados en este Pliego de Condiciones y/o el estado muestre claros signos de deterioro.

Cuando algún material ofrezca dudas respecto de su origen, calidad, estado y aptitud para la función, la Dirección de Obra tendrá derecho a recoger muestras y enviarlas a un laboratorio oficial, con el fin de realizar los ensayos pertinentes, con gastos a cargo del Contratista.

Si el certificado obtenido fuera negativo, todo el material se declarará no idóneo y será sustituido, a expensas del Contratista, por material de la calidad exigida.

Igualmente, la Dirección de Obra podrá ordenar la apertura de calas cuando sospeche la existencia de vicios ocultos de la instalación, siendo por cuenta del Contratista todos los gastos que se ocasionen.

5.2. Inspecciones durante la instalación

Este apartado define el método que se deberá establecer para la realización de las inspecciones durante la instalación.

Los ensayos o inspecciones realizadas durante la instalación son una herramienta para asegurar que los defectos en los componentes durante el montaje son detectados de la forma más rápida, evitando que se manifiesten en el producto terminado.

El responsable del proyecto designará la/las personas que deberán realizar y verificar las inspecciones mediante el programa de puntos de inspección.

El programa de puntos de inspección deberá ser aprobado por el propietario antes de ejecutarlos.

5.2.1. Autocontrol

Durante el transcurso de las operaciones de fabricación/instalación se realizarán las siguientes comprobaciones:

- Verificaciones visuales
- Verificaciones de las conexiones realizadas
- Verificaciones de continuidad



- Verificaciones de secuencias de montajes

En general, no quedarán registradas estas operaciones. Si cualquier persona durante estas verificaciones detectase alguna anomalía se lo comunicará a su inmediato superior para que éste aplique las medidas oportunas.

5.2.2. Inspecciones programadas

Las inspecciones programadas y aprobadas por la Dirección de Obra quedarán reflejadas en los programas de puntos de inspección.

Estas inspecciones programadas serán realizadas por las personas designadas en su momento.

Tras las inspecciones realizadas se identificarán como “conformes” o “no conformes” según aplique. En el caso de que las inspecciones realizadas evidencien anomalías se identificará la no conformidad y se informará al propietario si la importancia de las mismas lo considera necesario. De cualquier modo, la anomalía detectada deberá ser corregida lo antes posible.

5.3. Inspección final

Se realizará una inspección final del proyecto con el fin de comprobar que cumple los requisitos especificados.

La realización de ensayos sobre el producto terminado tiene por finalidad:

- Comprobar que satisfacen los requisitos especificados
- Detectar los defectos para identificar las causas y eliminarlas mediante acciones correctoras

El proyecto acabado será sometido a inspección final del proceso de instalación propiamente dicho antes de su entrega.

Estas inspecciones suelen ser las pruebas funcionales que se realizan para determinar si cumplen con los requisitos solicitados por el Propietario.

Si se ha establecido contractualmente, se acordará con el Propietario la forma de llevar a cabo estas inspecciones.

Todas las pruebas funcionales deberán ser aprobadas con anterioridad por la Dirección de Obra.



Antes de realizar la inspección final se realizará una inspección previa. Posteriormente, se realizará la inspección final conforme a un programa en presencia de la Propiedad.

En el caso de que el resultado de las inspecciones sea incorrecto y el Propietario no acepte el trabajo, se identificará como “no conforme”, determinando las acciones correctoras a tomar para subsanar el problema.

5.4. Recepción de la obra

5.4.1. Recepción provisional

Una vez realizadas las pruebas finales en presencia de la Dirección de Obra con resultados satisfactorios, se procederá a la redacción del Acta de Recepción Provisional de la Instalación, con lo que se dará por finalizado el montaje de la misma.

Antes de que empiece a transcurrir el período de garantía, la Empresa Instaladora deberá entregar a la Dirección de Obra la siguiente documentación:

- Una copia reproducible de los planos definitivos, debidamente puestos al día por la Empresa Instaladora, comprendiendo, como mínimo, los esquemas de principio de todas las instalaciones, los planos de planta donde se deberá indicar el recorrido de las conducciones y situación de las unidades terminales.
- Una memoria descriptiva de la instalación, en la que se incluyen las bases del proyecto y los criterios adoptados en el desarrollo, así como la justificación del cumplimiento de la normativa en vigor.
- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento.
- El manual de instrucciones de funcionamiento.
- El certificado de la Instalación presentado ante la Consejería de industria de la comunidad Autónoma.
- El libro de Mantenimiento, incluyendo listas de repuestos recomendados y planos de despiece completo de cada unidad.
- Documentación de equipos, documentos de origen, documentos de garantía, contratos mantenimiento, etc.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Relación exhaustiva de todos y cada uno de los materiales con códigos de identificación individuales que requieran mantenimiento preventivo o correctivo.
- Procedimiento parametrizado de mantenimiento de los materiales citados anteriormente.
- Programa general de mantenimiento informatizado.

Todos los conceptos y documentos indicados en los puntos anteriores serán facilitados igualmente en soporte informático, de acuerdo con los requerimientos específicos de la Dirección de Obra.

5.4.2. Recepción definitiva y garantía

Transcurrido el plazo de garantía, que será de dos años si en el Contrato no se estipula otro período, la Recepción Provisional se transformará en recepción Definitiva, salvo que por parte de la Propiedad haya sido cursado aviso en contra de finalizar el período de garantía.

Si durante el período de garantía se produjesen averías o defectos de funcionamiento, estos deberán ser subsanados a la mayor brevedad posible por la Empresa Instaladora, sin que ésta tenga derecho a reclamar ninguna compensación económica a la Propiedad, a menos que demuestre que las averías han sido producidas por falta de mantenimiento o por un uso incorrecto de los equipos.

6. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES

6.1. General

El objeto del presente documento son los materiales y equipos que han de usarse durante la construcción de la instalación, los cuales, deberán cumplir las condiciones que sobre ellos disponga el presente Pliego de Condiciones. Por lo tanto, sus calidades estarán de acuerdo con lo especificado en las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del presente documento de especificaciones técnicas. Sirvan como referencia las siguientes:

- Reglamento de Alta Tensión
- Reglamento electrotécnico para Baja Tensión (REBT)



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.
- Reglamento sobre condiciones técnicas de Subestaciones, Centrales y Centros de transformación.
- Normas AENOR.
- Normas ENDESA.
- Normas IBERDROLA.
- Normas UNE.
- Normas DIN.

Se considerarán como válidos y por lo tanto tendrán preferencia, para ser aceptados, aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica, que avalen sus cualidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

El proyectista o quien lleve a cabo la elaboración del proyecto estará obligado a informar a los proveedores de las características que se exigen para los distintos materiales, siendo imprescindible que esto se realice previamente al empleo de los mismos y que haya sido revisado por la Dirección Facultativa y el Organismo encargado del Control de Calidad.

El proveedor será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, que serán comprobadas en los controles de calidad establecidos y detallados en el apartado correspondiente del pliego.

Aquellos materiales que no cumplan con las condiciones exigidas, deberán ser sustituidos, sea cual fuese la fase en que se encontrase la ejecución de la obra, corriendo el suministrador con todos los gastos que ello ocasionase.

En el supuesto de que por circunstancias diversas tal sustitución resultase inconveniente, a juicio de la Dirección Facultativa, se aplicará la reducción económica del material en cuestión, con el criterio que marque la Dirección Facultativa y sin que el suministrador pueda plantear reclamación alguna.



6.2. Libro de incidencias

Se hará constar en el libro de incidencias todos aquellos hechos que considere oportunos la Dirección de Obra, y con carácter diario, los siguientes:

- Las condiciones atmosféricas y las temperaturas máxima y mínima ambiente.
- Relación de los trabajos realizados.
- Relación de los ensayos realizados con los resultados obtenidos.
- Cualquier circunstancia que pueda influir en la calidad y ritmo de la obra.

Serán de aplicación para la ejecución de estas obras, además del “Pliego General de Condiciones Económicas y Legales” de la Propiedad, que forma parte de la presente documentación, las siguientes especificaciones:

CTE	Código Técnico de la Edificación.
RC-97	Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cementos.
EHE	Instrucción de Hormigón Estructural.
EHPRE 88	Instrucción para la fabricación y suministro de hormigón preparado.
RPH	Recomendaciones prácticas para una buena protección del hormigón I.R.T.
VAP-70	Instrucción para la fabricación de viguetas autorresistentes de hormigón pretensado.
IFF	Norma 6.1.I.C. sobre firmes flexibles.
UNE-EN	Normas UNE.
N.T.E.	Normas Tecnológicas de la Edificación.
P.C.E.	Pliego de Condiciones de edificaciones, del Centro Experimental de Arquitectura.
NCSR-02	Norma sismorresistente aprobada por el Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

P.R.Y.	Pliego general de condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción.
TFC	Normas de ensayo del Laboratorio de Transporte y Mecánica del Suelo del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
NELF	Métodos de Ensayo del Laboratorio Central de Ensayos de Materiales.
MELC	Normas de la Comisión Electrónica Internacional.
IEC	Reglamentos e Instrucciones Técnicas específicas de cada instalación. Para todas las instalaciones serán siempre de aplicación el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología B.O.E. 18/09/2002).
REBT	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.
RAT	Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios. Derogó en 2006 la NBE-CPI-96 del 82.
CTE	Reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo.
R.H.S.	Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
OSH	Real Decreto 1627/1997 sobre la obligatoriedad de inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el trabajo en los proyectos de edificación y obras públicas.
R.D. 1627/1997	Ensayos de la adherencia del hormigón a las piezas de acero galvanizado.
ACI-208-58	Normas de Ensayo del Laboratorio y Mecánica del Suelo del Centro de Estudio y Experimentación de Obras Públicas - Normas Urbanísticas aplicables de la Generalitat Valenciana.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Las normas relacionadas completan las prescripciones del presente Pliego en lo referente a aquellos materiales y unidades de obra no mencionados expresamente en él.

6.3. Marcas de fabricación

Todas las piezas llevarán identificación indeleble con los datos siguientes:

- Nombre del fabricante
- Tipo de pieza
- Material
- Lote de fabricación
- Fecha de fabricación

El contratista está obligado a la plena observancia de las anteriores Instrucciones, Pliegos y/o Normas, así como de las que, según criterio del Director de Obra, tengan aplicación en los trabajos a realizar o que hayan sido publicados en el boletín Oficial del Estado.

6.4. Cementos utilizables

Los tipos de cemento a utilizar en las clases de hormigón definidas en este Pliego serán los definidos según Normas UNE. Debiendo cumplir la vigente instrucción para la Recepción de Cementos y la Instrucción EHE.

6.5. Arenas y gravas

En el desarrollo y ejecución de la obra se emplearán dos tipos de arenas en función de la finalidad y características del mortero y su composición.

Se define como árido fino para morteros y hormigones como el material granular que pasa por el tamiz de 5 mm. de luz (tamiz 5, UNE 7050).

6.5.1. Árido fino para hormigones

Luz del tamiz (mm)	Cernido ponderal acumulado (%)
10	100
5	95-100
2,5	80-100
1,25	50-85
0,63	25-60
0,32	10-30
0,16	2-10
0,08	0-5

En caso de dosificaciones cuyo contenido en cemento sea superior a 250/300 kg/m³, los porcentajes de cernido por los tamices 0.320 y 0.160 pueden reducirse a 5 y 0, respectivamente.

6.5.2. Árido fino para morteros

Luz del tamiz (mm)	Cernido ponderal acumulado (%)
5	100
2,5	95-100
0,160	25 máx.
0,080	10 máx.

Se define como árido grueso para hormigones la fracción de árido mineral de la que queda retenida en el tamiz de 5 mm. de luz de malla (UNE 7050) un mínimo del setenta por ciento en peso.

Los áridos gruesos podrán ser rodados o de machaqueo, debiendo en ambos casos estar constituidos por partículas limpias, sólidas, resistentes y



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

duraderas, de constitución uniforme y estar exentos de suciedad, arcilla, materia orgánica u otras materias perjudiciales, tanto en forma libre como envolviendo a los áridos.

Los áridos gruesos deberán cumplir las siguientes limitaciones granulométricas.

Tamaño I: dimensión máxima 37.5 mm

Luz del tamiz (mm)	Cernido ponderal acumulado (%)
50	100
40	95-100
20	35-70
10	10-30
5	0-5

Tamaño II: dimensión máxima 19 mm:

Luz del tamiz (mm)	Cernido ponderal acumulado (%)
25	100
20	90-100
10	20-55
5	0-10
2,5	0-5

Cumplirán con las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE.

Tanto las arenas como la grava empleada en la confección de hormigones para la ejecución de estructuras deberán cumplir las condiciones que se exigen en la instrucción EHE.



6.6. Aguas

El agua que se utilice para el amasado y curado de morteros y hormigones deberá cumplir las prescripciones de la EHE.

6.7. Aceros para armar

El acero para las armaduras de piezas de hormigón será corrugado de primera calidad, fibroso, sin grietas ni pajas, flexibles en frío y en modo alguno agrio o quebradizo.

Tendrán que llevar el sello de conformidad de CIETSID y sus características y métodos de ensayo vendrán definidas por la norma UNE-36088. Tanto las barras y alambres como las piezas férricas, no presentarán en ningún punto de su sección estricciones superiores al 2,5%.

Aquellos que sean empleados en elementos estructurales de hormigón armado deberán cumplir las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE.

6.8. Aceros laminados

Los perfiles laminados y todas sus piezas auxiliares de empalme o acoplamiento, se ajustarán a las prescripciones contenidas en las normas MV-102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, así como la EM-62 y UNE-14035.

Las condiciones de trabajo mínimas de los perfiles laminados serán:

- Acero tipo: A-42b.
- Límite elástico: 2600 kg/cm².
- Tensión máxima admisible de trabajo: 1730 kg/cm².

6.9. Hormigones

Los hormigones son aquellos materiales formados por mezclas de cemento, agua, árido fino y áridos gruesos, que al fraguar y endurecer adquiere una notable resistencia.

En la masa del hormigón no pueden quedar coqueras, evitando en todo caso perjudicar a la resistencia propia del hormigón.

La consistencia de los hormigones será tal que el descenso medio en cono de Abrams será siempre inferior a ochenta milímetros.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Durante la ejecución de la obra se sacarán probetas de la misma masa de hormigón que se emplee de acuerdo con las condiciones del control de calidad previsto, observándose en su confección análogas características de apisonado y curado que en la obra. Dichas probetas se romperán a los siete y veintiocho días de su fabricación, siendo válidos los resultados de este último plazo a los efectos de aceptación de la resistencia.

Si las cargas medias de rotura fueran inferiores a las previstas podrá ser rechazada la parte de obra correspondiente, salvo en el caso de que las probetas sacadas directamente de la misma obra den una resistencia superior a la de las probetas de ensayo. Si la obra viene a ser considerada defectuosa, vendrá obligado el Suministrador a demoler la parte de la obra que se le indique por parte de la Dirección Facultativa, rechazándola a su costa y sin que ello sea motivo para prorrogar el plazo de ejecución.

Todos estos gastos de ensayos, ejecución y rotura de probetas serán por cuenta del Suministrador.

Durante el fraguado y primer período de endurecimiento del hormigón, hasta el curado, se precisa mantener su humedad. Se realizará durante un plazo mínimo de siete días, en los cuales se mantendrán húmedas las superficies del hormigón, regándolas directamente, o cubriéndolas con un material como arpillera, etc. que mantenga la humedad y evite la evaporación rápida.

Los hormigones se ajustarán totalmente a las dosificaciones que se fijan en la tabla siguiente:

HORMIGÓN (kg/cm²)	
Limpieza	150
Cimientos	250

Los hormigones que se empleen en esta obra tendrán las características indicadas, y cumplirán las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE.

Los encofrados se realizarán con las especificaciones detalladas a continuación, sobre los materiales empleados en dicha acción.



Se ajustarán a lo prescrito en el Art. 65 de la EHE. Los moldes podrán ser de madera, metálicos o paneles fenólicos.

La madera para encofrados deberá reunir las condiciones siguientes:

- Estará desprovista de vetas, nudos o irregularidades en sus fibras y sin indicio de enfermedades que ocasionen la descomposición del sistema leñoso.
- En el momento de su empleo estará seca y, en general, también.
- No se podrá emplear madera cortada fuera de la paralización de la savia.
- En encofrados vistos no se podrá utilizar más de dos veces la misma madera; ésta será machihembrada.

Los moldes metálicos o de paneles fenólicos tendrán que estar perfectamente lisos, sin asperezas, rugosidades o defectos que puedan repercutir en el aspecto exterior del hormigón y tendrán el espesor adecuado para soportar debidamente los esfuerzos a que estará sometida, en función del trabajo que desempeña.

La Dirección de Obra se reserva el derecho de rechazar todas aquellas chapas que a su juicio no reúnan los requisitos adecuados.

6.10. Canalizaciones

Los tubos serán nuevos, de la mejor calidad, de fabricación normalizada, con la marca, diámetro interior en milímetros, tipo y/o peso indicado en cada pieza. Serán perfectamente lisos, de sección y espesor uniformes, no presentando grietas, poros y otros desperfectos que puedan debilitar su resistencia y con la curvatura que le corresponde en los codos y piezas especiales.

El Contratista someterá a la aprobación de la Dirección de Obra todos los tubos que vaya a utilizar, pudiendo ésta rechazar aquellas piezas que presenten mal aspecto y aún exigir, si lo estimase necesario, las pruebas oportunas, a la vista de las cuales el Contratista deberá reemplazar los tubos defectuosos, dentro del plazo exigido.

El espesor será el nominal que figure en los catálogos del fabricante.

Los accesorios, piezas especiales y acoplamientos serán de igual resistencia, al menos, e igual calidad que la tubería a la que irán acoplados.



Los tubos, piezas especiales y demás elementos de la tubería deberán someterse, durante la fabricación, a las pruebas que se estimen convenientes para conocer su calidad, reservándose la Dirección de Obra el derecho de exigir la realización de las mismas en su presencia. Asimismo, la Dirección de Obra podrá exigir al Contratista un Certificado de garantía de que se efectuaron dichas pruebas de forma satisfactoria.

En la carga, transporte y descarga se evitarán los choques y que los tubos se golpeen entre sí; se depositarán sin brusquedades en el suelo, no dejándolos caer, se evitará rodarlos sobre piedra y, en general, se tomarán precauciones necesarias en su manejo, de manera que no sufran golpes de importancia.

Clasificando el material por lotes de fabricación, según especifique la Dirección de Obra, se efectuarán las pruebas necesarias sobre muestras tomadas de cada lote, de forma que los resultados que se obtengan se asignarán al total del lote.

Serán rechazados todos aquellos tubos que no cumplan las condiciones citadas, así como las pruebas hidráulicas y resistentes, y las dimensiones y tolerancias que se definan en el Proyecto.

6.11. Materiales prefabricados

Se consideran fábricas de ladrillo los muros aparejados, de espesores comprendidos entre 1/2 pie (11.5 cm) y 1 1/2 pie (35.5 cm) de espesor, trabados en todo su espesor, ejecutados con una sola clase de ladrillo.

Los morteros de agarre serán los especificados en este Pliego, fabricados con cemento según normas UNE. Todos los morteros de fábricas en contacto con el terreno se elaborarán con cemento resistente a aguas selenitosas (elevado contenido en sulfato).

Los ladrillos que se utilizarán serán macizos de 1ª clase en fábricas y vistas y de 2ª clase en arquetas, canales u obras no vistas.

Los ladrillos de 1ª clase cumplirán una condición estricta en cuanto a uniformidad de color, no tendrán manchas, florecencias o quemaduras, carecerán de imperfecciones y desconchados aparentes en aristas y caras.

En los ladrillos de 2ª clase no habrá imperfecciones que impidan su empleo en fábricas vistas, carecerán de desconchados que afecten a más del quince (15) por ciento de la superficie vista de las piezas.



El formato de los ladrillos será de 24 x 12, 5 x 5.3 cm para los de 1ª clase y de 29 x 12 x 6.5 cm para los de 2ª clase.

Para la recepción de materiales, este Pliego se atenderá a lo especificado en la norma MV correspondiente.

Los muros de bloques de hormigón de 0.20 m de espesor garantizarán un amortiguamiento acústico de 43 dB.

6.12. Viales

Tendrá la consideración de vial el acceso definitivo a las obras, desde el exterior de la finca hasta la obra proyectada, incluso la red interior de la misma.

Las fases que comprende la ejecución de los viales serán excavación, relleno y compactación y losas de hormigón armado como capa de rodadura.

En los viales, como norma general, se colocarán pasos de tubo de un diámetro de 200 mm, separados entre sí una distancia no superior a treinta metros.

6.13. Cerrajería

La cerrajería de taller incluye la ejecución de los trabajos de cerrajería que se limitan a funciones de protección, reparación y decoración. Todos estos trabajos serán realizados en acero de calidad A42-b.

Todos los materiales y perfiles utilizados se cortarán y ensamblarán en taller; en obra se procederá únicamente a su recibido.

7. CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS

7.1. General

Para todo suministro en la ejecución del proyecto y con carácter general, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Montaje según los últimos progresos técnicos.
- Materiales de calidad apropiada.
- Facilidades para las tareas de desmontaje, limpieza, ajuste y puesta a punto de los equipos.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Intercambiabilidad de los equipos instalados con los repuestos correspondientes.

El desarrollo de la construcción de las diversas unidades, por las que este proyecto está formado, se ajustará a las especificaciones de la Normativa vigente.

Por parte del Suministrador deberá ponerse especial cuidado en la vigilancia y control de la correcta ejecución de las distintas unidades del Proyecto, con el fin de que la calidad se atenga a las especificaciones que sobre ellas se han establecido.

La normativa es una mera guía de apoyo al proceso Constructivo. La aceptación o no de las partes ejecutadas será independiente de que estas hayan sido o no certificadas, puesto que en todo caso las certificaciones deben ser consideradas como “a buena cuenta”, es decir, que en certificaciones posteriores pueden ser revisadas las cantidades o mediciones que dieron lugar a la certificación en curso (bien por corrección de mediciones del Director de Obra, bien por detección de fallos constructivos, etc.).

7.2. Ingeniería

Toda la realización de la ingeniería de este proyecto se llevará a cabo, por parte de la persona firmante del mismo, llevando no sólo la realización de dicho proyecto sino la supervisión en obra y la puesta en marcha.

7.3. Replanteo

La empresa suministradora nombrará a un técnico que actúe a modo de representación de la misma, frente a la ingeniería de dicho proyecto.

La actuación del técnico se llevará a cabo en presencia de la ingeniería de dicho proyecto, efectuará los replanteos generales y parciales necesarios previos al inicio de los trabajos o los que puedan surgir durante la ejecución de los mismos.

Toda posible variación o diferencia con respecto al proyecto se recogerá en la correspondiente acta.

Los replanteos, trazados, nivelaciones y demás obras previas, se efectuarán por el Suministrador de acuerdo con los datos del proyecto, planos, medidas, datos u órdenes que se faciliten, realizando el mismo, con el máximo cuidado, de forma que no se admitirán errores mayores de 1/500 de las dimensiones genéricas, así



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

como de los márgenes de error indicados en las condiciones generales de ejecución del resto de las unidades de obra.

La Dirección Facultativa controlará todos estos trabajos a través de Director de Obra o persona indicada al efecto, si bien, en cualquier caso, el Suministrador será totalmente responsable de la exacta ejecución del replanteo, nivelación, etc.

La empresa suministradora será la encargada de proporcionar personal y medios auxiliares necesarios para estos operarios, siendo responsable por las modificaciones o errores que resulten por la desaparición de estacas, señales o elementos esenciales establecidos.

Todas las medidas que sean necesarias para realizar la obra están consignadas en los planos. En ningún caso podrán tomarse medidas a escala sobre los planos constructivos.

Las indefiniciones o contradicciones, si las hubiere, serán resueltas por la Dirección de Obra.

A la recepción de los planos constructivos y antes de iniciar cualquier trabajo de construcción, el Suministrador deberá realizar comprobaciones dimensionales de las partes detalladas en los planos del proyecto, y si encontrase algún error o contradicción en la información recibida, comunicarlo inmediatamente a la Dirección de Obra. En caso de no hacerlo así, el Suministrador será responsable de los errores que hubieran podido evitarse.

7.4. Movimiento de tierras

Toda obra civil tales como: vaciados, terraplenados, zanjas, pozos, etc. se llevarán a cabo con las dimensiones, pendientes y características que se fijan e incluyendo los materiales adecuados, a la normativa vigente.

7.5. Cimentaciones

- En caso de haber desprendimiento de tierras, para la cubicación del vaciado solo se tendrá en cuenta las dimensiones que figuran en el plano de cimentación, debiendo retirar las tierras sobrantes.
- No se procederá al macizado de las zanjas y zapatas hasta tanto no hayan sido reconocidas por la Dirección Facultativa.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Antes de hormigonar, se dejarán previstos los pasos de los tubos correspondientes, se colocarán las armaduras según los planos de estructura de la bancada del transformador, teniendo en cuenta los diámetros y calidad indicados en los planos.
- Los fondos de las zanjas y zapatas quedarán perfectamente recortados, limpios y nivelados, realizando todas las operaciones que sean necesarias para su perfecta ejecución y seguridad.
- La cimentación se replanteará de acuerdo con los planos correspondientes con toda exactitud, tanto en dimensiones y alineaciones como en rasantes del plano de cimentación.
- El hormigón de limpieza tendrá un grueso mínimo de 10 cm siendo apisonado y nivelado antes de colocar las armaduras

7.6. Armaduras de hormigón

- Las barras se doblarán en frío.
- Las barras deberán estar perfectamente sujetas para soportar los efectos del vertido, peso y vibrado del hormigón.
- Las barras utilizadas estarán limpias de materia extraña u óxido no adherente.
- Serán barras corrugadas de tipo AEH 400-N.
- Antes de proceder al hormigonado, se comprobará la colocación y calibre de las barras, así como su separación de los paramentos del encofrado.

7.7. Encofrados

Antes del hormigonado, se comprobarán las dimensiones, nivelación y aplome de las piezas. Serán indeformables para la carga prevista y no presentarán irregularidades bruscas superiores a 2 mm ni suaves superiores a 6 mm.

Antes de verter el hormigón, debe aplicarse a los encofrados aceite desencofrante, para facilitar el despegado de los mismos una vez seco el hormigón.



7.8. Ensayos y puesta en servicio

Ha de cumplir lo dispuesto en el apartado de control de calidad, el cual será detallado posteriormente.

7.9. Cableado en MT

- Se evitará ejecutar las botellas terminales, que actúan como la conexión entre el objeto a ensayar y el sistema de prueba de alta tensión, cuando exista humedad en el ambiente o tiempo lluvioso.
- Se conectarán a tierra las pantallas metálicas de los cables aislados de MT en los dos extremos.
- Se respetarán, con un margen de seguridad, los radios de curvatura recomendados por el fabricante del conductor.

7.10. Interconexión de los cuadros de control

En el cableado de control mediante conductores multipolares se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Los cables entrarán al cuadro de control por la parte inferior.
- Se evitarán recorridos de cables que impidan la apertura de regletas, la extracción de equipos o labores de mantenimiento del cuadro.

7.11. Conexionado de los cuadros de control

- Todos los componentes de los cuadros de control han de ser de primeras marcas.
- Los bornes a instalar serán de dos tipos:
 - Borne seccionable para los circuitos de intensidad, tensión-mando, señalización, medida y alarmas.
 - Borne seccionable de cuchilla para los circuitos de telemando.
- En el cuadro de control correspondiente, se dispondrán regletas terminales para llegada de todos los cables multipolares provenientes del exterior del cuadro.
- En el lado de la salida de la regleta al exterior únicamente se permite un conductor por borne.
- No se conectarán más de dos conductores a una mismo borna o a un terminal de aparato.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Para los cuadros de medida para facturación, se dispondrá de regletas precintables, seccionables y cortocircuitables para intensidades y seccionables para tensiones.
- Cada punta del cable dispondrá del terminal correspondiente adecuado a su sección.
- En cada punta de cada cable se instalará un identificador con el número de borne del equipo o regleta al que va conectado.
- La disposición de las regletas de bornes será vertical, y las llegadas de los conductores de campo se efectúa por la derecha de la regleta, mientras que el cableado hacia el interior del cuadro de control se realizará por la izquierda.

7.12. Rotulaciones

Se identificarán mediante rótulos indelebles todos los instrumentos y aparatos integrantes de los cuadros.

8. CONTROL DE CALIDAD

El Plan de Control de Calidad, tanto de la ejecución como de los materiales utilizados, se preparará en base a los criterios de buena práctica y conforme a la normativa existente para cada caso.

El contratista, de acuerdo con lo establecido en las Especificaciones Técnicas, Normas e Instrucciones de Organismos Oficiales encargará la realización de ensayos y pruebas a laboratorios homologados.

Hasta la finalización de la obra civil, periódicamente el contratista entregará los certificados de calidad de todos los materiales utilizados. Se tendrá en cuenta:

- Replanteos → Se definirán los errores máximos permitidos.
- Movimientos de Tierras → Se deberán cumplir los valores de Límite de Atteberg, análisis granulométrico, etc, según las normas NLT o UNE.
- Hormigón → Se realizará un control de ejecución a nivel normal de acuerdo con la norma EHE.
- Piezas Prefabricadas de Hormigón armado o pretensado → se revisará la calidad del hormigón, del acero, dimensiones, precauciones de montaje...
- Armaduras → cumpliendo lo establecido en las normas UNE 36068 y 36092.
- Montaje de estructuras Metálicas y Soportes → se definirán las tolerancias dimensionales de los conjuntos montados.



8.1. Control de materiales

El control de los materiales correrá a cargo de cada uno de los proveedores, empleando para ello un Laboratorio de Control de Calidad con homologación reconocida y aceptado por la ingeniería o la Dirección de Obra. Se efectuarán los ensayos correspondientes al control de calidad, consistentes como mínimo en lo siguiente:

- 12 Ensayos de control de compactación del terreno.
- Bancada del transformador de Hormigón: 4 Probetas (de cada bancada) consistentes en un cilindro de 15x30 cm los días 7 y 28.
- Cimentaciones edificio de Hormigón: 4 Probetas consistentes en un cilindro de 15x30 cm los días 7 y 28.
- Cubierta edificio de Hormigón: 2 Probetas consistentes en un cilindro de 15x30 cm los días 7 y 28.
- Tensiones de paso y contacto.

El encargado de suministrar al Laboratorio de Control designado las muestras de los distintos materiales necesarios para la realización de los ensayos que se relacionan, así como aquellos otros que estimase oportuno ordenar la Dirección Facultativa será la empresa suministradora.

Las distintas muestras de materiales se entregarán con antelación suficiente, y como mínimo será de 15 días más el propio tiempo de realización del ensayo, con el fin de que la realización de los ensayos no suponga obstáculo alguno en la buena marcha de la obra.

Por lo que respecta a los controles de ejecución sobre unidades de obra, bien en periodo constructivo, bien terminadas, el Suministrador facilitará al Laboratorio de Control todos los medios auxiliares y mano de obra no cualificada, que precise para la realización de los distintos ensayos y pruebas.

El incumplimiento de cualquiera de las condiciones fijadas para los controles de calidad que se establezcan conducirá al rechazo del material en la situación en que se encuentra, ya sea en almacén, bien acopiado en la obra, o colocado, siendo por cuenta del Suministrador los gastos que ocasionase su sustitución. En este caso, el Suministrador tendrá derecho a realizar a su cargo un contraensayo, que designará el Director de Obra, y de acuerdo con las instrucciones que al efecto se dicten por el mismo. En base a los resultados de este contraensayo, la Dirección Facultativa podrá autorizar el empleo del material en cuestión, no pudiendo el Suministrador plantear



reclamación alguna como consecuencia de los resultados obtenidos del ensayo origen.

Ante un supuesto caso de incumplimiento de las especificaciones, y en el que, por circunstancias de diversa índole, no fuese recomendable la sustitución del material, y se juzgase como de posible utilización por parte de la Dirección Facultativa, previo consentimiento de la ingeniería, el Director de Obra podrá actuar sobre la devaluación del precio del material, a su criterio, debiendo el Suministrador aceptar dicha devaluación si la considera más aceptable que proceder a su sustitución. La Dirección Facultativa decidirá si es viable la sustitución del material, en función de los condicionamientos de plazo marcados por la ingeniería.

Todos los cargos derivados del control de calidad correrán por cuenta del Suministrador.

8.2. Aseguramiento de la calidad del transformador

Para cada suministro se establecerá un proceso de aseguramiento de la calidad contando con los siguientes aspectos:

- 1- Revisión del diseño constructivo
- 2- Inspecciones de fabricación y del sistema de calidad
- 3- Ensayos de recepción en fábrica
- 4- Ensayos especiales: ensayo de cortocircuito
- 5- Ensayos de recepción en campo.

Se considerarán desviaciones o no conformidades los cambios de los requisitos establecidos en las Especificaciones, modificaciones a los planos, a las instrucciones de trabajo, incumplimiento de los controles, ensayos, pruebas, incluso la inadecuada calibración de los aparatos de medida y ensayo, siempre que no se hayan aprobado anteriormente los cambios.

Al producirse una desviación o no conformidad, el suministrador establecerá las medidas necesarias y enviará un informe para su aprobación en el que describirá suficientemente el problema y hará una propuesta de solución.

La recepción del suministro en los términos indicados en el documento contractual del pedido, requerirá, entre otros aspectos, tener resueltas satisfactoriamente todas las desviaciones o no conformidades abiertas en el proceso de aseguramiento de la calidad.

8.2.1. Revisión del diseño constructivo

La revisión del diseño constructivo tiene por objetivo fundamental la validación del diseño del transformador en lo relativo a materiales y comportamiento dieléctrico, electrodinámico y térmico, identificando los puntos críticos y determinando los márgenes de diseño.

Se garantizará la confidencialidad de la información entregada por el fabricante, tal y como se refleja en el documento contractual del pedido. Esta actividad se realizará en un transformador de cada serie de fabricación y constará de tres etapas:

- Análisis y toma de datos:
- Se solicitarán al suministrador los datos de diseño del transformador: núcleo magnético, Arrollamientos, Requerimientos Dieléctricos, Electrodinámicos y Térmicos, Estudio de sobrepresiones mecánicas, Estudio eléctrico/dieléctrico, Lista de planos constructivos y de fabricación y Análisis de los procesos/tratamientos más significativos.
- Simulación del comportamiento y determinación de los márgenes de diseño:
- Con la información obtenida en la toma de datos, se realizará una simulación del comportamiento eléctrico, dieléctrico, electrodinámico y térmico, a efectos de validación de los cálculos del fabricante y se establecerán los márgenes de diseño dieléctrico, electrodinámico y térmico.
- Definición de los ensayos de recepción en fábrica y ensayos especiales.

Finalmente, se acordarán los ensayos de recepción a realizar (incluyendo posibles ensayos especiales), así como los parámetros de ejecución de los mismos.

Se establecerán los siguientes detalles: Ensayos de recepción y ensayos especiales a realizar para cada una de las unidades de la serie de fabricación, Plano de disposición del transformador durante los ensayos, Orden de los ensayos, Configuración de ensayo, valores a aplicar, registros a medir, posición del cambiador de tomas, etc. Normativa de aplicación de los ensayos, Criterios de aceptación y Estructura del informe a entregar por el fabricante.

En función de los resultados de la revisión del diseño constructivo y de los puntos críticos detectados, se establecerán los controles adicionales necesarios en la fase de inspección de fabricación y de ensayos de recepción.



El suministrador no podrá comenzar la fabricación de ninguna de las unidades de una serie hasta que no se finalice la Revisión del Diseño Constructivo de la misma, salvo indicación expresa.

Cualquier modificación en el diseño de las unidades de una serie de fabricación deberá ser antes analizada y aprobada.

8.2.2. Inspecciones de fabricación y sistema de calidad del suministrador

Para asegurar el cumplimiento de los requerimientos de su Sistema de Calidad, el suministrador deberá:

- Poseer un certificado de calidad de acuerdo con la correspondiente norma ISO de la serie 9000, expedido por un organismo acreditado.
- O tener implantado un Sistema de Calidad.

La concesión del pedido se supeditará al examen del citado Sistema, con cargo al suministrador.

El Sistema de Calidad deberá recoger, al menos, los siguientes puntos:

- Departamento de Calidad: Dentro del organigrama de la Empresa deberá existir un grupo, independiente de los Departamentos Técnico o de Producción, responsable de todo lo relacionado con la implantación, seguimiento y evaluación continua del Sistema de Calidad. Las funciones, responsabilidades y autoridad de sus componentes estarán definidas y documentadas.
- Proveedores y subcontratistas: Se establecerán los controles necesarios para asegurar la conformidad de la calidad de los materiales, procesos y servicios efectuados por proveedores y subcontratistas.
- Proceso productivo: Estarán definidas y documentadas todas las tareas a realizar mediante procedimientos, instrucciones y planos, incluso con procedimientos homologados para procesos especiales.
- Formación del personal: Se definirá la formación para que el personal esté cualificado para realizar las tareas de cada puesto.
- Inspecciones y ensayos: Se definirán una serie de inspecciones y ensayos verificados y controlados por el Departamento de Calidad.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Todos los equipos utilizados en las operaciones de medida, inspección y ensayo deberán ser controlados y calibrados en los plazos previstos.

- **Disconformidades y Acciones Correctoras:** Cuando se detecte una no conformidad se asegurará que dicho material, componente o equipo no continúe en el proceso productivo. Para ello se establecerá un procedimiento para el tratamiento de estas disconformidades y las consecuentes acciones correctoras que aseguren siempre que la calidad final del producto no se vea alterada.
- **Producto Terminado:** Una vez terminado y montado completamente, cada equipo será ensayado de acuerdo con las especificaciones correspondientes.
- **Embalaje, almacenaje y expedición:** Se establecerá un procedimiento para el embalaje y almacenaje de los equipos para asegurar la conservación de los mismos en condiciones adecuadas.
- **Manual de Calidad:** Es el documento donde se definirá la política, la organización y los medios para asegurar la calidad del suministro y su conformidad con los requisitos de las especificaciones y normas que le son de aplicación. Su alcance abarcará desde las propias acciones del suministrador hasta las de sus subcontratistas.
- **Inspecciones de Fabricación:** El suministrador elaborará un Programa de Puntos de Inspección (PPI) donde se recogerán las fases de fabricación e inspecciones, desde la recepción de materiales, hasta la puesta en destino del pedido. Se secuenciará de forma correlativa. En cada una de las fases o secuencias se indicarán los puntos a inspeccionar y se dejará constancia de estas inspecciones mediante fecha y firma. Una vez aprobado el Programa de Puntos de Inspección se fijarán los puntos de espera (aquellos que no podrán realizarse sin su presencia o autorización) y puntos de aviso (aquellos que requieren aviso previo).

Todos los documentos generados por el Sistema de Calidad deberán ser adecuadamente archivados, de modo que quede constancia y evidencien de modo objetivo la calidad conseguida. Lo concerniente a un pedido concreto deberá conservarse como mínimo hasta la aprobación de la documentación final.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

El suministrador entregará un informe final de fabricación (en papel y en soporte informático) que contendrá, al menos, los siguientes aspectos:

- Tratamiento de secado
- Tiempos de encubado (tiempo entre la salida del horno y su introducción en la cuba y comienzo del vacío)
- Descripción del proceso de llenado e impregnación de aceite y tiempo de reposo
- Certificados de materiales
- Revisión de tarjetas de calidad, puntos de inspección, incidencias de fabricación, etc.
- Resolución de todas las desviaciones o no conformidades emitidas durante las inspecciones
- Acciones correctoras implantadas
- Reportaje fotográfico de la fabricación.

8.2.3. Ensayos de recepción en fábrica

De acuerdo con lo establecido en la revisión del diseño constructivo, se establecerán los ensayos de recepción a realizar.

Salvo indicación expresa en contra, no se comenzará con los ensayos de recepción en fábrica si el suministrador no ha emitido el informe final de fabricación.

En todos los ensayos de recepción el transformador estará equipado con todos sus accesorios, de la misma forma que en el momento de su puesta en servicio, y cualquier excepción deberá ser aprobada expresamente.

Antes del comienzo de los ensayos deberá realizarse la comprobación sobre el plano constructivo de las dimensiones y disposición del transformador y de todos sus accesorios.

También, antes de comenzar los ensayos del transformador se realizarán los ensayos propios del aceite mineral:

- Ensayo fisico-químico del aceite (rigidez dieléctrica, contenido en agua, densidad, etc.)
- Análisis cromatográfico de gases disueltos en aceite.



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Los ensayos principales del transformador son:

- a) Medida de resistencia de aislamiento con Megger
- b) Medida de resistencia de los arrollamientos
- c) Medida de relación de transformación
- d) Ensayo de Capacidad y tg delta de los arrollamientos
- e) Ensayo de Capacidad y tg delta de todos los bornes con toma capacitiva
- f) Ensayo de pérdidas e intensidad de vacío
- g) Ensayo de pérdidas en carga y tensión de cortocircuito
- h) Ensayo de la impedancia de secuencia homopolar
- i) Ensayo de impulso tipo maniobra a todos los arrollamientos con una tensión mayor o igual a 245 kV
- j) Ensayo de impulso tipo rayo a todos los bornes de fase y de neutro, incluido el arrollamiento terciario.
- k) Ensayo de tensión aplicada con CA.
- l) Ensayo de tensión inducida con CA de corta duración (CACD) a todos los arrollamientos con una tensión igual o menor a 145 kV
- m) Ensayo de tensión inducida con CA de larga duración (CALD) a todos los arrollamientos con una tensión igual o mayor a 245 kV, con medida de las descargas parciales
- n) Ensayo de calentamiento
- o) Ensayo de ruido
- p) Medida de pérdidas en vacío
- q) Ensayo de respuesta en frecuencia (FRA)
- r) Ensayos de sobrepresión (1 bar), vacío y estanqueidad en la cuba y en las cajas adaptadoras de aceite
- s) Ensayos de los accesorios del transformador
- t) Ensayos del regulador de tensión bajo carga
- u) Ensayos sobre los bornes



v) Ensayos de las cajas adaptadoras de aceite

8.2.3.1. Procedimientos tras la finalización de ensayos

Al finalizar los ensayos de recepción en fábrica, se firmará un acta de finalización de ensayos donde se reflejarán el resultado global de los mismos (satisfactorio o no satisfactorio) y los aspectos más significativos ocurridos durante los ensayos.

En plazo no superior a una semana, el suministrador enviará los resultados. En caso de fallo, incidencia, perturbación o anomalía durante los ensayos de recepción en fábrica, el suministrador entregará el protocolo con los ensayos realizados hasta el momento de producirse el mismo. El suministrador entregará un informe con las causas del problema y las acciones a acometer para solucionarlo.

La información a incluir por el fabricante en el protocolo de ensayos es la siguiente:

- El protocolo de ensayos final entregado estará sellado y firmado por el fabricante en todas sus páginas y deberá contener, para cada ensayo, todos los registros y resultados obtenidos, así como los datos y cálculos intermedios que sean necesarios para repetir en cualquier momento posterior cada ensayo en las mismas condiciones en que fueron realizados.
- Se reflejará el orden de los ensayos, así como la fecha y hora de realización de los mismos.
- El protocolo deberá comenzar con la placa de características del transformador. En las páginas correspondientes a cada ensayo se indicará la temperatura y la humedad relativa, la fecha y el horario en que fue realizado. Igualmente, en las páginas correspondientes a cada ensayo se indicarán todos y cada uno de los equipos, sistemas e instrumentos utilizados indicando la marca, fabricante, certificado de calibración, etc.
- Para los ensayos de impulso tipo rayo y tipo maniobra se incluirá la secuencia con todos los impulsos realizados.
- Las páginas correspondientes a las medidas de pérdidas en vacío deberán incluir al menos la tensión media y eficaz medida en cada fase, corriente de vacío medida en cada fase, frecuencia, factor de

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

potencia, temperatura del aceite, resistencias óhmicas utilizadas para el cálculo de la corrección de las pérdidas, los factores de corrección utilizados y su cálculo.

- Las páginas correspondientes a las medidas de pérdidas en carga e impedancia de cortocircuito deberán incluir al menos la tensión y corriente en cada fase y en cada arrollamiento (primario, secundarios, terciario), frecuencia y factor de potencia, temperatura del aceite, resistencias óhmicas utilizadas para el cálculo de la corrección de las pérdidas, los factores de corrección utilizados y su cálculo.
- La parte del protocolo correspondiente al ensayo de calentamiento incluirá en forma tabulada los datos de todas las temperaturas registradas durante el ensayo y de la potencia de pérdidas aplicada.
- En los ensayos de tensión inducida con CA y medida de descargas parciales, se anotará como valor de éstas el máximo valor recurrente durante un intervalo de tiempo no inferior a 10 segundos, según la Norma UNE-EN 60076.

8.2.4. Ensayos especiales. Ensayo de cortocircuito

Se podrá solicitar la realización del ensayo de cortocircuito sobre cualquier unidad a suministrar, según norma UNE-EN 60076-5, y teniendo en cuenta las especificaciones de cortocircuito establecidas.

El laboratorio encargado de realizar los ensayos, someterá al transformador antes de la prueba, a una serie de cortocircuitos con objeto de ajustar las reactancias a emplear para conseguir así el valor de las corrientes de cortocircuito a los valores especificados.

Será el laboratorio de ensayo quien determine la toma en primario que se empleará para los ajustes y el número máximo de cortocircuitos a aplicar.

Se monitorizarán durante el ensayo las tensiones y corrientes de todos los arrollamientos del transformador. Asimismo, se monitorizará las señales de alarma y disparo del relé Buchholz, así como de las válvulas de alivio.

El ensayo será grabado con cámara de vídeo.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Tras la finalización de cada cortocircuito, se medirá la impedancia de cortocircuito entre cada par de arrollamientos, desde ambos lados. Una vez finalizado el ensayo, la variación de impedancia máxima será del 2%.

En caso de detectarse valores anormales de impedancia después de cada cortocircuito, se realizará ensayo FRA (Análisis de respuesta a la frecuencia) adicional u otras medidas como capacidad y tangente de delta, etc.

En caso de actuar el relé Buchholz, se realizará ensayo de gases combustibles. Se extraerán los gases acumulados en el relé y se aplicará llama, con objeto de detectar si dichos gases son combustibles o no. En caso de no serlo, se purgará el relé Buchholz, prosiguiendo los ensayos, y en caso de ser combustibles, se realizará análisis cromatográfico de gases de la muestra de aceite tomada desde la toma de muestras inferior del transformador

Posteriormente se realizará ensayo físico-químico del aceite, así como contenido de gases disueltos.

Tras la realización del ensayo, el transformador se trasladará a fábrica del suministrador, realizándose la inspección de la parte activa por parte del laboratorio encargado del ensayo, y la repetición de los ensayos de rutina al transformador.

El laboratorio de ensayo será responsable de instalar los precintos adecuados en la tapa del transformador antes de su salida a la citada fábrica.

Analizados los resultados del ensayo de cortocircuito, inspección de la parte activa y repetición de las pruebas de rutina, el laboratorio encargado de realizar el ensayo emitirá un informe final de pruebas, concluyendo si el transformador es apto ante cortocircuito, y en caso contrario, determinando si el fallo es motivado por diseño y/o fabricación del mismo.

8.2.5. Ensayos de recepción en campo

Los ensayos de recepción en campo estarán incluidos en el alcance del suministro y serán realizados de acuerdo a los procedimientos establecidos. Se pueden incluir otros ensayos adicionales, cuya definición técnica y valoración económica se realizaría aparte.

Los ensayos eléctricos y dieléctricos del transformador son los siguientes:



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

1. Medida de Relación de transformación
2. Ensayo de Capacidad y tg delta de los arrollamientos.
3. Ensayo de Capacidad y tg delta de los bornes de 72.5 kV o superiores.
4. Ensayo de excitación reducida
5. Ensayo de reactancia de fuga
6. Ensayo de respuesta en frecuencia (FRA)
7. Ensayo de resistencia dinámica de conmutación
8. Condiciones de realización de los ensayos
9. Ensayos sobre el aceite mineral

8.3. Inspecciones y ensayos de fabricación y montaje

En general se realizarán de acuerdo a la normativa vigente, correspondiente al equipo en cuestión y adicionalmente los siguientes:

- Ensayos dieléctricos.
- Verificación de la continuidad de los circuitos.
- Inspección general del cuadro.
- Ensayo funcional.
- Comprobación del cableado.

8.4. Pruebas de suministro

Una vez completada la fase de montaje, se efectuarán las siguientes pruebas:

- Rigidez dieléctrica.
- Medida de tensiones de paso y contacto.
- Comprobación del cableado.
- Aplicación de tensión auxiliar.
- Inyección de tensiones e intensidades secundarias en el cuadro y en la caja de formación de tensiones e intensidades.
- Presencia en el ensayo de protecciones a realizar por la Dirección de Obra.
- Pruebas funcionales, verificando contactos auxiliares, finales de carrera, alarmas, etc., de la aparamenta.



9. SIMULTANEIDAD Y COORDINACIÓN ENTRE SUMINISTRADORES

Dado que en la obra actuarán varios proveedores al mismo tiempo, se exige una coordinación de ciertos trabajos, a tener en cuenta, entre los cuales se encuentran:

- Suministros y montajes de transformador de potencia 220/20kV, 60 MVA.
- Recepción y coordinación de suministro de celdas de Alta y Media Tensión.
 - Dicha coordinación se llevará a cabo desde la Dirección de Obra, siendo obligación del Suministrador adjudicatario el disponer de los medios y mano de obra necesarios para no interferir en el desarrollo de los demás suministradores de la instalación, cumpliendo la planificación estimada.
- El Suministrador deberá tener en cuenta a la hora de programar y ejecutar los trabajos las fechas de recepción en obra comprometidas para la diversa aparamenta suministrada por terceros, de forma que se realicen las tareas de descarga y montaje sin demoras, evitando el acopio de los diversos elementos en campo:
 - Contadores y Registradores
 - Celdas de 20kV
 - Transformadores de Potencia

10. LISTADO ACTUACIONES REVISIÓN ANUAL EN CELDAS GIS Y TRANSFORMADOR DE POTENCIA

10.1. Mantenimiento preventivo

10.1.1. Seccionadores

- Mandos:
 - Comprobar estado de muelles y amortiguación.
 - Comprobar motor y finales de carrera.
 - Comprobar puesta a tierra del mando
 - Hacer medida de aislamiento contra tierra y entre cables
 - Comprobar contactos auxiliares
 - Actuación de mandos. Revisar accionamiento manual y motorizado
 - Comprobar contactores y bobinas de actuación.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Comprobar señalizaciones
- Comprobar fugas de SF6 en juntas dinámicas
- Transmisiones:
 - Limpiar y engrasar reenvíos
 - Revisar articulaciones

10.1.2. Conexiones

Comprobar apriete conexiones de entrada y salida de A.T.

- General:
 - Comprobar unidades atornilladas
- Pruebas funcionales:
 - Funcionamiento de apertura y cierre
 - Comprobar alineación verticalidad y ajuste
 - Comprobar ángulo de apertura
 - Revisar bloqueos mecánicos y enclavamientos
 - Comprobar presión de contacto
 - Medición de la resistencia de aislamiento
 - Medición de la resistencia de contacto
- Puesta a tierra:
 - Comprobar contacto separación
 - Comprobar trenza de conexión a tierra
 - Comprobar elemento de compensación mecánica
 - Comprobar articulaciones
 - Comprobar enclavamiento eléctrico
 - Comprobar presión de contacto
 - Comprobar bloqueo y enclavamientos mecánicos
 - Verificar funcionamiento



10.1.3. Interruptores

- Mando resorte:
 - Comprobar regletas de bornas y cableado
 - Comprobar indicación mecánica de posición
 - Comprobar enclavamientos mecánicos
 - Comprobar enclavamientos eléctricos
 - Comprobar relés y contactos auxiliares
 - Revisión limpieza y engrase de mecanismos
 - Comprobar bobinas de maniobra
 - Engrase de gatillos y sistema de retención
 - Comprobar deslizamiento del volante en mm.
 - Amortiguador de mando (niveles y pérdidas)
 - Nivel de aceite en caja de engranaje
 - Comprobar motor: escobillas, conexiones y fusibles
 - Comprobar tornillos jaula de resorte
 - Comprobar resortes de enganche
 - Comprobar contactores y bobinas de maniobra
 - Contactos final de carrera parada de motor
 - Comprobar bloques o mecanismo de enganche y desenganche
 - Comprobar amortiguadores
 - Comprobar articulaciones
 - Comprobar fugas de SF6 en juntas dinámicas
 - Comprobar estado mecánico de las cámaras
 - Comprobar válvulas
 - Comprobar pasatapas y juntas
 - Comprobar puesta a tierra
- Conexiones:
 - Comprobar uniones atornilladas
 - Comprobar par de apriete de conexiones de entrada y salida entre las cámaras
- General:
 - Pintar cabecillas y bases. Estado general de pintura
 - Corregir oxidaciones y pintar cuando proceda



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Limpiar aisladores y revisar su estado
- Comprobar presión de SF6
- Pruebas funcionales:
 - Medición de resistencia de los contactos
 - Medición de sincronismo entre fases. Diagrama recorrido, sincronismo y penetración.
 - Medición de tiempos de maniobra. Diagrama velocidad de conexión/desconexión.
 - Medición de resistencia de aislamiento
 - Presión de alarma baja presión
 - Presión bloqueo de maniobra
 - Verificar accionamiento manual y eléctrico
 - Anotar número de maniobras
 - Comprobar resistencia de caldeo y termostato

10.1.4. Transformadores de medida

- Conexiones:
 - Comprobar apriete conexiones de entrada y salida
 - Revisar puentes cambio relación. Anotar relación
 - Comprobar relación de transformación
- General:
 - Comprobar puesta a tierra
 - Comprobar fijación de soporte
 - Comprobar pasatapas y juntas
 - Comprobar estanqueidad. Detectar fugas
 - Comprobar oxidaciones. Corregir y pintar cuando proceda
 - Comprobar estado de bornas, juntas y anclajes
 - Comprobar acoplamiento cuerpos (conexión eléctrica)
 - Comprobar interruptores magnetotérmicos
 - Comprobar circuito amperímetro/voltímetro



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Cajas bornas secundario:
 - Comprobar conexiones secundarias
 - Comprobar estanqueidad

- Pruebas funcionales:
 - Comprobar polaridades
 - Resistencia de aislamiento primario/secundario
 - Resistencia de aislamiento primario/tierra
 - Resistencia de aislamiento secundario/tierra
 - Resistencia de aislamiento entre secundarios
 - Medida de valores de red en bornas de cuadro
 - Medida de valores de red en sala de celdas

10.1.5. Pararrayos-autoválvulas

- Generales:
 - Comprobar oxidaciones
 - Comprobar zonas de pegado
 - Comprobar uniones atornilladas
 - Comprobar estado de bornas, juntas y anclajes
 - Comprobar conexión a tierra

- Conexiones:
 - Comprobar apriete conexiones de entrada y salida

- Pruebas funcionales:
 - Anotar número de descargas
 - Comprobar aislamiento a tierra
 - Comprobar nivel de fuga (tipo óxido metálico)



10.1.6. Transformador de potencia

- Refrigeración:
 - Comprobar estado general de los armarios
 - Comprobar relés térmicos y/o fusibles
 - Comprobar contactores
 - Comprobar regleta de bornas y cableado
 - Comprobar relés auxiliares
 - Comprobar válvulas de aislamiento
 - Limpiar aerorrefrigerantes radiadores
 - Comprobar estado de los ventiladores
 - Comprobar funcionamiento manual/automático de los ventiladores

- Pruebas funcionales:
 - Comprobar relé de nivel de aceite
 - Comprobar termómetro de control de temperatura
 - Comprobar alarma y disparo de temperatura. Anotar tarados
 - Comprobar relé Buchholz
 - Comprobar sobrepresión en válvula de sobrepresión
 - Comprobar aislamiento primario contra secundario
 - Comprobar aislamiento de primario contra tierra
 - Comprobar aislamiento de secundario contra tierra
 - Comprobar aislamiento de la cuba del transformador

- Cuba:
 - Comprobar y corregir fugas de aceite
 - Comprobar oxidaciones. Corregir y pintar cuando proceda
 - Comprobación de ruidos y vibraciones
 - Comprobación estado de bornas, juntas y anclajes
 - Comprobar anclaje de ruedas
 - Comprobar respiradores
 - Comprobar membrana de respiración y seguridad
 - Comprobar estado de cambiador de tomas
 - Anotar relación de transformación de cambiador de tomas



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Comprobar puesta a tierra de la cuba
- Aceites:
 - Comprobación de niveles y toma de muestras de aceites
 - Comprobar rigidez del aceite
 - Ensayo de color A.S.T.M. del aceite
- Bornas:
 - Comprobar y limpiar petacas
 - Limpiar porcelanas y revisar su estado
 - Comprobar conexión de neutro
 - Comprobar puesta a tierra

10.1.7. Sistemas de protección y control

- General:
 - Comprobar puesta a tierra
 - Comprobar oxidaciones. Corregir y pintar cuando proceda
 - Realizar prueba de lámparas
 - Comprobar apriete de conexión
 - Comprobar señalización en sinóptico y telemando
 - Comprobación de todos los dispositivos y elementos de los sistemas
- Relés de protección:
 - Prueba y regulación de los relés mediante inyección de intensidades y tensiones.
 - Comprobación del tarado de los relés y anotar valores.
 - Comprobación de contactos, muelles, etc. con limpieza y lubricación.
 - Pruebas de disparo por Buchholz y temperatura.
 - Comprobar regletas de bornas y conexiónados.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Verificación de los dispositivos de señalización, cableados y disparos a distancia
- Batería de CC:
 - Comprobar bancada
 - Limpieza de cuadros y vasos
 - Comprobar nivel de electrolito
 - Comprobar densidad del electrolito
 - Realizar prueba de capacidad
 - Comprobar conexiones
 - Comprobar funcionamiento del rectificador y demás componentes electrónicos
 - Comprobar tensión de entrada al rectificador
 - Comprobar tensión de salida al rectificador
 - Comprobar tensión de salida de baterías
 - Comprobar alarmas
 - Comprobar equipo de detección de tierra

10.1.8. Estructuras aisladores y embarrados

- Comprobar estado de las estructuras metálicas
- Comprobar puesta a tierra de soportes
- Corregir oxidaciones y pintar cuando proceda
- Estado de los aisladores
- Comprobación de sujeciones mecánicas, apriete de tornillos
- Situación de piezas de unión, empalmes y terminales
- Medida del aislamiento de embarrados entre fases y tierra
- Medida del aislamiento de embarrados entre fase y fase

10.1.9. Redes de M.T.

- Comprobar estado de los conductores y cajas terminales
- Comprobar oxidaciones y pintar cuando proceda
- Comprobar estado de conexiones a tierras de los soportes
- Comprobar y limpiar aisladores
- Comprobar apriete de conexiones



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

- Comprobar estado de la cubierta del cable
- Comprobar y limpiar botellas terminales
- Comprobar puesta a tierra de pantallas
- Comprobar curvatura de los cables
- Medición de aislamiento entre fase y fase
- Medición de aislamiento entre fase y tierra

10.1.10. Batería de condensadores

- Estado de los elementos
- Medida de aislamientos
- Comprobación de resistencias de descarga
- Comprobación de conexiones
- Sistemas de sujeción, interconexión y dispositivos de corte y protección

11. SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO

11.1. Introducción

Corresponden a este apartado el conjunto de unidades de obra que deberán ser utilizados como señalización definitiva o balizamiento para la ejecución definitiva o provisional de las obras alcance del proyecto.

Esta señalización y balizamiento podrán ser verticales u horizontales (marcas viales).

Ambas verificarán lo especificado en la "Instrucción de Carretera", NORMA 8.1-1C y 8.2-1C respectivamente.

11.2. Barrera de Seguridad

Las bandas de seguridad se utilizan como elementos de conmutación en perfiles de seguridad. Consisten de dos elementos de contacto que mantienen una determinada distancia entre ellos, dependiendo del tipo, uno dispone de un elemento metálico conductor flexible y el otro dispone de un material de goma con filamento conductor interno de cobre dotando así al perfil todavía de una mayor flexibilidad.



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

La banda de seguridad se remacha con unas piezas terminales en sus extremos y todo el conjunto es el que se desliza por el interior del perfil de goma conectándose a la correspondiente unidad de evaluación que dará una señal al presionar sobre el perfil de goma, resultando de este modo un sistema de banda y perfil sensible.

La barrera de seguridad será de fleje de acero al carbono, laminado en frío y galvanizado, de tres milímetros (3 mm) de espesor y su perfil estará constituido por una doble onda y que se corresponden con la banda modelo AASHO-M-180-60.

La tolerancia en espesor será de tres décimas de milímetro (0.3 mm); la longitud de cada elemento será de cuatro metros treinta y dos centímetros (4.32 cm), solapándose dos sucesivos, treinta y dos centímetros (32 cm), de modo que la distancia entre eje de postes consecutivos sea de cuatro metros (4.00 m).

El solape se hará siempre de tal modo que el vehículo que circule por la calzada correspondiente, no pueda ver el canto del elemento superpuesto.

En algunos casos especiales y entre cada dos postes de los antes definidos, se interpondrá otro, de modo que la distancia entre ejes, quede reducida a dos metros (2.00 m).

Los postes de fijación serán perfiles normales I de doce centímetros (12 cm) galvanizados, a los que previamente se habrán practicado los taladros precisos para anclaje de la barrera. Estos taladros estarán situados y tendrán los diámetros fijados en los Planos. Cumplirán lo especificado en el Art. 250 del PG-3 (Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes, del Ministerio de Fomento).

Los postes se colocarán por hincas o anclados cuando estén sobre terraplén y se soldarán a las placas de anclaje provistas, cuando estén sobre obras de fábrica.

- Toda la tornillería será galvanizada.
- La recepción de todos los materiales galvanizados se efectuará de acuerdo con lo prescrito en el epígrafe 701.7 del PG-3.
- El tipo de acero galvanizado empleado en la fabricación de elementos metálicos será el F-622 de la Norma UNE-36.082.
- La situación de las barreras, así como los elementos que la forman se señalan en los Planos correspondientes.
- El instalador deberá seguir estrictamente las instrucciones de montaje de los planos y en su caso las que reciba del Director de la obra, tanto en lo referente a situación de la barrera como al método de instalación.



Los terminales de barrera de seguridad serán de dos clases:

- A la terminal en "cola de pez".
- Por anclaje inicial retranqueado en planta y anclado en un macizo de hormigón.

Los elementos de unión como tuercas, pernos, arandelas, etc., serán de acero y estarán galvanizados.

Otros elementos como el mortero, hormigón H-175, armaduras y pintura para la imprimación anticorrosiva, cumplirán las prescripciones impuestas en los correspondientes artículos del PG-3.

La ejecución de las obras comprende las siguientes operaciones:

- Replanteo
- Cimentaciones
- Instalación de postes
- Colocación de amortiguadores
- Fijación de las bandas terminales.

Las bandas sometidas a un ensayo de flexión entre apoyos especiales a cuatro metros (4 m) y la carga aplicada en el centro de la luz sobre una superficie de ocho centímetros cuadrados (8 cm²) cumplirán las siguientes condiciones:

	Ondulación hacia arriba	Ondulación hacia abajo
Carga en kilogramos (kg)	600-900	550-720
Flecha máxima en milímetros (mm)	70-140	70-140

En el precio de la unidad de metros lineales de barrera de seguridad se considerarán incluidos los siguientes conceptos:

- La propia barrera de seguridad.
- La parte proporcional de los perfiles de sustentación, amortiguadores galvanizados y tornillos.
- Replanteo, instalación y montaje.

5. PRESUPUESTO



ÍNDICE

1. MEDICIONES Y PRESUPUESTO.....	4
1.1. Obra civil	4
1.2. Cimentaciones	5
1.3. Estructuras	6
1.4. Albañilería	7
1.5. Cubiertas y pavimentos	8
1.6. Carpintería	9
1.7. Aislamientos y pinturas	10
1.7.1. Aislamientos	10
1.7.2. Pinturas	10
1.8. Fontanería	11
1.9. Instalación de PCI y sistemas de anti-intrusismo	12
1.10. Ventilación	14
1.11. Alumbrado	14
1.12. Equipos eléctricos	16
1.12.1. Celdas de 220 kV	16
1.12.2. Celdas de 20 kV	16
1.12.3. Transformadores de potencia	17
1.12.4. Servicios auxiliares	17
1.12.5. Conductores	18
1.12.6. Control y protección	18
1.12.7. Montaje y puesta en marcha	19
1.13. Red de tierras	20



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

1.14. Urbanización	21
1.15. Seguridad y salud	21
1.15.1. Protecciones colectivas	21
1.15.2. Equipos de protección individual	22
1.16. Ingeniería	26
2. CUADRO RESUMEN	27

**1. MEDICIONES Y PRESUPUESTO****1.1. Obra civil**

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit. (€)	Prec. Total (€)
m ²	<u>Limpieza del terreno</u> Desbroce y limpieza superficial del terreno por medios mecánicos, con una profundidad media de 50 cm.	2.773,00	1,22	3.383,30
m ³	<u>Excavación máquina t. compactos</u> Excavación de zanjas y pozos de hasta 3 m. de profundidad con los medios necesarios y carga sobre camión	9.460,00	1,97	18.636,20
m ³	<u>Relleno, extendido y apisonado</u> Relleno, extendido y apisonado de zahorras por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm. de espesor, hasta conseguir el grado de compactación adecuado, incluyendo regado de las mismas.	1.020,00	9,86	10.057,20
m ³	<u>Transporte vertedero</u> Transporte de tierras al vertedero, considerando ida y vuelta, con camión basculante cargado a máquina.	12.298,00	17,29	212.632,42



1.2. Cimentaciones

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit. (€)	Prec. Total (€)
m ²	<u>Encofrado zanjas</u> Encofrado con plafones metálicos para zanjas y pozos de cimentación.	12,00	21,00	252,00
kg	<u>Barras acero armaduras losas</u> Acero en barras corrugadas B500 de límite elástico 500 N/mm ² , para las armaduras de las losas.	2.560,00	0,63	1.612,80
m ³	<u>Hormigón limpieza y nivelado</u> Hormigón para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 40 mm. Incluye vertido con grúa con vibrado y nivelado.	120,00	26,75	3.210,00
m ²	<u>Encofrado muros de contención</u> Encofrado con plafones metálicos, de 250x50 cm a dos caras, para muros de contención de base rectilínea	215,00	21,00	4.515,00
kg	<u>Barras de acero muros de contención</u> Acero en barras corrugadas B500, de límite elástico 500 N/mm ² , para la armadura de muros de contención, de una altura máxima de 3 m.	1.980,00	0,63	1.247,4
m ³	<u>Hormigón armado muros</u> Hormigón armado HA-30 N/mm ² para muros de 3 m de altura y de 0,80 m de espesor, de consistencia plástica y tamaño máximo del árido de 20 mm elaborado en central para muros.	29,33	51,74	1.515,53
ud	<u>Transporte, montaje y desmontaje</u> Transporte, montaje y desmontaje de equipo mecánico para la realización de anclajes. Incluye desplazamiento de personal especializado.	1,00	3.054,93	3.054,93



1.3. Estructuras

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
m ³	<u>Hormigón para muros</u> Hormigón para muros HA-30 N/mm ² , de consistencia plástica y tamaño máximo del árido de 20 mm, vertido con cubilote.	36,50	51,74	1.888,51
kg	<u>Barras acero para armadura de muros</u> Acero en barras corrugadas, de límite elástico 500 N/mm ² , para la armadura de los muros.	2.100,00	0,63	1.323,00
m ³	<u>Hormigón para vigas</u> Hormigón para vigas de HA-40 N/mm ² , de consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm.	96,00	26,75	2.568,00
kg	<u>Barras de acero para armadura vigas</u> Acero en barras corrugadas, de límite elástico 500 N/mm ² , para la armadura de las vigas.	7.100,00	0,60	4.260,00
m ²	<u>Encofrado para vigas</u> Montaje de encofrado con plafón metálico, para vigas planas de directriz recta, a una altura de 3 metros.	238,60	21,00	5.010,60
ml	<u>Colocación vigas de carril vías transformadores</u> Suministro y colocación de vigas de carril UPN-180 de acero en vías para transformadores, incluyendo pletina metálica de anclaje y pernos metálicos.	126,00	36,75	4.630,50
m ²	<u>Piso de tramex en pasarela</u> Piso de tramex en pasarela con redondo antideslizante 4 mm., con pletina de borde en contorno de toda la pieza, piezas de sujeción normal atornilladas a estructura portante, galvanizado en caliente.	52,50	35,75	1.876,88



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ud	<u>Junta de dilatación entre losas</u> Junta de dilatación estructural entre losas, mediante plancha de poliestireno expandido de 2 cm de espesor.	1,00	735,00	735,00
----	--	------	--------	--------

1.4. Albañilería

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
m ²	<u>Ladrillo perforado</u> Ladrillo perforado tosco realizado en fábrica y suministrado a pie de obra para revestir con mortero de cemento y arena de río para replanteo, nivelación y aplomado.	350,00	40,97	14.339,50
m ²	<u>Ladrillos de hormigón para revestir</u> Ladrillos de hormigón gris de alta densidad de 50x20x20 cm. para revestir, recibidos con mortero de cemento y arena de río.	1.100,00	56,07	61.677,00
m ²	<u>Guarnecido y enlucido</u> Revestimiento con yeso grueso de 12 mm. de espesor, y enlucido con yeso fino 1 mm. de espesor, en superficies verticales.	565,93	7,56	4.278,43
ud	<u>Bancada del transformador</u> Bancada para transformador de potencia formado por losa de hormigón armado y cubeto de recogida de aceite para posterior conexión con el depósito de aceite. Se incluye rejilla metálica y suministro de grava gruesa.	3,00	735,00	2.205,00



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ud	<u>Ayudas a instalaciones</u> Ayudas a instalaciones tales como: apertura y tapado de rozas y taladros, recibido de cajas, soportes, patillas, anclajes y pasatubos, placas, carpinterías interiores y exteriores, cerrajerías, andamios y medios de elevación. Precio por metro cuadrado construido.	1,00	10.500,00	10.500,00
----	---	------	-----------	-----------

1.5. Cubiertas y pavimentos

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
m ³	<u>Recrecido para protección viga carril</u> Recrecido para protección de viga carril con hormigón en masa	12,56	35,18	441,86
m ²	<u>Suministro y extendido de grava</u> Suministro y extendido de grava de tamaño máximo de 50 a 70 mm	109,90	11,34	1.246,27
m ²	<u>Cubierta con losa filtrante</u> Cubierta transitable con losa filtrante construida por hormigón aislante celular tendido de mortero de cemento, imprimación asfáltica, lámina asfáltica de betún y elastómero adherida al soporte con soplete.	50,00	23,10	1.155,00
m	<u>Bajante chapa acero galvanizado para recogida de aguas</u> Bajante de chapa de acero galvanizado para recogida de aguas pluviales, de 100 mm. de diámetro, instalada con conexiones, codos, abrazaderas, etc.	120,00	14,39	1.726,80



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

m ²	<u>Falso suelo</u> Pavimento elevado compuesto por baldosas de medidas 600 x 600 mm. de lado y espesor 35 mm. Canto perimetral de PVC de espesor 1,5 mm. con revestimiento superior de pavimento vinílico homogéneo prensado.	79,37	61,23	4.859,83
m ²	<u>Pavimento continuo epoxi autonivelante</u> Pavimento autonivelante epoxi con un espesor de 3 mm. consistente en una capa de imprimación epoxi sin disolventes.	1.052,80	59,03	62.146,78

1.6. Carpintería

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Puerta de doble hoja ara acceso desde el exterior</u> Puerta exterior de dos hojas formada por perfiles y chapas de acero galvanizado, pintadas con pintura anticorrosiva y dotadas de dispositivo automático de cierre. La resistencia al fuego de las puertas exteriores será como mínimo de 60 minutos (R 60).	2,00	4640,00	9.280,00
ud	<u>Puerta ciega de chapa lisa para acceso peatonal desde el exterior</u> Puerta de bastidor de tubo de acero laminado con rigidizadores de tubo rectangular, incluso patillas para recibir en fábricas o pilastras de hormigón y elementos de seguridad.	2,00	874,50	1.749,00

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ud	<u>Puerta cortafuegos EI2-120-C5 especiales salas RF 240 (GIS y MT)</u> Puerta metálica cortafuegos de hoja pivotante homologada, construida con dos chapas de acero electrocincado y cámara intermedia de material aislante ignífugo sobre cerco abierto de chapa de acero galvanizado.	1,00	1158,00	1.158,00
ud	<u>Puerta cortafuegos EI2-90-C5</u> Puerta metálica cortafuegos de hoja pivotante homologada, construida con dos chapas de acero electrocincado y cámara intermedia de material aislante ignífugo sobre cerco abierto de chapa de acero galvanizado. Acabado en pintura epoxi polimerizada al horno.	1,00	845,72	845,72

1.7. Aislamientos y pinturas

1.7.1. Aislamientos

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
m	<u>Impermeabilización de filtraciones</u> Impermeabilización de filtraciones entre juntas de muro pantalla, con suministro y aplicación de dos capas de impermeabilizante cementoso.	728,00	56,60	41.204,80

1.7.2. Pinturas

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
m ²	<u>Pintura sala de control y comunicación</u> Pintura plástica lisa lavable estándar obra nueva en blanco o pigmentada, dos manos incluso mano de imprimación y plastecido.	68,00	7,35	499,80



m ²	<u>Pintura resto subestación</u> Pintura plástica acrílica lisa mate lavable, en blanco o pigmentada, dos manos incluso imprimación y plastecido.	1.230,00	8,23	10.122,90
----------------	---	----------	------	-----------

1.8. Fontanería

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Acometida de agua</u> Acometida de agua a red Municipal, según indicación del mismo para alimentación del sistema de PCI espumógeno. Totalmente instalado y funcionando correctamente.	1,00	756,00	756,00
ud	<u>Depósito de recogida de aceite + tuberías canalización desde bancada</u> Depósito de recogida de aceite que incorpore materiales de refuerzo, agentes de procesamiento y aditivos para mejorar sus propiedades mecánicas. Incluye canalización sobre pared por tuberías desde cada bancada del transformador.	1,00	7.938,00	7.938,00
ud	<u>Tanque para sistema PCI-ESPUMÓGENO</u> Depósito del sistema de agua contra incendios para espumógeno con forma cilíndrica horizontal y con membrana. Incluye soportes contruidos en acero de alta resistencia y elementos de instalación de espumógeno completos.	1,00	10.363,98	10.363,98

**1.9. Instalación de PCI y sistemas de anti-intrusismo**

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Central de detección de PCI</u> Instalación de detección automática de incendios completa para el conjunto de la subestación.	1,00	13.550,00	13.550,00
ud	<u>Sistema de detección por conducto aspiración completo zona transformadores, sala celdas y sala de servicios auxiliares</u> Sistema de detección formado por conducto de aspiración homologado, formado por caja de soporte a conducto conteniendo elemento sensible y detector de humos con cámara de detección láser.	6,00	471,70	2.830,20
m	<u>Tubo toma muestra aspiración</u> Tubos para recogida de muestras de aire y vertido al sistema de detección por conducto de aspiración.	280,00	4,10	1.148,00
ud	<u>Pulsadores detección incendio</u> Pulsadores de seta para instalación en pared, mano de obra, cableado, prueba y puesta en marcha.	15,00	10,50	157,50
ud	<u>Extintor portátil 5 kg de CO₂</u> Extintor portátil con carga de 5 kg de CO ₂ . Incluye accesorios para instalación sobre pared, mano de obra para su colocación y montaje.	7,00	35,40	247,80



INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ud	<u>Extintor portátil 5 kg polvo polivalente ABC</u> Extintor portátil, tipo LPG o similar aprobado, con carga de 5 kg de polvo polivalente ABC. Incluye accesorios para instalación sobre pared, transporte y mano de obra para su colocación y montaje.	5,00	24,60	123,00
ud	<u>Carro extintor 25 kg CO₂</u> Carro extintor de 25 kg de CO ₂ . Incluye mano de obra para su colocación, transporte y montaje	3,00	190,00	570,00
ud	<u>Carro extintor 25 kg polvo polivalente ABC</u> Carro extintor de 25 kg de carga de polvo polivalente. Incluye mano de obra para su colocación, transporte y montaje.	2,00	145,00	290,00
ud	<u>Cartel indicador normalizado</u> Cartel indicador normalizado fotosensible para indicador, extintor, medidor de alarmas, etc.	35,00	5,84	204,40
ud	<u>Sellados verticales y horizontales con RF</u> Sellados horizontales y verticales en huecos como losa para mantener una resistencia al fuego según situación y necesidades. Incluye mano de obra.	1,00	9.720,00	9.720,00
ud	<u>Grupo de bombeo de sistema espumógeno, botellas de espumógeno y difusores</u> Grupo de bombeo de espumógeno, formado por bombas de alta presión y caudal apropiado con bomba. Incluye herrajes, colector, presostatos, bastidor, cableado, conexionado hidráulico y botellas espumógeno.	1,00	15.390,00	15.390,00



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ud	<u>Sistema anti-intrusismo</u> Sistemas anti-intrusismo formado por detectores volumétricos, contactos magnéticos en puertas y central de detección general comunicada vía fibra óptica con el exterior. Incluye instalación de tarjetas de accesos lector biométricos.	1,00	12.960,00	12.960,00
----	---	------	-----------	-----------

1.10. Ventilación

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Equipos de ventilación y conduct. De chapa galvanizada para los recintos de trafos</u> Cajón de ventilación construido con panel de chapa galvanizada y relleno de lana de roca de alta densidad. Incluye dos ventiladores axiales de caudal 12.000 m3/h cada uno y acceso individual para cada ventilador con puerta independiente. Incluye cableado interno, compuertas antifuego, conductos en chapa galvanizada y la toma de aire exterior.	3,00	20.292,50	60.877,50

1.11. Alumbrado

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Luminaria fluorescente de 2x36 W/ 220V</u> Luminaria fluorescente de 2x36W/220V. Incluye transporte a pie de obra y montaje.	55,00	70,10	3.855,50



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ud	<u>Lum. JCH-250 Carandini</u> Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 250 W y 220 Vca. Denominación JCH-250 del fabricante Carandini.	10,00	197,76	1.977,60
ud	<u>Lum. reflector aluminio y lámpara incandescente 100 W</u> Luminaria con reflector de aluminio y soporte de fundición de aluminio inyectado color gris. Incluye transporte a pie de obra y montaje.	8,00	137,00	1.096,00
ud	<u>Lum. con equipo de lámpara de vapor de Hg, 250 W</u> Luminaria con equipo de lámpara de vapor de Hg, 250 W y brazo de poste. Incluye transporte a pie de obra y montaje.	2,00	1.101,07	2.202,14
ud	<u>Luminaria FBS 105 PHILIPS</u> Luminaria de tubo fluorescente de 55 W, denominación FBS 105 de la casa PHILIPS.	30,00	19,37	581,10
ud	<u>Alumbrado de emergencia fluorescente de 12 W</u> Equipo autónomo de emergencia de 1x12 W fluorescente, autonomía de 1 hora. Incluye transporte a pie de obra y montaje.	12,00	162,74	1.952,88



1.12. Equipos eléctricos

1.12.1. Celdas de 220 kV

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Celda de línea</u> Celda blindada en SF ₆ , modelo 8DN9 del fabricante SIEMENS.	4,00	477.660,20	1.910.640,80
ud	<u>Celda del transformador</u> Celda blindada en SF ₆ , modelo 8DN9 del fabricante SIEMENS.	2,00	526.993,92	1.053.987,84
ud	<u>Celda de acoplamiento de barras</u> Celda blindada en SF ₆ , modelo 8DN9 del fabricante SIEMENS.	1,00	435.501,92	435.501,92
ud	<u>Celda de medida de tensión</u> Celda blindada en SF ₆ , modelo 8DN9 del fabricante SIEMENS.	1,00	435.501,92	435.501,92

1.12.2. Celdas de 20 kV

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Celda de línea</u> Celda blindada en SF ₆ , modelo ZX2 del fabricante ABB.	14,00	44.898,00	628.572,00
ud	<u>Celda del transformador</u> Celda blindada en SF ₆ , modelo ZX2 del fabricante ABB.	4,00	55.227,00	220.908,00
ud	<u>Celda de servicios auxiliares</u> Celda blindada en SF ₆ , modelo ZX2 del fabricante ABB.	2,00	39.431,98	78.863,96
ud	<u>Celda de acoplamiento longitudinal</u> Celda blindada en SF ₆ , modelo ZX2 del fabricante ABB.	2,00	84.848,00	169.696,00



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ud	<u>Celda de acoplamiento transversal</u> Celda blindada en SF6, modelo ZX2 del fabricante ABB.	2,00	44.144,61	88.289,22
ud	<u>Celda de medida de tensión</u> Celda blindada en SF6, modelo ZX2 del fabricante ABB.	2,00	29.730,48	59.460,96

1.12.3. Transformadores de potencia

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Transformador principal</u> Transformador de potencia de servicio continuo, marca PAUWELS, relación de transformación 220/20± 10×3,45 kV Potencia aparente nominal 60 MVA.	2,00	853.256,00	1.706.512,00
ud	<u>Transformador seco de servicios auxiliares</u> Transformador seco clase F gama Trihal del fabricante SCHNEIDER.	2,00	28.116,00	56.232,00

1.12.4. Servicios auxiliares

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Cuadro general de servicios auxiliares de C.A.</u> Cuadro general de servicios auxiliares de C.A. del fabricante Schneider.	3,00	10.710,00	32.130,00
ud	<u>Cuadro general de servicios auxiliares de C.C. (125 Vcc)</u> Cuadro general de servicios auxiliares de C.C. (125 Vcc.) modelo Prisma Plus Sistema G del fabricante Schenider	1,00	5.916,00	5.916,00



ud	<u>Acumuladores Ni-Cd 125 Vcc + Rectificador</u> 95 vasos de Ni-Cd, 230 Ah, modelo SPL+420 del fabricante SAFT para el sistema de 125 Vcc. Modelo de cargador-rectificador Chloride FP-40 RM.	1,00	9.537,00	9.537,00
----	--	------	----------	----------

1.12.5. Conductores

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
m	<u>Cable RHZ1-2OL (AS) Al 4x400 mm²</u> Cable modelo EXZHELLENT RHZ1-2OL (AS) Al del fabricante General Cable. Aislamiento de polietileno reticulado XLPE y sección 400 mm ² .	1.620,00	78,14	126.586,80
m	<u>Cable RHZ1-2OL (AS) Al 1x95 mm²</u> Cable modelo EXZHELLENT RHZ1-2OL (AS) Al del fabricante General Cable. Aislamiento de polietileno reticulado XLPE y sección 95 mm ² .	1.080,00	50,28	54.302,40
m	<u>Cable XLPE Al 1x630 mm²</u> Conductor modelo SILEC del fabricante General Cable. Aislamiento de polietileno reticulado XLPE y sección 630 mm ² .	150,00	91,46	13.719,00

1.12.6. Control y protección

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Sistema de control digital de la subestación</u> Sistema, software, monitor y teclado que recibe todas las señales de la subestación y las tele-manda a través de fibra óptica. El sistema incluye el tendido y suministro de fibra óptica desde el exterior. El	1,00	88.765,00	88.765,00



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

	sistema recibe y emite información necesaria para el control externo de la subestación. El precio incluye la mano de obra especializada y las comunicaciones necesarias.			
ud	<u>Armario de equipos de comunicación</u> En este cuadro se instalarán todos los equipos necesarios para comunicar la subestación con el exterior. Es el equipo que hace que el sistema de control digital de la subestación se comuniquen con el exterior.	1,00	4.410,00	4.410,00

1.12.7. Montaje y puesta en marcha

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Montaje celdas 220 Kv y puesta en servicio</u> Incluye el transporte, descarga mediante plumas, cableado de medida y protección hasta sala de control, instalación, ensayos de campo y puesta en marcha de las celdas de 220 kV	1,00	46.000,00	46.000,00
ud	<u>Montaje y puesta en servicio del transformador de potencia</u> Incluye transporte, descarga mediante plumas, cableado de medida y protección hasta sala de control y ensayos en campo.	2,00	7.400,00	14.800,00
ud	<u>Montaje celdas 20 Kv y puesta en servicio</u> Incluye transporte, descarga mediante plumas, cableado de medida y protección hasta sala de control, instalación, ensayos de campo y puesta en marcha de las celdas de 20 kV.	1,00	8.820,00	8.820,00



ud	<u>Montaje, cableado y previsión de costes</u> Cableado cuadros generales, cableado de medida y protección. Cableado PCI. Previsión de costes auxiliares, etc.	1,00	17.700,00	17.700,00
----	--	------	-----------	-----------

1.13. Red de tierras

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Picas de puesta a tierra</u> Picas para la puesta a tierra de la subestación de 8m x 18 mm.	60,00	35,00	2.100,00
m	<u>Conductor del mallado</u> Suministro y tendido de un conductor de Cu unipolar desnudo de 240 mm ² de sección, enterrado. Estará de acuerdo con las E.T. de la Propiedad en vigor. Incluye el propio suministro, el transporte, la carga y la descarga del material a pie de obra el tendido, montaje de grapas, terminales y elementos de fijación, empalmes y conexiones con otros circuitos, los desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria y medios auxiliares.	2.364,00	39,30	92.905,20
ud	<u>Tendido del mallado y las picas de puesta a tierra</u> Incluye mano de obra y material necesario para el tendido del mallado metálico y de las picas de puesta a tierra.	1,00	27.445,50	27.445,50

**1.14. Urbanización**

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
m ²	<u>Ejecución de viales</u> Incluye compactación de terrenos, por medios mecánicos, sin aporte de tierras. Posteriormente se incluye una capa de zahorra subcompactada y se vierte al conjunto hormigón de limpieza. Sobre dicho hormigón finalmente se asfalta con medios mecánicos.	1.040,00	48,91	50.866,40
ud	<u>Zanjas para el cableado eléctrico</u> Zanja para el cableado de potencia en AT y zanja para cables de MT. Incluye el refuerzo de dichas zanjas con hormigón de refuerzo en las zonas de rodaduras.	1,00	10.120,06	10.120,06

1.15. Seguridad y salud**1.15.1. Protecciones colectivas**

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Acometida eléctrica caseta</u> Acometida provisional de electricidad a caseta de obra desde el cuadro general.	1,00	430,50	430,50
ud	<u>Botiquín de urgencia</u> Botiquín de urgencia para obra fabricado en chapa de acero, con tratamiento anticorrosivo y serigrafía de cruz.	3,00	67,00	201,00
ud	<u>Reposición botiquín</u> Reposición de material de botiquín de urgencia.	9,00	44,00	396,00
ud	<u>Extintor polvo ABC 6 kg</u> Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia de 6 kg. de agente extintor.	10,00	24,65	246,50

**1.15.2. Equipos de protección individual**

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Casco de seguridad ajustable con atalajes</u> Casco de seguridad con atalaje provisto de 6 puntos de anclaje, para uso normal y eléctrico hasta 440 V.	25,00	5,69	142,25
ud	<u>Casco de seguridad dieléctrico</u> Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas.	10,00	20,00	200,00
ud	<u>Pantalla de mano soldador</u> Pantalla de mano de seguridad para soldador, de fibra vulcanizada con cristal de 110 x 55 mm.	5,00	9,21	46,05
ud	<u>Pantalla + casco seguridad soldadura</u> Pantalla de seguridad para soldador de poliamida y cristal de 110 x 55 mm + casco con arnés de cabeza ajustable con rueda dentada.	5,00	13,31	66,55
ud	<u>Gafas soldadura oxiacetilénica</u> Gafas de seguridad para soldadura oxiacetilénica y oxicorte, montura integral con frontal abatible, oculares planos de 50 mm.	5,00	6,24	31,20
ud	<u>Gafas contra impactos</u> Gafas protectoras contra impactos, incoloras.	4,00	3,95	15,80
ud	<u>Gafas antipolvo</u> Gafas antipolvo antiempañables panorámicas.	5,00	2,72	13,60
ud	<u>Semi-máscara antipolvo 1 filtro</u> Semi-mascarilla antipolvo un filtro.	4,00	23,88	95,52
ud	<u>Semi-máscara antipolvo 2 filtros</u> Semi-mascarilla antipolvo doble filtro	4,00	45,56	182,24



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ud	<u>Filtro recambio mascarilla</u> Filtro recambio mascarilla para polvo y humos.	10,00	12,72	127,20
ud	<u>Cascos protectores auditivos</u> Protectores auditivos con arnés a la nuca.	10,00	16,49	164,90
ud	<u>Juego tapones antirruido silicona</u> Juego de tapones antirruido de silicona ajustables.	20,00	0,43	8,60
ud	<u>Faja de protección lumbar</u> Faja de protección lumbar.	15,00	30,57	458,55
ud	<u>Cinturón portaherramientas</u> Cinturón portaherramientas.	10,00	4,31	43,10
ud	<u>Mono de trabajo poliéster-algodón</u> Mono de trabajo de una pieza de poliéster-algodón.	40,00	24,15	966,00
ud	<u>Traje impermeable</u> Traje impermeable de trabajo, 2 piezas de PVC.	5,00	7,64	38,20
ud	<u>Traje agua verde ingeniero</u> Traje de agua color verde tipo ingeniero.	4,00	17,34	69,36
ud	<u>Mandil cuero para soldador</u> Mandil de cuero para soldador.	10,00	11,34	113,40
ud	<u>Peto reflectante de seguridad</u> Peto reflectante de seguridad personal en colores amarillo y rojo.	20,00	15,69	313,80
ud	<u>Parka para el frío</u> Parka de abrigo para el frío.	5,00	8,25	41,25
ud	<u>Par guantes de látex-anticorte</u> Par guantes de goma látex anticorte.	50,00	0,67	33,50
ud	<u>Par guantes uso general serraje</u> Par de guantes de uso general de lona y serraje.	80,00	1,34	107,20



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ud	<u>Par guantes soldador</u> Par de guantes para soldador.	10,00	8,18	81,80
ud	<u>Par guantes aislantes 5000 V</u> Par de guantes aislantes para protección de contacto eléctrico en tensión hasta 5000 V.	5,00	33,96	169,80
ud	<u>Par guantes aislantes 10.000 V</u> Par de guantes aislantes para protección de contacto eléctrico en tensión de hasta 10.000 V.	5,00	13,24	66,20
ud	<u>Par de botas de agua de seguridad</u> Par de botas de seguridad con plantilla y punta de acero.	15,00	28,25	423,75
ud	<u>Par de botas de agua forradas</u> Par de botas de agua con cremallera forradas de borreguillo, tipo ingeniero.	8,00	13,46	107,68
ud	<u>Par de botas de seguridad</u> Par de botas de seguridad con plantilla y puntera de acero.	20,00	7,36	147,2
ud	<u>Par de botas aislantes</u> Par de botas aislantes para electricista hasta 5000 V de tensión.	5,00	44,56	222,80
ud	<u>Par de polainas soldadura</u> Par de polainas para soldador.	10,00	8,18	81,80
ud	<u>Par plantillas resis. Perforación</u> Par de plantillas de protección frente a riesgos de perforación.	30,00	5,98	179,40
ud	<u>Arnés amarre dorsal</u> Arnés básico de seguridad amarre dorsal con anilla y torácico con cintas, regulación en piernas, fabricado con cinta de nylon.	10,00	4,76	47,60



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ud	<u>Cuerda sujeción y regulación</u> Cuerda de poliamida de 16 mm. de diámetro y 4 m. de longitud, con ajuste de aluminio, para utilizar como distanciador de mantenimiento o elemento de amarre de sujeción.	5,00	21,54	107,70
ud	<u>Tb. vertical y horizontal desliz. doble función</u> Dispositivo anticaídas deslizante para cuerdas de poliamida de 14 mm de diámetro, para uso en trabajo vertical y horizontal, de doble función.	10,00	16,78	167,80
ud	<u>Línea vertical de seguridad</u> Línea vertical de seguridad para anclaje y desplazamiento de cinturones de seguridad con cuerda para dispositivo anticaída, D=14 mm. y anclaje autoblocante de fijación de mosquetones de los cinturones. Incluye desmontaje.	210,00	7,62	1.600,20
ud	<u>Línea horizontal de seguridad</u> Línea horizontal de seguridad para anclaje y desplazamiento de cinturones de seguridad con cuerda para dispositivo anticaída, D=14 mm., y anclaje autoblocante de fijación de mosquetones de los cinturones. Incluye desmontaje.	125,00	9,81	1226,25
ud	<u>Punto de anclaje fijo</u> Punto de anclaje fijo, en color, para trabajos en planos verticales, horizontales e inclinados, para anclaje a cualquier tipo de estructura metálica mediante tacos químicos, tacos de barra de acero inoxidable o tornillería.	20,00	10,71	214,20

**1.16. Ingeniería**

Ud.	Descripción	Medición	Prec. Unit (€)	Prec. Total (€)
ud	<u>Ingeniería básica</u> Se incluyen en esta partida los costes asociados a la elaboración del proyecto por parte del ingeniero.	1,00	111.598,82	111.598,82
ud	<u>Ingeniería de detalle</u> Esquemas de Obra Civil, Electromecánica, de principios desarrollados, esquema de cableado con regleteros, etc.	1,00	271.489,84	271.489,84
ud	<u>Dirección facultativa</u> El técnico competente designado por el promotor, encargado de la dirección y del control de la ejecución de la obra.	1,00	212.526,72	212.526,72
ud	<u>Estudio geotécnico</u> Realización del estudio geotécnico del solar de la subestación. Incluye calicatas (dureza del terreno) y sondeos a diferentes niveles.	1,00	8.013,60	8.013,60
ud	<u>Control de calidad</u> Se incluyen todos los ensayos e inspecciones técnicas de la aparamenta eléctrica y la respectiva a la obra civil.	1,00	70.653,60	70.653,60



2. CUADRO RESUMEN

APARTADO	PRECIO TOTAL (€)
5.1.1. OBRA CIVIL	244.709,12
5.1.2. CIMENTACIONES	15.407,66
5.1.3. ESTRUCTURAS	22.292,49
5.1.4. ALBAÑILERÍA	92.999,93
5.1.5. CUBIERTAS Y PAVIMENTOS	71.576,54
5.1.6. CARPINTERÍA	13.032,72
5.1.7. AISLAMIENTOS Y PINTURAS	51.827,50
5.1.7.1. Aislamientos	41.204,80
5.1.7.2. Pinturas	10.622,70
5.1.8. FONTANERÍA	19.057,98
5.1.9. INSTALACIÓN DE PCI Y SISTEMAS DE ANTI-INTRUSISMO	57.190,90
5.1.10. VENTILACIÓN	60.877,50
5.1.11. ALUMBRADO	11.665,22
5.1.12. EQUIPOS ELÉCTRICOS	7.266.852,82
5.1.12.1. Celdas de 220 kV	3.835.632,48
5.1.12.2. Celdas de 20 kV	1.245.790,14
5.1.12.3. Transformadores de potencia	1.762.744,00
5.1.12.4. Servicios auxiliares	47.583,00
5.1.12.5. Conductores	194.608,20
5.1.12.6. Control y protección	93.175,00
5.1.12.7. Montaje y puesta en marcha	87.320,00
5.1.13. RED DE TIERRAS	122.450,70
5.1.14. URBANIZACIÓN	60.986,46
5.1.15. SEGURIDAD Y SALUD	9.396,25
5.1.15.1. Protecciones colectivas	1.274,00
5.1.15.1. Equipos de protección individual	8.122,25
5.1.16. INGENIERÍA	674.282,28
PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	8.794.606,07

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL + GASTOS GENERALES (10%) + BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)	8.794.606,07 € 879.460,61 € 527.676,36 €
PRESUPUESTO DE CONTRATA	10.201.743,04 €

PRESUPUESTO DE CONTRATA + I.V.A. (21%) + LICENCIA DE OBRA (4,5%)	10.201.743,04 € 2.142.366,04 € 459.078,44 €
<u>PRESUPUESTO TOTAL</u>	12.803.187,52 €

A continuación, se adjunta de forma gráfica los distintos porcentajes de cada actividad que componen el presupuesto de ejecución material:

APARTADO	PRECIO TOTAL (€)	%
Equipos eléctricos	7.266.853	83%
Ingeniería	674.282	7,7%
Obra Civil	559.800	6,4%
Protección	57.191	0,7%
Red de Tierras	122.451	1,4%
Seguridad y Salud	9.396	0,1%
Servicios auxiliares	104.633	1,2%

Tabla 1: Apartados, precios y porcentajes que componen el presupuesto

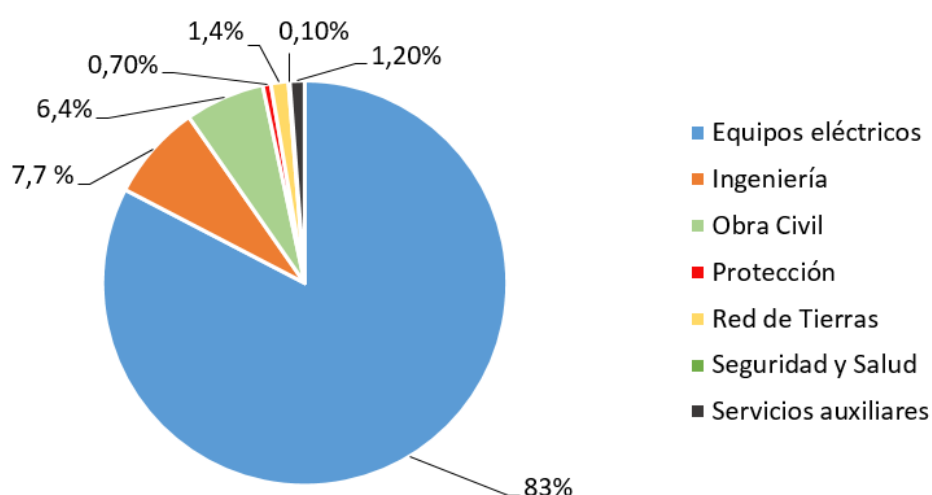


Fig. 1: Gráfico porcentual de las distintas actividades que componen el presupuesto

6. BIBLIOGRAFÍA



- (FERN15) Fernández Magester, G., *“Apuntes de subestaciones eléctricas”*, curso 2015-2016
- (ROUC15) Rouco Rodríguez, L., *“Apuntes de protecciones eléctricas”*, curso 2015-2016
- (MI__14) Ministerio de industria, *Reglamento de Alta Tensión*, según el Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23 (BOE nº 139 de 09/06/2014)
- (MICT02) Ministerio de Ciencia y Tecnología, *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión* aprobado por Decreto 842/2002 de 20 de septiembre (B.O.E. de 18-09-02) e Instrucciones Complementarias a dicho Reglamento (MIE BT)
- (MITC) Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, *Guía Técnica de Aplicación: Instalaciones de Puesta a Tierra*
- (MI__01) Ministerio de Industria, Real Decreto 614/2001 de 8/6/2001 (BOE nº 148 de 21 de junio de 2001) sobre las Condiciones mínimas para la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- (SIEM14) SIEMENS, Catálogo: *Gas-insulated switchgear up to 245 kV, 50 kA, 4000 A Type 8DN9*, 2014
- (ABB_15) ABB, Catálogo: *Primary Gas Insulated Switchgear ZX2*, 2015
- (ABB_15) ABB, Catálogo: *Interruptor de vacío VD4 X*, 2015
- (ABB_15) ABB, Catálogo: *Uso del gas aislante SF6 en celdas ZX*, 2015
- (REE_10) REE, *“Estudio de impacto ambiental del proyecto de línea eléctrica, a 220 kV, DC, E/S st Castalla a línea Benejama/Novelda (Provincia de Alicante)”*, 2010
- (CHLO09) CHLORIDE CENER, Catálogo: *Cálculo de sistemas DC&AC (Seminario Técnico)*, 2009



INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

- (SAFT15) SAFT, Catálogo: *SPL+ Ni-Cd battery. Trackage power when it matters most*. Edición septiembre 2015
- (GENE16) GENERAL CABLE, Catálogo: *Soluciones para cables subterráneos de alta y extra alta tensión* 2016
- (EMER13) EMERSON, Catálogo: *DC Power for Business-Critical Continuity*, 2013
- (SCHN) SCHNEIDER ELECTRIC, Catálogo: *Prisma Plus Envolventes y sistemas de instalación*.
- (ITME) Instituto tecnológico de Mérida, *“Trabajo de investigación: Avances tecnológicos en las subestaciones”*
- (WSIE16) SIEMENS, <https://www.siemens.com/global/en/home.html>
- (WABB16) ABB, <http://www.abb.com/>
- (WREE16) REE, <http://www.ree.es/es/>