



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

**DISEÑO DE UNA
SUBESTACIÓN
TRANSFORMADORA 220/20 KV**

Autor: Manuel López Díaz

Director: Gerardo Fernández Magester

Madrid

Mayo de 2015

DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV

Autor: López Díaz, Manuel

Director: Fernández Magester, Gerardo

Entidad colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

La principal misión de la red de transporte es garantizar la seguridad de suministro y la calidad del servicio en todo el sistema eléctrico. La ciudad de Madrid cuenta con un sistema de 220 kV, que conforma prácticamente un anillo en torno a la capital. Sin embargo, existen ciertos puntos estratégicos que están aislados, siendo la principal razón la presencia de dos compañías distribuidoras distintas en estas zonas. El proyecto *Residencial Metropolitano* es un ambicioso proyecto urbanístico que se encuentra en las cercanías de las subestaciones de Azca y El Pilar, pertenecientes a Gas Natural Fenosa y a Iberdrola, respectivamente. El presente proyecto pretende conectar estas subestaciones para mejorar el servicio, y al mismo tiempo, ampliar la capacidad red de distribución en la zona de Cuatro Caminos.

La subestación empleará la tecnología GIS, de uso generalizado en subestaciones urbanas, donde la reducción de espacio y la fiabilidad de la instalación son objetivos prioritarios.

La elección de la configuración eléctrica de la subestación tiene en cuenta los costes asociados, la facilidad de maniobra y la fiabilidad de la instalación. La solución adoptada en el parque de 220 kV es la topología de doble barra, que permite suficiente flexibilidad en la explotación de la subestación. En el parque de 20 kV se ha optado por la configuración de doble barra con acoplamiento transversal y longitudinal, creando de esta manera un anillo, que garantiza la continuidad del servicio ante las faltas más habituales en la subestación. Tanto en alta como en media tensión se ha previsto la posibilidad de ampliar la potencia de la instalación en el futuro.

En general, la elección de la aparamenta y de las soluciones técnicas empleadas busca un equilibrio entre la reducción de costes de inversión y la minimización del impacto social de la instalación (reducción de ruido e integración con el entorno).

En primer lugar, se parte de los datos de potencias de las líneas que llegan a la subestación y la potencia de cortocircuito. Estos datos determinan la aparamenta GIS y de media tensión, y la potencia de los transformadores que se emplearán en la subestación.

La aparamenta GIS escogida presenta encapsulado monofásico para reducir al máximo la propagación de fallos en el gas. El mecanismo de operación del interruptor será hidráulico. Las celdas de media tensión dispondrán de interruptor de tecnología de vacío.

Los transformadores de potencia 220/20 kV son el punto más crítico de la subestación dispondrán de refrigeración ODAF por medio de aero-refrigerantes y contarán con las protecciones necesarias para detectar cualquier anomalía (relés Buchholz, analizador de gases, relés de imagen térmica, etc.).

También se realiza la definición de los servicios auxiliares de la subestación: iluminación, climatización, alimentación a los mandos de los interruptores, etc. Estos estarán alimentados por dos transformadores de servicios auxiliares con enclavamiento mecánico o, en caso de emergencia, por un grupo electrógeno. Asimismo, se describirán los sistemas de protecciones y de comunicaciones para telecontrol.

A partir de los datos de los transformadores se eligen los cables y terminales necesarios, aplicando los factores de corrección oportunos para asegurar el buen funcionamiento de la instalación frente a cualquier circunstancia.

Una vez seleccionada la aparamenta se diseña la planta de la subestación, con el objetivo de minimizar la superficie empleada. Se calcula la red de tierras para proteger a las personas y a la instalación.

Finalmente, se describen las soluciones de obra civil adoptadas. Se ejecutará la subestación en un edificio debido a que no existe la posibilidad de soterrar la instalación. Para minimizar costes se emplearán canalizaciones hormigonadas en lugar de un sótano de cables. Los muros serán de hormigón, y el cerramiento previsto minimizará el impacto visual del edificio.

Se incluyen asimismo un pliego de condiciones, con énfasis en la parte GIS y el transformador, planos de ingeniería básica de la implantación, y un presupuesto orientativo.

ABSTRACT

The main objective of the transmission network is to guarantee the security of supply and the quality of service in the whole electric system. While the city of Madrid is almost completely surrounded by a ring-like 220 kV system, there are still some isolated nodes that belong to different distribution system operators. *Residencial Metropolitan* is an ambitious urban project, located near Azca and El Pilar substations, which belong to Gas Natural Fenosa and Iberdrola, respectively. This project aims at providing a solution to connect these substations so as to improve the service, while upgrading the transmission capacity of the distribution network in Cuatro Caminos.

The substation will make use of the GIS (Gas-Insulated Switchgear) technology, which is especially suitable for urban substations, where space reduction and reliability are the main goals.

The electrical topology of the substation will consider the associated cost and the operability and reliability of the system. The proposed solution for the 220 kV system is using a double-busbar configuration, which allows enough flexibility of exploitation. For the 20 kV system, there will be a double-busbar system with both longitudinal and transversal coupling, therefore creating a ring-like topology and guaranteeing the continuity of supply in most of the ordinary faults. The possibility of upgrading the transmitted power has been considered in the design of both systems, 220 and 20 kV.

In general, the design of the system aims at finding a compromise between investment costs and reducing the social impact of the substation (noise reduction and integration of the building in the urban landscape).

Firstly, the supplier provides some input data, including the power transmitted to the substation as well as the short-circuit power. These data will determine GIS and medium voltage switchgear and the rated power for power transformers.

The selected GIS will have single-phase enclosure to reduce as much as possible fault propagation in the gas system. The circuit breaker operating mechanism will be hydraulic. Medium voltage cells will include vacuum-technology circuit breakers.

The power transformers, whose relation is 220/20 kV, are the most critical points of the substation. The selected transformers will minimize the risk of short-circuits and fire, and will have ODAF cooling system that will include air coolers. Besides, they will have all the necessary protections to detect any fault (Buchholz relays, gas analyser, thermal image relays, etc.).

Once the transformers are selected, all the cables and terminals are chosen taking into account the necessary correction factors to ensure the smooth running of the system.

Also, the ancillary systems will be described. These include lighting, air conditioning, force circuits to feed the circuit breaker drives, etc. Either two alternative ancillary services' transformers or a diesel generator will supply the electrical power. Additionally, electrical protections and communications systems will be depicted.

Once all the necessary switchgear is selected from manufacturers' technical sheets and catalogues, the plant of the substation will be designed. The main constraint will be to minimise the surface of the substation. Subsequently, the ground grid will be calculated. This will protect both the substation and people.

Finally, the project will describe the chosen solutions for civil engineering. The substation will be inside a building since it is not possible to hide it underground. Concrete channels for cables will be used instead of a cable cellar with the aim of minimising costs. All fences will be made of concrete and will try to minimise the visual impact of the building.

Also, the project includes all the technical specifications with emphasis on GIS and power transformers, basic engineering drawings, featuring the implementation of the substation and an illustrative estimate.



ESTE PROYECTO CONTIENE LOS SIGUIENTES DOCUMENTOS:

1. MEMORIA	100 páginas
2. CÁLCULOS	22 páginas
3. PLANOS	10 páginas
4. PLIEGO DE CONDICIONES	112 páginas
5. PRESUPUESTO	64 páginas
6. BIBLIOGRAFÍA	3 páginas

1. MEMORIA



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Estado de la técnica	8
1.2. Objetivos y motivación.....	9
1.3. Titular	10
1.4. Emplazamiento	10
1.5. Plazo de ejecución	11
2. JUSTIFICACIÓN DE LA TOPOLOGÍA ELÉCTRICA DE LA INSTALACIÓN	12
2.1. Configuración en alta tensión (220 kV)	12
2.1.1. Descripción de la configuración	13
2.1.2. Análisis de la topología	13
2.2. Configuración en media tensión (20 kV)	14
2.3. Configuración habitual de explotación de la subestación	14
3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SUMINISTRO	16
3.1. Características de la red de transporte	16
3.2. Características de la red de distribución	16
3.3. Características de servicio	16
4. CELDAS GIS EN 220 KV	17
4.1. Descripción del equipo	17
4.2. Características generales.....	17
4.3. Características asignadas de la aparamenta	18
4.3.1. Mecanismos de accionamiento.....	18
4.3.2. Contactos auxiliares.....	18
4.4. Descripción de la aparamenta.....	19
4.4.1. Interruptores.....	19
4.4.1.1. Funcionamiento del interruptor.....	19
4.4.1.2. Características eléctricas	21
4.4.2. Seccionadores de aislamiento y puesta a tierra	22
4.4.2.1. Características eléctricas	24
4.4.3. Seccionadores de puesta a tierra de mantenimiento	24
4.4.4. Seccionadores de puesta a tierra rápidos	24



4.4.4.1.	Características eléctricas	25
4.4.5.	Transformadores de tensión.....	25
4.4.5.1.	Características eléctricas	27
4.4.6.	Transformadores de intensidad.....	28
4.4.6.1.	Características eléctricas de los transformadores de intensidad de las posiciones de línea y acoplamiento y medida.....	28
4.4.6.2.	Características eléctricas de los transformadores de intensidad para las posiciones de transformador	29
4.4.7.	Campanas para terminales de cable aislado – SF ₆	30
4.4.7.1.	Características eléctricas	30
4.4.8.	Armarios de control	30
4.5.	Tipos de celdas	31
4.5.1.	Celda de salida por cable subterráneo	31
4.5.2.	Celda de acoplamiento de barras	32
4.5.3.	Celda de medida de barras.....	32
5.	CELDAS BLINDADAS DE 20 KV	34
5.1.	Descripción del equipo	34
5.2.	Características generales.....	34
5.3.	Generalidades del sistema de compartimentación.....	35
5.3.1.	Compartimento de barras.....	36
5.3.2.	Compartimento de cables	37
5.3.3.	Compartimento de control.....	37
5.4.	Descripción de la aparamenta.....	38
5.4.1.	Características asignadas	38
5.4.1.1.	Arco interno	38
5.4.2.	Interruptor	38
5.4.2.1.	Características eléctricas	39
5.4.3.	Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra	39
5.4.3.1.	Características eléctricas	40
5.4.4.	Transformadores de intensidad.....	40
5.4.4.1.	Características eléctricas	40
5.4.5.	Transformadores de tensión.....	41
5.4.5.1.	Características eléctricas	41
5.4.6.	Embarrado	41
5.4.6.1.	Características eléctricas	42



5.4.7. Interfaz de operaciones	42
5.5. Tipos de celdas	43
5.5.1. Celda de interruptor automático	43
5.5.1.1. Características mecánicas.....	43
5.5.2. Celda de acoplamiento longitudinal de barras.....	43
5.5.2.1. Características mecánicas.....	44
5.5.3. Celda de acoplamiento transversal de barras.....	44
5.5.3.1. Características mecánicas.....	44
6. TRANSFORMADOR DE POTENCIA	45
6.1. Características de diseño	45
6.2. Características generales.....	45
6.3. Arrollamientos	47
6.3.1. Tensiones máximas de los arrollamientos	47
6.4. Núcleo magnético	48
6.5. Aceite.....	49
6.5.1. Características del aceite	50
6.6. Depósito de expansión de aceite.....	50
6.7. Cuba.....	51
6.8. Ruedas y elementos de elevación	52
6.9. Válvulas	53
6.10. Tornillería y juntas.....	54
6.11. Bornes	54
6.11.1. Características eléctricas.....	58
6.12. Cambiador de tomas	59
6.13. Protecciones propias del transformador	60
6.13.1. Relé Buchholz.....	60
6.13.2. Termómetro y relés de imagen térmica	62
6.14. Cables	63
6.15. Equipo de refrigeración	63
6.15.1. Características principales de la refrigeración.....	65
6.16. Armarios	65
6.17. Pintura.....	67
6.18. Ruido	67



6.19. Equipo analizador de gases disueltos.....	68
7. CABLES AISLADOS.....	69
7.1. Cables de 20 kV.....	69
7.1.1. Características asignadas.....	69
7.2. Cables de 220 kV.....	70
7.2.1. Características asignadas.....	70
7.3. Terminales de cable.....	71
7.3.1. Terminal en 220 kV.....	71
7.3.2. Terminales en aceite para la conexión al primario del transformador.....	72
8. SERVICIOS AUXILIARES.....	73
8.1. Servicios auxiliares de corriente alterna.....	73
8.1.1. Fuentes de alimentación auxiliares.....	73
8.1.1.1. Transformador de servicios auxiliares.....	73
8.1.1.2. Grupo electrógeno.....	74
8.1.2. Cuadro general de corriente alterna.....	76
8.1.3. Cuadros de distribución.....	76
8.1.4. Instalación de alumbrado.....	76
8.2. Servicios auxiliares de corriente continua.....	77
8.2.1. Sistema de 125 V de corriente continua.....	77
8.2.2. Sistema de 48 V de corriente continua.....	77
8.3. Baterías.....	78
8.3.1. Batería de 125 Vc.c.....	79
8.3.1.1. Características generales.....	79
8.3.2. Cargador – rectificador de la batería de 125 Vc.c.....	79
8.3.2.1. Características eléctricas.....	80
8.3.2.2. Características mecánicas.....	80
9. RED DE TIERRAS.....	82
9.1.1. Características de la red de tierras.....	83
10. PROTECCIONES ELÉCTRICAS.....	84
10.1. Protecciones en 220 kV.....	84
10.1.1. Protecciones de barras.....	84
10.1.1.1. Diferencial de barras.....	84
10.1.1.2. Sobretensión.....	84



10.1.1.3. Protecciones de frecuencia	85
10.1.2. Protecciones de línea	85
10.1.2.1. Diferencial de línea	85
10.1.2.2. Distancia.....	85
10.1.2.3. Subtensión	86
10.1.2.4. Fallo de interruptor.....	86
10.1.2.5. Relé de sincronismo	86
10.1.3. Protecciones de los transformadores de potencia	86
10.1.3.1. Protección diferencial de transformador	87
10.1.3.2. Protección de sobreintensidad.....	87
10.1.3.3. Protección de cuba	87
10.1.3.4. Protección de sobrecarga.....	88
10.2. Protecciones en 20 kV	88
10.2.1. Protección de sobreintensidad de fase	88
10.2.2. Protección de sobreintensidad de neutro	89
11. SISTEMAS SECUNDARIOS	90
11.1. Sistema de medidas	90
11.2. Sistema de control	90
11.3. Comunicaciones.....	91
11.3.1. Servicios de telecomunicación	91
11.3.1.1. Transmisión.....	91
11.3.1.2. Conmutación	91
11.3.2. Supervisión de equipos analógicos.....	91
11.3.3. Sistema de gestión de protecciones	92
11.3.3.1. Telecomunicaciones para las protecciones de línea.....	92
11.3.3.2. Red de telefonía.....	93
11.4. Antiintrusismo	93
11.5. Protección contra incendios.....	93
11.5.1. Detección de incendios	93
11.5.2. Extinción de incendios.....	94
12. OBRA CIVIL	96
12.1. Movimiento de tierras.....	96
12.2. Drenajes	96
12.3. Accesos.....	96



12.4. Edificio de la subestación	97
12.4.1. Descripción general	97
12.4.2. Características constructivas.....	97
12.4.3. Características particulares de las salas	98
12.5. Cerramiento	99

1. INTRODUCCIÓN

Residencial Metropolitán es un ambicioso proyecto urbanístico en pleno centro de Madrid. Plantea la construcción de un complejo residencial de 443 pisos en un solar de 40.000 m², actualmente ocupado por las cocheras de Metro de Madrid.

Se trata del proyecto de mayor envergadura de los próximos años en la capital, que contribuirá a la regeneración y a la transformación del paisaje urbano en la zona de Cuatro Caminos, y, con toda probabilidad, impulsará la rehabilitación de los edificios y espacios públicos cercanos.

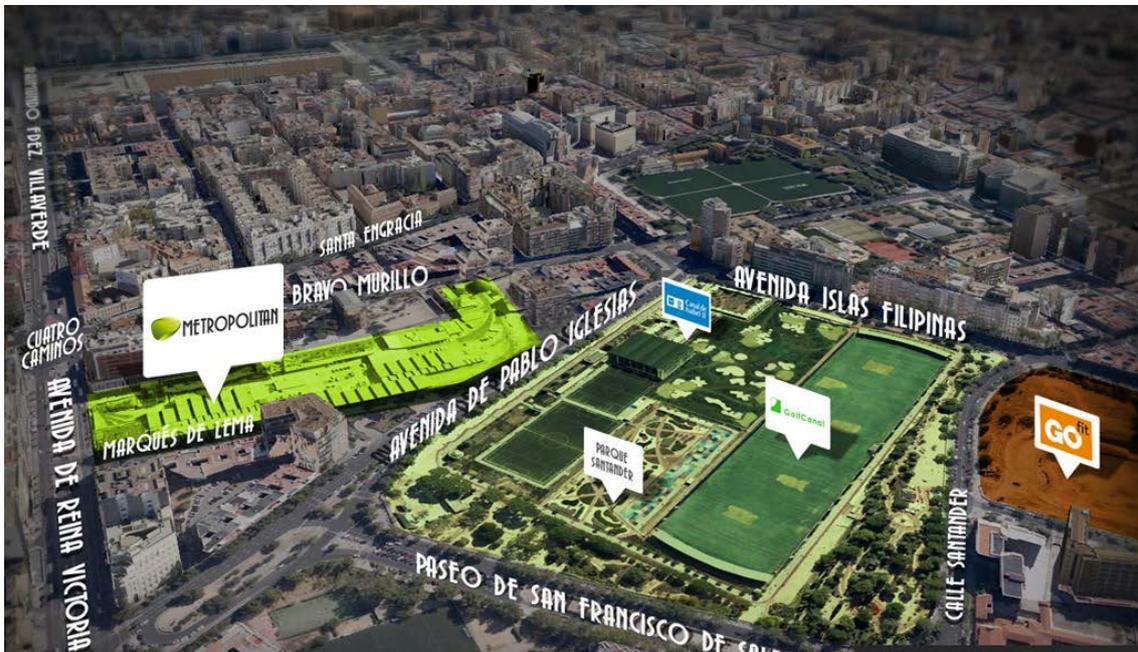


Fig. 1: Emplazamiento del proyecto

1.1. Estado de la técnica

Históricamente, las instalaciones eléctricas de alta tensión han sido de intemperie, ocasionando un gran impacto social. Los detractores de la construcción de estas instalaciones cerca de zonas urbanas aducen motivos de impacto visual o contaminación acústica por los transformadores, entre otros.



En las últimas décadas, el crecimiento urbano ha provocado que las antiguas subestaciones con emplazamiento en las afueras sean absorbidas por las ciudades. La presión social ha propiciado la búsqueda de soluciones alternativas a las subestaciones de intemperie. Los avances en la tecnología de subestaciones, especialmente en lo que respecta a la manipulación del gas SF₆, han conseguido mejoras notables tanto en el aspecto estético como el funcional de estas instalaciones. A continuación se citan algunos de los logros más importantes de la tecnología GIS:

- disminución del tamaño hasta un 80% empleando tecnología GIS de interior respecto a las subestaciones AIS de intemperie;
- reducción drástica de las horas de indisponibilidad y aumento de la fiabilidad de la subestación, ya que desaparece el riesgo de fallos a consecuencia de los animales y la contaminación atmosférica;
- posibilidad de supervisión a distancia, lo que se traduce en una mejor protección ante robos y menor gasto en vigilancia;
- atenuación casi total del ruido de los transformadores.

Por todo ello, teniendo además en cuenta los criterios de seguridad y tamaño, en el interior de las ciudades se prefiere la implantación de instalaciones GIS ocultas. En contrapartida, el precio de estas subestaciones es considerablemente más elevado que el resto de subestaciones.

1.2. Objetivos y motivación

Considerando la posibilidad de un gran desarrollo urbanístico en la zona de Cuatro Caminos (Madrid), se propone la construcción de una subestación eléctrica transformadora, de 220/20 kV, empleando la tecnología GIS.

En este proyecto se persigue un objetivo doble. En primer lugar, realizar un diseño que pueda garantizar la continuidad y la seguridad del suministro eléctrico en la zona. En segundo lugar, cerrar el anillo de la red de 220 kV en la zona Noroeste de la capital, creando un nudo intermedio entre las subestaciones de Azca y El Pilar,



pertenecientes a Gas Natural Fenosa y a Iberdrola, respectivamente. De esta manera, se mejorará la fiabilidad de la red de transporte ante posibles incidentes, como la pérdida de líneas por faltas.

1.3. Titular

El titular de la instalación es Transporte y Distribución Eléctrica, S.A.

Nombre y domicilio social

- Razón social Transporte y Distribución Eléctrica, S.A.
- C.I.F. C-40441967X
- Domicilio C/ San Epifanio, 130
- Código postal 28005

1.4. Emplazamiento

La subestación eléctrica objeto de este proyecto estará situada en la provincia de Madrid, dentro del término municipal de Madrid capital, en el distrito de Chamberí. Se ubicará entre la Avenida de Pablo Iglesias y la Calle Marqués de Lema. Ocupará una parcela de 40×27 m, en cuyo interior se construirá un edificio que albergará las celdas de media y alta tensión, además de los servicios auxiliares de la misma.

El edificio contará con dos accesos principales y una sala de armarios y servicios auxiliares.

En el documento de Planos se muestra el plano de situación de la instalación.



1.5. Plazo de ejecución

Teniendo en cuenta los plazos de entrega de los suministradores y las necesidades de servicio, se puede estimar en 24 meses el tiempo necesario para la ejecución de las obras que se detallan en el presente proyecto.

El programa general que rige para este Proyecto, es el siguiente:

- | | |
|--|-------------|
| - Presentación Proyectos Oficiales | 07/15 |
| - Licencia de obras, AA y APE | 11/15 |
| - Aprobación del Proyecto de Ejecución | 08/16 |
| - Ejecución de la obra | 9/16 – 8/17 |

2. JUSTIFICACIÓN DE LA TOPOLOGÍA ELÉCTRICA DE LA INSTALACIÓN

Como criterios generales a la hora de diseñar el esquema de la subestación, se considerarán:

- 1) Los costes de la instalación:
 - a. Número de interruptores por circuito
 - b. Número de seccionadores
 - c. Aparataje de medida y control necesaria
- 2) Facilidad de operación y maniobra:
 - a. Posibilidades de interconectar circuitos
 - b. Previsión de ampliación
- 3) Fiabilidad: se analiza la continuidad del servicio frente a las siguientes contingencias:
 - a. Fallo en circuitos
 - b. Fallos en barras
 - c. Mantenimiento de interruptores
 - d. Fallo de apertura de interruptores

2.1. Configuración en alta tensión (220 kV)

La configuración que se empleará será la de doble barra con un solo interruptor.

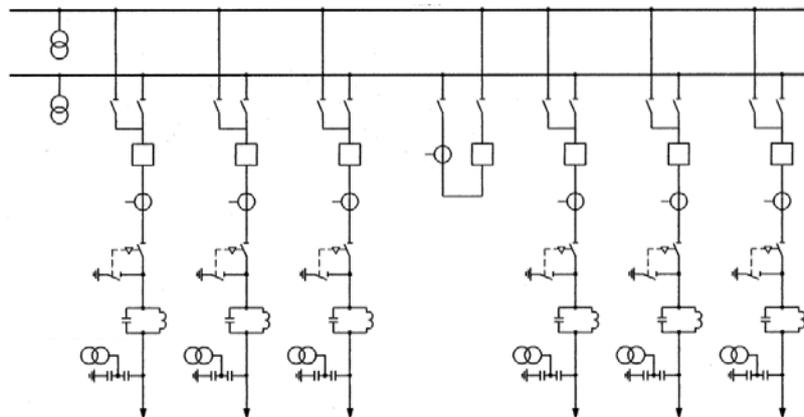


Fig. 2: Esquema típico de doble barra



2.1.1. Descripción de la configuración

En la topología eléctrica de doble barra, existe un juego de dos barras principales y cada posición del circuito dispone de dos seccionadores de barras, que permiten conectar una parte del circuito a cualquiera de las dos barras.

Se dispone, asimismo, de un interruptor de acoplamiento de barras, cuya misión es permitir la transferencia de un circuito de una barra a la otra manteniendo la tensión del mismo gracias a la acción de los seccionadores de barras.

Se tendrá en cuenta en el ajuste de protecciones que se precisa una elevada sensibilidad del sistema de relés, a fin de evitar la parada completa de la subestación en caso de que se produzca una falta en cualquiera de las dos barras.

2.1.2. Análisis de la topología

A continuación se realiza un análisis de la configuración en base a los criterios de diseño anteriores.

- 1) Costes de la instalación. El coste total de esta disposición es relativamente elevado. Cada posición consta al menos de cuatro seccionadores. Además, es necesario el interruptor de acoplamiento.
- 2) Facilidad de operación y maniobra. Este esquema permite flexibilidad en la explotación de la subestación. Las dos barras pueden actuar de forma independiente, lo que permite aislar cualquiera de las barras sin dar descargo en ninguna de las posiciones.

Por otra parte, es posible la ampliación de la subestación sin alterar el esquema inicial.

- 3) Fiabilidad. Ante cortocircuitos en cualquiera de las posiciones, permite aislar el defecto en una de las barras sin que se pueda producir la parada de la subestación. En estas circunstancias, sin embargo, si se vuelve a producir una falta en cualquiera de las posiciones sanas, la subestación queda fuera de servicio.



Ante el fallo de un interruptor de posición, se aísla la posición afectada en una de las barras. Si el fallo se produce en el interruptor de acoplamiento, se deja fuera de servicio a toda la subestación.

Del análisis anterior se desprende que esta disposición es adecuada para subestaciones de responsabilidad media, y por lo tanto, se ajusta a las características de una subestación de distribución.

2.2. Configuración en media tensión (20 kV)

Se empleará una configuración parecida a la de doble barra, aunque en este caso, se mejora la flexibilidad de explotación.

Cada posición de línea puede estar conectada a cualquiera de las dos barras. Como novedad con respecto al esquema de alta tensión, existen interruptores de acoplamiento transversal en las barras, lo que permite la separación eléctrica de los circuitos conectados a cada una de las semibarras. De esta forma, se consiguen hasta 4 barras independientes, maximizando la capacidad de maniobra de la instalación.

El esquema unifilar general de la subestación se encuentra en el apartado correspondiente.

2.3. Configuración habitual de explotación de la subestación

En la siguiente figura se muestra la forma habitual de explotación de la instalación. Es preciso destacar que en condiciones normales, los transformadores de potencia alimentarán en diferentes barras a la red de distribución, consiguiendo de esta manera reducir el riesgo de propagación de fallos a toda la red de distribución.

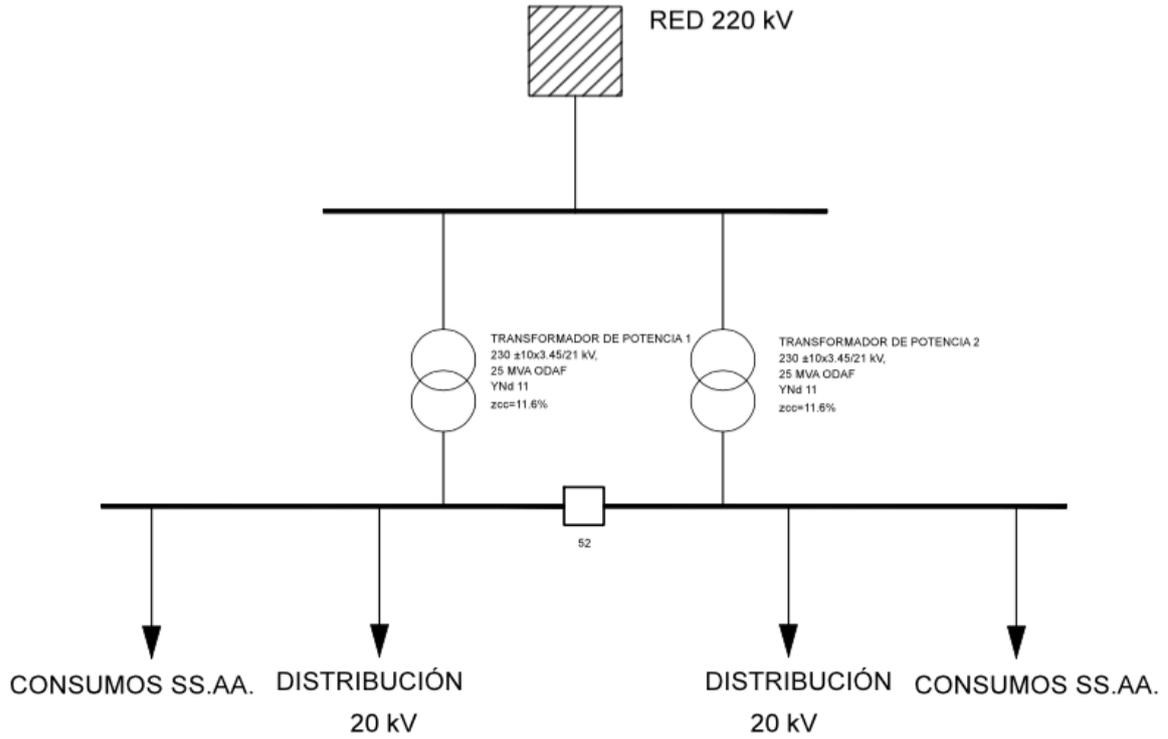


Fig. 3: Explotación habitual de la subestación



3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SUMINISTRO

3.1. Características de la red de transporte

Se detallan a continuación las características generales de la red:

- Tensión de servicio220 kV
- Tensión más elevada para el material.....245 kV
- Intensidad de cortocircuito25 kA
- Frecuencia nominal.....50 Hz
- Estado del neutro Rígido a tierra

3.2. Características de la red de distribución

Las características generales de la red de distribución son las siguientes:

- Tensión de servicio20 kV
- Tensión más elevada para el material.....24 kV
- Intensidad de cortocircuito25 kA
- Frecuencia nominal.....50 Hz
- Estado del neutro Aislado

3.3. Características de servicio

La subestación transformadora se encuentra en el interior de un edificio, por lo que no se consideran en el diseño los factores climáticos. Las condiciones de servicio de la instalación son las siguientes:

- Temperatura ambiente máxima40 °C
- Temperatura ambiente mínima -5 °C
- Temperatura ambiente media máxima (24 horas)35 °C
- Humedad relativa media máxima (24 horas)..... 95%
- Humedad relativa media máxima (1 mes)..... 90%
- Altura máxima sobre el nivel del mar 660 m



4. CELDAS GIS EN 220 KV

4.1. Descripción del equipo

Las celdas blindadas con aislamiento en hexafluoruro de azufre (SF_6) presentan un diseño modular con encapsulado monofásico. Se admite el encapsulado trifásico únicamente en aquellos módulos que no contienen elementos de maniobra o de medida.

El material de las envolventes es metálico (aleación de aluminio). Todas las celdas permiten una ampliación futura de la instalación por ambos extremos.

La aparatura de 220 kV seleccionada corresponde al modelo de subestación de aislamiento en gas ELK-14 300 de Asea Brown Boveri (ABB). Se trata de un modelo homologado por la Propiedad.

4.2. Características generales

Las características generales de la aparatura de alta tensión seleccionada son las siguientes:

- Tensión normalizada.....300 kV
- Sobretenión a frecuencia industrial (1 min.).....460 kV
 - A través de la distancia de seccionamiento530 kV
- Sobretenión en impulsos tipo rayo.....1050 kV
- Sobretenión de tipo maniobra845 kV
 - A través de la distancia de seccionamiento 850 + 245 kV
- Frecuencia nominal.....50/60 Hz
- Corriente nominal4000 A
- Corriente de cortocircuito nominal soportada50 kA
- Corriente de cortocircuito (valor cresta).....125 kA
- Elevación de temperatura de envolvente de zonas a corriente nominal30 °C
- Grado de protección de las envolventes de los cuadros y cajas de celda IP52
- Grado de protección de los circuitos interiores a las envolventes..... IP20



La tensión de los circuitos auxiliares (motores de los accionamientos de los interruptores, del sistema seccionamiento y puesta tierra, sistema de control local y resistencia de caldeo) será de 125 V de corriente continua (125 Vc.c. +10%/-15%).

4.3. Características asignadas de la aparamenta

En esta sección se detallan las características particulares del aparellaje empleado en las celdas GIS.

4.3.1. Mecanismos de accionamiento

Los mecanismos de accionamiento de los interruptores automáticos serán unipolares electromecánicos (motor – resorte).

Los mecanismos de accionamiento de los seccionadores y seccionadores de puesta a tierra serán electromecánicos y de acción tripolar simultánea.

Todos los mecanismos dispondrán de un sistema de accionamiento manual que permita realizar la maniobra en caso de ausencia de la tensión de alimentación.

El mando de los mecanismos de accionamiento es electromagnético, con bobinas alimentadas en corriente continua.

4.3.2. Contactos auxiliares

Los interruptores de potencia, seccionadores y seccionadores de puesta a tierra, además de los contactos auxiliares necesarios para su actuación normal, dispondrán de un juego de contactos auxiliares libres de potencial:

- 8 abiertos y 8 cerrados para los interruptores;
- 6 abiertos y 6 cerrados para los seccionadores.



Estos contactos serán accionados por la propia aparamenta y simultáneamente con los contactos principales.

4.4. Descripción de la aparamenta

4.4.1. Interruptores

Todos los interruptores de la instalación están formados por tres polos monofásicos de envolvente metálica. Cada polo está a su vez compuesto por el mecanismo de operación, la columna del interruptor con cámara de interrupción y la envolvente metálica. En caso de sobrecarga, la columna del interruptor podrá ser fácilmente extraída.

El compartimento del interruptor posee envolvente monofásica. El aislamiento y corte de arco se realiza en atmósfera de gas SF₆.

Están dotados de tres mandos eléctricos local y a distancia, uno por cada polo, con motor alimentado en corriente continua y con posibilidad de accionamiento manual de emergencia. Cada mando se encuentra fuera del compartimento de gas.

Asimismo existen dispositivos para conexión de analizador de estado, de sensor óptico de desplazamiento para servicio continuo y de accionamiento manual de interruptor.

4.4.1.1. *Funcionamiento del interruptor*

Cada polo está equipado con un resorte. Este mecanismo combina las buenas propiedades frente al envejecimiento de los sistemas hidráulicos con la robustez de los mecanismos de operación basados en resortes.

Durante la fase de interrupción, el pistón de compresión en la cámara del interruptor aumenta la presión del gas SF₆ hasta alcanzar el valor requerido para

extinguir el arco entre los contactos.

Los componentes del mecanismo de operación son los siguientes:

- Sistema de carga
- Almacenamiento de energía en el resorte
- Tres pistones actuadores independientes y válvulas de control
- Contactos auxiliares e indicadores de posición

El sistema de control de energía hidráulica está integrado en un bloque compacto y estanco. Todos los componentes tienen un fácil acceso para mantenimiento y reparación.

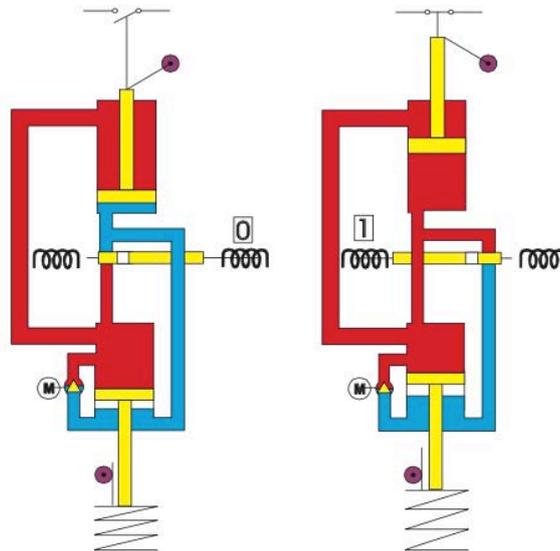


Fig. 4: Esquema explicativo del funcionamiento del interruptor

4.4.1.1.1. Sistema de carga

Una bomba transporta el aceite desde el depósito de aceite de baja presión hasta la parte de alta presión del pistón de almacenamiento de energía y comprime el resorte. Un interruptor auxiliar desconecta la bomba cuando el resorte está cargado completamente.

4.4.1.1.2. Operación de cierre



La válvula de accionamiento magnético inicia la operación de cierre y conecta la parte de alta presión del pistón de almacenamiento de energía al pistón actuador.

Ambos lados del pistón actuador están conectados al depósito de alta presión. Debido a la diferencia de áreas de ambas superficies del pistón actuador, el interruptor se cierra y permanece en esta posición.

4.4.1.1.3. Operación de apertura

La bobina de activación activa la válvula de cambio de estado y conecta el pistón actuador al depósito de baja presión. El interruptor se abre y permanece en posición abierto debido a la diferencia de presiones.

4.4.1.2. Características eléctricas

- Intensidad nominal4000 A
- Poder de corte en cortocircuito50 kA
- Poder de cierre en cortocircuito 135 kA cresta
- Intensidad nominal de corte capacitivo
 - Línea125 A
 - Condensadores400 A
 - Cables250 A
- Factor del primer polo1.3
- Tipo de accionamiento..... Resorte
- Tiempo de apertura nominal.....< 20 ms
- Tiempo de ruptura nominal< 40 ms
- Tiempo de cierre nominal.....< 55 ms
- Tiempo de reenganche.....< 300 ms
- Secuencia de maniobra nominalO – 0.3s – CO – 3 min – CO
- Reenganche..... Monofásico
- Número de bobinas
 - Cierre1



- Disparo.....2
- Número de contactos auxiliares
 - Para mando 6 NA + 6 NC
 - Para control..... 2 NA + 2 NC

4.4.2. Seccionadores de aislamiento y puesta a tierra

Los seccionadores de aislamiento y puesta a tierra combinan las funciones de seccionador y de seccionador de puesta a tierra bajo un mismo encapsulado, compartiendo un mecanismo de operación común, reduciendo el espacio requerido.

Los seccionadores presentan un diseño modular, que permite remplazar con rapidez módulos completos, y por tanto, facilitar el acceso para mantenimiento y reparación.

La función de seccionamiento de puesta a tierra es aislable, ya que permite aislar la conexión a tierra y conectar el seccionador a otro circuito externo. Se aprovecha esta característica para realizar mediciones y ensayos sin abrir el compartimento del gas.

Las partes activas del seccionador son idénticas para todas las variantes de funcionamiento. Este diseño permite hasta ocho configuraciones distintas, que se obtienen variando la disposición de las partes activas del circuito, como se muestra en la siguiente figura.

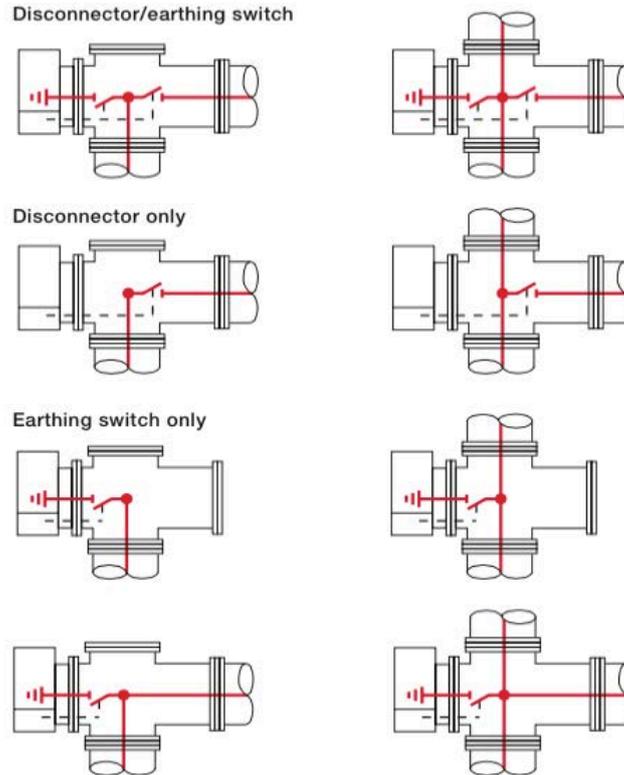


Fig. 5: Diferentes configuraciones posibles para los seccionadores

Están dotados de mando eléctrico local y a distancia, único para los tres polos, con motor alimentado en corriente continua y con posibilidad de accionamiento manual de emergencia. El mando se encuentra fuera del compartimento de gas. Asimismo, existen pulsadores locales de apertura y cierre, y un conmutador local – remoto con contactos de señalización a distancia.

La maniobra del seccionador está enclavada con la posición del interruptor, de modo que no pueda maniobrase si el interruptor está cerrado.

Los seccionadores de barras presentan un enclavamiento mecánico entre ellos de modo que no puedan estar cerrados simultáneamente, salvo que el interruptor de acoplamiento esté cerrado. El enclavamiento del motor es eléctrico y mecánico.

Disponen de un dispositivo de indicación de posición constituido por dos ventanas de visualización, uno para cada función del seccionador.



4.4.2.1. Características eléctricas

Estos seccionadores permiten un aislamiento adecuado del gas SF6 en la distancia de aislamiento. Permiten maniobrar corrientes capacitivas pequeñas y las corrientes de transferencia entre barras. Además, soportan la corriente nominal de funcionamiento y las corrientes de cortocircuito.

Las características eléctricas asignadas son las siguientes:

- Tensión nominal245 kV
- Intensidad nominal4000 A
- Intensidad de cortocircuito (1 s)50 kA
- Poder de corte de corriente capacitiva250 mA
- Tiempo de cierre / apertura.....< 3 s
- Número de contactos auxiliares..... 6 NA + 6 NC

4.4.3. Seccionadores de puesta a tierra de mantenimiento

Presentan mando eléctrico único para los tres polos, con motor alimentado en corriente continua y posibilidad de accionamiento manual.

Disponen de cuchillas totalmente aisladas del encapsulado bajo envolvente para permitir efectuar labores de mantenimiento. Se definen en los unifilares los seccionadores que deberán ser aislables de tierra.

No existe unión eléctrica entre los contactos de las tres fases.

Disponen de un dispositivo de indicación de posición constituido por ventanas de visualización.

4.4.4. Seccionadores de puesta a tierra rápidos

Los seccionadores de puesta a tierra rápidos se usan para conectar a tierra distintas partes de la instalación para proteger al personal durante las labores de montaje



y ajustes. Además también se emplean para poner a tierra la capacitancia de los cables y líneas de transporte.

Son capaces de ser cerrados bajo tensión mando de cierre brusco y disponen de poder de cierre sobre falta, conduciendo sin daño la corriente cortocircuito y quedando inmovilizados en esta posición.

Presentan mando eléctrico con resorte, único para los tres polos, con motor alimentado en corriente continua y posibilidad de accionamiento manual.

Algunos seccionadores de puesta a tierra rápidos tienen que cumplir también con las condiciones de seccionadores de mantenimiento descritas en el apartado anterior.

4.4.4.1. Características eléctricas

- Poder de cierre en cortocircuito50 kA
- Corrientes inductivas
 - Tensión15 kV
 - Corriente160 A
- Corrientes capacitivas
 - Tensión15 kV
 - Corriente10 A
- Tiempo de funcionamiento del motor< 6 s

4.4.5. Transformadores de tensión

Se usan para protección o medida fiscal. No requieren mantenimiento.

Son de tipo inductivo, con aislamiento en gas SF₆, en un compartimento de gas propio, uno por cada fase salvo en la celda de Barras 2, donde se instalará un transformador de tensión en la fase central (en el juego de Barras 1 se instalarán tres



transformadores de tensión, uno por fase). El aislamiento de los arrollamientos es plástico.

El núcleo magnético es rectangular y está laminado con el fin de evitar las pérdidas por histéresis y corrientes de Foucault. El entrehierro del transformador es hexafluoruro de azufre. El devanado primario está bobinado sobre el núcleo y el devanado secundario, que se conectan a los terminales en la caja terminal a través de un borne de conexión para gas.

Presentan un comportamiento correcto frente a transitorios muy rápidos, amortiguando la onda transmitida al secundario. La ausencia de condensadores de distribución de tensiones en el interruptor impide la aparición del fenómeno de ferorrresonancia.

Asimismo, el gas está separado del resto de la aparamenta y se puede monitorizar la densidad del mismo. Existe un dispositivo de liberación de gas en caso de muy alta presión.

Los transformadores se conectan a la aparamenta mediante bridas estandarizadas.

Los transformadores de tensión para salidas a cable están dotados de un enclavamiento de accionamiento manual que permite, sin tener que reducir la presión de la cámara de los valores nominales de servicio, la desconexión funcional del transformador de tensión del resto de la celda. Esta desconexión permite los ensayos a alta frecuencia del cable sin afectación a los transformadores de tensión.



Fig. 6: Transformadores de tensión de una subestación GIS

4.4.5.1. Características eléctricas

- Relación de transformación nominal 220: $\sqrt{3}$ /0.110: $\sqrt{3}$ kV
- Características de precisión
 - Primer secundario (medida)
 - Potencia de precisión 20 VA
 - Clase de precisión 0.2
 - Segundo secundario (protección)
 - Potencia de precisión 30 VA
 - Clase de precisión 2P
 - Tercer secundario (protección)
 - Potencia de precisión 30 VA
 - Clase de precisión 2P
- Potencia máxima simultánea dentro de las clases de precisión ≥ 70 VA
- Potencia térmica nominal 1000 VA
- Factor de tensión nominal 1.9 / 8 h
- Número de arrollamientos secundarios 1 ó 2
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial (1min.) (primario) 460 kV
- Tensión de ensayo a onda de choque tipo rayo 1.2/50 μ s (primario) 1050 kV
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial (1 min.) (secundarios) 3 kV

4.4.6. Transformadores de intensidad

Los transformadores de intensidad son toroidales y están integrados en la celda blindada. No requieren mantenimiento.

El núcleo está sobre la envolvente metálica que rodea el conductor primario. Se impide que las corrientes inducidas sobre la envolvente afecten la medida del secundario, añadiendo un camino de muy baja impedancia.

Los arrollamientos secundarios están localizados en el exterior del compartimento de gas SF₆ y están protegidos mecánicamente.

Presentan un comportamiento correcto frente a transitorios muy rápidos, amortiguando la onda transmitida al secundario.



Fig. 7: Transformadores de corriente de una subestación GIS

4.4.6.1. Características eléctricas de los transformadores de intensidad de las posiciones de línea y acoplamiento y medida

Los arrollamientos se numeran comenzando siempre por el devanado más próximo al interruptor.



- Intensidad nominal primaria2000 – 1000 A
- Intensidades nominales secundarias5-5-5-5 A
- Frecuencia nominal..... 50 Hz
- Tensión máxima de la red.....245 kV
- Tensión de prueba con onda de choque 1.2/50 μ s 1050 kV cresta
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial (1 min.) (secundarios)3 kV
- Tensión soportada entre espiras de un arrollamiento ≥ 4.5 kV cresta
- Intensidad límite dinámica para todas las relaciones..... 125 kA
- Intensidad límite térmica durante 1 s para todas las relaciones.....50 kA
- Intensidad límite térmica nominal 1.2 In
- Arrollamiento secundario I (medida)
 - Potencia de precisión 10 VA
 - Clase de precisión 0.2 s
 - Factor de seguridad..... <5
- Arrollamiento secundario II (protección)
 - Potencia de precisión30 VA
 - Clase de precisión 5P20
- Arrollamiento secundario III (protección)
 - Potencia de precisión30 VA
 - Clase de precisión 5P20
- Arrollamiento secundario IV (protección)
 - Potencia de precisión30 VA
 - Clase de precisión 5P20
- Factor de sobretensión permanente1

4.4.6.2. Características eléctricas de los transformadores de intensidad para las posiciones de transformador

Comparten las mismas características de sobretensiones e intensidades límite térmica y dinámica. Las características de los devanados son las que se detallan a continuación:



- Arrollamiento secundario I (medida)
 - Intensidades nominales..... 400-200/5 A
 - Potencia de precisión 10 VA
 - Clase de precisión..... 0.2 s
 - Factor de seguridad..... <10
- Arrollamiento secundario II (protección)
 - Potencia de precisión 30 VA
 - Clase de precisión..... 5P20
- Arrollamiento secundario III (protección)
 - Intensidades nominales..... 400-200/5 A
 - Potencia de precisión 30 VA
 - Clase de precisión..... 5P20
- Arrollamiento secundario IV (protección)
 - Intensidades nominales..... 400-200/5 A
 - Potencia de precisión 30 VA
 - Clase de precisión..... 5P20

4.4.7. Campanas para terminales de cable aislado - SF₆

4.4.7.1. Características eléctricas

- Tensión nominal a impulso tipo rayo 1050 kV
- Tensión nominal a frecuencia industrial (1 min.)..... 460 kV
- Tensión máxima de servicio
 - Fase – fase 245 kV
 - Fase – tierra 140 kV
- Intensidad nominal 2500 A

4.4.8. Armarios de control

Deberán ir montados de forma que resulte de fácil acceso para el personal, y se cuidará especialmente su insensibilidad a las vibraciones, principalmente debidas a la



actuación del propio interruptor. Para ello irán montados sobre silentblock o sistema equivalente, manteniendo la continuidad eléctrica con el conjunto de la estructura soporte.

Para cada celda existirá un armario en el que se centralizarán los dispositivos de mando local, protecciones propias de los equipos instalados y equipos de medida necesarios que, como mínimo, serán los siguientes:

- indicadores de posición de la aparamenta de corte, dispuestos según el esquema unifilar;
- indicadores relativos a la medida de parámetros;
- indicadores relativos al sistema de accionamiento por resorte;
- indicadores o controladores relativos al estado del gas SF₆;
- regletas de bornes adecuadas para que los mandos e indicaciones citadas anteriormente puedan llevarse a cabo a distancia;
- regletas de bornes donde concurren los contactos auxiliares sin tensión de la aparamenta de corte, así como los secundarios de los transformadores de medida;
- relés, pulsadores de mando y otros elementos auxiliares necesarios para conseguir las funciones requeridas.

4.5. Tipos de celdas

Se especifica a continuación la composición de las diferentes tipos de celdas que constituyen el conjunto de la instalación blindada de doble barra con aislamiento de hexafluoruro azufre.

4.5.1. Celda de salida por cable subterráneo

Constan de los siguientes elementos:

- Dos (2) tramos de barras con envolvente unipolar.



- Dos (2) seccionadores de barras con accionamiento eléctrico tripolar.
- Un (1) seccionador de puesta a tierra con accionamiento eléctrico tripolar.
- Un (1) interruptor automático con accionamiento unipolar.
- Un (1) transformador de intensidad (por fase) para medida o protección.
- Un (1) seccionador de puesta a tierra aislable con accionamiento eléctrico tripolar.
- Un (1) seccionador de línea con accionamiento eléctrico tripolar.
- Un (1) seccionador de puesta a tierra aislable con cierre rápido, accionamiento eléctrico tripolar.
- Tres (3) transformadores de tensión inductivos monofásicos.
- Un (1) envolvente para terminales de cable de sección normalizada.
- Un (1) armario de control local.

4.5.2. Celda de acoplamiento de barras

Consta de los siguientes elementos:

- Dos (2) tramos de barras con envolvente unipolar.
- Un (1) seccionador de barra con accionamiento eléctrico tripolar.
- Un (1) seccionador de puesta a tierra aislable con accionamiento eléctrico tripolar.
- Un (1) interruptor automático con accionamiento eléctrico unipolar.
- Un (1) transformador de intensidad toroidal (por fase) para medida o protección.
- Un (1) seccionador de puesta a tierra con accionamiento eléctrico tripolar.
- Un (1) tramo de barra con envolvente unipolar.
- Un (1) armario de control local.

4.5.3. Celda de medida de barras

Las barras con envolvente monofásica están aisladas con hexafluoruro de azufre y vienen equipadas con los elementos siguientes:



- Tres (3) transformadores de tensión inductivos en Barras 1.
- Un (1) transformador de tensión inductivo en barras 2 en fase central.
- Un (1) seccionador de puesta a tierra por barra, aislable, con accionamiento eléctrico tripolar y cierre rápido.



5. CELDAS BLINDADAS DE 20 KV

Las celdas de media tensión seleccionadas para la subestación corresponden al modelo CGP .1 de doble barra del fabricante ORMAZÁBAL.

5.1. Descripción del equipo

La arquitectura de las celdas, compartimentadas independientemente, consta de:

- compartimento de seccionadores de línea;
- compartimento de interruptor automáticos;
- compartimento de barras;
- compartimento de cables;
- compartimento de control;
- interfaz de operaciones.

5.2. Características generales

Las celdas utilizan gas SF₆ como medio aislante, por lo que reducen considerablemente la superficie requerida.

La rigidez mecánica del bastidor metálico, que compone la estructura de estas celdas, garantiza la indeformabilidad del conjunto en las condiciones de servicio previstas.

La conexión entre celdas es externa a los compartimentos de aparamenta y se realiza mediante compartimentos de embarrado con encapsulamiento sólido monofásico y apantallado, instalados en la parte superior de las celdas. Es posible, por tanto, desinstalar una sola celda sin desplazar las celdas contiguas ni manipular el gas.

La seguridad de la instalación se ve reforzada al estar conectados tanto el bastidor como el resto de las partes metálicas no activas de la celda a la barra general de tierra.



El conjunto de compartimentos de aparamenta, sellados de por vida y con aislamiento en SF₆, alberga los elementos de corte y maniobra según la siguiente disposición:

- un compartimento para cada uno de los seccionadores de línea;
- un compartimento para el interruptor automático y el seccionador de puesta a tierra.

En su interior se encuentran, dependiendo de la funcionalidad de la celda, los siguientes elementos:

- seccionadores;
- seccionador de puesta a tierra;
- embarrado interior y conexiones;
- interruptor automático de vacío.

Existe enclavamiento entre los seccionadores de línea, el interruptor automático y el seccionador de puesta a tierra, de acuerdo a los criterios de la norma IEC 62271 – 200.

5.3. Generalidades del sistema de compartimentación

Los compartimentos de aparamenta están fabricados en acero inoxidable y sellados de por vida. Están diseñados y ensayados para soportar un arco interno de hasta 25 kA / 1 s. Ante arcos internos los gases que se generen pueden ser canalizados y enfriados a través de una chimenea situada en su parte posterior.

Los pasatapas superiores permiten la conexión al embarrado, mientras que los inferiores a los cables de Media Tensión.



Los presostatos compensados por temperatura, instalados en cada uno de los compartimentos de aparamenta de la celda, permiten la monitorización de la presión de gas existente en cada uno de ellas.

El grado de protección del compartimento de aparamenta es IP65 y del conjunto de la celda, IP3X.

Existe un indicador permanente de presencia o ausencia de tensión, con contactos opcionales para tele señalización y realización de enclavamientos electromagnéticos.

El circuito de potencia completo está aislado en su totalidad, incluyendo los terminales de los cables, estando todo ello apantallado, puesto a tierra e instalado en el interior de una envolvente metálica.

El diseño garantiza la seguridad de la operación y la accesibilidad segura a las zonas de mando y señalización, situadas en el exterior del compartimento de aparamenta.

Asimismo, existen enclavamientos entre los elementos de maniobra y corte de acuerdo con los criterios de la norma IEC 62271-200.

5.3.1. Compartimento de barras

El compartimento de barras, situado en la parte superior de la celda, tiene como función el alojamiento del embarrado.

Cada una de las fases que componen el embarrado, presenta un aislamiento sólido y apantallado, puesto a tierra a través de la pletina colectora de tierra específica del compartimento. La disposición monofásica de la celda garantiza la fiabilidad de la continuidad de servicio. La instalación de un sistema de segregación de fases mediante placas metálicas puestas a tierra permite soportar un arco interno de 25 kA / 1 s.



5.3.2. Compartimento de cables

El compartimento de cables aloja en su interior frontalmente los pasatapas para conectores acodados. Está ubicado en la zona inferior de la celda y tiene acceso frontal. Dispone para su acceso de una tapa enclavada con el sistema de puesta a tierra.

Este compartimento está preparado para soportar un arco interno de 25 kA/1 s, cumpliendo los criterios de la norma IEC 62271-200.

Está dimensionado para albergar en interior lo siguientes elementos:

- bornes apantallados de conexión reforzada (atornillables) por fase;
- bridas de sujeción para los cables de media tensión;
- pletinas de puesta a tierra;
- transformadores de intensidad toroidales;
- transformadores de tensión enchufables;
- autoválvulas.

Todos los elementos de la envolvente y por lo tanto de la base, están conectados a tierra por medio de un conductor constituido por una pletina de cobre diseñada para soportar la intensidad de corta duración asignada. Esta pletina no necesita ser desmontada para la introducción o extracción de un cable y su terminal correspondiente.

5.3.3. Compartimento de control

El compartimento de control, dispuesto en la parte superior de la celda e independiente de la zona de media tensión, está habilitado para la instalación de los equipos de medida y relés de protección, y contiene el bornero de señales de mando debidamente identificadas.

Las conexiones con la zona de maniobra se realizan mediante conectores, aumentando así la flexibilidad del conjunto, permitiendo en obra el montaje y conexión del cajón de control de una forma sencilla y directa.



5.4. Descripción de la aparamenta

5.4.1. Características asignadas

- Tensión asignada24 kV
- Frecuencia asignada.....50 Hz
- Corriente asignada
 - Barras e interconexión de celdas1250 A
 - En derivación.....1250 A
- Corriente admisible asignada de corta duración
 - Con t_k 1 s.....25 kA
 - Valor de cresta65 kA
- Nivel de aislamiento asignado
 - Tensión soportada asignada a frecuencia industrial (1 min)50 kV
 - Tensión soportada asignada a impulso tipo rayo.....125 kV
- Clasificación de arco interno (IEC 62271 – 200) ALF [R] 25 kA 1s
- Grado de protección..... IP3X
- Categoría de pérdida de continuidad de servicio..... LSC2
- Clase de compartimentación.....PM

5.4.1.1. Arco interno

Las celdas están diseñadas para soportar un arco interno de 25 kA / 1s tanto en su conjunto como en sus diferentes compartimentos de MT, verificando los 5 criterios del Anexo A de la norma IEC 62271-200 (clase IAC-AFL).

5.4.2. Interruptor

El interruptor automático es de tecnología de corte en vacío, compacto y de elevada fiabilidad, certificado de acuerdo a la norma IEC 62271-100, incluida la



endurancia eléctrica extendida (clase E2) con ciclo de la reenganche rápido, y por tanto exento de mantenimiento durante toda su vida útil.

Los interruptores de las celdas emplean la tecnología de corte en vacío. Permiten tanto la operación manual como la remota.

Poseen un mando motorizado alimentado por 125 Vc.c. El tiempo de carga de muelles es inferior a 15 s.

5.4.2.1. Características eléctricas

Se detallan seguidamente el resto de características relevantes

- Capacidad de corte
 - Cortocircuito (asimetría).....25 kA
 - Componente continua > 45%
 - Intensidad de cables en vacío31.5 A
 - Batería de condensadores400 A
 - Endurancia eléctrica E2
- Secuencia de la reenganche O – 0.3s – CO – 15s – CO
- Endurancia mecánicaM2 (10000 maniobras)
- Intensidad asignada.....630/1250 A
- Intensidad de corta duración.....25 kA – 1/3s

5.4.3. Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra

Los seccionadores de puesta a tierra no tienen capacidad de cierre, ya que esta característica se transfiere al interruptor automático.

Para la operación manual el cierre se realiza en sentido horario y la apertura en sentido antihorario.

Existen palancas independientes para el seccionador y el seccionador de puesta a tierra.



5.4.3.1. Características eléctricas

Las características generales se muestran a continuación:

- Seccionador de línea
 - Endurancia mecánicaM0 (1000 maniobras)
- Seccionador de puesta a tierra
 - Capacidad de cierre80 kA
 - Endurancia eléctrica E0
- Intensidad asignada.....2000 A
- Intensidad de corta duración.....25 kA

5.4.4. Transformadores de intensidad

Son de tipo toroidal y están encapsulados. Se instalan en el exterior del compartimento del interruptor, en cables y, en el caso de celdas de acoplamiento transversal, también en barras, aguas arriba de los conectores de MT.

Se usan tanto para medida como para protección.

5.4.4.1. Características eléctricas

- Nivel de aislamiento0.72 kV
- Tensión alterna nominal soportable..... 3 kV/1 min
- Frecuencia nominal.....50 Hz
- Intensidad térmica permanente 1.2 I_n
- Clase de aislamiento E
- Relación de transformación300 – 1200/5 A
- Potencia de precisión30 VA
- Función de protección
 - Clase 5P20
- Función de medida



- Clase de precisión Cl. 0.5

5.4.5. Transformadores de tensión

Son monofásicos, de tipo enchufable. Asimismo, están aislados, blindados y son antiexplosivos.

Su funcionamiento es inductivo. Se instalan en el exterior del compartimento de la aparamenta (barras y cables).

5.4.5.1. Características eléctricas

- Tensión nominal (U_n) 20 kV
- Factor de tensión en permanencia $1.2 U_n$
- Factor nominal de tensión $U_n / 8h$ 1.9
- Tensión en el secundario $110/\sqrt{3}$ V
- Función de medida
 - Potencia de precisión 20 VA
 - Clase de precisión Cl. 0.5
- Función de protección
 - Potencia de precisión 30 VA
 - Clase de precisión 5P

5.4.6. Embarrado

El embarrado presenta envolvente monofásica. En su diseño se han considerado las diferentes sollicitaciones mecánicas de origen electrodinámico a las que puede verse sometido.



5.4.6.1. Características eléctricas

- Frecuencia.....50 Hz
- Tensión nominal24 kV
- Intensidad nominal de embarrado
 - Embarrado general.....1250 A
 - Derivaciones1250 A
- Intensidad nominal de corte de cortocircuito25 kA

5.4.7. Interfaz de operaciones

La interfaz de operaciones, situada en la parte central incluye, junto con el sinóptico, los siguientes elementos de maniobra y señalización:

- Elementos de maniobra:
 - Mando de los seccionadores de línea y de puesta a tierra.
 - Pulsadores de apertura / cierre del interruptor automático.
 - Ranura para acceso de la palanca de carga de muelles.
- Elementos de señalización:
 - Estado de la aparamenta
 - Contador de operaciones
 - Estado de muelles del interruptor automático
 - Detector de presencia de tensión

Adicionalmente, para la maniobra automatizada se dispone de pulsadores de apertura / cierre de seccionadores de línea y en su caso del seccionador de puesta a tierra.



5.5. Tipos de celdas

5.5.1. Celda de interruptor automático

Estas celdas se emplean en la subestación para la salida de líneas de 20 kV, para los transformadores de servicios auxiliares, y para la llegada de los cables de 20 kV de los transformadores de potencia.

Constan de los siguientes elementos:

- dos (2) seccionadores de barras;
- un (1) seccionador de puesta a tierra;
- un (1) interruptor;
- tres (3) transformadores de intensidad.

5.5.1.1. Características mecánicas

- Alto 2500 mm
- Ancho..... 600 mm
- Fondo 2004 mm
- Peso.....1400 kg

5.5.2. Celda de acoplamiento longitudinal de barras

Incluye, en compartimentos independientes, un interruptor automático de corte en vacío y los seccionadores de puesta a tierra en serie con él en un compartimento de apartamento y dos seccionadores de línea en sus compartimentos correspondientes.

En la instalación se emplea para conseguir el acoplamiento longitudinal de las barras.

Consta de los siguientes elementos:

- cuatro (4) seccionadores de barras;
- cuatro (4) seccionadores de puesta a tierra;



- dos (2) interruptores;

5.5.2.1. Características mecánicas

- Alto 2500 mm
- Ancho..... 1200 mm
- Fondo 2004 mm
- Peso.....2800 kg

5.5.3. Celda de acoplamiento transversal de barras

Incluye, en compartimentos independientes, un interruptor automático de corte en vacío y dos seccionadores de puesta a tierra en serie con él en un compartimento de interruptor, y seccionadores de línea en sus compartimentos correspondientes.

En la instalación se emplea para conseguir el acoplamiento longitudinal de las barras.

Constan de los siguientes elementos:

- dos (2) seccionadores de barras;
- dos (1) seccionadores de puesta a tierra;
- un (1) interruptor;
- seis (6) transformadores de intensidad.
- seis (6) transformadores de tensión.

5.5.3.1. Características mecánicas

- Alto 2500 mm
- Ancho..... 600 mm
- Fondo 2004 mm
- Peso.....2200 kg



6. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

6.1. Características de diseño

Se definen en esta sección las características de diseño del transformador seleccionado.

Serán necesarios dos transformadores de potencia nominal 25 MVA por transformador. El equipo escogido ha sido producido por el fabricante PAUWELS.

El transformador es trifásico, con arrollamientos sumergidos en aceite mineral y está diseñado para servicio exterior, si bien se emplea en una instalación de interior.

El diseño eléctrico transformador se ha realizado conforme a la norma UNE – EN 60076 – 3. Asimismo el transformador cumple con las tolerancias UNE – EN 60076 – 1 la norma UNE, respecto a los parámetros siguientes:

- pérdidas totales;
- perdidas parciales;
- relación de transformación;
- impedancia de cortocircuito, entre primario - secundario en las tomas 1, 11 y 21;
- corriente de vacío.

Además el diseño del transformador se ha realizado ante cortocircuito externo según la norma UNE – EN 60076 – 5 garantizando en cualquier caso, con el diseño planteado, la funcionalidad prevista para el transformador tanto efectos dinámicos como térmicos durante los de diferentes tipos de cortocircuito y duración prevista y para cada uno de los arrollamiento del transformador.

6.2. Características generales

- Datos del transformador
 - Normas de proyecto, construcción, ensayos y toleranciasIEC – UNE
 - Potencia asignada en servicio continuo



- Arrollamiento A.T. 25 MVA
- Arrollamiento B.T. 25 MVA
- Arrollamiento terciario ≥ 20 MVA
- Tipo de refrigeración ODAF
- Potencia asignada del transformador según refrigeración
 - Tiempo a plena potencia sin refrigeración 6 min.
 - Potencia en servicio continuo con la refrigeración al 50% 20 MVA
- Tensión asignada en vacío:
 - Arrollamiento A.T. $230 \pm 10 \times 3.45$ kV
 - Arrollamiento B.T. 21 kV
 - Arrollamiento terciario ≤ 15 kV
- Utilización prevista para el Terciario Compensación
- Grupo de conexión..... YNd11
- Tensiones de cortocircuito a 75 °C (a 25 MVA, relación 230/21 kV)
 - Secuencia directa, inversa..... 11.6 %
 - Secuencia homopolar (terciario abierto)..... 5.5 % / 3.5 %
 - Secuencia homopolar (terciario cerrado)..... 5.5 % / 3.5 %
- Pérdidas
 - Pérdidas en vacío al 100 % de la tensión nominal 17.5 kW
 - Pérdidas debidas a la carga (potencia asignada, a 75 °C)
 - Toma 1 131 kW
 - Toma 11 138 kW
 - Toma 21 174 kW
 - Sobreexcitación admisible permanente a plena carga 110 %
- Inducción máxima del núcleo al 100 % de la tensión nominal 1.77 T
- Corriente de vacío al 100 % de la tensión nominal 0.2 %
 - Contenido en tercer armónico (sobre corriente total)..... 50%
- Masas
 - Núcleo y arrollamientos..... 54.4 Tm
 - Aceite..... 36 Tm
 - Transformador completo 115.2 Tm
 - Desencubado..... 57.6 Tm



- Dimensiones (sin aero-refrigeradores)
 - Largo total..... 6100 mm
 - Ancho total 3250 mm
 - Alto total 5050 mm
 - Alto para desencubado..... 5520 mm

Se indican a continuación los detalles constructivos más relevantes.

6.3. Arrollamientos

Los arrollamientos son de conductor de cobre electrolítico, exento de impurezas, aislados en papel, y sin soldaduras.

Las características de disposición relativa de los devanados de la sección de cobre emplear y el tipo de bote bobinado emplear encadenados arrollamientos se indicará en el siguiente apartado.

Los materiales empleados son insolubles y químicamente inactivos en baño de aceite caliente. Las bobinas y el núcleo, completamente ensamblados, se han secado al vacío inmediatamente después de impregnarse de aceite dieléctrico para asegurar así la eliminación de humedad y aceite de los materiales aislantes.

El arrollamiento terciario se emplea exclusivamente como devanado de compensación y nunca alimentará a ninguna carga.

6.3.1. Tensiones máximas de los arrollamientos

Las tensiones máximas de material del devanado y niveles de aislamiento serán los siguientes:

- Arrollamiento de AT
 - Sobretensión tipo maniobra (60 s, 50 Hz)460 kV
 - Sobretensión tipo maniobra (valor cresta).....850 kV



- Sobretensión inducida de larga duración (fase – tierra)240 kV
- Sobretensión tipo rayo (valor cresta).....1050 kV
- Arrollamiento de MT
 - Sobretensión tipo maniobra (60 s, 50 Hz)50 kV
 - Sobretensión tipo rayo (valor cresta).....125 kV
- Neutro de AT
 - Sobretensión tipo maniobra (60 s, 50 Hz)50 kV
 - Sobretensión tipo rayo (valor cresta).....325 kV
- Arrollamiento terciario
 - Sobretensión tipo maniobra (60 s, 50 Hz)50 kV
 - Sobretensión tipo rayo (valor cresta).....125 kV

6.4. Núcleo magnético

El núcleo del transformador trifásico de potencia es de tres columnas.

La construcción del núcleo asegura que se reduzcan al mínimo las corrientes de las corrientes parásitas. Está fabricado mediante chapas de acero el silicio de grano orientado, de bajas pérdidas por histéresis y alta permeabilidad magnética. Cada chapa está cubierta de material aislante resistente al aceite caliente. Asimismo, las chapas están exentas de impurezas y perfectamente aplanadas.

Las chapas magnéticas están montadas de manera tal que existen en el núcleo amplios conductos de enfriamiento para eliminar puntos calientes, y obtener de esta manera una distribución uniforme simétrica del campo magnético.

Las columnas están fuertemente prensadas por medio de bloqueos y pernos pasantes adecuadamente aislados. Las culatas están bloqueadas por medio de perfiles de acero y sistemas de tirantes y pernos aislados.

El armazón que soporta el núcleo es una estructura reforzada que reúne la resistencia mecánica suficiente y no presenta deformaciones permanentes en ninguna de sus partes. Se construye de tal manera que quede firmemente sujeto a la cuba en ocho puntos tanto en la parte superior como en la inferior. La estructura de sujeción se realiza



de forma que se reduzca al mínimo las corrientes parásitas.

El diseño del transformador minimiza al máximo las vibraciones de la máquina una vez puesta servicio bajo cualquier condición operación.

La conexión a tierra del núcleo magnético transformador para evitar posibles acumulaciones de carga electrostáticas es accesible desde el exterior mediante un borne pasatapas de tensión máxima de material mínima de 1 kV. El sistema permite tanto la conexión equipotencial a la tapa del transformador como la posibilidad de conexión externa a la red de tierras general de la subestación. Dicha unión equipotencial es fácilmente retirable para pruebas.

6.5. Aceite

El aceite será aceite mineral compatible con ELECTRA B y REPSOL TENSIÓN. Se trata de un aceite nafténico que cumple los requisitos impuestos por la norma UNE-EN 60296.

En su composición química no se encontrarán sustancias inhibidoras, de acuerdo a lo establecido en la norma anterior.

La cantidad de aceite a suministrar contempla el aceite necesario para el transformador, incluyendo cuba, depósito de expansión, equipo de refrigeración, aisladores pasantes y, donde fuese necesario, más una reserva de aproximadamente un 5 % del volumen neto de aceite.

El aceite será suministrado con el transformador y envasado separadamente en tambores de acero herméticamente cerrados y con precinto de la refinería, dado que el transformador se transportará sin aceite.

El contenido de Policlorobifenilos será despreciable.



6.5.1. Características del aceite

El aceite suministrado presenta las siguientes características:

- FabricanteNynas Nitro Taurus
- Aditivo antioxidante U (aceite sin inhibir)
- Temperatura mínima de inflamación..... > 150 °C
- Densidad a 20 °C ≤ 0.895 kg/cm³
- Viscosidad cinemática a 40° C ≤ 12 mm²/s
- Punto de congelación máximo..... - 40 °C
- Acidez..... ≤ 0.01 mg KOH/g
- Contenido en agua ≤ 30 mg/kg
- Estabilidad a la oxidación
 - Acidez total.....1.20 mg KOH/g
 - Lodo en peso..... ≤ 0.8 %
- Tensión de ruptura con aceite tratado..... ≥ 70 kV
- Factor de pérdidas a 90 °C entre 40 – 60 Hz ≤ 0.005

6.6. Depósito de expansión de aceite

El sistema de preservación de aceite es libre con desecadores.

El depósito está sujeto con ménsulas a la cuba del transformador, sobre tapa, con objeto de minimizar la superficie ocupada en planta. Está preparado para pleno vacío.

La capacidad del depósito conservador es tal que el nivel de aceite en ningún caso descienda por debajo del nivel de los flotadores relé Buchholz (se considera una diferencia temperatura de 120 °C). De la misma forma, se permite la sobrecarga establecida por la norma UNE 20110 sin derramar aceite a través del conservador.

El depósito tiene tres secciones independientes y estancas entre sí, correspondientes al cambiador de tomas en carga y las citadas cajas de aceite. Cada sección tiene un tapón de llenado, una válvula de vaciado, una válvula de expansión de la cuba y el depósito correspondiente, un indicador de nivel magnético con dos



contactos alarma nivel 1 por mismo nivel de aceite, así como un indicador de nivel óptico.

Cada recinto independiente del depósito conservador dispone de un secador de aire con silicagel: uno para el depósito de la cuba, uno para las cajas adaptadores aceite, y otro para el depósito cada del cambio de tomas. Todos ellos incorporan una mirilla de cristal alargada que permite ver todo su contenido, y están situados a una altitud máxima de 1.5 m

6.7. Cuba

La cuba del transformador está construida con chapas de acero de bajo porcentaje de carbono, adecuado para soldadura y reforzado con perfiles de acero.

La cuba forma parte de un cuerpo único, indivisible, al cual se atornilla la tapa. Las juntas de las chapas son a prueba de aceite caliente.

En el interior de la caja han sido previstas las necesarias guías para mantener el núcleo, con sus arrollamientos, en la justa dirección al ser introducido o extraído. Asimismo entre el núcleo arrollado y el fondo de la caja existe espacio suficiente para recoger los sedimentos.

Todas las bridas, juntas, argollas de montaje, etc. y otras partes fijadas al tanque están unidas por soldadura.

El diseño minimiza todas las aberturas necesarias para garantizar todas las operaciones de montaje y posterior mantenimiento y se garantizan las dimensiones apropiadas circulares y rectangulares.

La tapa de la cuba está atornillada a la misma como se indicado anteriormente, y está proyectada de manera que se eviten posibles depósitos de agua sobre la superficie externa y posibilite que las burbujas de gas y aire se dirijan hacia el relé Buchholz.

La resistencia mecánica de la cuba ante sobrepresión interna es superior a 1 bar. Asimismo, la cuba está prevista para pleno vacío por un período mínimo de 48 horas.



Se emplean válvulas de sobrepresión, que garantizan la coordinación de actuación, de acuerdo al tarado de las mismas, tanto a presión como gradiente de presión, y considerando tanto su número y ubicación. Las válvulas deben asimismo abrir ante cualquier sobre presión interna mayor de su presión de tarado causada por perturbaciones internas y volverán a cerrar después de haber actuado. La marca de las válvulas será del fabricante QUALITROL, con cuatro contactos de actuación para señalización de alarma. Asimismo incorpora 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 la cuba.

Adicionalmente a las válvulas de sobrepresión y como sistema básico para la protección mecánica se emplean discos de ruptura para conseguir la selectividad anterior.

Como protección secundaria no se utilizará el relé de presión súbita, de acuerdo con las normas de la distribuidora.

La cuba viene preparada con dos terminales por la puesta tierra de la cuba, ubicados en los extremos opuestos de la parte inferior del mismo, y preparados para un conductor de cobre de sección de hasta 185 mm². La grapa suministrada permite asimismo la conexión de cable de tierra en forma de bucle.

6.8. Ruedas y elementos de elevación

El transformador lleva ruedas de transporte de acero forjado o fundido, con pestañas delgadas orientables en las dos direcciones. Está diseñado de forma que el ancho de vía (entre caras internas de raíl) sea fácilmente intercambiable entre 1674 mm y 1930 mm. Las ruedas tienen dispositivo de bloqueo y los tándem son pivotantes.

La base inferior de la cuba está preparada para el empleo de este sistema, de tal forma que el transformador apoya sobre la bancada de hormigón realizada en dos secciones transversales al transformador, simétricas respecto al centro de estos apoyos o ruedas. Asimismo, el diseño de estas partes tiene en cuenta la disposición prevista para el transformador en posición de servicio en la subestación destino.



Adicionalmente, la base de la cuba está construida de forma tal que el centro de gravedad del transformador, con o sin aceite (como normalmente se transporta), no caiga fuera de los elementos de sustentación de la cuba cuando el transformador se incline 15° respecto al plano horizontal.

Se proveen ménsulas para su transporte en vigas. Dichas ménsulas irán atornilladas a la cuba provistas de taladros que permitan una regulación mínima de 300 mm en altura para adaptarlo al vehículo de transporte.

Se dispone de ganchos de elevación del transformador completo, anillas de desencubado y arrastre. Igualmente se dispone de soportes para apoyo de gatos hidráulicos, representándose estos elementos en el plano del transformador.

6.9. Válvulas

El transformador dispone de las siguientes válvulas:

- Dos (2) válvulas de filtrado en lados opuestos de la cuba y parte superior e inferior. Las válvulas de filtrado garantizan un caudal mínimo de 12.000 l/hora y diámetro nominal DN80.
- Dos (2) válvulas para toma de muestras de aceite con conexionado rápido, en altura media e inferior de la cuba. Se suministra conector macho y manguito de 3 metros de longitud.
- Una (1) válvula para vaciado total en la parte inferior de la cuba, de diámetro nominal DN80.
- Una (1) válvula de conexión a equipo analizador de gases disueltos.

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

- Una (1) válvula de llenado
- Una (1) válvula de vaciado
- Una (1) válvula de conexión de depósito conservador



- Una (1) válvula de conexión a equipo analizador de gases disueltos.
- Una (1) válvula de toma de muestras con conexionado rápido.

Todas las válvulas son de tipo bola.

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

Existen dispositivos de purga de aire en la cuba, depósito conservador, bornes adaptadores de aceite de 230 kV, aero-refrigerantes, radiadores, etc.

Para la cuba, en transformadores con refrigeración ODAF, la citada válvula se ubica en los tramos rectos de las tuberías de descarga de aceite que acometen por la parte inferior la cuba, y no por las tuberías de aspiración de la motobomba.

Para las cajas adaptadoras de aceite de 230 kV, se garantiza la fiabilidad de las medidas, teniendo en cuenta las características del flujo de aceite presente en su interior.

6.10. Tornillería y juntas

Toda la tornillería es de acero inoxidable. Los tornillos del cierre de la tapa tienen arandelas de presión en la parte inferior del mismo.

Se admite galvanizado en caliente en aquellos casos que por el calibre del tornillo no sea recomendable el acero inoxidable. Se emplea doble junta continua en tapa, registros, válvulas, etc...

El material utilizado en las juntas es neopreno.

6.11. Bornes

Los bornes del transformador son de tipo enchufable. Se garantizan la aptitud térmica y dinámica de todos los terminales.



Todos los aisladores pasatapas son estancos a los gases y al aceite.

Los bornes pertenecientes al primario y secundario, tanto para fase como para neutro cuando aplique, son idénticos entre sí respectivamente, independientemente de que en alguno de ellos vaya alojado un transformador de intensidad. Esto facilita la existencia de un borne único por nivel de tensión como repuesto.

El arrollamiento terciario del transformador, tiene cuatro (4) convencionales sobre la tapa, siguiendo lo indicado en el apartado de convencionales tipo aceite-aire. El aislamiento externo de estas es de porcelana.

Dos (2) están perfectamente protegidos por capuchones aislantes, tipo teflón, que el fabricante suministra, indicando las características físicas y eléctricas de dichos capuchones, que presentan una tensión máxima de material y nivel de aislamiento idénticos a los empleados en el diseño del arrollamiento terciario. El tipo de unión al terminal es roscada.

Los otros dos (2) se emplean para cerrar el triángulo mediante una pletina que se conecta equipotencialmente a la tapa del transformador, si bien se permite la posibilidad de conexión externa a la red de tierras general de la subestación.

El marcado de los bornes y tomas se realiza siguiendo las recomendaciones de la norma UNE 20158.

La tapa del transformador lleva placas de identificación de con la siguiente notación:

- Terminales de primario: 1U, 1V,1W,1N.
- Terminales de secundario: 2U,2V,2W.
- Terminales de terciario: 3U, 3V, 3W, 3W' (cierre del triángulo por fase W).

Los bornes se ubican de tal forma que mirando desde el lado A.T., y de izquierda a derecha, se encuentran los bornes identificadas como 1U,1V y 1W.



Mirando desde el lado de media tensión (M.T.), y de izquierda a derecha, los bornes son los identificados como 2W,2V,2U.

Los bornes de terciario se ubican en el lado M.T., y mirando desde este lado, y de izquierda a derecha, será 3W',3W,3V, 3U.

El borne de neutro 1N se ubica en el mismo lado que los bornes de fase correspondientes.

Se indican a continuación las características de los bornes enchufables.

Para tensión primaria nominal de 230 kV los bornes son enchufables, aceite-aceite con salida lateral. El pasatapas aceite-aceite es del fabricante MICAFIL, modelo RTKK 245-1050/1000. El pasatapas se ensaya ante sobretensiones tipo maniobra (850 kV).

Para conseguir el tipo de borne enchufable se dispone de caja adaptadora de aceite para cada fase, unida a la cuba mediante unión atornillada con tornillo pasante en ambos extremos, y preparado para recibir la botella terminal de cable seco que emerge del suelo, y por el otro extremo al pasatapas aceite-aceite anterior.

La distancia entre centros de acometida de cada fase entre sí es de 1600 mm. La altura al suelo es de 1710 mm, como corresponde a los en transformadores de potencia inferior a 60 MVA.

La caja de aceite anterior se realiza de acuerdo a la norma UNE-EN 50299, y presenta las dimensiones normalizadas indicadas por ésta. Es estanca al aceite y con el mismo grado de resistencia a los esfuerzos de vacío que el transformador.

El aceite utilizado en la caja será de las mismas características que el empleado para el transformador y equipo de refrigeración.

Existe asimismo un (1) terminal previsto para la puesta a tierra de la caja, preparado para secciones de conductor de cobre con sección de hasta 185 mm² o bien mediante la puesta a tierra a través de la cuba, mediante conexiones equipotenciales para tal fin en la unión caja de aceite-cuba.



Con objeto de garantizar la protección mecánica de las citadas cajas de aceite, se suministra una (1) válvula de sobrepresión por caja. La marca de las válvulas es del fabricante QUALITROL, con cuatro (4) contactos de actuación, para señalización de alarma.

La toma capacitiva de cada pasatapas aceite-aceite es accesible desde el exterior, sin afectar al diseño fiable del transformador, así como a la operación segura del personal.

Se suministran los accesorios necesarios para la realización de esta conexión, de tal forma que permita aislar eléctricamente el transformador del terminal de cable. El material de dicha pieza es aluminio recubierto con plata. El mecanizado de dicha pieza está realizado con las dimensiones indicadas en el plano del fabricante del terminal.

Existe la posibilidad de desconexión del terminal al transformador desde el exterior, para facilitar así los ensayos del cable de potencia y mantenimiento posterior. Por otro lado, se suministra el sistema de fijación del depósito expensor de aceite de los terminales.

El terminal del cable es capaz de resistir un esfuerzo mecánico estático de 2 kN aplicado transversalmente en su punto de unión. Se consideran los esfuerzos y movimientos del transformador debidos a las variaciones de temperatura y a las vibraciones en servicio.

El soporte de apoyo de la caja, común a las tres cajas, tiene en cuenta los anteriores esfuerzos y movimientos, y no está fijado ni a la brida de sujeción ni al prensaestopa del cable. Asimismo, se consideran los esfuerzos producidos por arcos internos tanto en el transformador como en la propia caja adaptadora de aceite.

En la unión de la cuba a la caja adaptadora de aceite es preciso, como se ha indicado anteriormente, el empleo de unión mediante tornillo pasante entre cuba y borne adaptador. Se emplea un sistema que permite la retirada sencilla del transformador de imagen térmica, y en caso contrario, éste podrá ser retirado desde el registro situado en la tapa asociado a cada fase de primario.



La salida de 20 kV se realiza mediante terminales Pfisterer, al igual que la salida de neutro para su conexión a tierra. La tapa del transformador está diseñada de forma que dichas puedan sustituirse fácilmente por convencionales. En el suministro se incluyen los terminales macho del cable, así como los tapones ciegos necesarios en las conexiones de neutro junto con la ejecución y conexión de dichos terminales.

Los pasatapas hembras tipo Pfisterer se sitúan sobre la tapa, no en el lateral de la cuba, y disponen de toma capacitiva para pruebas. Se contempla una acometida horizontal de los cables de potencia, en lo que al conector macho tipo Pfisterer se refiere.

6.11.1. Características eléctricas

A continuación se resumen las características más relevantes de los distintos bornes del transformador:

- Bornes de AT
 - Número3
 - Tensión más elevada para el material245 kV
 - Intensidad nominal1000 A
 - Caja de aceite
 - Tensión máxima del material245 kV
 - Nivel de aislamiento asignado460/1050 kV
 - Intensidad asignada.....1000 A
 - Calentamiento < 60 °C
 - Cable de conexión Al 800/1200 mm² (127/220 kV)
 - Volumen de aceite 2100 L
- Neutro de AT
 - Número1
 - Tensión más elevada para el material245 kV
 - Intensidad nominal2500 A
 - Cable de conexiónCu 2x630 mm² (12/20 kV)
 - Referencia Pfisterer (hembra/macho)..... 827.660.001/828.320.630



- Terciario
 - Número1
 - Tensión más elevada para el material24 kV
 - Tipo de borne Convencional
 - Fabricante DIN
 - Intensidad nominal1000 A
 - Material del capuchónPorcelana

6.12. Cambiador de tomas

El cambiador de tomas (regulador en carga) es de fabricación MR. El modelo empleado es el M III-350 – Y 72.5.

Dispone de los enclavamientos necesarios para evitar operaciones falsas o intempestivas. En particular, se evita que al pasar de uno a otro escalón adyacente, el conmutador se pare en posición intermedia y que una conmutación, una vez iniciada, no se concluya. Asimismo, permite operación local manual mediante manivela suministrada para tal fin, bloqueándose el motor en caso de inserción de manivela.

La regulación en carga se realizará en A.T. (borne de neutro) y tiene un total de 23 posiciones (tres centrales 11a, 11b y 11c). Se emplea sistema inversor. La regulación se realizará a potencia y flujo constante en todas las tomas.

La posición 1 es la de mayor tensión y la 21 la de menor tensión, de forma que subir escalón corresponda a subir tensión en el secundario a igual tensión en el primario.

La posición del conmutador de tensión se indica también a distancia por ser conmutador en carga. Se dispone para el usuario de dos (2) coronas de contactos transmisores de posición libres de potencial.

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



El relé de protección del cambiador de tomas es del tipo RS-2.001 (MR) y dispone de dos (2) contactos de disparo. Existe un contacto auxiliar con nivel real de alarma que se anticipa a la actuación del contacto de disparo.

El cambiador tiene una toma de muestras de aceite a altura de hombre.

También dispone de una boca de hombre para su inspección situada lateralmente.

El compartimento del regulador dispone de válvula de alivio con cuatro (4) contactos de actuación para señalización de alarma.

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

El diseño es simple y robusto, con contactos de arco que aseguran una larga vida útil. Cada conmutador de tomas ensamblado es capaz de soportar sin daño los esfuerzos producidos por la corriente de cortocircuito prevista cuando el transformador sea sometido a corrientes de cortocircuito según los requerimientos de la norma UNE-EN 60214.

El conmutador de tomas está diseñado para soportar las pruebas dieléctricas aplicadas al devanado al cual esté conectado.

El motor está protegido con interruptor magnetotérmico con contactos de alarma NC debidamente conectados a bornes, y con posible cambio de tensión auxiliar de 3x400 a 3x230 Vca.

El armario del cambiador de tomas es del tipo ED de MR, cumpliendo las especificaciones correspondientes.

6.13. Protecciones propias del transformador

6.13.1. Relé Buchholz

Se suministra un relé Buchholz para cuba, y otro que recoge el aceite proveniente de las tres cajas de aceite, en la tubería común a ellas, unida a las tres tuberías asociadas

a cada caja mediante válvula de tres vías o sistema similar. Asimismo, existe una separación de las tuberías de los relés Buchholz hacia el conservador, que acometen a cada recinto independiente del mismo. En la tubería de conexión se provee un tramo desmontable para montaje del relé Buchholz. Dicho tramo está provisto de válvulas a uno y otro lado.

El relé Buchholz es antisísmico y con un (1) contacto de alarma y dos (2) de disparo.

Se garantiza un perfecto nivelado. La tubería de unión dispone de una pendiente del 8% para facilitar el flujo de gas hacia el depósito conservador, con los diámetros mínimos de acuerdo a la capacidad del transformador. La tubería parte del punto más alto donde esté presente aceite.

El transformador lleva toma de muestras de gases y aceite para cada relé Buchholz instalado, a altura de hombre y a través de vaso de cristal. Existen dos válvulas que permiten el aislamiento del vaso de cristal para permitir que éste se pueda retirar fácilmente.

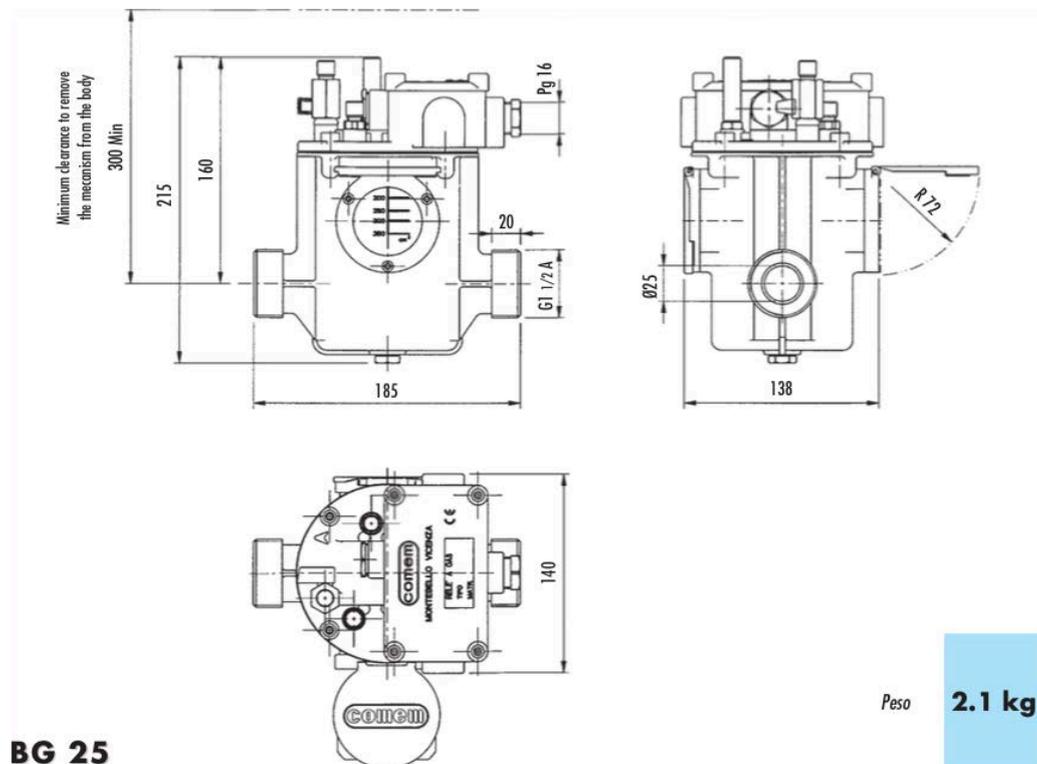


Fig. 8: Relé Buchholz



6.13.2. Termómetro y relés de imagen térmica

Se suministra también un termómetro de aceite de marca AKM de cuatro juegos de contactos, con funciones de alarma de nivel 1 y nivel 2 por temperatura de aceite y marcha y parada del equipo de refrigeración.

Se suministra un relé de imagen térmica de marca AKM y un transformador de intensidad tipo Bushing en la fase central (V) de primario y secundario, de cuatro juegos de contactos, con funciones de alarma de nivel 1 y nivel 2 por temperatura de devanado y marcha y parada del equipo de refrigeración.

Tanto termómetro como relés de imagen térmica disponen adicionalmente de salida analógica (0-5 mA) para indicación a distancia.

Se suministra una resistencia de platino Pt-100 para la indicación a distancia de la temperatura del aceite del transformador, mediante señal analógica (0-5 mA).

Las sondas de termómetros y relés de imagen térmica están protegidas de la intemperie con una envolvente de chapa desmontable. Se deja una sonda de reserva para termómetro de aceite.

Los relés de imagen térmica y el termómetro se alojan en un armario galvanizado en caliente y pintado con tapa de cristal y adosado a la cuba.

Este armario lleva termostato y resistencia de caldeo. Dispone asimismo de circuito monofásico protegido mediante interruptor magnetotérmico, contactos de alarma NC debidamente conectados a bornes, para la alimentación eléctrica del equipo analizador de gases disueltos descrito en el apartado correspondiente.

La ubicación es tal que puedan ser observados fácilmente desde el suelo, y que tengan una escala conveniente. Las escalas están graduadas en grados centígrados, indicándose la histéresis de apertura y cierre de los contactos auxiliares, mediante placa adecuada, así como con los niveles de alarma (niveles 1 y 2) recomendados por el fabricante, de acuerdo al resultado del ensayo de calentamiento.



6.14. Cables

El cableado tanto interno como externo es apantallado longitudinalmente en cinta de cobre o malla de cobre, con las siguientes características:

- No propagador de la llama. (UNE-EN 50265)
- No propagador del incendio. (UNE-EN 50266)
- Cero halógenos. (UNE-EN 50267)
- Baja emisión de humos opacos. (UNE-EN 50268)
- Reducida emisión de gases tóxicos.
- Nula emisión de gases corrosivos. (UNE-EN 50267)

Para el cableado interno, la tensión de aislamiento es 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 realiza con sujeción a varillas de acero y con grapas metálicas inoxidables, y va protegido con envolvente metálica de aluminio tipo ANACONDA, siendo la superficie de canalización lo suficientemente amplia para albergar un 25% de espacio de reserva.

Todos los cables están identificados con canutillos de plástico y tinta indeleble.

La sección mínima de los cables es de 2.5 mm². En el caso de cables de secundario de transformador de intensidad, la sección mínima es de 6 mm².

Los cables de fuerza están dimensionados para las potencias de los motores del equipo de ventilación, y el posible cambio de tensión auxiliar de 3x400 a 3x230 Vca.

6.15. Equipo de refrigeración

La refrigeración es del tipo ODAF. Es decir, el flujo de aceite forzado se dirige a la cuba y se utilizan aero-refrigerantes (convección forzada). Para este tipo de



refrigeración, el calentamiento medio de los arrollamientos puede incrementarse hasta los 70°C.

El selector de control de refrigeración dispone de cuatro posiciones: parada, local, local a distancia y automático. Asimismo, dispone de entrada externa para parada de refrigeración a distancia, que está cableada entre los bornes puenteadas desde fábrica que se utilizan para este fin.

Se contempla la entrada de cada aero-refrigerante al completo, esto es, motobomba y todos los ventiladores asociados, con arranque escalonado que cada elemento. Así el arranque de las motobombas será secuencial, y una vez arrancadas todas las motobombas, sin incluir la de reserva, se producirá arranque secuencial para cada grupo de ventiladores asociados a cada aero. Las señales de entrada en automático de los diferentes componentes del equipo de refrigeración serán temperatura de aceite y temperatura de cada devanado.

Debido a que la potencia es inferior a 60 MVA, el transformador lleva dos aero-refrigerantes, instalándose tres (3) motobombas, dos principales y otra de reserva, con entrada en automático ante fallo de la principal, pudiéndose seleccionar en cualquier caso las motobomba principales a emplear.

Cada ventilador o grupo motobomba admite la posibilidad de ser alimentado individualmente, independientemente de que puedan agruparse entre sí.

Además, las conexiones a los aeros se dejarán previstas por ambos lados (largos) de la cuba.

El aero-refrigerante podrá ser instalado en posición horizontal, vertical y de canto, en función de los requisitos de espacio.

Asimismo, en el suministro están incluidas las tuberías para la conexión de la cuba a los aero-refrigerantes.

Las motobombas tienen indicador de caudal, con temporización en sus contactos, tanto en el arranque como una vez en servicio y van separadas por carretes de expansión de la conducción principal.



Disponen igualmente de válvulas de cierre del circuito de refrigeración que permiten su manipulación, sustitución y mantenimiento. El dimensionamiento de la motobomba se realiza una vez indicada la implantación del transformador, con objeto de conocer las pérdidas de carga implicadas.

Se recomienda que las motobombas estén en ubicación superior. En esta posición, se garantiza la no interferencia con el funcionamiento del relé Buchholz, debiendo estar a una altura inferior a éste.

6.15.1. Características principales de la refrigeración

- Fabricante del intercambiador de calor ABB
- Disipación para calentamiento en el aceite de entrada de 45°C 205 kW
- Número de intercambiadores (incluido reserva) 2 + 1
- Caudal nominal de aceite y aire 72 / 15000 m³/h
- Consumo total de la refrigeración forzada 16.0 kW
- Intensidad nominal /arranque de cada ventilador 3.8 A / 18.1 A cresta
- Intensidad nominal / arranque de cada motobomba 10 A / 58 A cresta
- Dimensiones de cada aero-refrigerante (largo x ancho x alto) 2.9 x 1.5 x 0.9 m
- Ubicación de cada aero-refrigerante Vertical
- Masa de cada aero – refrigerante 520 kg
- Distancia a paredes 1.5 m

6.16. Armarios

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

Las dimensiones de estos armarios son lo suficientemente amplias para todos los elementos que va a contener, de manera que permitan fácilmente la accesibilidad y reparación de cualquier elemento del mismo. Van provistos de toma de tierra directa y



aislados de la cuba mediante amortiguadores tipo silentblock. Está previsto un 10% de reserva.

Este armario es de acero inoxidable de 2 mm de espesor, pintado del mismo color que el transformador; tiene tomas de aireación en parte superior e inferior, rejilla anti-insectos y la puerta está protegida con aislante antitérmico. Está dotado de resistencia de caldeo y termostato.

Con las puertas cerradas, ofrece 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. Asimismo, tendrá categoría de inflamabilidad FV1 según Norma UNE-EN 60707. Dispone de sistema de retención para puerta abierta.

El cableado interno cumple lo indicado en el apartado “Cables”.

Los relés auxiliares serán del fabricante ARTECHE y los interruptores magnetotérmicos del fabricante ABB.

Será mecanizada en campo la placa ciega de prensaestopas, de tal forma que se garantice la interconexión del transformador. Una vez realizada dicha placa, las siguientes unidades correspondientes al mismo tipo de transformador, vienen mecanizadas desde fábrica con dicha placa, y un 20% de huecos de reserva con su correspondiente tapón ciego.

Con objeto de que el calor de la cuba no incida sobre cada armario, la separación del armario es de 200 mm.

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

Los bornes de conexión son los adecuados para la sección correspondiente de cable o hilo y no llevarán más de una punta de conexión. Estas serán de fabricación Phoenix.



Los motores están protegidos con interruptores magnetotérmicos con contactos de alarma NC debidamente conectados a bornes, y con posible cambio de tensión auxiliar de 3×400 a 3×230 V.

Los elementos de calefacción, toma de fuerza y alumbrado son independientes de la ventilación y del control y llevan interruptor de protección.

Están identificados adecuadamente con placas todos los aparatos del armario de mando con la identificación que figure en esquema. Estos rótulos correspondientes son de material resistente a las condiciones internas del armario.

Los bornes de alimentación exterior se colocan en la parte inferior del armario.

6.17. Pintura

La pintura del transformador y accesorios, incluidos sistema de refrigeración y todos los armarios, está realizada según la Norma UNE 20.175, con acabado exterior gris medio UNE B-109 (Norma UNE 48.103), equivalente RAL 7030. El interior de la cuba y conservador se pinta en color blanco brillante B-119, según la citada norma.

Las condiciones de garantía de pintura serán las establecidas en el documento contractual del pedido.

6.18. Ruido

El transformador a plena carga y su equipo de refrigeración funciona con un nivel de ruido (presión acústica) que no supera los 75 dBA según las normas particulares de la distribuidora.

6.19. Equipo analizador de gases disueltos.

Se suministra equipo analizador de gases disueltos y contenido de humedad para el aceite de cuba, marca GENERAL ELECTRIC y modelo HYDRAN M2, con dos salidas y dos entradas analógicas aisladas 4-20 mA.

La disposición del equipo analizador de gases es horizontal. El diámetro nominal de la válvula de conexión es de 1.5" (38.1 mm) y la longitud máxima entre el punto de conexión y el sensor del equipo analizador de gases es de 9" (228.6 mm).



Fig. 9: Analizador de gases Hydran M2



7. CABLES AISLADOS

Se detallan en esta sección las características constructivas de los conductores empleados para conectar los distintos parques de tensión de la instalación.

7.1. Cables de 20 kV

Los cables de 20 kV tienen como misión conectar la salida en media tensión de los transformadores de potencia a las celdas de media tensión.

Se empleará el modelo HERSATENE FOC del fabricante GENERAL CABLE. Son cables libres de halógenos, aptos para la distribución de energía en instalaciones al aire, entubadas o enterradas. Cumple con los estándares de las normas UNE e IEC sobre cables no propagadores de la llama, baja acidez y corrosividad de los gases emitidos y baja opacidad de los humos emitidos durante la combustión.

La cubierta es resistente a la abrasión y al desgarró. Permite una mayor facilidad de deslizamiento. La pantalla y el conductor presentan obturación longitudinal al paso del agua. El aislamiento es de polietileno reticulado (XLPE) en sistema de triple extrusión simultánea: semiconductor interior, aislamiento XLPE y semiconductor exterior.

7.1.1. Características asignadas

- Tipo de cable RHZ1 – 2OL (S) Al
- Número de conductores por fase2
- Conductor Aluminio semirrígido, clase 2
 - Sección..... 240 mm²
- Aislamiento.....XLPE
 - Diámetro 30.2 mm
- PantallaCorona de hilos de cobre
- Cubierta exterior Poliolefina termoplástica
 - Diámetro 39.4 mm



- Tensión12/20 kV
- Peso específico 1840 kg/km
- Radio de curvatura mínimo 595 mm
- Corriente nominal de cada conductor (25 °C)345 A
- Temperatura máxima del conductor90 °C

7.2. Cables de 220 kV

Los cables de 220 kV conectan la salida de la GIS al primario de los transformadores de potencia.

Se empleará el modelo SILEC del fabricante GENERAL CABLE. Son cables libres de halógenos, aptos para la distribución de energía en instalaciones al aire, entubadas o enterradas. Se cumple con los estándares de las normas UNE e IEC sobre cables no propagadores de la llama, baja acidez y corrosividad de los gases emitidos y baja opacidad de los humos emitidos durante la combustión.

La cubierta es resistente a la abrasión y al desgarro. Permite una mayor facilidad de deslizamiento. La pantalla y el conductor presentan obturación longitudinal al paso del agua. Adicionalmente, presenta obturación radial mediante cinta de aluminio y copolímero adherida a la cubierta. El aislamiento es de polietileno reticulado (XLPE) en sistema de triple extrusión simultánea: semiconductor interior, aislamiento XLPE y semiconductor exterior.

7.2.1. Características asignadas

- Tipo de cableRHZ1 – RA + 2 OL (S) Al H250
- Número de conductores por fase 1
- ConductorAluminio semirrígido, clase 2
 - Sección..... 300 mm²
- Aislamiento.....XLPE



- Diámetro 88.7 mm
- Pantalla Corona de hilos de cobre
- Cubierta exterior Poliolefina termoplástica
 - Diámetro 103 mm
- Tensión 127/220 kV
- Peso específico 17800 kg/km
- Radio de curvatura mínimo 2060 mm
- Corriente nominal de cada conductor (25 °C) 600 A
- Temperatura máxima del conductor 90 °C

7.3. Terminales de cable

7.3.1. Terminal en 220 kV

Los terminales para la conexión a las celdas GIS son del tipo enchufable (*slip-on*) para una instalación fácil y segura. Están fabricados por GENERAL CABLE y siguen el estándar IEC 62271 – 209.

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

Las características del terminal seleccionado son:

- Tensión máxima entre fases (U_m) 245 kV
- Nivel básico de aislamiento a impulso tipo rayo (BIL) 1050 kV
- Altura aproximada 1650 mm
- Sección del cable 300 mm²



Fig. 10: Terminales de conexión en 220 kV

7.3.2. Terminales en aceite para la conexión al primario del transformador

Las características eléctricas y constructivas son idénticas a los terminales para la conexión de las celdas de 220 kV.

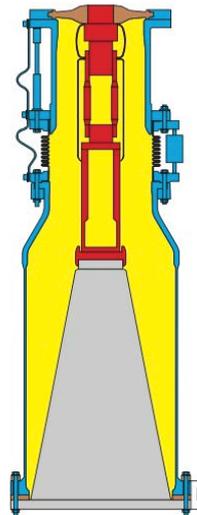


Fig. 11: Terminales de conexión en 220 kV para transformador



8. SERVICIOS AUXILIARES

8.1. Servicios auxiliares de corriente alterna

8.1.1. Fuentes de alimentación auxiliares

Se contemplan las siguientes fuentes de alimentación de corriente alterna a la nueva subestación, ordenados por orden de prioridad de mayor a menor:

- Alimentación desde el secundario de 21 kV de los transformadores de potencia 220 / 21 kV, 25 MVA, a través de un transformador 20/0.4 kV de 400 kVA.
- Grupo electrógeno de 400 kVA a 400/230 V.

8.1.1.1. Transformador de servicios auxiliares

Los transformadores elegidos para alimentar todos los servicios auxiliares de corriente alterna de la subestación serán del fabricante SCHNEIDER ELECTRIC. Se precisarán dos (2) transformadores trifásicos de 400 kVA, relación de transformación nominal 20 / 0.4 kV, uno por cada transformador de potencia de la instalación.

Los transformadores están encapsulados en resina, y son aptos para instalaciones de interior o de exterior. El núcleo posee un recubrimiento protector. El sistema de refrigeración es por convección natural (AN).

La envolvente de los transformadores es metálica, siendo el grado de protección IP31. La conexión de la envolvente a tierra se realiza por un único punto. El acceso al cambiador de tomas en alta tensión se realiza a través de un panel atornillado a la envolvente.

8.1.1.1.1. Características eléctricas

- Potencia nominal400 kVA
- Frecuencia nominal.....50 Hz

- Relación de transformación nominal20 / 0.4 kV
- Nivel de aislamiento24 kV
- Tomas +/- 5 %
- Grupo vectorialDyn11
- Pérdidas en vacío750 W
- Pérdidas en carga5500 W
- Tensión de cortocircuito nominal 6 %
- Máxima temperatura de funcionamiento40 °C

8.1.1.1.2. Características mecánicas

- Largo..... 1360 mm
- Ancho..... 810 mm
- Alto 1600 mm
- Peso total.....1580 kg

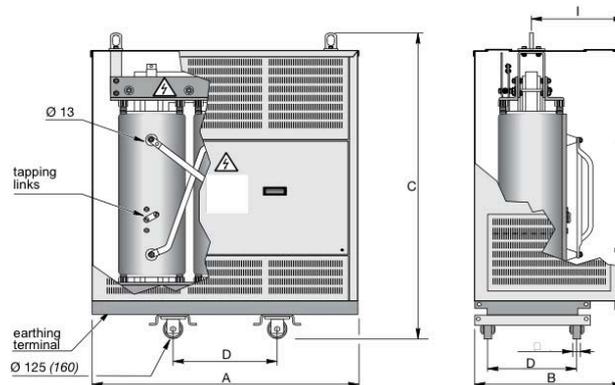


Fig. 12: Transformador de servicios auxiliares

8.1.1.2. Grupo electrógeno

El diseño de la subestación contempla la instalación de un grupo electrógeno diésel con capota insonorizada y para instalación en interior, dispuesto sobre bancada, que será capaz de alimentar los servicios auxiliares en caso de pérdida del suministro. Se ha seleccionado el modelo V440C2 del fabricante SDMO. Está equipado con un motor VOLVO y un alternador LEROY SOMER.

Dispone de depósito de combustible para tener una autonomía de 24 horas y equipo asociado de trasiego. Este depósito viene incorporado en la propia bancada del grupo y dispone de doble pared, por lo que no es necesario disponer de depósito auxiliar para recogida de fugas.

El grupo nunca entrará en funcionamiento mientras esté funcionando uno de los dos transformadores de servicios auxiliares. La unidad de control de servicios auxiliares se encargará de realizar la conmutación entre las alimentaciones posibles.

8.1.1.2.1. Características generales

- Tipo de motor TAD1344GE
- Frecuencia..... 50 Hz
- Tensión400/230 V
- Potencia aparente máxima ESP440 kVA
- Potencia máxima ESP..... 352 kWe
- Intensidad sonora a 7 m 68 dB
- Largo..... 4480 mm
- Ancho..... 1410 mm
- Alto 2430 mm
- Peso.....4080 kg



Fig. 13: Grupo Electrónico V440C2 de SDMO



8.1.2. Cuadro general de corriente alterna

Se instalará un cuadro general de C.A. en la sala de servicios auxiliares de la subestación.

El cuadro estará alimentado desde las fuentes independientes y no simultáneas indicadas (grupo electrógeno y transformadores de servicios auxiliares). El embarrado del cuadro estará constituido por 3 barras de fase y 1 barra de neutro. Para garantizar la facilidad del mantenimiento, tendrá una configuración de barra partida, realizándose la conexión de ambas barras a través de un interruptor motorizado. En caso de pérdida de una de las alimentaciones principales se pueden acoplar ambas barras. Los equipos rectificadores de 125 Vc.c. y el cuadro de comunicaciones de corriente alterna irán conectados a ambas barras.

La conmutación de fuentes se realizará de forma automática utilizando interruptores motorizados.

La medida de energía consumida por los servicios auxiliares se realizará en BT, para lo cual se dispone de un contador de potencia activa de clase 1, que se ubicará en el Cuadro General de Servicios Auxiliares de C. A.

8.1.3. Cuadros de distribución

Los cuadros de distribución serán alimentados desde el cuadro general:

- cuadro de fuerza y climatización, para los servicios correspondientes, con barras separadas;
- cuadro general de alumbrado, para el alumbrado del edificio y los accesos.

8.1.4. Instalación de alumbrado

En el interior del edificio, el alumbrado normal se realizará con lámparas fluorescentes. En la sala GIS, además de los fluorescentes adosados a las paredes, se



instalarán proyectores de suspensión con lámpara de halogenuros metálicos de 400/250 W con el fin de obtener un nivel de iluminación adecuado.

La iluminación de la fachada del edificio (alumbrado perimetral) se realizará mediante luminarias de aproximadamente 70 W, que proyectarán la luz hacia el suelo.

Los alumbrados de emergencia del edificio, se realizarán con equipos fluorescentes autónomos situados en las zonas de tránsito y en las salidas. Su encendido será automático en caso de fallo del alumbrado normal, si así estuviese seleccionado, con autonomía de una 1 hora.

Los niveles de iluminación en las distintas áreas serán, por tanto, de 500 lux en la sala de servicios auxiliares y en la sala GIS.

Se dispondrá de fotocélula para el encendido del alumbrado exterior.

8.2. Servicios auxiliares de corriente continua

8.2.1. Sistema de 125 V de corriente continua

Se instalarán dos equipos fuente conmutada – batería en la sala de servicios auxiliares, que alimentarán a todos los sistemas de control y protecciones, así como el sistema de fuerza (alimentación de los mandos de interruptores y seccionadores).

Asimismo el Cuadro General de Corriente Continua de 125 V será del tipo normalizado con dos barras independientes, desde las que se distribuirán los servicios de control y fuerza. Estará ubicado en la sala de servicios auxiliares de la subestación.

Este cuadro alimentará los armarios de control local de la sala GIS.

8.2.2. Sistema de 48 V de corriente continua

Se instalarán dos equipos de convertidores 125/48 Vc.c. – batería para 48 V con capacidad de acuerdo a los criterios de diseño normalizados por la Propiedad y un Cuadro



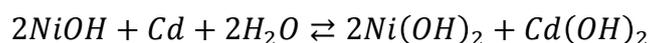
General de Corriente Continua de 48 V del tipo normalizado. De este cuadro, partirán todas las alimentaciones a los equipos de comunicaciones. Este cuadro se alimenta en 125 V c.c. desde los bastidores integrados de las posiciones y dispone de un convertidor para transformar la tensión de 125 a 48 V.

8.3. Baterías

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

Las baterías recargables alcalinas emplean un cátodo de hidróxido de níquel y un ánodo metálico (Níquel/Cadmio, Níquel/Hierro o Níquel/Zinc) o un ánodo de hidrógeno.

Este tipo de baterías posee un electrodo positivo (cátodo) de hidróxido de níquel, y un electrodo negativo (ánodo) de cadmio. En el proceso de descarga, el hidróxido de níquel del cátodo se reduce a un estado menos oxidado y el cadmio se oxida a hidróxido de cadmio. La reacción es reversible, y se produce en el sentido inverso en la recarga de la batería. El electrolito empleado es una solución de hidróxido de potasio.



Los materiales activos de la batería se almacenan en bolsas formadas por bandas de acero doblemente perforadas. Las bandas están unidas mecánicamente y están soldadas a la barra colectora de corriente.

Este tipo de baterías es adecuado para utilizarse en centrales pequeñas y en subestaciones que no dispongan de personal de mantenimiento permanente, como en el caso del presente diseño.

Pueden recargarse, y son menos propensas que las pilas normales a perder el electrolito. Su resistencia interna es muy inferior al resto de baterías, y los tiempos de carga son menores que en el resto de baterías. Son capaces de mantener la tensión



prácticamente constante durante el 90% del ciclo de descarga. Además, admiten sobrecargas y se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga, a pesar de que ya no se almacena. Por último, pueden funcionar en un rango suficientemente amplio de temperaturas (entre -40 °C y 50 °C), si bien la temperatura de funcionamiento óptimo de diseño es de aproximadamente 25 °C. Debido a la ubicación interior de las baterías, se espera que su temperatura de funcionamiento sea próxima a la temperatura óptima de diseño. Por tanto, no se emplearán coeficientes de corrección por temperatura.

8.3.1. Batería de 125 Vc.c.

La batería seleccionada para alimentar en caso de emergencia el sistema de 125 Vc.c. es el modelo SBM del fabricante SAFT BATTERIES. Se trata de una batería de tipo níquel – cadmio. En el apartado de cálculos correspondiente se detallan los pasos para obtener la capacidad y parámetros característicos de la batería elegida.

8.3.1.1. Características generales

- Modelo de la batería SBM 112
- Capacidad 112 Ah
- Elementos
 - Número de elementos94
 - Largo de cada elemento 195 mm
 - Ancho de cada elemento 94 mm
 - Altura de cada elemento 406 mm
 - Peso de cada elemento6.26 kg
 - Electrolito por elemento0.45 kg

8.3.2. Cargador - rectificador de la batería de 125 Vc.c.

El cargador rectificador elegido es el modelo MIT NG 3 del fabricante SAFT.



El rectificador – cargador está basado en la tecnología convencional de tiristores controlador por microprocesador, a los que se unen funcionalidades adicionales propias de la microelectrónica.

Permite la medida de la tensión de la batería y su utilización, así como la corriente del cargador. El estado del cargador se monitoriza exhaustivamente. Existen alarmas locales con LED y remotas con relés.

Se permite la carga de las baterías de níquel – cadmio en los modos de flotación, carga rápida automática y carga manual.

Presenta protección magnetotérmica de entrada y protección por varistores tanto en la entrada como en la salida.

8.3.2.1. Características eléctricas

A continuación se detallan las características eléctricas del modelo seleccionado:

- Tensión nominal de entrada..... 400 V + 10% - 15% Trifásica
- Frecuencia de entrada 50 ± 5% Hz
- Tensión de rizado con baterías ±1.5 %
- Estabilidad de tensión de carga ±1 %
- Temperatura de funcionamiento 0 – 45 °C
- Limitación de corriente del cargador..... 100 %
- Corriente del cargador35 A

8.3.2.2. Características mecánicas

A continuación se detallan las características mecánicas del modelo seleccionado:

- Alto 1050 mm
- Ancho..... 550 mm
- Fondo 600 mm



- Grado de protección..... IP20
- Ventilación Convección natural



9. RED DE TIERRAS

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

Se cumplen dos objetivos básicos: garantiza la seguridad de las personas y protege las instalaciones. Las funciones principales de esta parte de la instalación 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.

Las diferencias de potencial a controlar son la tensión de paso y de contacto, definidas en el apartado de cálculos correspondiente. Como se comprueba en dicho apartado, las tensiones de paso y de contacto son inferiores a las admisibles según la norma IEC, y, por tanto, el diseño es válido.

La puesta a tierra diseñada protegerá tanto el interior de la subestación como el acceso a la misma y la acera que la rodea.

El electrodo está formado por conductores de cobre, protegidos para dotar a la instalación de puesta a tierra de una elevada resistencia a la corrosión. La solución adoptada contempla la instalación de una malla equipotencial enterrada. La justificación del diseño se especifica en el apartado de cálculos correspondiente.

Se pondrán a tierra los siguientes elementos:

- los chasis y bastidores de los elementos de maniobra;
- las envolventes de los conjuntos de armarios metálicos;
- las puertas metálicas;
- las pantallas de los cables;
- las tuberías y conductos metálicos;
- las carcasas de los motores y transformadores;
- los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra;
- las pantallas de separación de los circuitos primario y secundario de los



transformadores de medida y protección.

Estas conexiones se fijarán a la estructura y carcasas del aparellaje mediante tornillos y grapas especiales, que aseguran la permanencia de la unión, haciendo uso de soldaduras aluminotérmicas de alto poder de fusión, para las uniones bajo tierra, ya que sus propiedades son altamente resistentes a la corrosión galvánica.

9.1.1. Características de la red de tierras

Se muestran a continuación los parámetros de la instalación resultantes de los cálculos, que pueden consultarse en el apartado correspondiente.

- Conductores
 - Material de los conductoresCobre
 - Sección.....240 mm²
 - Longitud total 1695 m
- Longitud del lado de la cuadrícula 1.5 m
- Profundidad de la malla 1 m
- Resistencia de puesta a tierra.....0.80 Ω



10. PROTECCIONES ELÉCTRICAS

10.1. Protecciones en 220 kV

10.1.1. Protecciones de barras

Las barras de las subestaciones son elementos críticos en una red eléctrica. Como se ha expuesto anteriormente, una falta en una barra requiere desconectar todos los elementos conectados a la misma.

Se debe garantizar en la protección de barras la seguridad, es decir, no actuar frente a faltas externas; y la obediencia, es decir, actuar frente a faltas internas.

10.1.1.1. Diferencial de barras

La protección diferencial de barras (87B) suma las intensidades entrantes y salientes de una barra. En condiciones de funcionamiento normal, o de falta externa, la intensidad diferencial es nula; en condiciones de falta interna, la intensidad diferencial calculada tiene el mismo valor que la intensidad de falta, por lo que arrancan las protecciones.

El ajuste de las protecciones se realizará considerando la característica de corriente diferencial frente a corriente de frenado. Se considerará la corriente de frenado como la media de las corrientes de la barra.

10.1.1.2. Sobretensión

Se instalará un relé de sobretensión (59) por barra, que permitirá detectar sobretensiones debidas al funcionamiento anómalo de la regulación de tensión y a las faltas, que ocasionarán sobretensiones en las fases sanas. Transcurrido el tiempo del ajuste de la protección, se abrirán todos los interruptores conectados a la barra.



10.1.1.3. Protecciones de frecuencia

Se instalarán en cada barra relés de subfrecuencia y sobrefrecuencia, ajustados a 48 y 52 Hz respectivamente. Ante frecuencias de la red fuera de este rango, se abrirán los interruptores correspondientes.

10.1.2. Protecciones de línea

10.1.2.1. Diferencial de línea

La protección diferencial de línea (87L) que se empleará será la diferencial longitudinal. Será necesario un relé digital por fase. Cada relé medirá valores de intensidad en módulo y ángulo, y calculará la corriente diferencial con los valores de módulo y fase procedentes de los relés situados en el extremo opuesto de la línea. Todas las comunicaciones se realizarán por medio de fibra óptica.

10.1.2.2. Distancia

En cada salida de línea se instalará una protección de distancia (21), con primera y segunda zona hacia delante y con tercera y cuarta zona hacia atrás. Todas las protecciones de distancia estarán comunicadas entre sí.

El ajuste de esta protección se realizará a sobrealcance a bloqueo, debido a que la longitud de las líneas es inferior a 100 km. En esta configuración, cada relé cuenta con una cuarta zona que si detecta defecto envía una señal de bloqueo al relé situado en el otro extremo de la línea. Cada relé actúa instantáneamente si detecta falta en primera zona y no recibe señal de bloqueo.

Ante una falta en la barra, todas las protecciones verán falta en su tercera zona, por lo que abrirán los interruptores, aislando la barra en falta.



10.1.2.3. Subtensión

Existirá un relé (27) por cada interruptor, que tendrá la misión de detectar subtensiones debidas al funcionamiento anómalo de la regulación de tensión y al transitorio de conexión de los transformadores. Se permitirá en el ajuste el reenganche y los huecos de tensión.

10.1.2.4. Fallo de interruptor

La protección de fallo de interruptor (52S) vigila el buen funcionamiento del interruptor tras una orden de apertura. Si no se produjese la apertura del mismo, la protección ordena la apertura del resto de interruptores de la barra, aislando de esta manera el fallo.

El modo de vigilancia será por contactos auxiliares del interruptor.

10.1.2.5. Relé de sincronismo

Debido a que la subestación diseñada será operada por medio de telemando, será necesario contar con relés de sincronismo (81). Estos relés solo permitirán el cierre de los interruptores si a ambos lados del mismo la frecuencia es igual y la tensión tiene el mismo módulo.

10.1.3. Protecciones de los transformadores de potencia

Todas las protecciones de esta sección serán protecciones redundantes, y tendrán los circuitos de medida de la intensidad y disparo por separado.



10.1.3.1. Protección diferencial de transformador

La protección diferencial del transformador (87T) vigila la corriente diferencial entre el primario y el secundario del transformador. Será la protección principal de los transformadores de potencia. Existe un relé monofásico digital por cada fase, que actúa cuando recibe la orden de disparo. Ésta última solo se produce en caso de faltas internas del transformador, y no para faltas externas, donde la corriente diferencial es nula. Los relés compensan internamente la corriente diferencial, ajustando las relaciones de transformación.

10.1.3.2. Protección de sobreintensidad

La protección de sobreintensidad (51) vigila las intensidades de fase y de neutro. El principio de funcionamiento se basa en la actuación de relés de sobreintensidad (51) de fase y de neutro. Existirá un relé de sobreintensidad tanto en el primario como en el secundario de los transformadores de potencia. En el ajuste se considerará protección de respaldo de la protección diferencial, y deberá estar coordinada con otras protecciones ante defectos externos. Además, deberá actuar rápidamente ante defectos internos.

10.1.3.3. Protección de cuba

La protección de cuba del transformador protege frente a defectos de aislamiento de arrollamientos a la cuba y contorneamiento de los bornes pasatapas. Estos defectos pueden producir esfuerzos mecánicos en arrollamientos, daños en chapas en caso de falta a tierra y daños en la cuba.

Se vigila la intensidad de falta que circula por la cuba a tierra, colocando un transformador toroidal en la conexión cuba – tierra. Este transformador alimenta un relé de sobreintensidad, cuyo ajuste se realizará con temporización instantánea. Se intentará reducir en el ajuste la posibilidad de disparos intempestivos por fallo de aislamiento de la cuba a tierra.



10.1.3.4. Protección de sobrecarga

La protección de sobrecarga (49) detecta sobrecargas térmicas inadmisibles en los arrollamientos por intensidades superiores a la intensidad nominal. El origen de estas intensidades se debe en gran medida a las indisponibilidades de elementos del sistema como los generadores, las líneas u otros transformadores. Las sobrecargas térmicas producen el envejecimiento del aislamiento de los arrollamientos, que los hace más propicios a la perforación.

Además de las sondas de temperatura distribuidas en el transformador citadas en la descripción del transformador, se emplearán relés de imagen térmica y relés digitales de sobrecarga térmica.

10.2. Protecciones en 20 kV

Debido a la alta densidad de carga prevista para las líneas de salida de la subestación, se instalarán protecciones de sobreintensidad, tanto de fase como de neutro.

10.2.1. Protección de sobreintensidad de fase

La protección de sobreintensidad de fase protege contra las elevadas corrientes que se producen en faltas polifásicas. Tendrá una unidad de tiempo definido (50) y una unidad de tiempo inverso (51).

La corriente de arranque de la unidad de tiempo definido será mayor que la máxima corriente esperada en la carga y menor que la corriente de cortocircuito bifásico.

La corriente de arranque de la unidad de tiempo inverso estará comprendida entre el 120 y el 150 % de la corriente de carga máxima prevista. El dial será el tiempo correspondiente a la corriente de falta al final de la línea.



La coordinación con las protecciones fuera de la subestación se realizará por tiempos.

10.2.2. Protección de sobreintensidad de neutro

La protección de sobreintensidad de neutro protege frente a las faltas monofásicas. Su principio de funcionamiento es idéntico al de la protección de fase. También poseerá una unidad de tiempo definido y otra de tiempo inverso.

El ajuste es análogo al realizado en las protecciones de fase, aunque la referencia de corriente es la homopolar correspondiente a la falta monofásica fase – tierra.



11. SISTEMAS SECUNDARIOS

11.1. Sistema de medidas

La medida de energía para facturación se realizará a través de contadores de activa/reactiva de clase 0.2s. informativo, para media tensión, y de medida fiscal para alta tensión.

Dispondrán de medida de energía para facturación las siguientes posiciones:

- Parque de 220 kV:
 - o posición de línea;
 - o posición de transformador;
 - o posición de acoplamiento y medida.
- Sistema de 20 kV:
 - o posición de acoplamiento transversal.

Asimismo, estas posiciones dispondrán de medida de tensión, intensidad, activa y reactiva instantánea que ayudarán entre otros a las maniobras pertinentes y tendrán carácter informativo.

Todas las medidas serán enviadas a los centros competentes a través del sistema de comunicaciones por fibra óptica.

11.2. Sistema de control

El control de la subestación se realizará mediante un SCI cuya unidad central y puesto de operación duplicado se ubicarán en la sala de servicios auxiliares.

Se dispondrá una mini ULC en cada bastidor de relés de protección de cada posición de 220 kV. Cada unidad recogerá la información para el telecontrol y además permitirá el control de mando, alarmas y señalizaciones para mantenimiento local. Estas unidades se conectarán con la unidad central a través de una red de fibra óptica multimodo en configuración radial y redundante.



Adicionalmente, forman parte de este sistema los PLC ubicados en los armarios de mando local de todos los módulos compactos, que se conectarán al sistema por medio de la fibra óptica.

Para sincronizar los equipos se instalará una red de sincronización.

11.3. Comunicaciones

El diseño de las comunicaciones de la subestación sigue las indicaciones del protocolo IEC 61850.

11.3.1. Servicios de telecomunicación

11.3.1.1. Transmisión

Serán necesarios los servicios de telecomunicación de telefonía, canales de comunicación para las protecciones de línea, circuitos de telecontrol y de telegestión.

Para la comunicación de las protecciones se utilizarán enlaces por fibra óptica para la protección primaria, con las correspondientes protecciones de baja frecuencia asociada, para las protecciones secundarias y teledisparo.

11.3.1.2. Conmutación

Se instalará en la sala de servicios auxiliares una Central, equipada convenientemente y unida al resto de la red. Dará servicio de telecarga y telesupervisión a través de la red de telegestión IP.

11.3.2. Supervisión de equipos analógicos

Las alarmas EMISIÓN/RECEPCIÓN del equipo terminal de onda portadora y la ALARMA GENERAL de la protección de baja frecuencia se cablearán a relés auxiliares para su supervisión.



11.3.3. Sistema de gestión de protecciones

Se instalará infraestructura IP, sobre la que se facilitará la conectividad al sistema de gestión de la Propiedad, para la gestión de las protecciones, y el servicio de telefonía IP.

11.3.3.1. Telecomunicaciones para las protecciones de línea

11.3.3.1.1. Red de fibra óptica multimodo

Se dispondrá una red en doble estrella con cables con protección antirroedores de 16 fibras ópticas multimodo entre los bastidores de protecciones y la sala de control en el edificio.

También se dispondrá una red en doble bucle cerrado, con cables de 16 fibras ópticas multimodo, con protección antirroedores, para los armarios de las celdas GIS y el repartidor de la sala de comunicaciones. Para la comunicación de fibra óptica en el interior del edificio, se instalarán armarios de comunicaciones, con repartidores de fibra óptica en la sala de servicios auxiliares.

11.3.3.1.2. Red de fibra óptica monomodo

A la entrada de las líneas de alta tensión llegarán los cables de fibra óptica monomodo OPGW que acompañan a las mismas.

En las entradas se instalarán las correspondientes cajas de empalme para permitir la transición del cable OPGW a cable dieléctrico monomodo. Desde estas cajas se tenderán cables dieléctricos hasta el armario repartidor tipo rack de fibra óptica, donde se instalarán los correspondientes repartidores.



11.3.3.2. Red de telefonía

Para los servicios de telefonía y datos se instalará cableado estructurado mediante cables de categoría 5 o superior. Este cableado partirá de un armario que se ubicará en la sala de comunicaciones y llegará radialmente a donde sea necesario.

11.4. Antiintrusismo

El sistema de detección de intrusos estará formado por:

- central de detección general;
- detectores volumétricos infrarrojos y microondas dentro de edificio;
- contactos magnéticos dentro del edificio;
- cámaras de circuito cerrado visionando las puertas de acceso a la subestación.

11.5. Protección contra incendios

El sistema de protección contra incendios se ajustará a las exigencias de la ITC-14 del RAT, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- La posibilidad de propagación del incendio a otras partes de la instalación.
- La posibilidad de propagación del incendio al exterior de la instalación, por lo que respecta a daños a terceros.
- La presencia o ausencia de personal de servicio permanente en la instalación.
- La naturaleza y resistencia al fuego de la estructura soporte del edificio y de sus cubiertas.
- La disponibilidad de medios públicos de lucha contra incendios.

11.5.1. Detección de incendios

La instalación de detección está formada por los siguientes equipos:

- Una (1) central de detección de incendios algorítmica con el número de bucles



necesarios, a situar en el interior de un armario metálico en la sala de control y comunicación e interconectada a puesto de control por sistema centralizado con interfaz de comunicaciones con marcador telefónico vía GSM o con red Ethernet vía TCP/IP a central corporativa de la Propiedad.

- Sirenas de interior en la sala GIS y sala de servicios auxiliares (una en cada sala).
- Detectores ópticos de humo, con LEDs de alarma que se activan de tal manera que permiten la visión del detector desde cualquier ángulo, con sistema magnético de prueba. Se instalarán en la sala de control y en las salas GIS.
- Detectores termo-velocimétricos con doble circuito de detección, disparo a 90°C y sistema magnético de prueba. Se instalarán en los cubículos de los transformadores.
- Detectores de llama por barrera de infrarrojos en la sala GIS.
- Pulsadores manuales de alarma. Deben permitir provocar voluntariamente y transmitir una señal a la central de detección de incendio, de tal forma que sea fácilmente identificable la zona en que se ha activado el pulsador.

11.5.2. Extinción de incendios

Los transformadores de potencia son los elementos con mayor riesgo de incendio en toda la instalación, debido a su contenido de aceite.

Para los cubículos de transformadores se instalarán elementos fijos de extinción automática de incendios (también con sistemas redundantes). En el resto de la subestación se colocarán elementos móviles o fijos de extinción.

Los sistemas de extinción de incendios que se proyectan en el interior de la subestación se pueden dividir en:

- sistemas de extinción automática:
 - o agua nebulizada;



- espuma de Media Expansión;
- sistemas de extinción manual.



12. OBRA CIVIL

12.1. Movimiento de tierras

La explanación de la plataforma de la subestación se realizará a cota única, con amplitud suficiente para la implantación del edificio. Incluye asimismo la preparación del camino de acceso a la subestación.

El movimiento de tierras estará condicionado, entre otros, por las características del terreno y recomendaciones incluidas en el estudio geotécnico que ha de realizarse previamente al inicio del proyecto constructivo. En función del mismo, y del adecuado estudio de la evacuación de aguas de la plataforma, y mediante la aplicación de una optimización económica, se concretarán las cotas de la plataforma.

El movimiento de tierras se llevará a cabo de acuerdo al Pliego de Condiciones Técnicas.

A la terminación de la plataforma final se hará el estudio de la resistividad del terreno.

12.2. Drenajes

El agua de lluvia caída sobre las cubiertas del edificio será conducida por las bajantes de los canalones hacia la red de drenaje.

12.3. Accesos

Desde la Avenida Pablo Iglesias se ejecutará un acceso hasta la subestación. Se construirá un camino de acceso de 8 metros de ancho, sobre terreno explanado con una capa superficial de zahorra artificial compactada de 25 cm de espesor, con una capa de rodadura y otra de asfalto de 5 cm de espesor cada una, con traza apropiada para acceso de los transportes que llegarán a la subestación. Por tanto los radios de giro y las



pendientes estarán limitados. Dicho camino de acceso dispondrá de cunetas, pasacunetas, caños y demás obras que requiera su perfecta conservación.

12.4. Edificio de la subestación

12.4.1. Descripción general

Se construirá un edificio de una planta, de dimensiones exteriores de 32.00 x 27.00 m y formado por dos zonas diferenciadas (ver plano de planta):

- Sala de equipos GIS de 220 kV y celdas de media tensión de 20 kV, de 26.2 x 16.4 m de dimensiones interiores, donde se ubicarán además de los equipos blindados, los bastidores integrados para control y protección de las posiciones.
- Zona de servicios, formada por la sala de servicios auxiliares de 38.0 m², sala para el grupo electrógeno de 30.3 m², sala de transformadores de servicios auxiliares de 13.8 m². Albergará los equipos de comunicaciones, unidad central y monitores del sistema de control digital, equipos cargador-batería, transformadores de servicios auxiliares, cuadros de servicios auxiliares de c.c. y c.a. y centralitas de alarmas de los sistemas de seguridad y antiintrusismo.

12.4.2. Características constructivas

Se ejecutará el edificio mediante estructura de hormigón armado. Los pilares correspondientes al local donde van a ir dispuestos los futuros equipos GIS serán prefabricados y de hormigón armado. Asimismo, dispondrán de una ménsula de apoyo para una viga carril de puente grúa de la capacidad necesaria para la instalación y mantenimiento de dichos equipos. El diseño del edificio será el adecuado para que la estructura y el cerramiento disponga de una resistencia al fuego RF-120.

El cerramiento será autoportante de hormigón armado prefabricado con aislamiento térmico tipo sándwich. Estará formado por tres láminas, unidas entre sí por medio de bielas de acero inoxidable:



- parte portante, de 12 cm de espesor;
- parte intermedia, de 3 cm de espesor, que hace de capa aislante formada por poliestireno expandido;
- parte flotante, de 5 cm de hormigón armado.

Se realizarán un mínimo de dos conexiones soldadas panel – cimentación o panel – cubierta para dar continuidad eléctrica y crear una jaula de Faraday.

Los angulares, las placas y la tornillería estarán embebidas en el hormigón, y cumplirán los requisitos de durabilidad de recubrimientos mínimos y tratamiento contra la oxidación, de manera que no estarán a la vista una vez finalizado el montaje del edificio.

El sellado y las juntas de unión de los paneles asegurarán la estanqueidad completa del edificio. Se colocarán juntas tipo burlete tanto en los laterales como en la parte superior o inferior para recibir la cubierta y la losa, respectivamente. El sellado exterior de los paneles se realizará por medio de un sellador monocomponente de polímero curado a temperatura ambiente en contacto con la humedad.

La cubierta será plana estará formada por panel sándwich compuesto de chapa interior de acero galvanizado de 0.6 mm, chapa exterior de acero prelacada con núcleo de espuma de en perfil comercial tipo Delfos, montado sobre correas de hormigón pretensado mediante fijaciones mecánicas

Los paramentos interiores tendrán los espesores de acabado necesarios para que su resistencia al fuego sea de 120 minutos (R-120), para evitar una rápida propagación del fuego entre salas cercanas.

12.4.3. Características particulares de las salas

En la sala GIS se ubicarán las bahías GIS y sus respectivos armarios de control y protección, las celdas de media tensión y el material de seguridad correspondiente.

Para el apoyo de las bahías GIS se dejarán embebidas en la solera las placas de anclaje necesarias. Se tapanán con chapas metálicas los pasos de cables y huecos para



las futuras celdas, y se colocarán rodapiés galvanizados para evitar la caída de objetos a través de los huecos de paso de cables.

En la sala GIS, en los nichos de los transformadores y en la sala de servicios auxiliares se dispondrán canales de sección rectangular para el paso y distribución de cables eléctricos, que irán posteriormente tapados con paneles de tramex registrables.

La sala de servicios auxiliares tendrá falso suelo, con capacidad portante de 2500 kg/m². El paso de los cables de unas dependencias a otras se realizará mediante tubos. La solera del local que albergará el grupo electrógeno irá independizada del resto para evitar que se transmitan las vibraciones, además este local estará convenientemente aislado e insonorizado. Existirá asimismo un sistema para recogida de fluidos en caso de fugas.

Para la climatización del edificio se instalará un equipo de aire acondicionado solo frío de 3000 W en la sala de servicios auxiliares y radiadores eléctricos con termostato para calefacción en todas las dependencias.

Es imprescindible que ante un corte de corriente debido por ejemplo a conmutación de servicios auxiliares, los equipos continúen funcionando sin necesidad de reconexión manual. Se incluirá un automatismo de control y alarma de los grupos refrigeradores.

En la sala de servicios auxiliares se instalará un extractor para ventilación. También se instalará un sistema de ventilación forzada controlado por termostato en la sala GIS.

12.5. Cerramiento

Se realizará un cerramiento perimetral de toda la subestación con valla metálica de acero galvanizado reforzado de 2 metros de altura, con postes metálicos, embebidos sobre un murete corrido de hormigón de 0.5 m de altura.

Se dispondrán las siguientes puertas:



- Puerta de acceso de peatones de 1 m de anchura, con cerradura eléctrica, para apertura desde el edificio.
- Puerta de acceso de vehículos de 6 m de anchura, doble hoja.

Los bombines de todas las llaves de acceso, tanto exterior como interior, deberán ser del tipo y con los niveles de jerarquización que se indicarán desde la Demarcación, para que una vez terminada, entre a formar parte del conjunto de amaestramiento de llaves de la misma.

2. CÁLCULOS



ÍNDICE

1.	INTENSIDADES NOMINALES Y DE CORTOCIRCUITO	3
1.1.	Intensidades nominales.....	3
1.1.1.	Intensidad nominal en 220 kV	3
1.1.2.	Intensidad nominal en 20 kV	3
1.1.3.	Intensidad nominal en 400 V	4
1.2.	Intensidades de cortocircuito	4
1.2.1.	Cortocircuito en barras de 220 kV	5
1.2.2.	Cortocircuito en barras de 20 kV	5
1.2.3.	Cortocircuito en barras de servicios auxiliares.....	6
2.	CÁLCULOS DE LAS SECCIONES DE LOS CONDUCTORES	8
2.1.	Conductores de 220 kV	8
2.2.	Conductores de 20 kV	8
3.	DIMENSIONAMIENTO DE LA BATERÍA DE 125 VC.C.....	11
4.	CÁLCULOS DE LA RED DE TIERRAS	16
4.1.1.	Introducción.....	16
4.1.2.	Datos de partida	16
4.1.3.	Datos del terreno.....	16
4.1.4.	Datos generales de las líneas	17
4.1.5.	Datos geométricos de la subestación	17
4.1.6.	Tensiones de paso y de contacto.....	17
4.1.7.	Metodología de cálculo de la red de tierras	18
4.1.8.	Fórmulas empleadas en el cálculo	19
4.1.9.	Resultados.....	21



1. INTENSIDADES NOMINALES Y DE CORTOCIRCUITO

1.1. Intensidades nominales

Se considerará como potencia base la del transformador (25 MVA), debido a que, por cuestiones de diseño de la compartimentación y aislamiento, el parque de 220 kV está sobredimensionado en cuanto a intensidades admisibles. Además, el transformador es el equipo más crítico en la subestación, ya que la mayor parte de averías e incendios se producen a consecuencia de un fallo en el mismo.

Para los cálculos se empleará la siguiente relación:

$$I_n = \frac{S_B}{\sqrt{3}U}$$

Donde S_B es la potencia base y U representa la tensión compuesta considerada en cada caso.

1.1.1. Intensidad nominal en 220 kV

Evaluando la fórmula anterior para una tensión U de 220 kV, se tiene:

$$I_{n_1} = \frac{25 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3} = 65.61 \text{ A}$$

1.1.2. Intensidad nominal en 20 kV

Para una tensión U de 20 kV, se obtiene:

$$I_{n_2} = \frac{25 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10^3} = 722 \text{ A}$$

1.1.3. Intensidad nominal en 400 V

En este caso, para calcular la corriente nominal se emplea la base de 400 kVA, que es la potencia nominal del transformador.

$$I_n = \frac{400 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 577 \text{ A}$$

1.2. Intensidades de cortocircuito

En esta sección se calculará la corriente de cortocircuito en cada uno de los puntos críticos de la subestación. Las corrientes calculadas determinarán, junto con las corrientes nominales, la sección de los conductores a emplear y las características térmicas de la aparamenta.

En la siguiente figura se muestra la configuración habitual de explotación de la subestación y los distintos cortocircuitos que se considerarán en cada uno de los niveles de tensión.

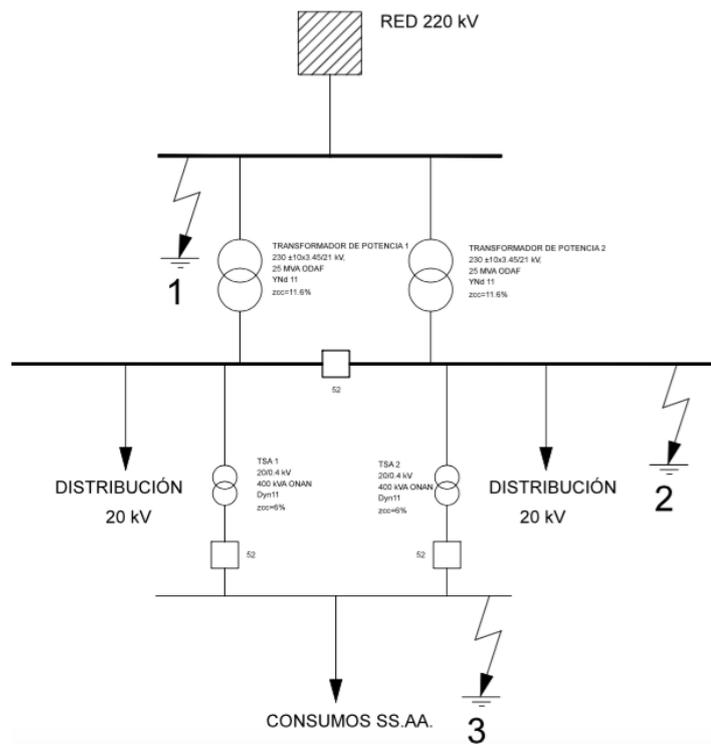


Fig. 1: Configuración habitual de la explotación y cortocircuitos considerados



1.2.1. Cortocircuito en barras de 220 kV

En barras de 220 kV, la red eléctrica tiene una potencia de cortocircuito de aproximadamente 9500 MVA. Por tanto, la intensidad de cortocircuito será:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3}U} = \frac{9500 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3} \approx 25 \text{ kA}$$

1.2.2. Cortocircuito en barras de 20 kV

Es necesario considerar en este caso la impedancia de los transformadores, además de la impedancia de la red calculada anteriormente. Se supondrán ambas impedancias reactancias puras.

El caso más desfavorable será aquel en el que los dos transformadores estén conectados a una misma barra en 20 kV, ya que estarán en paralelo y su impedancia equivalente se verá reducida a la mitad.

La impedancia de la red en 20 kV será:

$$Z_R = \frac{U^2}{S_{cc}} = \frac{20^2}{9500} = 0.042 \Omega$$

La impedancia de cada transformador será:

$$Z_T = u_{cc} \cdot \frac{U^2}{S_B} = 0.116 \cdot \frac{20^2}{25} = 1.856 \Omega$$

Por tanto, la impedancia equivalente de la red y los dos transformadores acoplados será:

$$Z = 0.042 + \frac{1.856}{2} = 0.970 \Omega$$

Finalmente, la corriente de cortocircuito será:

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3}Z} = \frac{20 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0.970} = 11.9 \text{ kA}$$



Para una futura ampliación de la subestación de dos transformadores adicionales, de las mismas características, se tiene, considerando nuevamente el caso más desfavorable de cuatro transformadores en paralelo:

$$Z = 0.042 + \frac{1.856}{4} = 0.506 \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3}Z} = \frac{20 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 0.506} = 22.8 \text{ kA}$$

Dado que las celdas de MT seleccionadas soportan hasta 25 kA en cortocircuito, se considera adecuado el diseño.

1.2.3. Cortocircuito en barras de servicios auxiliares

Se debe añadir a las impedancias de la red y de los transformadores la impedancia del transformador de servicios auxiliares.

En este caso, todos los cálculos se realizan en baja tensión. Se considera en el diseño que el enclavamiento mecánico entre los transformadores de servicios auxiliares y la unidad de control de servicios auxiliares impide que estén en paralelo.

La impedancia de la red en 400 V será:

$$Z_R = \frac{U^2}{S_{cc}} = \frac{0.4^2}{9500} = 1.7 \cdot 10^{-5} \Omega$$

La impedancia de cada transformador de potencia será:

$$Z_T = u_{cc} \cdot \frac{U^2}{S_B} = 0.116 \cdot \frac{0.4^2}{25} = 7.42 \cdot 10^{-4} \Omega$$

La impedancia del transformador de servicios auxiliares será:

$$Z_{TSA} = u_{cc} \cdot \frac{U^2}{S_B} = 0.06 \cdot \frac{0.4^2}{0.4} = 0.024 \Omega$$

Por tanto, la impedancia equivalente de la red, los dos transformadores de potencia acoplados y solo uno de los dos transformadores de servicios auxiliares:



$$Z = 1.7 \cdot 10^{-5} + \frac{7.42 \cdot 10^{-4}}{2} + 0.024 = 0.0243 \Omega$$

Finalmente, la corriente de cortocircuito será:

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3}Z} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.0243} = 9.47 \text{ kA}$$

En el caso de la ampliación, este resultado es prácticamente idéntico al obtenido en el caso anterior:

$$Z = 1.7 \cdot 10^{-5} + \frac{7.42 \cdot 10^{-4}}{4} + 0.024 = 0.0242 \Omega$$

Finalmente, la corriente de cortocircuito será:

$$I_{cc} = \frac{U}{\sqrt{3}Z} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0.0242} = 9.51 \text{ kA}$$

Por tanto, los interruptores de los cuadros deben tener un poder de corte superior a 9.51 kA.



2. CÁLCULOS DE LAS SECCIONES DE LOS CONDUCTORES

A partir de los cálculos de intensidad nominal y de cortocircuito de la sección anterior, y aplicando los oportunos factores de corrección según, se calcularán las secciones necesarias de los conductores. Finalmente, se elegirá la sección normalizada del catálogo del fabricante.

Todos los conductores serán de aluminio.

2.1. Conductores de 220 kV

Los conductores de 220 kV conectan las salidas de las celdas de transformador con el primario de los transformadores de potencia. El modo de instalación de los mismos será en canalizaciones de hormigón, como se puede ver en la implantación adjunta.

El reglamento de Líneas de Alta Tensión no ofrece información sobre los factores de corrección aplicables a conductores con tensiones de aislamiento superiores a 18/30 kV. Sin embargo, la intensidad de la mínima sección normalizada del fabricante (300 mm^2) es de 600 A, que es unas 10 veces superior a la intensidad nominal calculada anteriormente. Además, las longitudes requeridas de estos conductores no justifican hacer un estudio de la forma de conexión de las pantallas de los cables.

Finalmente, se escoge un conductor de sección normalizada 300 mm^2 .

2.2. Conductores de 20 kV

Los conductores de 20 kV conectan los secundarios de los transformadores de potencia con las celdas de transformadores de media tensión. El modo de instalación de los mismos será en canalizaciones de hormigón, como se puede ver en la implantación adjunta.

En primer lugar, se comprueba una primera sección normalizada del fabricante. La intensidad nominal resulta ser de 722 A, mayor de la máxima corriente admisible



según el catálogo del fabricante. Por tanto, deberán emplearse dos ternas de tres cables unipolares.

Debido a que la tensión de aislamiento del cable será inferior a 30 kV, se aplicará lo indicado en el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de Alta Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.

Los factores de corrección aplicables, en este caso, serán:

- Temperatura de servicio. La temperatura media en el interior de la subestación se estima en torno a 25°C. Se debe incrementar esta temperatura en 15 K, correspondiente al modo de instalación en canales revisables, de acuerdo con la ITC-LAT 06. Por tanto, el factor de corrección será 1.00, ya que 40°C es la temperatura de diseño de los conductores.
- Agrupación de ternas de cables unipolares tendidos sobre bandejas continuas, con circulación de aire restringida, y separación de los cables equivalente a la longitud de un diámetro. Según la tabla 15 de la ITC-LAT 06, el factor de corrección será 0.81, para dos ternas de cables.

La intensidad máxima permanente sobre los conductores de la misma fase será:

$$I = \left(\prod_i F_i \right) I_n = 1.00 \cdot 0.81 \cdot 722 = 584 \text{ A}$$

Se elegirá la sección de 240 mm² del fabricante.

La sección, según el cálculo de cortocircuito, se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\frac{I_{cc}}{S} = \frac{K}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Donde t_{cc} es el tiempo de despeje de la falta (0.5 s) y K es un parámetro que se extrae del reglamento. Para el aislamiento de polietileno reticulado, K toma el valor de 133.



La sección mínima, por tanto, será:

$$S = \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t_{cc}}}{K} = \frac{22.8 \cdot 10^3 \sqrt{0.5}}{133} = 121 \text{ mm}^2$$

Esta sección es mucho menor que la calculada anteriormente.

Por lo tanto, la sección de cada conductor unipolar será de 240 mm² y serán necesarias en total dos ternas de cables.

3. DIMENSIONAMIENTO DE LA BATERÍA DE 125 VC.C.

El dimensionamiento de los equipos rectificador-batería se realiza a partir de los siguientes datos del sistema:

- Diagrama de solicitaciones de la batería. Se representa la intensidad que debe proporcionar la batería a lo largo del tiempo de autonomía tras la pérdida del suministro del cargador.
- Intensidad máxima permanente que debe afrontar el cargador.
- Tensión nominal. Tensión máxima admisible durante la carga y tensión mínima admisible durante la descarga de la batería.

Se realiza a continuación el dimensionamiento del equipo cargador batería de níquel-cadmio (125 Vc.c.).

Se parte del diagrama de solicitaciones representado que corresponde a los siguientes consumos de subestación:

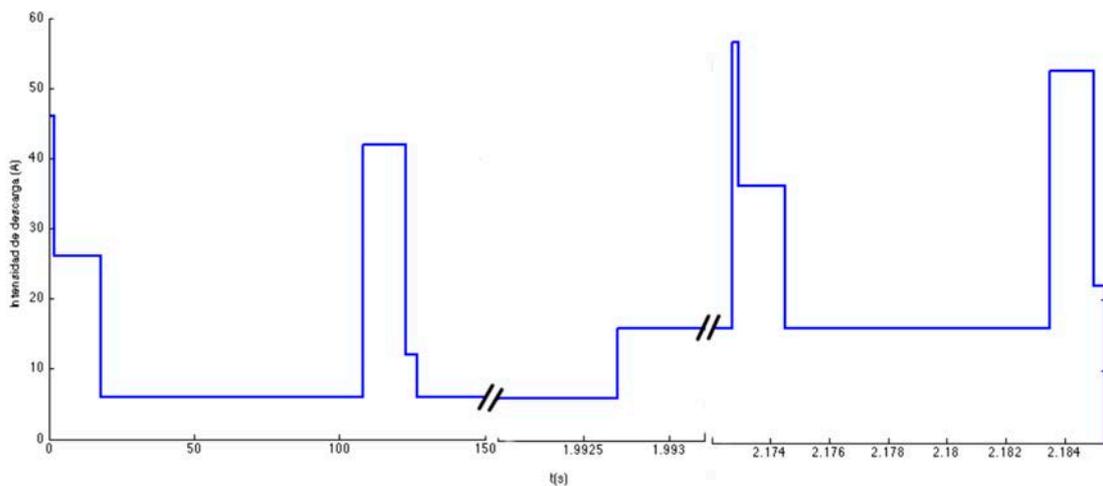


Fig. 2: Diagrama de solicitaciones de la batería de 125 Vc.c.

- Inicialmente se cargan los resortes de los interruptores. Este consumo se representa por un valor de 46 A durante 2 s y una cola de 26 A durante 16 s.
- A continuación, transcurren 90 s con un consumo de 6 A. No se realizan maniobras de interrupción adicionales.



- Se cierran los interruptores de media tensión con una punta de 42 A (15 s) y una cola de 12 A (4 s).
- La carga durante las 5.5 horas siguientes es igual en magnitud a la carga permanente demandada al cargador antes de la falta (6 A). Se supone que ese tiempo es el tiempo máximo que tarda el equipo de mantenimiento en acudir a la instalación.
- Incremento hasta 16 A por la conexión manual del alumbrado de emergencia por parte del equipo de mantenimiento.
- Media hora después se ha reparado la avería y se cierran los interruptores de alta tensión con lo que automáticamente arrancan sus motores de tensado de muelles, cuyo consumo se simplifica por una punta inicial de 56 A durante 2 s y una cola de 36 A durante 16 s, permaneciendo después de este tiempo a 16 A.
- Minuto y medio después se cierran los interruptores de media tensión con una punta de 52 A (1 s) y una cola de 22 A (4 s).

Por tanto, la autonomía requerida es de 6 horas aproximadamente.

La tensión del sistema es de 125 V, admitiendo variaciones de +10 % (137.5 V) y -15 % (106 V).

Se determina en primer lugar el número de elementos de la batería a partir de la tensión de flotación, cuyo valor será la tensión permanente que deberán soportar los equipos por lo que debe ser próximo al nominal. En este caso se mayor a éste un 5% para compensar la caída de tensión en los cables hasta los consumidores.

$$N^{\circ} \text{ elementos} = \frac{U_n \times 1.05}{U_f} \approx 94 \text{ elementos}$$

Siendo:

- U_n la tensión nominal del sistema (125 V)
- U_f la tensión de flotación por elemento (1.40 V/elemento)

La tensión final de descarga admisible por elemento resulta ser:

$$U_{descarga/elemento} = \frac{125 \times 0.85}{N^{\circ} elementos} \approx 1.15 V$$

Este valor es muy superior a la tensión final de descarga nominal de la batería (1 V) por lo que la batería seleccionada es válida.

La capacidad necesaria sería, despreciando las puntas iniciales y finales por su escasa duración, la siguiente:

$$C = \frac{6 A \times 5.5 h}{\eta_1} + \frac{16 A \times 0.5 h}{\eta_2}$$

Donde η_1 y η_2 son los rendimientos del tipo de elemento seleccionado para cada duración de descarga y la tensión final admitida. Pueden verse en la gráfica de la figura observando el punto de intersección de las rectas que establecen la duración de la descarga (5.5 h y 0.5 h en este caso) con la curva que representa la tensión mínima admisible por elemento (1.15 V).

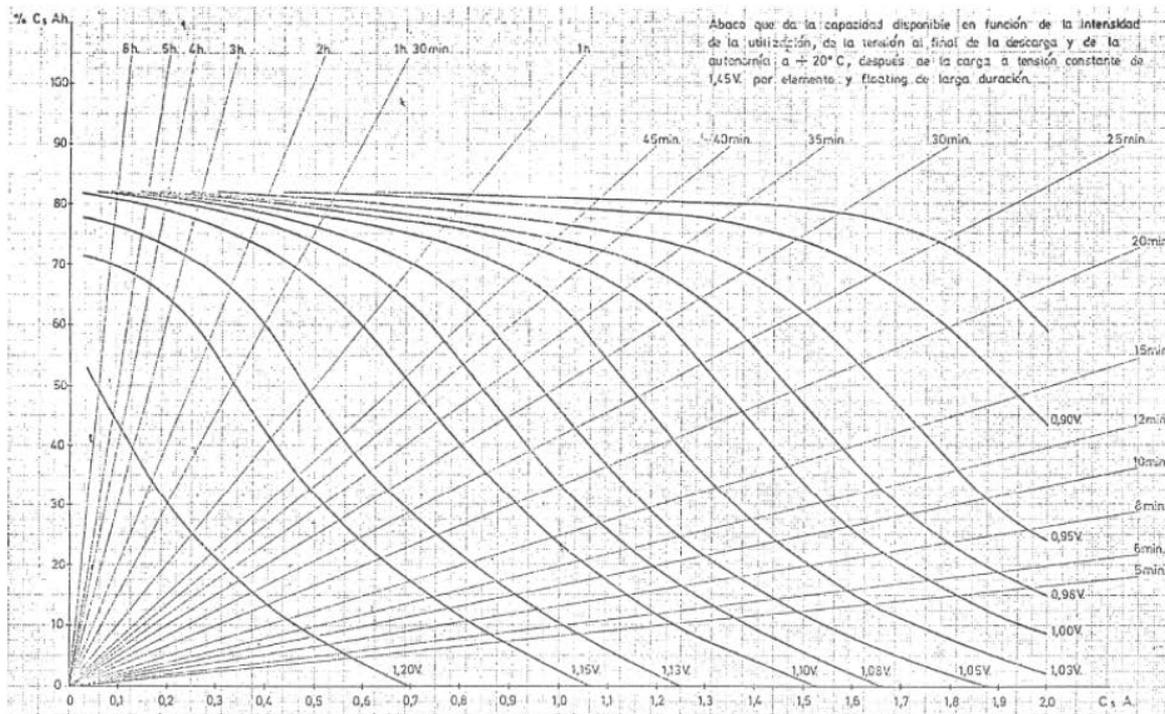


Fig. 3: Ábaco de curvas de descarga típicas en elementos Ni-Cd

Por tanto η_1 valdrá 68% y η_2 , 27%, y la capacidad necesaria es $C = 78.2 Ah$.



Se selecciona la capacidad estándar del fabricante inmediatamente superior a este valor, que resulta ser de 84 Ah, y se comprueba con la ayuda del gráfico si el tipo de elemento seleccionado puede dar todas las intensidades requeridas en el diagrama de solicitaciones sin bajar de 1.15 V.

Se calcula el porcentaje de capacidad cedida en cada escalón del diagrama, que se traslada al eje de ordenadas de la figura, y el factor de descarga correspondiente (definido como el cociente entre la intensidad requerida y la capacidad de la batería), que se traslada al eje de abscisas. A partir de los puntos de intersección se obtienen las tensiones finales de descarga en cada escalón.

Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla.

Escalón	Intensidad de descarga (A)	Factor de descarga	Capacidad descargada (%)	Tensión final (V)
1	46	0.59	0.17	1.22
2	6	0.08	0.35	1.22
3	42	0.54	0.57	1.22
4	6	0.08	39.87	1.22
5	16	0.20	49.38	1.18
6	56	0.72	49.61	1.11
7	16	0.20	50.08	1.11
8	52	0.66	50.13	1.11

Tabla 1: Parámetros de comportamiento de la batería frente a escalones de carga

Se observa que en las puntas del diagrama la tensión baja de los niveles admisibles por lo que sería necesario subir la capacidad de la batería hasta 112 Ah según se podría comprobar recalculando la tabla anterior. En este caso, la batería descargaría sólo un 34% de su capacidad nominal.



El calibre del cargador lo establece el fabricante de manera que se proporcione la intensidad de consumo permanente, en este caso 6 A, más la intensidad de carga de la batería.

Considerando que la carga se realiza al mismo valor que la intensidad nominal de descarga (C/5), esta sería de 22 A, por lo que el cargador debería tener una intensidad nominal igual o superior 28 A.



4. CÁLCULOS DE LA RED DE TIERRAS

4.1.1. Introducción

En esta sección se calcularán las dimensiones de la malla de tierra y se definirán las características de los elementos de la instalación.

4.1.2. Datos de partida

Los datos generales de la red son los siguientes:

- Frecuencia nominal..... 50 Hz
- Temperatura ambiente 25 °C
- Tiempo de despeje de falta 0.9 s

4.1.3. Datos del terreno

- Capa superficial
 - Tipo de material..... Hormigón
 - Espesor de la capa superficial..... 0.2 m
 - Resistividad(ρ_s) 3000 $\Omega \cdot m$
- Primer suelo
 - Tipo de terreno..... Arena arcillosa
 - Grosor 1 m
 - Resistividad (ρ_1) 60 $\Omega \cdot m$
- Segundo suelo
 - Tipo de terreno..... Calizas blandas
 - Grosor 100 m
 - Resistividad (ρ_2) 350 $\Omega \cdot m$



4.1.4. Datos generales de las líneas

- Niveles de tensión.....220 kV
- Nivel en el que se calcula la falta220 kV
- Corriente de cortocircuito (I_{cc}).....25 kA

4.1.5. Datos geométricos de la subestación

En el cálculo se considerarán las dimensiones de la planta ampliadas en 1 metro para abarcar toda la zona comprendida por la subestación y los accesos a la misma.

- Lado mayor de la malla 34 m
- Lado menor de la malla 29 m
- Profundidad de la rejilla (h)..... 1 m

4.1.6. Tensiones de paso y de contacto

De acuerdo con las normas IEC, se define la tensión de paso como la diferencia de potencial entre los puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso (1 m) en la dirección del gradiente de potencial máximo. De forma similar, se define la tensión de contacto como la diferencia de potencial entre la estructura metálica puesta tierra y el punto de la superficie del terreno a una distancia de 1 m en la dirección del gradiente de potencial máximo.

En el cálculo de la puesta tierra es fundamental conocer la tensión a la que se vería sometida una persona si estuviese en la instalación en el momento de producirse una falta a tierra. La persona constituye un divisor de potencial entre todas las resistencias intervienen en el circuito de forma que el sujeto no queda sometido a la totalidad de la tensión de paso o contacto existente la instalación sino a una fracción de la misma, que constituye la denominada tensión de paso o contacto aplicada.



La tensión de paso aplicada es la fracción de la intensidad de la tensión de paso que resulta directamente aplicable los pies de un hombre, estimándose la resistencia del cuerpo humano en 1000 ohmios.

Por otra parte, la tensión de contacto aplicada es la tensión que resulta directamente aplicable: el cuerpo humano, estimando nuevamente la resistencia del cuerpo humano en 1000 ohmios.

Las tensiones de paso y de contacto aplicadas establecen un límite máximo de tensión, que en todos los casos se debe garantizar que supere los niveles máximos de tensión de paso y de contacto calculados empleando las relaciones que se detallan en el apartado siguiente.

4.1.7. Metodología de cálculo de la red de tierras

El diseño de la red de tierras de la instalación presenta dos grados de libertad. El primero es el lado de la cuadrícula de la malla, y el segundo, el número de picas. El objetivo del cálculo es minimizar la longitud total de los conductores y picas a emplear, con vistas a obtener el diseño más económico y eficiente.

Teniendo en cuenta los criterios anteriores, se comienza un proceso iterativo, que parte de un lado de cuadrícula de malla razonable, sin considerar la existencia de picas, y se calculan las tensiones de paso y de contacto. Si se exceden las tensiones de paso y de contacto admisibles, se introducen picas. Si esta medida es ineficaz, se comienza el proceso de nuevo, reduciendo el lado de cuadrícula de malla.

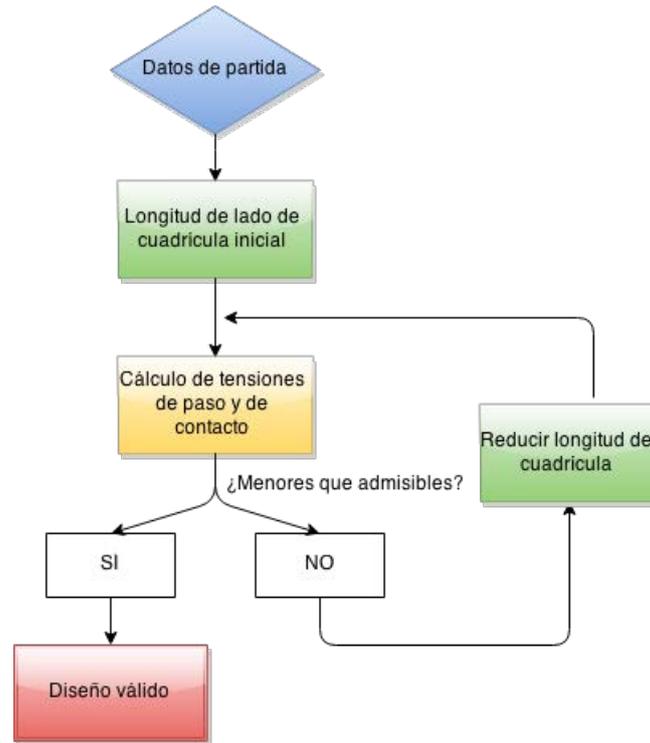


Fig. 3: Diagrama de flujo del cálculo de la red de tierras

4.1.8. Fórmulas empleadas en el cálculo

Las tensiones de paso y de contacto deben ser comparadas con las tensiones de paso y de contacto admisibles, respectivamente, para justificar la validez de la instalación de puesta a tierra.

La tensión de paso máxima admisible será:

$$V_p = \frac{10K}{t^n} \left(1 + \frac{6\rho_s}{1000} \right)$$

La tensión máxima de contacto admisible vendrá dada por:

$$V_c = \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{1.5\rho_s}{1000} \right)$$

Dado que el tiempo de despeje de la falta es inferior a 0.9 segundos, los valores de los parámetros K y n en las expresiones anteriores serán los siguientes:



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

La sección mínima de los conductores de cobre, atendiendo a la corriente de cortocircuito, se calcula como:

$$S_{\text{mín}} = \frac{I_{cc}(A)}{160 \left(\frac{A}{\text{mm}^2} \right)} \text{ (mm}^2\text{)}$$

A partir de este resultado se obtiene la sección mínima de cobre, y se escoge la siguiente sección normalizada (S).

El diámetro del conductor de la sección normalizada se obtiene de la siguiente expresión:

$$d = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

Como paso previo al cálculo de las tensiones aplicadas de la instalación, debe hallarse la densidad lineal de corriente (i):

$$i = \frac{I_{cc}(A)}{L + L'} \left(\frac{A}{m} \right)$$

Donde L representa la longitud total de conductores en metros, y L', la longitud total de las picas, en metros.

Considerando que la malla está enterrada en el primer suelo, las fórmulas empleadas para calcular las tensiones de paso y de contacto serán, respectivamente:

$$V_{p_1} = 0.366\rho_1 \cdot i \cdot \log \left(\frac{\left(\frac{D}{2} \right)^2 + h^2}{h^2} \right) \text{ (V)}$$

$$V_{c_1} = 0.366\rho_1 \cdot i \cdot \log \left(\frac{(D^2 + 4h^3)^{\frac{3}{2}}}{16d \cdot h \cdot D} \right) \text{ (V)}$$



La resistencia de puesta a tierra total se obtiene como la suma de resistencias de los conductores de cobre, de las picas y la conductancia equivalente a un anillo que cubre la misma superficie que el área cubierta por la malla.

$$R_{pat} = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} + \frac{\rho}{L'}$$

El radio r es el radio del círculo de igual superficie que el área cubierta por la malla.

$$r = \sqrt{\frac{\text{Área}}{\pi}}$$

4.1.9. Resultados

Realizando el proceso descrito en el apartado “Metodología de cálculo de la red de tierras”, se obtienen los resultados que se detallan en esta sección.

Símbolo	Descripción	Resultado
S	Sección normalizada de los conductores de cobre.	240 mm ²
D	Lado de la cuadrícula de la malla.	1.5 m
N	Número de picas	0
L	Longitud total de conductores	1695 m
R _{pat}	Resistencia de puesta a tierra de la instalación	0.80 Ω

Tabla 2: Parámetros resultantes del cálculo de red de tierras

Las tensiones de paso y de contacto de la instalación se reflejan en la siguiente tabla. Se comprueba que los valores calculados con la red de tierras diseñada no sobrepasan las tensiones admisibles.



Tipo de tensión	Aplicada (V)	Admisible (V)
Tensión de paso	63	22800
Tensión de contacto	509	660

Tabla 3: Comparación de resultados de tensiones admisibles máximas y aplicadas

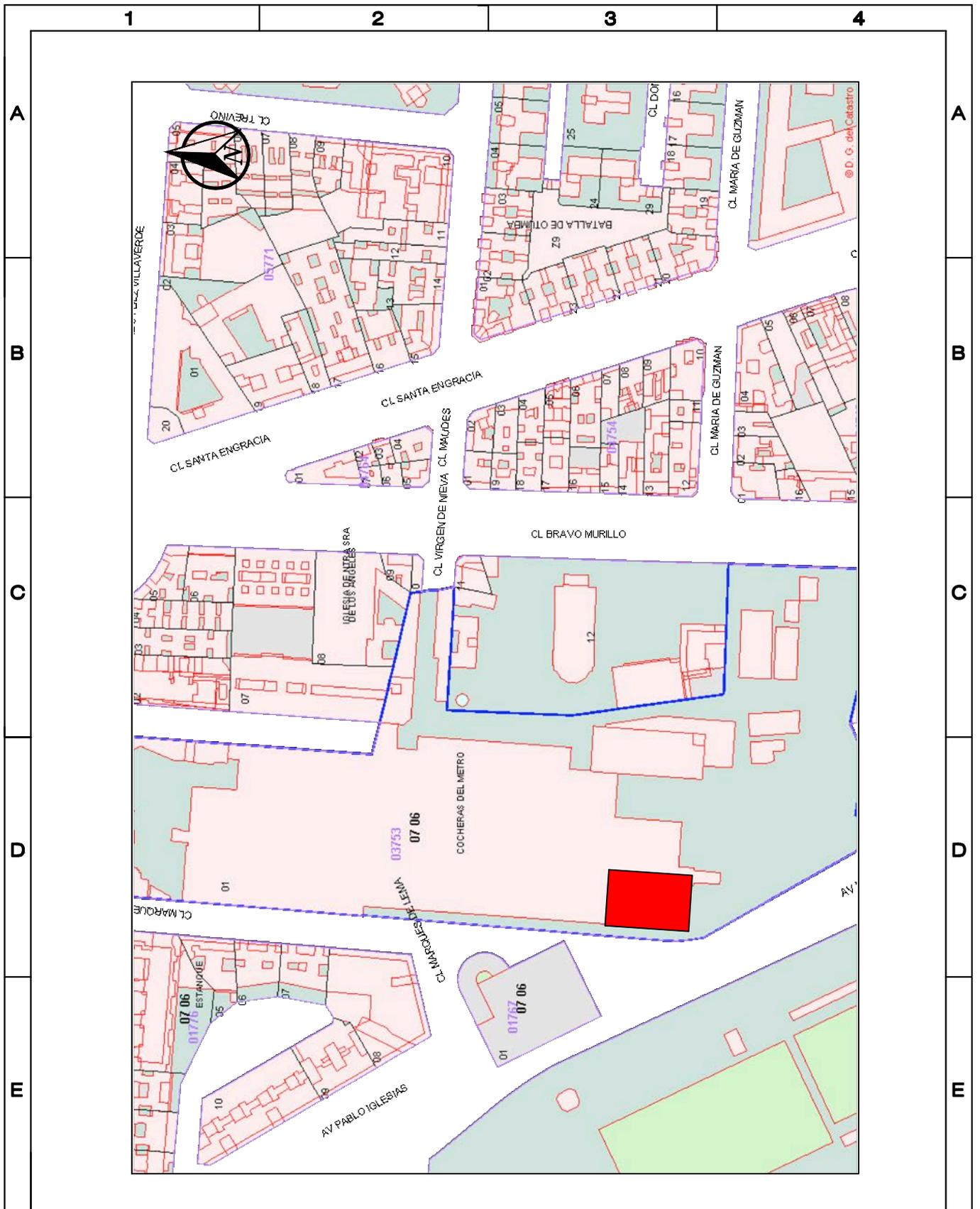
No obstante, se medirán de forma práctica los valores de las tensiones de paso y contacto, una vez construida la subestación, para asegurarse de que no existe peligro en ningún punto de la instalación.

3. PLANOS

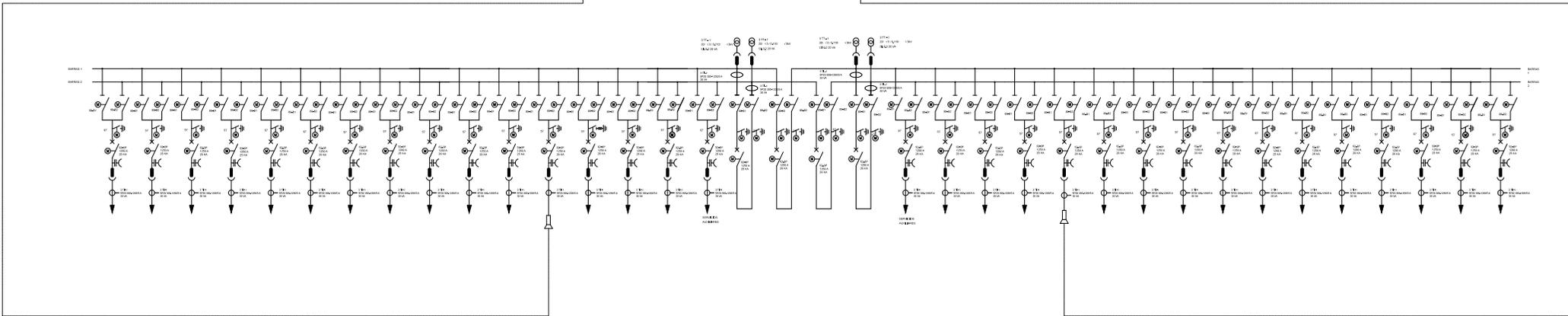
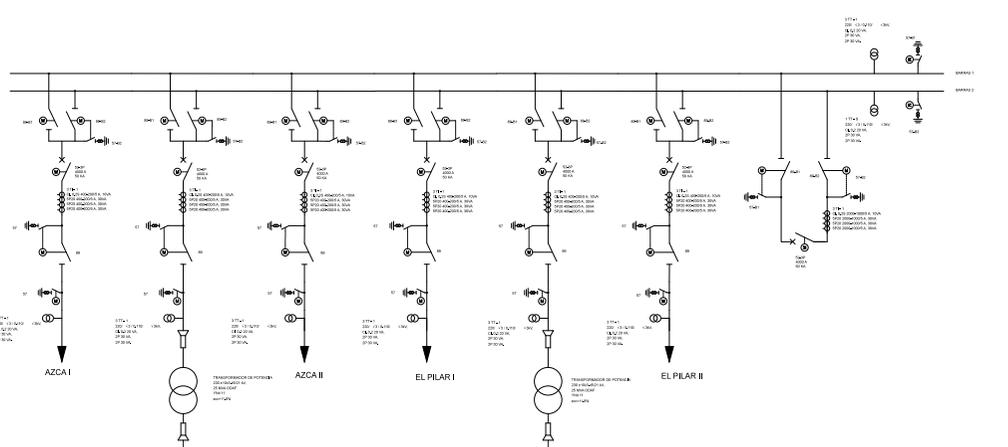


ÍNDICE

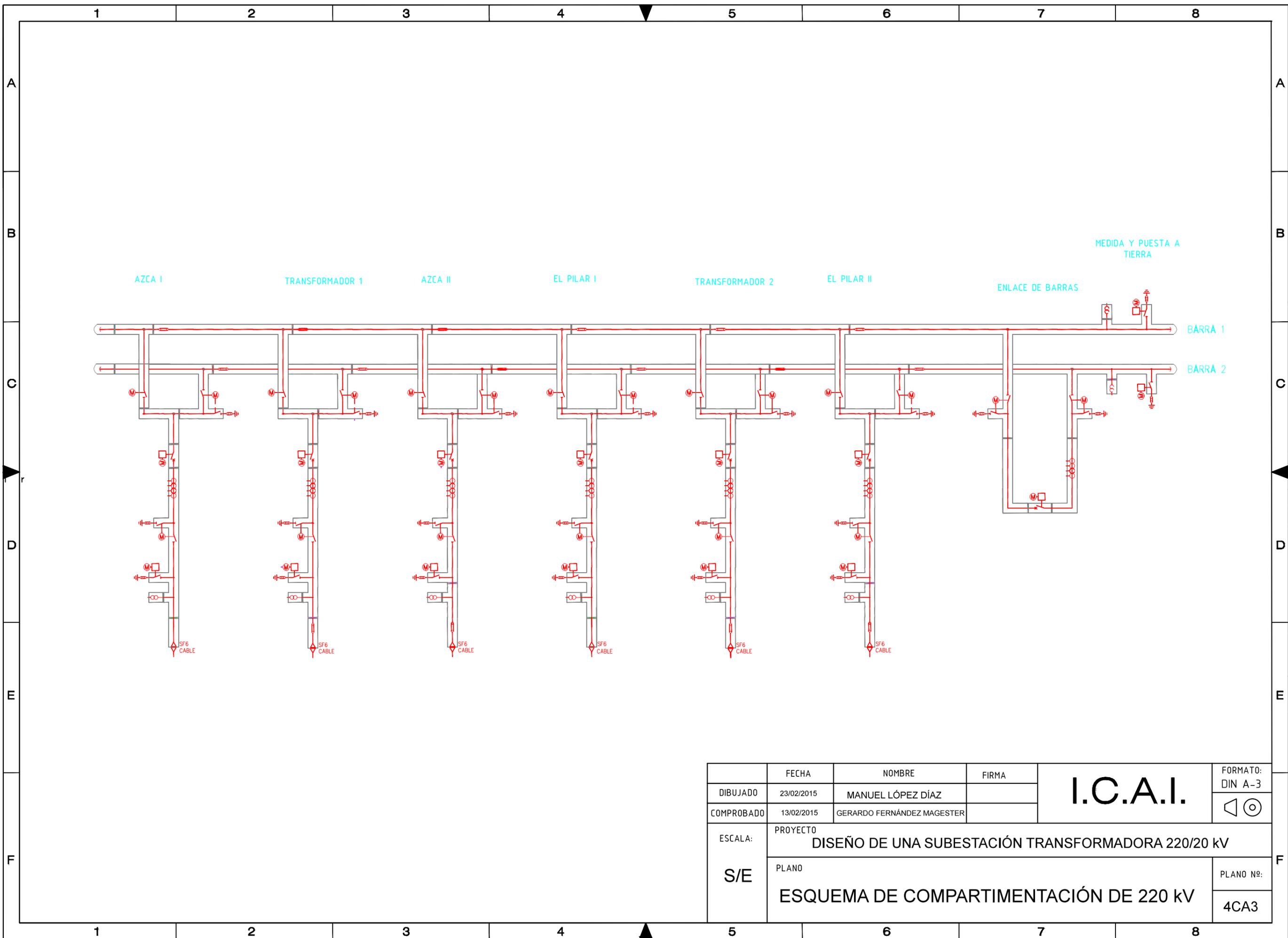
1. EMPLAZAMIENTO	4CA1
2. ESQUEMA UNIFILAR GENERAL DE LA SUBESTACIÓN	4CA2
3. ESQUEMA DE COMPARTIMENTACIÓN EN 220 kV	4CA3
4. PLANO DE PLANTA	4CA4
5. ALZADOS SALA GIS Y TRANSFORMADOR 1.....	4CA5
6. CANALIZACIONES AT-MT	4CA6
7. RED DE TIERRAS	4CA7
8. ESQUEMA UNIFILAR DE SERVICIOS AUXILIARES.....	4CA8



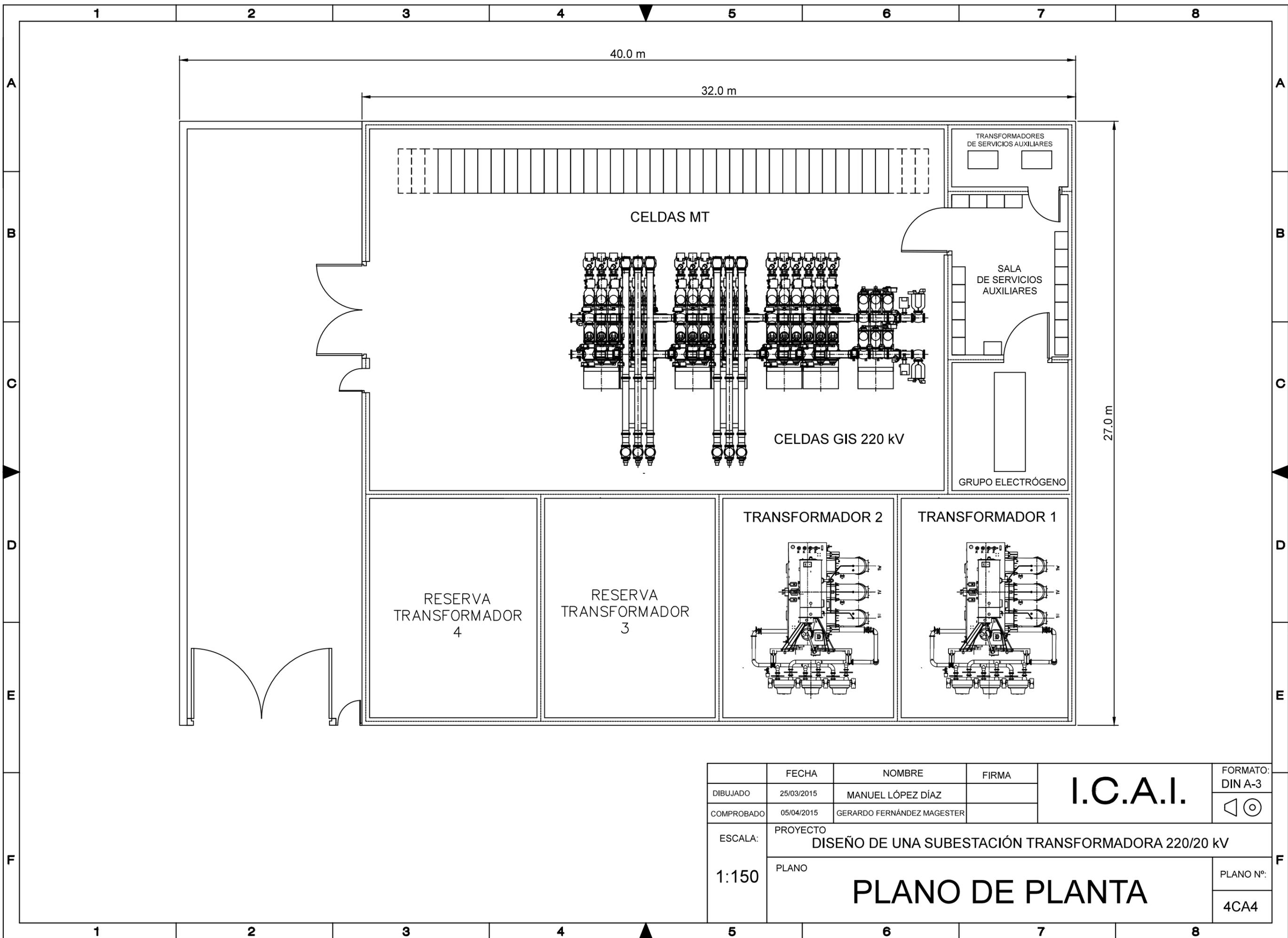
F		FECHA	NOMBRE	FIRMA	I.C.A.I.	FORMATO: DIN A-4
	DIBUJADO	28/01/2015	MANUEL LÓPEZ DÍAZ			◀ ⊙
	COMPROBADO	19/02/2015	GERARDO FERNÁNDEZ MAGESTER			
	ESCALA:	PROYECTO DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220 / 20 kV				PLANO N°: 4CA1
	1:2500	PLANO EMPLAZAMIENTO				



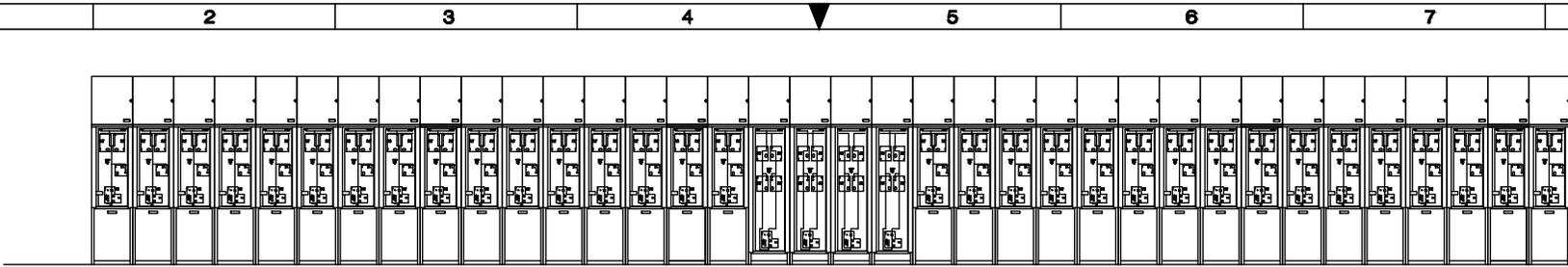
ELABORADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA	I.C.A.I.	FORMATO
COMPROBADO	13/05/2015	GERARDO FERNANDEZ MAGESTER			DIN A-1
ESCALA:	PROYECTO				
S/E	PLANO				
	ESQUEMA UNIFILAR GENERAL DE LA SUBSTACIÓN				
	PLANO N°				
	4CA2				



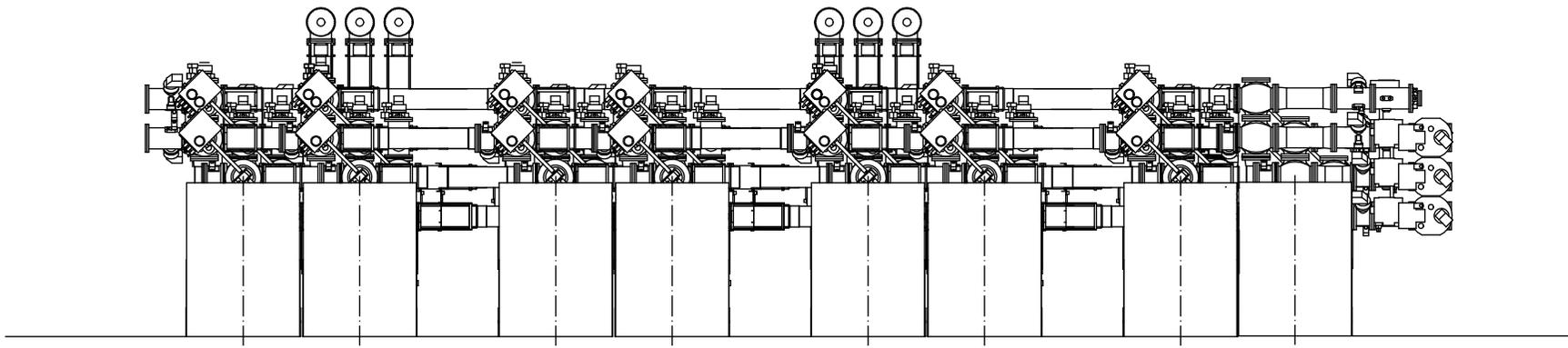
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	I.C.A.I.	FORMATO: DIN A-3
DIBUJADO	23/02/2015	MANUEL LÓPEZ DÍAZ			
COMPROBADO	13/02/2015	GERARDO FERNÁNDEZ MAGESTER			
ESCALA:	PROYECTO DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV				
S/E	PLANO ESQUEMA DE COMPARTIMENTACIÓN DE 220 kV				PLANO Nº: 4CA3



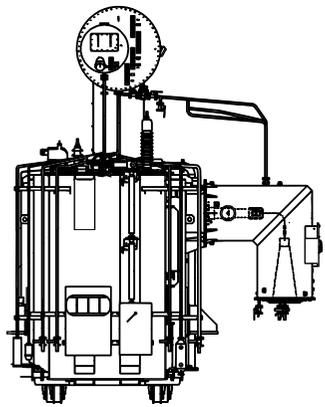
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	I.C.A.I.	FORMATO: DIN A-3
DIBUJADO	25/03/2015	MANUEL LÓPEZ DÍAZ			
COMPROBADO	05/04/2015	GERARDO FERNÁNDEZ MAGESTER			
ESCALA:	PROYECTO DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV				
1:150	PLANO				PLANO N°: 4CA4
	PLANO DE PLANTA				



CELDAS MT

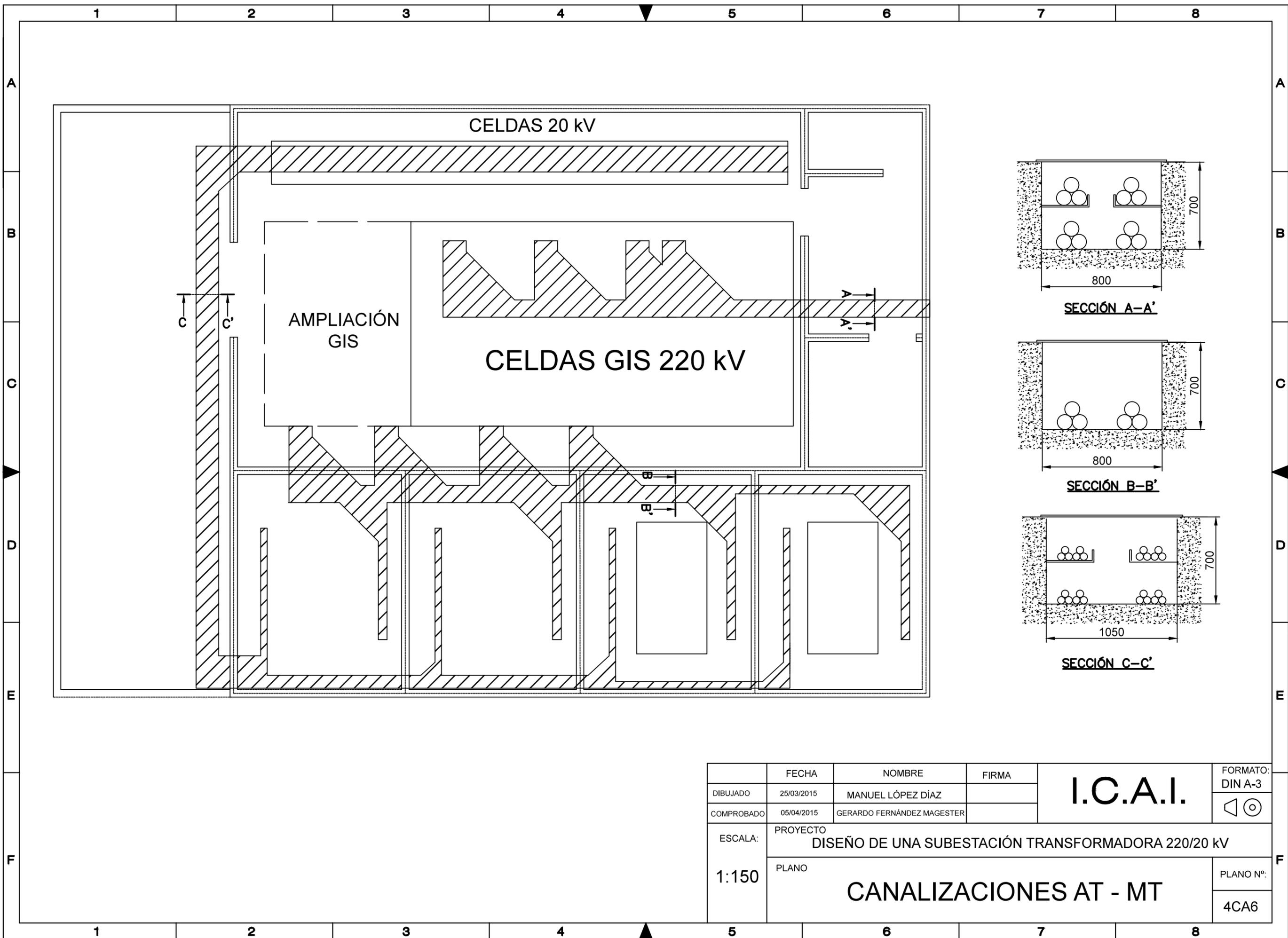


CELDAS GIS

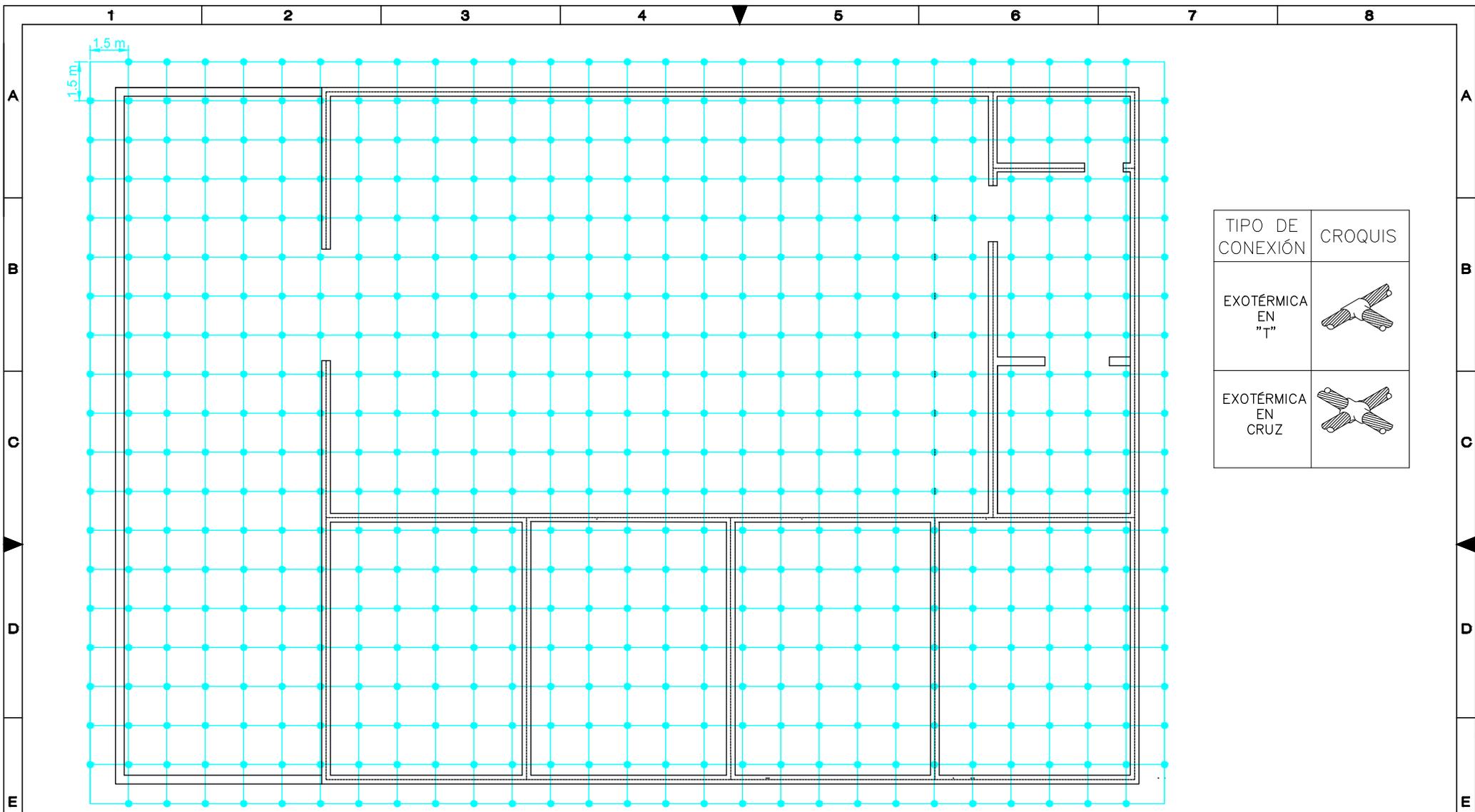


TRANSFORMADOR 1

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	I.C.A.I.	FORMATO: DIN A-3
DIBUJADO	25/04/2015	MANUEL LÓPEZ DÍAZ			
COMPROBADO	13/05/2015	GERARDO FERNÁNDEZ MAGESTER			
ESCALA:	PROYECTO DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV				PLANO N°: 4CA5
1:75	PLANO ALZADOS SALA GIS Y TRANSFORMADOR 1				



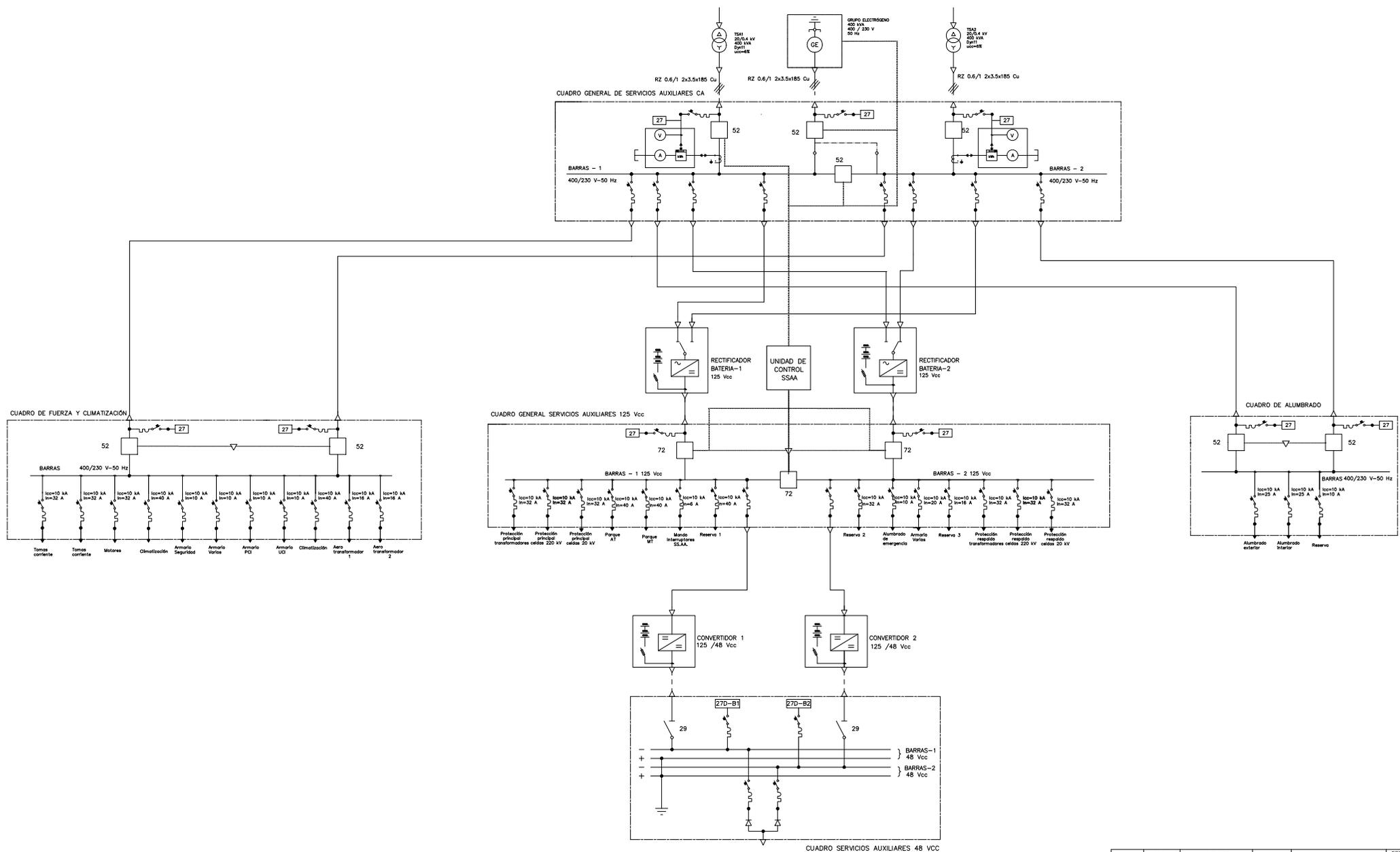
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	I.C.A.I.	FORMATO: DIN A-3
DIBUJADO	25/03/2015	MANUEL LÓPEZ DÍAZ			
COMPROBADO	05/04/2015	GERARDO FERNÁNDEZ MAGESTER			
ESCALA:	PROYECTO DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV				PLANO N°: 4CA6
1:150	PLANO CANALIZACIONES AT - MT				



TIPO DE CONEXIÓN	CROQUIS
EXOTÉRMICA EN "T"	
EXOTÉRMICA EN CRUZ	

RELACIÓN DE MATERIALES NECESARIOS PARA EL MONTAJE		
CANT.	SÍMBOLO	DENOMINACIÓN
-		CABLE Cu DESNUDO DE 240mm ² ENTERRADO A 1.0 m DE PROFUNDIDAD
76		SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN T PARA CABLE PASANTE Cu DE 240mm ² A CABLE Cu 240mm ²
361		SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN CRUZ PARA CABLE PASANTE Cu DE 240mm ² A CABLE Cu 240mm ²

DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA	I.C.A.I.	FORMATO: DIN A-3
COMPROBADO	25/04/2015	MANUEL LÓPEZ DÍAZ			
ESCALA:	13/05/2015	GERARDO FERNÁNDEZ MAGESTER	PROYECTO		
1:150	DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 kV				
PLANO				RED DE TIERRAS	PLANO N°:
					4CA7



ELABORADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA	FORMATO
COMPROBADO	13/05/2015	GERARDO FERNANDEZ MAGESTER		DIN A-1
ESCALA:	PROYECTO			
S/E	PLANO			
	DISEÑO DE UNA SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA 220/20 KV			
	ESQUEMA UNIFILAR DE SERVICIOS AUXILIARES			
	PLANO Nº:			
	4CA8			

I.C.A.I.

4. PLIEGO DE CONDICIONES



ÍNDICE

1. CONDICIONES TÉCNICAS DE LAS CELDAS GIS.....	8
1.1. Características constructivas.....	8
1.2. Características constructivas de los módulos	9
1.3. Transformadores de tensión.....	10
1.4. Transformadores de intensidad.....	10
1.5. Calentamiento	10
1.6. Envolvente	10
1.7. Defectos internos	11
1.8. Compartimentación	11
1.9. Control de densidad	12
1.10. Dilatación.....	13
1.11. Puesta a tierra.....	13
1.12. Grado de protección.....	13
1.13. Armarios	14
1.13.1. Cableado e interconexión de armarios.....	14
1.14. Diseño para el mantenimiento	15
1.15. Accesibilidad	17
1.16. Características de operación	18
1.17. Marcas	19
1.18. Montaje y puesta en servicio	19
1.19. Pruebas y ensayos	21
1.19.1. Ensayos de tipo.....	21
1.19.2. Ensayos en fábrica	22
1.19.3. Ensayos de mantenimiento	22
1.19.4. Ensayo de tipo de mantenimiento.....	23
1.19.5. Ensayos individuales de mantenimiento.....	23
1.19.6. Ensayos en obra	24
1.20. Listado de actuaciones en la revisión anual.....	24
1.20.1. Mantenimiento predictivo.....	24
1.20.2. Mantenimiento preventivo.....	24



1.20.2.1. Seccionadores.....	24
1.20.2.2. Conexiones.....	25
1.20.2.3. Interruptores.....	26
1.20.2.4. Transformadores de medida.....	27
1.20.2.5. Sistemas de protección y control.....	28
1.20.2.6. Batería de C.C.....	29
1.20.2.7. Embarrados.....	30
1.20.2.8. Redes de M.T.....	30
1.20.2.9. Seguridad frente a personas.....	30
1.20.3. Normativa aplicable.....	31
1.21. Información a entregar por el suministrador.....	32
1.21.1. Documentación previa al inicio de la fabricación.....	33
1.21.2. Documentación de ensayos a presentar.....	33
1.21.3. Documentación a presentar una vez realizado el montaje.....	34
1.22. Condiciones de transporte, embalaje y almacenamiento.....	34
1.22.1. Almacenamiento.....	34
1.22.2. Transporte.....	35
1.23. Registros de calidad.....	35
1.23.1. Plan de calidad.....	35
1.24. Desviaciones.....	36
1.25. Acceso a instalaciones y documentación en inspecciones.....	36
1.26. Autorización de expedición.....	37
1.27. Recepción en destino.....	37
1.28. Documentación del informe de calidad.....	38
1.29. Garantías.....	39
1.30. Plazos.....	39
1.31. Otros requisitos.....	39
1.31.1. Formación.....	39
1.31.2. Asistencia técnica postventa.....	39
1.31.3. Alcance de los servicios.....	40
1.31.4. Definición de las actividades a realizar por el proveedor.....	40
1.32. Materiales y medios.....	42
1.33. Prestaciones.....	43

2. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA



2.1.	Aceite.....	44
2.2.	Placas de características.....	44
2.3.	Pintura.....	45
2.4.	Transporte.....	46
2.4.1.	Registrador de impactos	46
2.5.	Aseguramiento de la calidad.....	46
2.5.1.	Revisión del diseño constructivo.....	47
2.6.	Inspecciones del sistema de calidad del suministrador	50
2.6.1.	Departamento de Calidad	50
2.6.2.	Proveedores y subcontratistas.....	50
2.6.3.	Proceso productivo	51
2.6.4.	Formación del personal	51
2.6.5.	Inspecciones y ensayos.....	51
2.6.6.	Disconformidades y acciones correctoras	51
2.6.7.	Producto terminado.....	52
2.6.8.	Embalaje, almacenaje y expedición.....	52
2.6.9.	Manual de Calidad.....	52
2.6.10.	Inspecciones de Fabricación.....	52
2.7.	Ensayos de recepción en fábrica.....	54
2.7.1.	Medida de resistencia de aislamiento con Megger.....	55
2.7.2.	Medida de resistencia de los arrollamientos.....	56
2.7.3.	Medida de relación de transformación	56
2.7.4.	Ensayo de Capacidad y tg delta de los arrollamientos	56
2.7.5.	Ensayo de Capacidad y tg delta de todos los bornes con toma capacitiva	56
2.7.6.	Ensayo de pérdidas e intensidad de vacío	57
2.7.7.	Ensayo de pérdidas en carga y tensión de cortocircuito.....	57
2.7.8.	Ensayo de la impedancia de secuencia homopolar.....	57
2.7.9.	Ensayo de impulso tipo maniobra a todos los arrollamientos con una tensión mayor o igual a 245 kV.....	58
2.7.10.	Ensayo de impulso tipo rayo a todos los bornes de fase y de neutro, incluido el arrollamiento terciario.....	58
2.7.11.	Ensayo de tensión aplicada con CA.	59



2.7.12. Ensayo de tensión inducida con CA de corta duración (CACD) a todos los arrollamientos con una tensión igual o menor a 145 kV	59
2.7.13. 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	59
2.7.14. Ensayo de calentamiento	59
2.7.15. Ensayo de ruido	60
2.7.16. Medida de pérdidas en vacío	60
2.7.17. Ensayo de respuesta en frecuencia (FRA).....	60
2.7.18. Ensayos de sobrepresión (1 bar), vacío y estanqueidad en la cuba y en las cajas adaptadoras de aceite.....	61
2.7.19. Ensayos de los accesorios del transformador	61
2.7.20. Ensayos del regulador de tensión bajo carga.....	62
2.7.21. Ensayos sobre los bornes	63
2.7.22. Ensayos de las cajas adaptadoras de aceite	64
2.8. Procedimientos tras la finalización de ensayos	64
2.9. Ensayos especiales. Ensayo de cortocircuito.....	67
2.10. Ensayos de recepción en campo	70
2.10.1. Medida de Relación de transformación	70
2.10.2. Ensayo de Capacidad y tg delta de los arrollamientos.	70
2.10.3. Ensayo de Capacidad y tg delta de los bornes de 72.5 kV ó superiores....	70
2.10.4. Ensayo de excitación reducida	71
2.10.5. Ensayo de reactancia de fuga.....	71
2.10.6. Ensayo de respuesta en frecuencia (FRA).....	71
2.10.7. Ensayo de resistencia dinámica de conmutación.....	72
2.10.8. Condiciones de realización de los ensayos.....	72
2.10.9. Ensayos sobre el aceite mineral.....	72
2.11. Expedición, Transporte, Montaje en campo y Pruebas de puesta en servicio..	73
2.11.1. Autorización de expedición	73
2.11.2. Transporte y recepción en destino	73
2.11.3. Montaje en campo y pruebas de puesta en servicio.....	74
2.12. Lista de repuestos	76
2.13. Listado de actuaciones anuales en la revisión del transformador.....	77



2.14. Normas.....	78
2.15. Documentación.....	78
2.15.1. Documentación a presentar una vez formalizado el contrato.....	78
2.15.2. Documentación de transporte.....	83
3. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES.....	86
3.1. General.....	86
3.2. Libro de incidencias.....	90
3.3. Marcas de fabricación.....	90
3.4. Cementos utilizables.....	91
3.5. Arenas y gravas.....	91
3.5.1. Árido fino para hormigones.....	91
3.5.2. Árido fino para morteros.....	92
3.5.3. Áridos gruesos.....	92
3.6. Aguas.....	93
3.7. Aceros para armar.....	94
3.8. Aceros laminados.....	94
3.9. Hormigones.....	94
3.10. Canalizaciones.....	96
3.11. Materiales prefabricados.....	97
3.12. Viales.....	98
3.13. Cerrajería.....	99
4. CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS.....	100
4.1. General.....	100
4.2. Ingeniería.....	100
4.3. Replanteo.....	101
4.4. Movimiento de tierras.....	102
4.5. Cimentaciones.....	102
4.6. Armaduras de hormigón.....	103
4.7. Encofrados.....	103
4.8. Ensayos y puesta en servicio.....	103
4.9. Cableado en MT.....	103
4.10. Interconexión de los cuadros de control.....	104
4.11. Conexionado de los cuadros de control.....	104



4.12. Rotulaciones	105
5. CONTROL DE CALIDAD	106
5.1. Control de materiales.....	106
5.2. Inspecciones y ensayos de fabricación y montaje	107
5.3. Pruebas de suministro	108
6. SIMULTANEIDAD Y COORDINACIÓN ENTRE SUMINISTRADORES.....	109
6.1. Plan básico de tiempos	109
7. SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO.....	110
7.1. Introducción.....	110
7.2. Barrera de seguridad.....	110



1. CONDICIONES TÉCNICAS DE LAS CELDAS GIS

1.1. Características constructivas

El diseño de las celdas se ha realizado de forma tal que las operaciones normales de explotación, de control y de mantenimiento puedan efectuarse sin riesgo para las personas.

El equipo blindado en SF₆ está compartimentado adecuadamente para evitar que un arco interno en uno de los compartimentos pueda extenderse a los demás. El mismo razonamiento se aplica para una eventual fuga de gas, que solo afectará al compartimento en cuestión y no a los demás.

Cada compartimento dispone de elementos de llenado y vaciado que serán accesibles y fácilmente practicables, así como de un cierre de vigilancia de presión del gas.

Todos los materiales de construcción y características idénticas, susceptibles de sustitución, deberán ser intercambiables.

La solución requerida busca que el mayor grado posible de montaje, cableado y pruebas sea realizado en fábrica. En la instalación, las fronteras del suministro serán:

- en Alta Tensión, el conexionado a bornes de las celdas;
- en Baja Tensión, el armario de centralización de celda;
- en la implantación, los pernos de anclaje al suelo.

Por tanto, el fabricante será responsable de suministrar los soportes estructurales, así como la totalidad del cableado entre celdas y entre éstas y el armario de centralización. El fabricante deberá proponer a la aprobación de la Propiedad su solución para la ejecución de dicho cableado, que en cualquier caso cumplirá:

- las especificaciones técnicas de la Propiedad sobre conexionado de cables, señalización, etc;
- disposición física y tendido mediante los elementos necesarios, bandejas, etc. que permitan disposiciones ordenadas de cables sin que se dificulten los



procesos de mantenimiento de las celdas, sustitución de compartimentos y módulos incluyendo la envolvente, y la accesibilidad del personal a los elementos que la requieran.

El tendido del cableado de interconexión entre el cuadro de control de la celda y el bastidor de control y protecciones se efectuará de la forma más independiente posible entre celdas. Esto es, la opción preferente es que el tendido entre celda y bastidor se realice por bandejas o canales dedicados por posición y con las longitudes mínimas de tendido. Si este criterio entra en conflicto con la movilidad de las celdas o parte de éstas, en los procesos de montaje o en mantenimiento (procesos de sustitución), el suministrador deberá informar a la Propiedad de sus requerimientos.

Cuando exista un cruce del tubo GIS (fluoducto) por una pared del edificio, el fabricante informará de las dimensiones de la apertura requerida y suministrará los elementos necesarios que garanticen su cierre y estanqueidad, tanto para las salidas existentes a la puesta en servicio de las celdas como para salidas futuras de reserva.

1.2. Características constructivas de los módulos

Las celdas se ejecutarán con material 100% de fabricación serie. El plazo garantizado suministro de módulos, submódulos y cualquier otro repuesto, compatibles en dimensiones y resto de características con los ahora ofertados será de 20 años.

El color exterior de las celdas y el de los armarios de control será de la tonalidad RAL 9002, con brillo seda mate y acabado mate.

Será posible cambiar los polos el interruptor manteniendo la tensión en ambas barras. También existe la posibilidad de cambio de la celda completa sin perder servicio en un tiempo inferior a seis horas.

El conexionado de señalización, medidas y control se realizará por conectores.



1.3.Transformadores de tensión

Según las normas de la Propiedad, se requerirá, para previsión de su posible uso en casos excepcionales, una verificación y marcado en origen de los transformadores de tensión que garantice la bondad de las medidas que proporciona para cumplimiento de la legislación vigente respecto de la medida oficial en los puntos frontera con la red de transporte, y la consiguiente aprobación del modelo por el organismo administrativo competente en cada caso.

1.4.Transformadores de intensidad

Según las normas de la Propiedad, se requerirá, para previsión de su posible uso en casos excepcionales, una verificación y marcado en origen de los transformadores de intensidad que garantice la bondad de las medidas que proporciona para cumplimiento de la legislación vigente respecto a la medida oficial en los puntos frontera con la red de transporte y la consiguiente aprobación del modelo por el organismo administrativo competente en cada caso.

1.5.Calentamiento

El calentamiento de los elementos o materiales que forman parte de la aparatura bajo envolvente metálica aislada en SF₆ no deberá exceder los límites prescritos en las normas UNE EN 60694, 62271-203 .

El calentamiento de puntos de la envolvente, accesibles al operario en el curso normal de sus trabajos no superará los 30°C.

1.6.Envolvente

La envolvente será metálica (aleación ligera de aluminio), amagnética, y deberá presentar una rigidez mecánica tal que asegure el perfecto funcionamiento de todas las



partes móviles situadas en su interior. La envolvente deberá soportar el vacío en el proceso de llenado de gas.

Todas las superficies exteriores de la envolvente deberán estar protegidas contra los agentes externos de forma que se garantice una eficaz protección anticorrosiva.

Toda la tornillería, los resortes y elementos auxiliares serán de materiales no oxidables, de acuerdo con lo indicado en las normas UNE 37507 y UNE-EN ISO 1461.

Los elementos metálicos en contacto entre sí deberán ser de tal naturaleza que nos se produzca corrosión debida al par galvánico que pueda aparecer en presencia de humedad.

Los diferentes compartimentos de alta tensión que tengan que soportar la presión de gas estarán acordes con lo indicado en las normas UNE EN 60694, 62271-203.

1.7. Defectos internos

Ante la posibilidad de que se produzca un cortocircuito en el interior de la envolvente del gas, que conduzca a la destrucción del compartimento de la celda, se adoptarán las condiciones constructivas necesarias para garantizar la seguridad de las personas que puedan encontrarse en su proximidad. Se deberá cumplir lo indicado en la norma UNE EN 60517, 62271-203.

La oferta deberá describir las disposiciones y medidas adoptadas para prevenir los arcos debidos a los defectos internos y para limitar su duración y consecuencias.

Los efectos del arco interno deben quedar limitados al compartimento en cuestión. Una vez separado y aislado el compartimento, deberá ser posible restablecer el servicio del resto de la instalación.

1.8. Compartimentación

Cada una de las celdas de la subestación estará dividida en módulos con encapsulado monofásico para los diferentes elementos de maniobra o medida de la



subestación (interruptor, seccionadores, transformadores de medida, etc), admitiéndose el encapsulado trifásico para los conductos. A su vez, cada celda estará dividida en compartimentos estancos, conformados por uno o varios de estos módulos.

Cada compartimento dispondrá de válvulas para el vaciado y carga del gas.

La compartimentación no deberá restringir las posibilidades de mantenimiento.

No se admitirá que exista una interconexión a través de tubos que conecten los compartimentos unipolares entre sí; se requerirá un manodensostato por compartimento, uno por fase. La estanqueidad de los compartimentos estará garantizada. En cualquier caso, la fuga anual admisible de la armadura bajo envoltorio metálica, de forma conjunta y por compartimento, será inferior al 0.5%. La denominación de cada uno de los compartimentos de la celda deberá ser la que se indica en las especificaciones de la Propiedad.

La compartimentación indicada en estos diagramas es de carácter general, otras soluciones se podrán considerar igualmente válidas. Además, se tendrán en cuenta los siguientes criterios de obligado cumplimiento:

- la compartimentación deberá permitir las actividades de mantenimiento y sustitución;
- en caso de celda de salida con fluoducto, se requerirá que los compartimentos del seccionador de salida y el fluoducto sean diferentes.

1.9. Control de densidad

El control de densidad del gas en cada compartimento será realizado mediante densímetros compensados por temperatura, con contactos eléctricos para dos niveles de baja presión: alarma y disparo, que serán accesibles para realizar la lógica de alarmas y disparos de los elementos que corresponda en bastidores de suministro de la propiedad

Los elementos de control de densidad de gas estarán dotados de indicación visual y numérica.



En el caso de compartimento del interruptor de potencia, deberá garantizarse la posibilidad de apertura del interruptor con su poder de corte nominal para el nivel de disparo.

Se instalarán además, en cada compartimento estanco, dispositivos de descarga (discos de ruptura) para limitar el aumento de presión en caso de defecto interno, de forma que se asegure la protección del personal ante esta situación, según la norma UNE-EN 60517, 62271-203.

Los dispositivos de descarga estarán situados, diseñados y orientados de tal forma que la proyección de los citados gases no pueda incidir sobre el personal ni dañar los cables de alta tensión u otra instalación.

1.10. Dilatación

El equipo blindado de SF₆ en su conjunto dispondrá de los elementos necesarios para absorber las dilataciones que puedan producirse en el mismo.

1.11. Puesta a tierra

Todos los elementos constitutivos de la envolvente deberán estar conectados a tierra mediante pletinas o cable de cobre o aluminio previstos para la corriente admisible asignada de corta duración.

1.12. Grado de protección

El grado de protección de las envolventes de los cuadros y cajas será:

- En el interior: mínimo IP52.
- En el exterior: mínimo IP55

El grado de protección de los circuitos y elementos en el interior de las envolventes será mínimo IP20.



1.13. Armarios

El armario de control local de la celda, suministrado por el fabricante, será preferentemente fabricado y probado en España por suministradores homologados por la Propiedad, estando previsto su montaje independiente de la celda, que deberá venir dotada de los elementos de anclaje necesarios. Solo con una aprobación previa y específica por parte de la Propiedad se admitiría que la fabricación y pruebas de este cuadro se realizaran fuera de España. Estos armarios se conectarán a los elementos de la celda mediante conductor acabado en conectores, mientras que equiparán regleteros de bornes para su interconexión con los bastidores de control y protecciones suministrados por la Propiedad. La Propiedad definirá los circuitos que por necesidades de mantenimiento deberán pasar por regleteros intermedios entre los conectores y elementos del armario.

Los armarios deberán cumplir, además de las normas reconocidas internacionalmente, la normativa de la Propiedad en cuanto a calidades de los materiales y en cuando a ejecución, componentes e identificación de los mismos; por ello, previa la aceptación del suministro de armarios con especificación propia del suministrador, ésta deberá ser sometida a la aprobación de la Propiedad.

Las celdas estarán dotadas de los enclavamientos entre interruptor de potencia, seccionadores de barras y seccionadores de puesta a tierra, necesarios para garantizar la seguridad del personal y del propio material, imposibilitando falsas maniobras, tanto si son efectuadas con accionamiento eléctrico o mecánico.

Opcionalmente podrán incorporar un autómatas programable, para mando local y tratamiento de alarmas.

1.13.1. Cableado e interconexión de armarios

El cableado interno de los armarios de control de las celdas deberá cumplir con la normativa de la Propiedad “Procedimiento para el conexionado de”, por lo que, alternativamente, y en el caso de suministro de armarios con especificación propia del suministrador, ésta deberá ser sometida a aprobación específica previa de la Propiedad.



Preferentemente se centralizará en la posición de acoplamiento el control de la propia posición, de medida de barras y de los seccionadores de puesta a tierra de barras.

1.14. Diseño para el mantenimiento

La forma constructiva de los equipos deberá permitir específicamente que todas las operaciones de mantenimiento, sustitución de componentes, etc., puedan llevarse a cabo manteniendo la tensión en al menos una barra.

La sustitución completa de una celda y la ampliación de la subestación se deberán poder realizar manteniendo en todo momento en servicio al menos una de las barras y sin afectar en modo alguno al servicio de celdas adyacentes.

La sustitución del módulo del interruptor (incluyendo la envolvente) se deberán poder realizar manteniendo en todo momento el servicio en las dos barras y sin afectar en modo alguno el servicio de las celdas adyacentes.

El suministrador deberá informar a la Propiedad en detalle de todos los procesos de sustitución de celdas completas, compartimentos o cualquier otro elemento (cámara activa de interruptor, etc.). Esta información contendrá cuantos aspectos constructivos, útiles y procedimientos sean requeridos, Se valorará la facilidad de realización de cada proceso.

Asimismo, informará de los tiempos en los que se pueden llevar a cabo todas las diferentes sustituciones que se pueden efectuar en la celda.

Se definen a continuación los tiempos máximos de sustitución de algunos elementos notables. Se indica el tiempo que corresponde a la sustitución de un elemento, desde su desmontaje a su montaje, sin incluir el tiempo de actuación sobre el gas; se evalúa desde que las cámaras tienen las presiones de SF₆ adecuadas para realizar el desmontaje hasta que se efectúa el montaje, sin considerar el tiempo de reposición de gas, y considerados todos los elementos, personal y medios preparados:

- sustitución de una celda completa: 3 jornadas laborables;
- sustitución de un interruptor, incluyendo envolvente: 2 jornadas laborables;
- sustitución de la cámara activa del interruptor: 2 jornadas laborables;



En caso de ser inviable la reparación de la celda o sustitución por una nueva in situ, se requerirá un módulo ciego de continuidad de barras que restablezca la configuración de la subestación.

El sistema constructivo de la celda permitirá que el desmontaje del módulo de interruptor, incluyendo envolvente, no implique el desmontaje físico de ningún otro módulo de la celda, así como el cuadro de centralización local de mando.

Específicamente se requerirá del fabricante el asegurar los trabajos de sustitución de compartimentos con la menor incidencia posible para el servicio y total seguridad del personal, por lo que para ello deberá de diseñarlo, dentro de la normativa vigente, con los elementos que considere necesarios (cámaras de presión intermedia entre módulos, etc.).

Se instalará de forma permanente al menos en el accionamiento principal del interruptor un transductor óptico para permitir en servicio el registro de sus curvas de desplazamiento y que puedan suministrar, a partir de canales adecuados, información sobre el estado interno de sus diversos órganos, con objeto de realizar el diagnóstico de los mismos (registro de corriente de bobinas por inserción de conectores, contacto auxiliar – imagen del instante de cierre – apertura, etc.). Además se proporcionará fácil acceso para el conexionado de equipos de registro por mantenimiento del estado de apertura y cierre de contactos principales de interruptores (se exige posibilidad de interrupción de al menos una de las puestas a tierra próximas al interruptor), curvas de desplazamiento y tiempos de operación.

Con la finalidad antes indicada, se instalará de forma permanente en el accionamiento principal del interruptor un transductor óptico para permitir en servicio el registro de sus curvas de desplazamiento.

Se enumerarán todas las revisiones necesarias para el buen funcionamiento del equipo, así como su periodicidad.

De forma opcional, el fabricante indicará los medios disponibles para la realización de una monitorización de forma continua de los parámetros necesarios para el adecuado funcionamiento de los equipos suministrados.



Asimismo el fabricante indicará detalladamente todos los medios de protección pasiva o activa con que cuentan los módulos (filtros, depósitos especiales para partículas, etc.) de cara a la protección del personal encargado de realizar las labores de mantenimiento y sustitución de los módulos.

Para poder realizar un correcto control del SF₆ el suministrador deberá indicar en la documentación entregada la masa de gas de cada compartimento.

1.15. Accesibilidad

El diseño y construcción de la subestación GIS permite el acceso para tareas de mantenimiento los siguientes elementos:

- todos los elementos susceptibles de bloqueo mecánico;
- manodensostatos;
- mandos de los seccionadores;
- mandos del interruptor;
- tierras seccionables;
- caja de bornes de secundarios del transformador de intensidad;
- caja de bornes de secundarios del transformador de tensión;
- válvula de llenado y vaciado de gas SF₆ de todos los compartimentos;
- cuadros de control local de la celda;
- dispositivos o ventanas de visualización de comprobación de estado de los seccionadores.

Será suministro del fabricante todos los elementos que proceda necesarios para garantizar la accesibilidad: pasarelas, plataformas, escaleras, o cualesquiera otros que proceda para cada solución.

En caso de instalación de pasarelas, estas deberán ser:

- desmontables parcialmente por tramos, manejables por un máximo de dos personas;
- seguras a niveles físico y eléctrico;
- basadas en un suministro industrial;



- compatibles con los requerimientos de mantenibilidad exigidos.

Todas las subestaciones, cualesquiera que sean sus características (sismicidad, celdas con conexión a bornes por lado contrario en directo, etc.) deberán estar diseñadas bajo los requerimientos de accesibilidad.

1.16. Características de operación

El mando de los elementos efectuará a cinco niveles diferentes:

- nivel 4: telecontrol;
- nivel 3: mando local desde el centro de control de la subestación;
- nivel 2: mando local a nivel de posición, desde las MULC en bastidores de protección de cada posición;
- nivel 1: mando local a nivel de posición desde el cuadro de centralización local de mando de cada posición;
- nivel 0: mando manual desde cada equipo.

Esta disposición implica que todo el cableado proveniente de la aparatada estará conexasiónado el interior del compartimento de baja tensión o armario de mando local correspondiente mediante conectores, en el que además existirá un conjunto de bornes a partir de los cuales se conectarán exteriormente los cables hasta los equipos de protección, servicios auxiliares y telecontrol.

El fabricante deberá prever la lógica de enclavamientos en los diferentes elementos. Esta lógica de enclavamientos será eléctrica. Además todos los seccionadores de puesta a tierra se dotarán de enclavamientos mecánicos (candado).

Las adaptaciones necesarias del equipo para realizar los procesos de mando, protección, control local y telecontrol, así como criterios de denominación de esquemas de identificación de elementos, señales y alarmas entre ellos, serán objeto de acuerdo entre la Propiedad y el constructor.

Se indicarán, entre otros, los sistemas de protección contra errores de maniobra, la protección contra contactos accidentales, etc.



1.17. Marcas

Cada celda llevará, en lugar bien visible y fijo (no desmontable para evitar errores en la instalación), una placa de características en la que sindicarán, con letra indeleble y fácilmente legible, el nombre o marca del fabricante, el año de fabricación, y el número de serie o designación que le sea aplicable.

Deberá llevar en lugar bien visible, y con el tamaño adecuado, el esquema eléctrico de las funciones que contiene el módulo, realizado en disposición física orientativa de su emplazamiento y con su identificación en esquemas y documentación identificación acorde con normalización de identificación la Propiedad).

Todas las placas estarán realizadas en materiales existentes y las inscripciones serán indelebles estarán redactadas al menos en idioma español.

1.18. Montaje y puesta en servicio

Los requisitos relativos el montaje, incluidos en el alcance de los suministros que se requieran comprenderán los aspectos siguientes:

- descripción de los elementos separados a montar por posición;
- el suministrador presentará un programa de actividades, plazos y recursos para la ejecución del montaje que ser aprobado por la Propiedad previamente al inicio del montaje;
- el suministrador se compromete a presentar a aprobación de la Propiedad un programa de pruebas, protocolos y procedimientos completos incluyendo orden de actuaciones, equipos utilizar, lista de operaciones y entornos de valores admisibles sin los que no será aceptado el inicio de las pruebas, que en todo caso efectuará bajo su responsabilidad y con presencia de personal de la Propiedad;
- asimismo, el suministrador será responsable del montaje completo de las celdas con todos sus accesorios hasta el cuadro de control de suministro; como alternativa, y en un futuro, se prevé que el suministrador tan sólo lleve a cabo las labores de supervisión de montaje, puesta en servicio y pruebas en campo;



- el suministrador supervisará el montaje completo de los interfaces con las salidas en cable y aprobará, junto con los suministradores dicho cable y terminal, la conexión realizada;
- la Propiedad designará a un coordinador para los trabajos de montaje en campo;
- asimismo, el suministrador designará un coordinador como interlocutor válido en campo;
- el suministrador presentará relación de medios materiales y humanos que se van a emplear; en caso de contratación del montaje, la Propiedad facilitará gratuitamente agua y energía eléctrica para uso del suministrador;
- el suministrador supervisará los trabajos de acondicionamiento de la instalación para el montaje de las celdas; el suministro incluirá los elementos necesarios para el montaje, fijación y su colocación;
- el suministrador proveerá de los tipos de alta tensión que sean necesarios para la prueba en campo de las celdas suministradas; en su oferta valorará asimismo el coste del transporte hasta y desde la instalación;
- el suministrador deberá realizar las interconexiones de los sistemas de mando, medida, protección, control local y telecontrol que se precisen entre celdas;
- la Propiedad exigirá el cumplimiento de las normas de seguridad vigentes, en concreto, será de obligado cumplimiento el plan de seguridad para trabajos elaborado específicamente para la instalación de referencia, conforme a lo dispuesto en la legislación vigente aplicable y del que será una copia del montaje; el suministrador será responsable de la seguridad de las personas y de la instalación
- el montaje se considerará finalizado cuando, a juicio del suministrador y de la Propiedad, se hayan cumplido todos los requisitos de montaje y se hayan ejecutado por el suministrador los ensayos correspondientes, en campo, y con los medios necesarios.
- una vez finalizado el montaje, el suministrador deberá retirar de la instalación todas las botellas de gas SF₆.



1.19. Pruebas y ensayos

Los ensayos serán atestiguados por los representantes de la Propiedad y del suministrador, a menos que el primero renuncie explícitamente y por escrito, a estar presente en los mismos y sin que esta condición exima al suministrador de su responsabilidad de cumplir plenamente con esta especificación.

El suministrador deberá avisar a la Propiedad por escrito, cuatro semanas antes de la fecha de comienzo de los ensayos.

La Propiedad se reserva el derecho de efectuar por sí misma o a través de subcontratación, auditorías de calidad en las diferentes etapas de fabricación de los módulos.

1.19.1. Ensayos de tipo

Deberán efectuarse sobre un conjunto completo, unipolar o tripolar de cada tipo de celda.

Los ensayos de tipo se realizarán de acuerdo con lo indicado en la Norma UNE-EN 60517, y comprenderán, como mínimo:

- ensayos de nivel de aislamiento, incluyendo medida de descargas parciales y ensayos a frecuencia industrial en los circuitos auxiliares;
- ensayos de calentamiento y medida de la resistencia del circuito principal;
- ensayo de corriente de corta duración y valor de cresta admisibles;
- verificación de los poderes de cierre y corte;
- ensayos de funcionamiento mecánico;
- verificación del grado de protección;
- verificación de la resistencia mecánica de la envolvente.

Será suficiente la presentación de un certificado acreditativo de haberse realizado en otro conjunto del mismo tipo, en el que conste una descripción de las características del equipo.



1.19.2. Ensayos en fábrica

Adicionalmente a lo expuesto en el apartado anterior para los ensayos de mantenimiento, el resto de los ensayos en fábrica se realizarán de acuerdo con lo indicado en la UNE – EN 60517:1998 y comprenderán como mínimo:

- ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial del circuito principal;
- ensayos dieléctricos de los circuitos auxiliares del mando;
- medida de descargas parciales;
- ensayo de presión de las envolventes;
- ensayo de detección de fugas de gas;
- ensayo de funcionamiento mecánico;
- ensayo de los dispositivos auxiliares;
- verificación de la exactitud del cableado.

1.19.3. Ensayos de mantenimiento

Una vez finalizados el resto de ensayos, el fabricante deberá efectuar en fábrica los siguientes ensayos, que se definen como ensayos de mantenimiento, y que por no encontrarse dentro de la normalización existente, deberán llevarse a cabo según procedimiento a acordar entre el suministrador y la Propiedad, que deberá ser posteriormente elaborado por el suministrador.

Se definen como ensayos de mantenimiento los realizados para los equipos suministrados y obtenidos en plataforma, en condiciones similares de montaje y con el mismo:

- número de personas;
- conjunto de herramientas y elementos de manutención;
- procedimientos;
- equipos de registro y ensayo que se podrán utilizar en campo para su repetición, una vez se encuentre el equipo en servicio en la instalación.

Estos ensayos deberán repetirse en campo una vez finalizado el montaje, con los equipos del mismo tipo a los empleados en fábrica. Los datos obtenidos se compararán



con los de fábrica y servirán como referencia para el mantenimiento predictivo durante la vida de las celdas.

Los registros magnéticos de la totalidad de los ensayos de mantenimiento realizados serán suministrados a la Propiedad en soporte informático, con el correspondiente software para su tratamiento y licencia de utilización, de ser necesaria, si este fuera diferente al habitualmente empleado por la Propiedad.

1.19.4. Ensayo de tipo de mantenimiento

Se llevará a cabo para cada serie de fabricación:

- resistencia de contacto de cada uno de los compartimentos e interconexiones entre estos;
- resistencia de la celda completa;
- tiempos de actuación de los seccionadores;
- registros de corriente y tensión de actuadores de interruptores y seccionadores.

1.19.5. Ensayos individuales de mantenimiento

Se realizarán ensayos de los interruptores con equipo analizador portátil, y registros en soporte informático por cada interruptor, de cómo mínimo las funciones siguientes:

- resistencia de los contactos principales;
- tiempos de apertura y cierre de los diferentes ciclos de maniobra;
- velocidades de apertura y cierre de contactos principales;
- carrera de los contactos principales, penetración y sobrerrecorrido;
- resistencia y consumo de bobinas de apertura y cierre;
- tiempos de actuación de bobina de apertura, cierre y simultaneidad de operación entre contactos principales y auxiliares.



1.19.6. Ensayos en obra

Los ensayos se realizarán de acuerdo con lo indicado en la norma UNE – EN 60517:1998.

El procedimiento de ensayos en obra será:

- exhaustivo: comprenderá todas y cada una de las comprobaciones a realizar;
- detallado: en formato check-list, con entornos de valores admisibles.

Además, será elaborado y sometido a aprobación de la Propiedad, comprendiendo como mínimo:

- ensayos de alta tensión de los circuitos principales;
- ensayos individuales de mantenimiento;
- medida de la resistencia del circuito principal;
- controles y verificaciones;
- medida de la humedad;
- ensayo de detección de fugas de gas;
- ensayos de funcionamiento mecánico;
- ensayo de los dispositivos auxiliares;
- verificación de la exactitud del cableado
 - o completo para el efectuado en campo;
 - o muestreo del cableado por conectores ya probados en fábrica.

1.20. Listado de actuaciones en la revisión anual

1.20.1. Mantenimiento predictivo

Se realizará por medio de termografía de infrarrojos.

1.20.2. Mantenimiento preventivo

1.20.2.1. 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.
 - Comprobar señalizaciones.
 - Comprobar fugas de SF₆ en juntas dinámicas.
- Transmisiones
 - Limpiar y engrasar reenvíos.
 - Revisar articulaciones.

1.20.2.2. 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.

1.20.2.3. Interruptores

- Mando resorte
 - Comprobar regletas de bornes y cableado.
 - Comprobar indicación mecánica de posición.
 - Comprobar enclavamientos mecánico.
 - 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 de volante en mm.
 - Amortiguador del mando (niveles y perdidas).
 - Nivel de aceite en caja de engranaje.
 - 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
 - o Comprobar uniones atornilladas.
 - o Comprobar par de apriete de conexiones de entrada y salida y entre las cámaras.

- General
 - o Pintar cabecillas y bases. Estado general de pintura.
 - o Corregir oxidaciones y pintar cuando proceda.
 - o Limpiar aisladores y revisar su estado.
 - o Comprobar zonas de pegado de porcelanas.
 - o Comprobar presión de SF₆.

- Pruebas funcionales
 - o Medición de resistencia de los contactos.
 - o Medición de sincronismo entre fases. Diagrama recorrido, sincronismo, penetración.
 - o Medición de tiempos de maniobra. Diagrama velocidad de conexión/desconexión.
 - o Medición de resistencia de aislamiento.
 - o Presión de alarma baja presión.
 - o Verificar accionamiento manual y eléctrico.
 - o Anotar numero de maniobras.
 - o Comprobar resistencia de caldeo y termostato.

1.20.2.4. Transformadores de medida

- Conexiones
 - o Comprobar apriete conexiones de entrada y salida.
 - o Revisar puentes cambio relación. Anotar relación.
 - o Comprobar relación de transformación.

- General
 - o Comprobar puesta a tierra.



- Comprobar fijación de soporte..
 - Comprobar pasatapas y juntas.
 - Comprobar estanqueidad. Detectar fugas.
 - Comprobar oxidaciones. Corregir y pintar cuando proceda.
 - Limpiar porcelanas. Revisar su estado.
 - Comprobar zonas de pegado de porcelanas.
 - Comprobar estado de bornas, juntas y anclajes.
 - Comprobar acoplamiento cuerpos (conexión eléctrica).
 - Comprobar interruptores magnetotérmicos.
 - Comprobar circuito amperímetro / voltímetro.
- Cajas bornes 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.
 - Medida de valores de red en bornas de cuadro.
 - Medida de valores de red en sala de celdas.

1.20.2.5. Sistemas de protección y control

- Comprobar puesta a tierra.
- Comprobar oxidaciones. Corregir y pintar cuando proceda.
- Realizar prueba de lámparas.
- Comprobar apriete de conexionado.
- 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.
- Tensión máxima.
- Tensión mínima.
- Tensión homopolar.
- Tensión diferencial.
- Diferencial de línea.
- Sobreintensidad.
- 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 bornes y conexiones.
- Verificación de los dispositivos de señalización, cableados, disparos a distancia.

1.20.2.6. *Batería de C.C.*

- Comprobar bancada.
- Limpieza de cuadros y vasos.
- Comprobar nivel de electrolito.
- Comprobar densidad del electrolito.
- Realizar prueba de capacidad
- Comprobar conexiones
- Medir consumo y respuesta a la puesta en servicio de todos los circuitos
- 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



1.20.2.7. Embarrados

- Comprobar estado de las estructuras metálicas
- Comprobar puesta a tierra de soportes
- Corregir oxidaciones y pintar cuando proceda
- 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

1.20.2.8. 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 apriete de conexiones.
- 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 aislamientos entre fase y fase.
- Medición de aislamientos entre fases y tierra.

1.20.2.9. Seguridad frente a personas

- Sistemas de tierra.
- Medida de las resistencias de puesta a tierra de todos elementos.
- Indicación de los valores obtenidos en las tomas de tierra.
- Comprobación de la continuidad de los sistemas de tierras.
- Estado de conexiones y conductores de unión de tomas de tierra.
- Medida de tensión de paso.
- Medida de tensión de contacto.
- Elementos de seguridad y emergencia.



- Comprobación de estado de detección y extinción de incendios.
- Comprobación de estado de elementos de accionamiento y rescate.
- Estado de las señales indicativas preceptivas.
- Comprobación de alumbrado de emergencia y normal.
- Peligrosidad de la instalación y locales de ubicación.
- Comprobación de defensas protectoras, cerramientos y puertas.
- Indicación de humedades y filtraciones de agua.
- Estado de muros, paramentos y otros.

1.20.3. Normativa aplicable

Los equipos de alta tensión y sus distintos componentes, deberán ser diseñados, fabricados y ensayados de acuerdo con las normas que se indican a continuación y que les sean aplicables.

- Norma ANSI / IEE C.372.1979: números funcionales de dispositivos de sistemas eléctricos.

Además, en la medida que corresponda a las características específicas del aislamiento de gas, también serán de aplicación:

- UNE-EN 62271-203:2005: aparata bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas iguales o superiores a 52 kV.
- UNE- EN 60694:1998: estipulaciones comunes para las normas de aparata de alta tensión.
- UNE 20324: grados de protección proporcionados por las envolventes (código IP).
- MIE – RAT ITC 18: instalaciones bajo envolvente metálica de 72.5 kV o superiores, aisladas en hexafluoruro de azufre.
- UNE-EN 61259:1998 (CEI 1259): aparata bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas iguales o superiores a 72.5 kV. Requisitos para la conmutación de corrientes de juegos de barras en vacío por seccionadores.



- UNE-EN 50089:1996: particiones de resina moldeada para aparata de alta tensión bajo envolvente metálica en atmósfera de gas.
- UNE 21852:1989; 2M / 1996: envolventes de aleación de aluminio fundido para aparata de alta tensión bajo presión de gas.
- UNE-EN 60376: especificaciones para hexafluoruro de azufre de calidad técnica para uso en equipos eléctricos.
- UNE-EN 50102: grados de protección proporcionados por las envolventes materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos.
- IEC 60859: *cable connection for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72.5 kV and above.*
- IEC 62271-209: conexiones de cables para aparata bajo envolvente metálica con asilamiento gaseoso para tensiones asignadas iguales o superiores a 52 kV. Cables de aceite fluido y de aislamiento extruido. Terminales de cable de aceite fluido y de tipo seco.

Los diversos componentes contenidos en la envolvente en sí misma estarán sujetos a las normas UNE particulares que les afecten.

Entre las normalización de la Propiedad a considerar en el diseño de los equipos se encuentran las siguientes especificaciones:

- procedimiento de pintura para cuadros y paneles;
- procedimiento de conexionado de cuadros y paneles;
- bornes de paso y seccionables para conductores de cobre de B.T.;
- cables de fuerza, control y alumbrado;
- procedimiento de embalaje, marcado y envío para equipos y materiales.

1.21. Información a entregar por el suministrador

Toda la documentación de texto vendrá en fichero informático de Office en castellano; se considerará aceptable el uso de inglés o francés solo en los protocolos de ensayo.

Todos los planos tendrán que venir en formato de AutoCAD (".DWG") cumpliendo los prototipos establecidos por la Propiedad en su normativa.



1.21.1. Documentación previa al inicio de la fabricación

El suministrador deberá entregar a la Propiedad 3 copias papel y fichero informático de la información relacionada a continuación:

- Planos certificados de dimensiones generales de las celdas, indicando cargas y esfuerzos para el cálculo de la losa del edificio (reacción máxima en cada punto de apoyo de la bancada, tanto en el cierre como en el disparo, etc.), incluyendo detalles de fijación de la bancada.
- Plano descriptivo de disposición física de las celdas, indicando las distancias mínimas a respetar.
- Frente, disposición física de aparatos y lista de materiales de todas las celdas.
- Planos de placas de características.
- Instrucciones de almacenamiento del equipo en obra o almacén.
- Copia controlada del manual de calidad en la revisión vigente.
- Programa de puntos de inspección definitivo, tanto de calidad como de seguimiento de la planificación.
- Procedimientos de prueba y ensayo.
- Protocolos de ensayo estándar individuales y de rutina, tanto de las celdas como de los equipos contenidos en ellas, gas aislante y envolvente.
- En cada armario de mando, deberá incluirse una copia de la documentación básica de la subestación (instrucciones de montaje y mantenimiento y esquema eléctrico).

1.21.2. Documentación de ensayos a presentar

Una vez efectuados los ensayos en fábrica y antes de 15 días deberá enviarse en formato reproducible:

- Guía para la recepción y puesta en servicio de la obra.
- Instrucciones de montaje, puesta en servicio y programa de mantenimiento.

La Propiedad comunicará su posible asistencia o autorización para pruebas en ausencia.



En cualquier caso, realizadas las pruebas, el fabricante siempre deberá remitir a la Propiedad los protocolos de ensayo de rutina y registros asociados en soporte informático vía correo electrónico, hojas de protocolo, textos, planos e imágenes, agrupados en un fichero por cada equipo que recogerá el nombre del fabricante, equipo, tipo y nº de aparato.

1.21.3. Documentación a presentar una vez realizado el montaje

- Informe final de calidad.
- Manuales de Operación y Puesta a Punto, así como de Mantenimiento.
- Consignas de seguridad de la instalación y para su intervención.
- Información sobre compartimentación de la instalación, disposición física, contenidos y presiones, así como tolerancias de diferencias de presiones admisibles entre compartimentos contiguos.
- Manuales de manejo, reciclado y medidas en la instalación del SF₆, así como accesorios recomendados para ello, debidamente identificados.
- Características del gas admisibles, con sus límites según estado.
- Protocolos de ensayo realizados en campo y registros asociados en formato papel y soporte informático.

1.22. Condiciones de transporte, embalaje y almacenamiento

Solo se efectuará la entrega del suministro con la previa conformidad de la Propiedad.

1.22.1. Almacenamiento

En base al programa de fabricación acordado entre el suministrador y la Propiedad, esta se reserva el derecho de retener, por causas justificadas, el equipo en las instalaciones del proveedor en régimen de depósito y bajo la responsabilidad del suministrador.



1.22.2. Transporte

El fabricante deberá gestionar la realización del transporte en los términos recogidos en los posibles pedidos y/o en los documentos que los completen.

1.23. Registros de calidad

A fin de asegurar el cumplimiento por parte del suministrador de los mencionados requerimientos, éste deberá tener implantado un Sistema de Calidad de acuerdo con la correspondiente norma ISO 9000, con certificado de calidad expedido por el organismo acreditativo.

En el caso de no tener esta certificación, la concesión del pedido se supeditará a la previa evaluación y aprobación de dicho sistema por parte de la Propiedad.

1.23.1. Plan de calidad

El suministrador elaborará un Plan de Calidad donde se recogerán las fases de fabricación e inspecciones, desde la recepción de materiales, hasta la puesta en servicio del pedido en destino. Se secuenciará de forma correlativa.

En cada una de las fases o secuencias se indicarán los puntos a controlar de acuerdo con la norma o procedimiento aprobado. El formato (Programa Puntos de Inspección, PPI), deberá permitir dejar constancia de dichas inspecciones mediante fecha y firma.

Una vez realizado el pedido, la Propiedad deberá aprobar el programa Puntos de Inspección, pudiendo, en función de las características del suministro, fijar en él puntos de espera, que no podrán realizarse sin su presencia o autorización), y puntos de aviso, que o requieren aviso propio. La Propiedad podrá ampliar estos puntos en cualquier momento de la fabricación.

En el caso de que hayan sido indicados, el suministrador comunicará por escrito la fecha prevista de los puntos de espera en el momento de la confirmación del pedido. Adicionalmente, y con un plazo mínimo de diez días de antelación deberá comunicar la



confirmación definitiva de las mismas. Hasta tres días antes del cumplimiento de los plazos, la Propiedad notificará por escrito su decisión de asistir o no, y en su caso, la autorización de su realización.

El suministrador se hará cargo de los gastos de desplazamiento derivados de una notificación defectuosa, así como de repetición de ensayos.

Dependiendo de las características del pedido, la Propiedad determinará si los Programas de Puntos de Inspección deben elaborarse por cada unidad, modelo o partida incluida en el suministro.

1.24. Desviaciones

La Propiedad considera desviaciones:

- todo cambio respecto a los requerimientos recogidos en el presente proyecto que no haya sido aprobado previamente por la Propiedad;
- cualquier resultado no conforme de los controles dimensionales, ensayos, inspecciones o pruebas que se efectúen durante el proceso de fabricación y en las finales o de funcionamiento;
- cualquier retraso o modificación en las fechas previstas de entrega respecto a la planificación inicialmente establecida;
- cualquier parte del suministro que no esté de acuerdo con el contrato o los documentos aprobados por la Propiedad.

Al producirse una desviación, el suministrador enviará un Informe de Desviación a la Propiedad para someterlo a su aprobación. En él se describirá suficientemente el problema y se propondrá una solución.

1.25. Acceso a instalaciones y documentación en inspecciones

La Propiedad o sus representantes tendrán libre acceso a las instalaciones, tanto del suministrador como de sus proveedores o subcontratistas, para inspeccionar o



auditar todo aquello que se relacione con este pedido. Asimismo, podrá disponer de toda la documentación técnica y de calidad con el fin de verificarla y evaluarla.

1.26. Autorización de expedición

Antes de proceder a la expedición de cualquier partida del pedido, el suministrador deberá obtener de la Propiedad o de sus representantes la autorización de expedición. El suministrador se responsabilizará de preparar y cumplir los requisitos de su emisión.

La autorización de Expedición es un documento en el que queda reflejado:

- que todos los documentos han sido aprobados;
- que el Informe Final de Calidad está disponible y aprobado por el departamento de Calidad del suministrador;
- que los Informes de Desviación, tanto del propio suministrador como los emitidos por la Propiedad, están cerrados;
- que los equipos del pedido están limpios, protegidos y embalados e identificados correctamente.

Es decir, se ha cumplido con los requisitos contractuales derivados de los requerimientos del pedido.

La Propiedad o su representante podrá emitir una autorización de expedición condicional en el caso de encontrarse desviaciones no cerradas o nuevas.

1.27. Recepción en destino

La Propiedad o su representante inspeccionará el pedido en el lugar de destino, comprobando el estado del mismo, así como verificando la documentación que le acompañe.

Realizadas las pertinente comprobaciones se emitirá el correspondiente Certificado de Recepción. La Propiedad se reserva la reclamación basada en futuros



fallos en servicio o en un comportamiento inadecuado del equipo, conforme a lo establecido en las especificaciones.

1.28. Documentación del informe de calidad

El suministrador mandará a la Propiedad el Informe Final de Calidad para su aceptación provisional.

Se relacionan a continuación los documentos que deben incluirse en dicho informe:

- certificados de materiales y equipos;
- plateado de los contactos;
- válvulas e presión de los compartimentos estancos;
- gas;
- aparatos auxiliares y manodensostatos;
- pintura de elementos metálicos;
- elementos aislantes;
- envolventes metálicas;
- filtros y elementos de protección frente a partículas polucionantes;
- conectores para la interconexión entre armarios y módulos.

En general, todos aquellos materiales y elementos auxiliares que formen parte del conjunto.

- protocolos de pruebas y ensayos;
- Programa de Puntos de Inspección, cumplimentado, si procede;
- documentación sobre modificaciones, desviaciones y reparaciones;
- copia de autorización de expedición;
- Certificado de Recepción;
- certificados de calidad del fabricante.

Deberán presentarse numerados, con índice que permita su fácil localización y con la calidad suficiente para que sea legible y reproducible.



1.29. Garantías

El periodo de garantía será de cinco años desde su puesta en servicio, condicionado a un mantenimiento preventivo realizado por la Propiedad conforme a los procedimientos y periodicidades establecidos por el fabricante.

1.30. Plazos

El plazo garantizado de suministro de módulos, submódulos y cualquier otro tipo de repuesto compatibles en dimensiones y resto de características con los ahora ofertados, será de veinte años.

1.31. Otros requisitos

1.31.1. Formación

Existirá una formación inicial gratuita y un programa de formación continuación de la primera, que será retribuido. Para esta segunda etapa, el suministrador incluirá en la oferta una partida valorada con el alcance específico de las necesidades de formación técnica que el suministrador está en condiciones de proporcionar al personal de la Propiedad, tanto para la instalación y puesta a punto de los componentes como para su mantenimiento y operación, en dicha partida se incluirá el material didáctico, manuales, programas y demás instrumentos que se consideren necesarios.

1.31.2. Asistencia técnica postventa

El suministrador deberá confirmar en las ofertas su disponibilidad para poder cumplir con los requisitos principales que se describen a continuación, o en caso contrario, indicar y justificar las excepciones y alternativas que pueda aportar.



1.31.3. Alcance de los servicios

El proveedor asistirá a la Propiedad en los ámbitos siguientes:

- asistencia general por teléfono, correo electrónico o fax;
- intervenciones urgentes;
- mantenimientos preventivos;
- formación de la fábrica o en el lugar;
- recomendación de modificaciones que permitan mejorar la explotación de la subestación y aumentar su disponibilidad;
- actualización de la documentación existente y generación de procedimientos y guías de actuación necesarias para el correcto mantenimiento del parque GIS;
- servicio de reparaciones.

1.31.4. Definición de las actividades a realizar por el proveedor

El cumplimiento de estas actividades será obligación en todo momento del suministrador. En caso de que el suministrador provea algunas de estas actividades a partir de terceras compañías, éstas deberán ser homologadas previamente con la Propiedad para poder realizar estos servicios.

- Asistencia general

Disponibilidad: el proveedor facilitará un teléfono de contacto que estará activo las 24 horas del día, todos los días del año, para contestar a cualquier pregunta relativa al mantenimiento de la GIS.

Tiempo de respuesta: el proveedor deberá comunicar a la Propiedad la respuesta a la consulta planteada en el menor plazo posible, siempre inferior a 48 horas desde la notificación.

- Intervenciones urgentes

- Mantenimiento preventivo

La Propiedad podrá solicitar un superior del proveedor para la realización de mantenimiento preventivo. La Propiedad avisará de la necesidad de este servicio con un mes de antelación.



La Propiedad podrá solicitar que un supervisor del proveedor acuda a la GIS por lo menos una vez cada tres años para comprobar el estado de la instalación y contestar a las eventuales preguntas del usuario.

El proveedor entregará a la Propiedad un documento con las recomendaciones para el correcto almacenamiento de los equipos, así como las recomendaciones para su transporte y el material necesario para realizarlo en el menor tiempo y con la mayor seguridad posible.

La Propiedad podrá solicitar que un supervisor del proveedor acuda a los almacenes de la Propiedad con un periodo determinado de años para comprobar el estado de los repuestos y emitir un informe con las conclusiones y recomendaciones. La primera visita será realizada al año del primer suministro que suponga el grueso de los equipos.

- Formación

A la demanda de la Propiedad, el proveedor puede organizar una formación de trabajadores de la Propiedad. La formación se podría realizar en fábrica o en una GIS, en función de los requerimientos de la Propiedad y del proveedor.

- Mejora de la explotación y aumento de la disponibilidad de la subestación.

El proveedor se compromete a informar a la Propiedad de cualquier modificación que permita mejorar su explotación y aumentar su disponibilidad.

Las mejoras acordadas se realizarán conjuntamente y según contrato independiente a éste.

- Puesta al día de la documentación

El proveedor se compromete a facilitar a la Propiedad toda la documentación en español necesaria para la correcta operación y mantenimiento de la GIS. En caso de que, previamente comunicadas a la Propiedad y aceptadas por la Propiedad, se realicen mejoras o modificaciones de la GIS, el fabricante debe modificar esta documentación en la medida en que se vea afectada.

- Servicio de reparaciones



1.32. Materiales y medios

El proveedor aportará todos los materiales y medios necesarios para las intervenciones, a excepción de los siguientes materiales y medios, que serán facilitados por la Propiedad:

- Gran repuesto. La Propiedad dispondrá del gran repuesto mínimo necesario para poder solventar cualquier avería en una posición. Estos mínimos serán consensuados entre el proveedor y la Propiedad para el modelo empleado en la instalación. El listado de repuestos mínimos deberá ser anexado al contrato de asistencia técnica. Si el incidente afectase a varias posiciones y la Propiedad no dispusiese de los elementos necesarios, el proveedor facilitará plazo de entrega para los mismos y plazo final de reparación.
- Máquina para recuperación – tratamiento de gas SF₆. la Propiedad dispondrá de máquina de tratamiento de gas (Dilo o similar). El proveedor deberá suministrar los conectores adecuados para poder conectar el equipo de tratamiento de gas.
- Puente grúa o elementos necesarios para el izado de componentes.
- Gas SF₆
 - o Nitrógeno para secar los compartimentos (concentración de agua inferior a 20 ppm)
 - o Productos de limpieza (alcohol, isopropanol, trapos...)

La Propiedad aportará el personal necesario según el tipo de intervención a realizar.

La Propiedad se compromete a poner a la disposición del supervisor del proveedor los medios generales siguientes:

- oficina con teléfono y fax; guardarropa y aseos;
- herramientas generales.



1.33. Prestaciones

La Propiedad tendrá la responsabilidad de la puesta fuera de tensión de las celdas en las que se deban realizar trabajos. Las fases de los trabajos, comunicaciones de inicio y fin de trabajo y puesta en servicio de la instalación se definirán en detalle en el contrato de asistencia.

El contrato de asistencia fijará las condiciones de trabajo en la subestación, condiciones comerciales, garantías y todos aquellos puntos que se considere necesarios para la completa definición del servicio.



2. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA

2.1. Aceite

A partir del comienzo del plazo de garantía correspondiente, la distribuidora hará un seguimiento dentro de los meses siguientes de la evolución de los parámetros, obtenidos por los correspondientes análisis, y que deberán cumplir lo siguiente:

- ninguno de los gases, H_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_2 , CO y CO_2 , alcanza las concentraciones (en p.p.m.) de 250, 150, 150, 250, 150, 1000 y 10000 respectivamente;
- los valores de incremento mensual de las concentraciones de $H_2 + CH_4 + C_2H_6 + C_2H_4 + C_2H_2$, serán superiores al 5%;
- los valores de calificación del aceite deberán cumplir:
 - o agua < 15 p.p.m.;
 - o tg delta < 0.005 (0.5%).

Si no se cumplieran estos valores, la garantía se considerará prorrogada hasta determinar las causas que originan el defecto latente y corregirlas, junto con las consecuencias adicionales indicadas en el documento contractual del pedido.

2.2. Placas de características

El transformador está equipado con 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 aparece el esquema de los circuitos de ventilación, alarmas, regleteros, etc. Esta placa está situada en la parte interior de la puerta del armario.



- Placa de características del armario del cambiador de tomas, con esquema del mando y que está situada en la parte interior de la puerta del armario, junto con los datos indicados por la norma UNE-EN 60214.
- Placa de características independiente indicando valores de capacidad (C1 y C2) y tangente de delta o factor de potencia de los bornes de tipo capacitivo A.T. y B.T.
- Placa de características de la caja adaptadora de aceite, según norma UNE-EN 50299, y adicionalmente los datos anteriores de capacidad y tangente de delta de los pasatapas aceite-aceite, junto con frecuencia asignada, Masa total (sin aceite), Masa del aceite, Masa de Transporte, Sobrepresión interna máxima y Resistencia al vacío (100%), Lugar de fabricación, Número de fabricación, Año de fabricación y Norma.
- Cada accesorio del transformador lleva placas de identificación con el número asociado en la lista de material. La tapa del transformador lleva placas de identificación de bornes.

Las placas de es fácilmente accesible para su lectura y está construida con acero inoxidable, escribiéndose de forma indeleble en idioma español los datos asociados.

2.3.Pintura

La pintura del transformador y accesorios, incluidos sistema de refrigeración y todos los armarios, está realizada según la Norma UNE 20.175, con acabado exterior gris medio UNE B-109 (Norma UNE 48.103), equivalente RAL 7030. El interior de la cuba y conservador se pinta en color blanco brillante B-119, según la citada norma.

Las condiciones de garantía de pintura serán las establecidas en el documento contractual del pedido.



2.4. Transporte

2.4.1. Registrador de impactos

El transporte del equipo se realizará con un registrador de impactos electrónico, debidamente instalado y protegido.

El registrador de impactos consistirá en un acelerómetro de tres ejes para medir y registrar electrónicamente impactos en cualquier dirección. Dicho equipo dispondrá de memoria permanente de datos, memoria protegida, lectura con PC compatible y protección contra pérdida de memoria. El suministrador indicará la aceleración máxima admisible en cada uno de los tres ejes (x,y,z), así como curva característica que relacione aceleraciones máximas y tiempo admisible de las mismas, junto con las inspecciones y pruebas a realizar en caso de superarse los citados valores.

2.5. Aseguramiento de la calidad

Para cada suministro la distribuidora establecerá un proceso de aseguramiento de la calidad formado por los siguientes aspectos:

- revisión del diseño constructivo;
- inspecciones de fabricación y del sistema de calidad;
- ensayos de recepción en fábrica;
- ensayos especiales; ensayo de cortocircuito;
- ensayos de recepción en campo.

A fin de asegurar el cumplimiento por parte del suministrador de los requerimientos de calidad en cada uno de los aspectos mencionados, la distribuidora comunicará al fabricante las desviaciones o no conformidades inmediatamente una vez detectadas.

A tales efectos, la distribuidora considerará desviaciones o no conformidades:



- todo cambio respecto a los requerimientos recogidos en este documento de Especificación del Pedido que no haya sido previamente aprobado por la distribuidora como excepción;
- actuaciones no conformes con los planos del proyecto, procedimientos de calidad, procedimientos de fabricación, instrucciones de trabajo o buenas prácticas de fabricación;
- cualquier resultado no conforme de los controles, ensayos, inspecciones o pruebas que se efectúen durante el proceso de fabricación y en los ensayos de recepción, en campo o especiales;
- inadecuada calibración de los equipos de control, medida y ensayo, ya sean del laboratorio de alta tensión o cualquier etapa del proceso productivo.

Al producirse una desviación o no conformidad, el suministrador establecerá las medidas necesarias y enviará a la distribuidora 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.

2.5.1. 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.

La distribuidora garantizará la confidencialidad de la información entregada por el fabricante, tal y como se refleja en el documento contractual del pedido.

Esta actividad, a realizar en un transformador de cada serie de fabricación, constará de tres etapas:



- Análisis y toma de datos
 - o Se solicitarán al suministrador, entre otros, los siguientes datos de diseño del transformador :
 - Núcleo magnético: material, dimensiones/pesos, pérdidas magnéticas, corriente de excitación, inducción magnética a 100% y 110 % de la tensión nominal, control de flujo de dispersión (si existe).
 - Arrollamientos: tipo y características del conductor, disposición, dimensiones/pesos, pérdidas en carga y pérdidas adicionales.
 - Requerimientos Dieléctricos: disposición, dimensiones/pesos del aislamiento, mapa electrostático, esfuerzos eléctricos.
 - Requerimientos Electrodinámicos: configuración mecánica, mapa de flujo, reactancias de cortocircuito, esfuerzos mecánicos.
 - Requerimientos Térmicos: sistema de refrigeración, temperatura del aceite, temperatura media y del punto más caliente de los arrollamientos.
 - Estudio de sobrepresiones mecánicas.
 - Estudio eléctrico/dieléctrico de el borne y de la caja de aceite (si procede).
 - Lista de planos constructivos y de fabricación.
 - Análisis de los procesos/tratamientos más significativos: parámetros principales de los procesos de compresión y secado de los arrollamientos, impregnación y llenado de aceite.
- Simulación del comportamiento y determinación de los márgenes de diseño:
 - o 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 (frente a los diferentes tipos de sobretensiones), electrodinámico (frente a los diferentes tipos de cortocircuito) y térmico.

- Definición de los ensayos de recepción en fábrica y ensayos especiales
 - o Finalmente, la distribuidora y el suministrador acordarán los ensayos de recepción a realizar (incluyendo posibles ensayos especiales), así como los parámetros de ejecución de los mismos.
 - o Se establecerán, entre otros los siguientes aspectos:
 - 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 aplicar, registros a medir, posición del cambiador de tomas, etc.
 - Normativa de aplicación de los ensayos
 - Criterios de aceptación
 - Estructura del informe a entregar por el fabricante

En función de los resultados y márgenes obtenidos en la revisión del diseño constructivo, así como posibles puntos críticos detectados, se establecerán los controles adicionales necesarios en la fase de inspección de fabricación y de ensayos de recepción.

Por todo ello, 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 por parte de la distribuidora.

Cualquier modificación en el diseño de las unidades de una serie de fabricación deberá ser analizada y aprobada por la distribuidora.



2.6. Inspecciones del sistema de calidad del suministrador

A fin de asegurar el cumplimiento por parte del suministrador de los requerimientos de su Sistema de Calidad, éste deberá:

- Poseer un certificado de calidad de acuerdo con la correspondiente norma ISO de la serie 9000, expedido por un organismo acreditado.
- O bien, tener implantado un Sistema de Calidad que recoja como mínimo los puntos definidos en este apartado. La concesión del pedido se supeditará al previo examen de dicho Sistema (con cargo al suministrador).

La distribuidora, o la Entidad de Inspección que designe, se encargarán del control y verificación del cumplimiento de dichos requisitos, de la conformidad del Sistema con lo especificado en este apartado, así como de la adecuación del suministro con los requerimientos que se recogen en esta especificación de pedido.

El Sistema de Calidad deberá recoger, al menos, los aspectos que se presentan a continuación.

2.6.1. 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.

2.6.2. 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.



2.6.3. Proceso productivo

Estarán definidas y documentadas todas las tareas a realizar mediante procedimientos, instrucciones o planos.

El equipo a fabricar deberá ser identificable durante el proceso y controlado de modo que pueda conocerse en qué momento de dicho proceso se halla y los hitos principales que ha pasado y falta por pasar. Procesos especiales, como soldadura, tratamientos térmicos, ensayos no destructivos, etc., deberán realizarse mediante procedimientos homologados.

2.6.4. Formación del personal

Se establecerá la formación necesaria para acometer los trabajos en los diferentes puestos. No podrán realizarse tareas para las que no se esté cualificado.

2.6.5. Inspecciones y ensayos

Con objeto de asegurar la calidad se definirán una serie de inspecciones y ensayos. Estos deberán ser verificados y controlados por el Departamento de Calidad y estarán reflejados en el Programa de Puntos de Inspección.

Todos los equipos utilizados en las operaciones de medida, inspección y ensayo deberán ser adecuadamente controlados y calibrados en los plazos previstos.

2.6.6. 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 dichas disconformidades y las consecuentes acciones correctoras que aseguren siempre que la calidad final del producto no se vea alterada.



2.6.7. Producto terminado

Una vez terminado y montado completamente, cada equipo será ensayado de acuerdo con lo recogido en esta Especificación.

2.6.8. Embalaje, almacenaje y expedición

Se establecerá un procedimiento para el embalaje y almacenaje de los equipos de modo que se asegure la conservación de los mismos en condiciones adecuadas.

2.6.9. 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 recogidos en las especificaciones y normas que le son de aplicación. Su alcance abarcará desde las propias acciones del suministrador hasta las de sus subcontratistas.

El suministrador establecerá por escrito la aplicabilidad de su Manual de Calidad a este pedido. Cualquier cambio en el Manual que afecte a dicho suministro deberá ser autorizado por la distribuidora.

2.6.10. 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 por el suministrador, por la distribuidora o su representante. Se dejará constancia de estas inspecciones mediante fecha y firma.

La distribuidora deberá aprobar el Programa de Puntos de Inspección y fijará en él puntos de espera (aquellos que no podrán realizarse sin su presencia o autorización) y puntos de aviso (aquellos que requieren aviso previo).



Serán considerados, al menos, los siguientes puntos de espera: calado de bobinas, salida del horno, reapretado de parte activa y encubado.

La distribuidora podrá ampliar estos puntos en cualquier momento de la fabricación.

El suministrador entregará un Programa de Fabricación y sus sucesivas actualizaciones, y comunicará por escrito la fecha prevista de los puntos de espera con 10 días de antelación, y la confirmación definitiva 3 días antes. La distribuidora comunicará por escrito su decisión de asistir o no, y en su caso a la autorización de su realización.

El suministrador se hará cargo de los gastos de desplazamiento derivados de una notificación defectuosa, así como de repetición de ensayos.

Cada unidad incluida en el pedido deberá tener su propio Programa de Puntos de Inspección.

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 por parte de La distribuidora de la documentación final.

La distribuidora o sus representantes tendrán libre acceso a las instalaciones, tanto del suministrador como de sus proveedores o subcontratistas, para inspeccionar o auditar todo aquello que se relacione con este pedido. Así mismo podrá disponer de toda la documentación técnica (incluyendo planos constructivos y de fabricación) y de calidad con el fin de verificarla y evaluarla. El suministrador se comprometerá a que sus proveedores y subcontratistas cumplan con lo dispuesto anteriormente.

El suministrador entregará un informe final de fabricación (en papel y en soporte informático) que contendrá, al menos, los siguientes aspectos:

- tratamiento de secado indicando, al menos: procedimiento empleado, fecha/hora de inicio/fin del tratamiento, peso total del aislamiento sólido, cantidad de agua extraída, ratio de extracción de agua (mililitros de agua x tonelada de



- aislamiento/hora), presión de vacío alcanzada, temperaturas máximas alcanzadas en los arrollamientos y en el núcleo magnético;
- 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 por la distribuidora durante las inspecciones; reportaje fotográfico de fabricación incluyendo:
 - o vista general, desde cada uno de los lados, del núcleo magnético una vez montado y antes del calado de bobinas (4 fotografías);
 - o detalle de la placa de asiento de los arrollamientos (antes del calado de bobinas) de cada una de las fases por ambos lados (6 fotografías);
 - o detalle de todos los arrollamientos, antes de su calado en el transformador (1 fotografía por cada arrollamiento);
 - o vista general, desde cada uno de los lados, del transformador después del calado de bobinas (4 fotografías);
 - o vista general, desde cada uno de los lados, del transformador después del encubado y montaje de accesorios (4 fotografías).

2.7. Ensayos de recepción en fábrica

La distribuidora y el suministrador establecerán, con la debida antelación, los ensayos de recepción a realizar, según lo dispuesto en la revisión del diseño constructivo.

Con carácter general, los ensayos de recepción que se enumeran a continuación,



estarán incluidos en el alcance del suministro, se realizarán en presencia de la distribuidora, en el orden indicado y de acuerdo a los requerimientos indicados en el presente documento y los establecidos adicionalmente tras la revisión del diseño constructivo.

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 cualquier caso, la distribuidora se reservará el derecho de incluir otros ensayos adicionales, cuya definición técnica y valoración económica se realizaría aparte.

En todos los ensayos de recepción citados, 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 por la distribuidora.

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.

Igualmente, antes de comenzar los ensayos se realizarán los ensayos propios del aceite mineral:

- ensayo físico-químicos del aceite (rigidez dieléctrica, contenido en agua, densidad, color, tg delta, etc);
- análisis cromatográfico de gases disueltos en aceite.

La distribuidora se reserva el derecho de tomar una o varias muestras de aceite para analizarlas en su laboratorio de aceites.

Se indican a continuación los ensayos principales del transformador:

2.7.1. Medida de resistencia de aislamiento con Megger

Se considerarán en el ensayo las medidas entre cada par de arrollamientos, de cada arrollamiento a cuba, de núcleo magnético a cuba, de brida de apriete a cuba y de núcleo magnético a brida de apriete.



2.7.2. Medida de resistencia de los arrollamientos

Se medirá la resistencia en todas las posiciones del cambiador de tomas.

2.7.3. Medida de relación de transformación

Se medirá la relación de transformación en todas las posiciones del cambiador de tomas y se verificará el grupo de conexión.

2.7.4. Ensayo de Capacidad y tg delta de los arrollamientos

Se considerarán como mínimo las medidas de CH+CHL, CH, CHL, CLT+CL, CL, CLT, CT+CHT, CT y CHT, a las tensiones de 2 y 10 kV.

Se procurará realizar el ensayo con el equipo M4000 de Doble Engineering y deberán facilitarse los registros informáticos en formato electrónico.

2.7.5. Ensayo de Capacidad y tg delta de todos los bornes con toma capacitiva

Los bornes se medirán individualmente y se considerarán como mínimo las medidas de C1 y C2, a las tensiones de 2 y 10 kV (para C1) y 0.5 y 1 kV (para C2).

Se procurará realizar el ensayo con el equipo M4000 de Doble Engineering y deberán facilitarse los registros informáticos en formato electrónico.

En el caso de bornes aceite-aceite, se deberá realizar el ensayo de Capacidad y tg delta, directamente sobre la misma (desconectada de el borne aceite-aire para pruebas) antes del comienzo de los ensayos y una vez finalizados los mismos.

En el protocolo de ensayos, las medidas de capacidad y tg delta de los bornes obtenidas en el ensayo de recepción, se reflejarán en una tabla donde se las compare con



las medidas de su placa de características. Adicionalmente, se indicará claramente el número de serie del borne y la fase del transformador en la que se encuentra montada.

2.7.6. Ensayo de pérdidas e intensidad de vacío

Se registrarán los armónicos de la corriente y de la tensión de vacío de las tres fases al 80%, 90%, 100%, 105%, 110% y 115 % de la tensión asignada del transformador. Se registrará tanto el factor de distorsión armónica total como el porcentaje de diferencia entre la tensión media y la eficaz, tal y como lo define la norma UNE-60076-1.

Serán consideradas, a efectos de garantías, las medidas realizadas a 100% y 110%.

2.7.7. Ensayo de pérdidas en carga y tensión de cortocircuito

Se realizará las medidas en las condiciones especificadas, tanto en toma central como extremas en arrollamientos con regulación, y para todo par de arrollamientos. En el caso de transformadores con dos arrollamientos secundarios, además se realizará el ensayo para el caso con ambos secundarios cortocircuitados.

2.7.8. Ensayo de la impedancia de secuencia homopolar

Se medirá la impedancia homopolar desde el arrollamiento con regulación (normalmente arrollamiento primario) con el resto de arrollamientos cortocircuitados y puestos a tierra, salvo el arrollamiento terciario de compensación que tendrá el triángulo abierto.

Se realizarán tres medidas, en las posiciones extremas y central del cambiador de tomas.

Se repetirán las tres medidas indicadas con el triángulo cerrado.



Para el resto de los arrollamientos en estrella se realizará una medida de impedancia homopolar con el resto de arrollamientos cortocircuitados y a tierra, salvo el arrollamiento terciario de compensación que tendrá el triángulo abierto.

Se repetirá la medida indicada con el triángulo cerrado.

En caso de que la unidad ensayada tenga una variación en sus impedancias de secuencia directa mayor al 5% respecto a la unidad en la que se realizó el ensayo de impedancia homopolar, se repetirán las medidas indicadas.

2.7.9. Ensayo de impulso tipo maniobra a todos los arrollamientos con una tensión mayor o igual a 245 kV

Durante la aplicación de los impulsos de calibración, el ofertante registrará la onda de tensión de las fases del arrollamiento no ensayado, con objeto de determinar la necesidad o no de emplear resistencias de amortiguamiento, según norma UNE-EN 60076-3.

Se empleará shunt exclusivamente resistivo para el registro de intensidad.

La toma del arrollamiento primario será tal que las solicitaciones en el resto de arrollamientos se limiten a aproximadamente el 80% de las tensiones de impulso tipo rayo asignadas a dichos bornes, según norma UNE-EN 60076-3 (capítulo 6).

2.7.10. Ensayo de impulso tipo rayo a todos los bornes de fase y de neutro, incluido el arrollamiento terciario.

Se empleará shunt exclusivamente resistivo para el registro de intensidad.

De cara a evitar o minimizar la aparición de perturbaciones en los registros de tensión y corriente durante el ensayo, el suministrador cuidará la ejecución de los circuitos de ensayo y medida.



2.7.11. Ensayo de tensión aplicada con CA.

Se realizará un ensayo de tensión aplicada en corriente alterna.

2.7.12. Ensayo de tensión inducida con CA de corta duración (CACD) a todos los arrollamientos con una tensión igual o menor a 145 kV

El valor de la tensión de medida de las descargas parciales, según normas de la Propiedad, y nivel máximo de descargas parciales según norma UNE-EN 60076-3.

La toma del arrollamiento primario será tal que permita obtener las tensiones de ensayo indicadas por la citada norma.

2.7.13. 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

Preferentemente el ensayo se realizará con conexión trifásica.

Adicionalmente, el suministrador ofertará como opcional la realización de este ensayo para transformadores con arrollamientos con una tensión menor a 245 kV (ensayo opcional).

El valor de la tensión de medida de las descargas parciales, según las normas de aptitud frente a cortocircuito de la Propiedad y nivel máximo de descargas parciales según norma UNE-EN 60076-3.

La toma del arrollamiento primario será tal que permita obtener el mismo factor de sobretensión en el arrollamiento desde el que se aplica la tensión de ensayo.

2.7.14. Ensayo de calentamiento

Se realizará en la toma de máxima intensidad.



En caso de montarse el aero-refrigerante de reserva se inhabilitará por control. En el caso de refrigeración ONAF, el ventilador de reserva se inhabilitará igualmente su entrada en funcionamiento. En este tipo de transformadores se comprobarán tanto la condición ONAN al 75% de carga, como al 100%, así como etapa intermedia de refrigeración ONAF si existe.

2.7.15. Ensayo de ruido

El ensayo de ruido se realizará conforme a la norma UNE-EN 60076-10, mediante el método de medida de la presión acústica.

Preferentemente, será realizado en la toma central en primario, y en vacío, salvo que la corriente de carga aporte un nivel significativo en las medidas acústicas, según apartado 6.3 de la citada norma.

El informe de ensayo deberá cumplir con la información del apartado 16 de la citada norma como mínimo.

2.7.16. Medida de pérdidas en vacío

Se repetirá después de los ensayos dieléctricos.

Se registrarán los armónicos de la corriente y de la tensión de vacío de las tres fases al 100% y 110% de la tensión asignada del transformador.

Se registrará tanto el factor de distorsión armónica total como el porcentaje de diferencia entre la tensión media y la eficaz, tal y como lo define la norma UNE-60076-1.

2.7.17. Ensayo de respuesta en frecuencia (FRA)

Se obtendrán las curvas de respuesta en frecuencia entre 10 Hz y 10 MHz.



Se medirán todos los arrollamientos en estrella entre el terminal de fase y el terminal de neutro y todos los arrollamientos en triángulo entre sus terminales de fase.

La medida de los arrollamientos con regulación se hará en las posiciones extremas y central (sentido subiendo) del cambiador de tomas.

La medida de los arrollamientos se regulación se hará con el cambiador de tomas en posición 1.

Los arrollamientos en triángulo se mantendrán cerrados durante el ensayo.

Será condición necesaria para la aceptación del ensayo la ausencia de magnetismo remanente que distorsione la respuesta a bajas frecuencias. Para ello, el suministrador aplicará, si fuera necesario, tensión en el transformador durante 20-30 minutos.

En caso de transformadores con cajas adaptadoras de aceite, las medidas se realizarán sin éstas, una vez finalizados el resto de los ensayos.

Se procurará realizar el ensayo FRA con el equipo analizador de espectro HP y con software ESBI y se facilitarán los registros en formato electrónico.

2.7.18. Ensayos de sobrepresión (1 bar), vacío y estanqueidad en la cuba y en las cajas adaptadoras de aceite

Una vez finalizados los ensayos dieléctricos y el ensayo de calentamiento, si procede, se realizarán los ensayos siguientes sobre aceite mineral:

- análisis de gases disueltos en aceite, tanto del aceite de cuba, como del aceite de la caja adaptadora cuando aplique;
- la distribuidora se reserva el derecho de tomar una o varias muestras de aceite para analizarlas en su laboratorio de aceites.

2.7.19. Ensayos de los accesorios del transformador

Los ensayos de los accesorios del transformador se indican a continuación:



- comprobación de dimensiones y disposición de accesorios;
- comprobación de las diferentes placas de características;
- ensayo de aislamiento y comprobación de funcionamiento de los circuitos auxiliares, alarmas, circuito de ventilación, etc.;
- medida de la potencia absorbida por los motores de bombas de aceite y ventiladores;
- ensayo del armario del regulador en carga;
- medición del espesor y adherencia de la capa de pintura del tanque y equipo de refrigeración.

2.7.20. Ensayos del regulador de tensión bajo carga

El conmutador de regulación de tensión bajo carga será probado de acuerdo a las indicaciones de la norma UNE-EN 60214 y UNE-EN 60076-1:

- ensayo mecánico;
- ensayo de sucesión de las operaciones;
- ensayo dieléctrico de los circuitos auxiliares;
- Ensayo de resistencia a la presión y al vacío.

Se facilitarán igualmente los protocolos de ensayos de tipo según la citada norma:

- calentamiento de los contactos;
- ensayos de corte;
- ensayo de corriente de cortocircuito;
- ensayo de las impedancias de paso;
- ensayos mecánicos;



- ensayos dieléctricos.

2.7.21. Ensayos sobre los bornes

Los bornes estarán probados con los ensayos de rutina establecidos en la norma UNE-EN 60137:

- medida de capacidad y tg delta a temperatura ambiente;
- ensayo de tensión soportada a impulso tipo rayo en seco;
- ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial en seco;
- medida de descargas parciales;
- ensayo de aislamiento de las tomas;
- ensayo de estanqueidad, si procede;
- inspección visual y verificación de las dimensiones

Asimismo, se facilitarán los protocolos de ensayos de tipo según la citada norma:

- ensayo de tensión soportada a impulso tipo rayo en seco o bajo lluvia, si procede;
- ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial en seco o bajo lluvia, si procede;
- ensayo de estabilidad térmica;
- ensayo de calentamiento;
- verificación de la corriente térmica soportada de corta duración;
- ensayo de resistencia a la flexión;
- ensayo de estanqueidad.



Adicionalmente, los bornes con tensión igual o superior a 245 kV serán sometidas a ensayo de tipo de impulso tipo maniobra a 850 kV.

2.7.22. Ensayos de las cajas adaptadoras de aceite

Los ensayos de rutina de las cajas adaptadoras de aceite serán los establecidos por la norma UNE-EN 50299:

- control dimensional;
- ensayos de presión y de vacío (a realizar junto con los ensayos de presión y vacío del transformador);
- ensayos dieléctricos (durante la realización de los ensayos dieléctricos del transformador);
- ensayo mecánico.

2.8. Procedimientos tras la finalización de ensayos

Al finalizar los ensayos de recepción en fábrica, la distribuidora y el suministrador firmarán 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 a la distribuidora el protocolo de ensayos con los resultados (en soporte informático) y los registros informáticos de los ensayos de Capacidad y Tg delta, Respuesta en Frecuencia (FRA), Impulso tipo maniobra e Impulso tipo rayo.

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. Adicionalmente, el suministrador entregará un informe con las causas del problema y las acciones conducentes a solucionarlo. La



distribuidora se reserva el derecho a validar todas las acciones correctoras propuestas por el suministrador y estará presente en la ejecución de las mismas.

La información a incluir por el fabricante en el protocolo de ensayos es la siguiente:

- El protocolo de ensayos final entregado a la distribuidora estará sellado y firmado por el fabricante en todas sus páginas y deberá contener, para cada ensayo, todos 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 el ensayo. Igualmente en las páginas correspondientes a cada ensayo se indicarán todos y cada uno de los equipos, sistemas e instrumentos utilizados indicando para cada uno de ellos al menos la siguiente información: Marca ó nombre del fabricante, nº de fabricación, año de fabricación, nº de certificado de calibración, última fecha en que fue calibrado y próxima fecha de calibración; para los transformadores de intensidad y de tensión se indicará además de lo anterior: la relación de transformación, la potencia de carga y precisión del secundario; y para los divisores de tensión se indicará además el nº de estadios utilizados en cada ensayo así como los voltios por estadio. Además para cada ensayo se incluirá un esquema del circuito de ensayo y de medida.
- Para los ensayos de impulso tipo rayo y tipo maniobra se incluirá la secuencia con todos los impulsos realizados. Los registros de las formas de onda de tensión y corriente de cada impulso se imprimirán en una página de tamaño A4 y se entregarán a la distribuidora. En el protocolo vendrán reflejados todos los registros significativos en el formato indicado. Así mismo, para el ensayo de impulso tipo rayo se añadirá al final de cada



colección de registros de impulso sendas páginas que incluyan los registros de las diferencias entre la onda reducida y cada una de las plenas. Para cada ensayo de impulso sobre una fase se incluirá un esquema del circuito de ensayo y de medida y se indicarán al menos los siguientes valores: valor de resistencia óhmica del shunt, y valor de las resistencias óhmicas limitadoras (si las hay).

- Las páginas correspondientes a las medidas de pérdidas en vacío deberán incluir al menos los siguientes datos: tensión media y eficaz medida en cada fase, corriente de vacío medida en cada fase, frecuencia, factor de potencia, temperatura del aceite, resistencias óhmicas utilizadas para el cálculo de la corrección de las pérdidas, así como 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 los siguientes datos: 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, así como 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. Además se incluirá de forma tabulada también todos los valores de las resistencias óhmicas medidos después de la desconexión de la fuente de alimentación al transformador. Se incluirá también los valores utilizados para el cálculo de las pérdidas totales aplicadas.
- 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. A solicitud de la distribuidora se tomarán imágenes del patrón de descargas parciales, que le serán entregadas e incluidas en el protocolo de ensayos. Se anotarán los valores de descargas parciales a todos los niveles de tensión, si bien a efectos de



superación del ensayo se tendrá en cuenta lo establecido en la norma UNE-EN 60076-3.

2.9. Ensayos especiales. Ensayo de cortocircuito

La distribuidora se reserva el derecho a realizar el ensayo de cortocircuito sobre cualquier unidad a suministrar, según norma UNE-EN 60076-5, y teniendo en cuenta lo indicado en los anexos de las especificaciones de cortocircuito de la distribuidora.

Las condiciones de realización del ensayo, junto a las tolerancias a aplicar, son las establecidas por la norma UNE-EN 60076-5.

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. En ningún caso, los valores de intensidad de cortocircuito para estos ajustes superarán el 70% de la intensidad de cortocircuito de diseño. Será el laboratorio de ensayo igualmente quien determine la toma en primario que se empleará para los citados 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. No es necesario emplear relé Buchholz de las cajas adaptadoras de aceite durante el ensayo, cuando aplique.

El ensayo será grabado con cámara de vídeo.

Los esquemas de ensayos se realizarán mediante fuente trifásica o “monofásica”, a determinar por el laboratorio de ensayo. En cualquier caso, la cuba estará aislada de la plataforma de ensayo. Ningún punto del transformador será conectado a la red de tierras del laboratorio de ensayo, salvo los equipos de medida de tensión conectados a través de divisores capacitivos.

La modalidad del ensayo será “post-establecido”, mediante interruptor sincronizado que cerrará a los 90 segundos, una vez energizado el transformador, con objeto de eliminar el transitorio de inserción.



La duración del ensayo de 250 ms, si bien el transformador deberá soportar por diseño las intensidades de cortocircuito durante un tiempo de 2 segundos, tanto a efectos térmicos como dinámicos. Se comprobará la intensidad de cresta en cada fase, y para tomas central y extrema, realizando aquellos ensayos que permitan comprobar la intensidad de diseño dinámica de todos los arrollamientos. Así, el número de cortocircuitos a aplicar en transformadores con dos arrollamientos será 9.

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%.

Se tomarán como valores origen de impedancias, los medidos antes de la realización del ensayo, que se confrontarán con los valores medidos durante los ensayos de rutina del transformador a ensayar. De la misma forma, se realizará previamente ensayo de FRA, a confrontar igualmente con el realizado durante los ensayos de rutina.

En caso de detectarse valores anormales de impedancia después de cada cortocircuito, se realizará ensayo FRA adicional u otras medidas como capacidad y tangente de delta, medida de resistencia de aislamiento, medida de relación de transformación, etc. Asimismo, se medirá pasada unas horas de nuevo el valor de impedancia de cortocircuito que muestre una variación importante. En caso de detectarse evolución normal de la impedancia de cortocircuito, se realizará ensayo FRA al finalizar cada sesión.

En caso de actuar el relé Buchholz, se realizará ensayo de gases combustibles. Así, 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. Mientras se espera el resultado de dicho análisis, se realizarán medidas de diagnóstico sobre el estado del transformador. En función de los resultados obtenidos se determinará si prosiguen los ensayos según programa establecido o bien es preciso realizar inspección de la parte activa.



Una vez finalizado el ensayo, se realizará ensayo físico-químico del aceite, así como contenido de gases disueltos. Asimismo, se obtendrán los datos del registrador de impactos durante los días en los que se realizaron las pruebas, disponiendo el fabricante del transformador de los medios necesarios para obtener dicha lectura. De la misma forma, a la llegada al laboratorio de ensayo, se obtendrán los datos del registrador de impactos.

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 (los ensayos dieléctricos se realizarán al 100% de la tensión de ensayo).

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.

La no superación del ensayo de cortocircuito tendrá las consecuencias indicadas en el documento contractual del pedido.

En cualquier caso, se llegará a un acuerdo previo entre comprador y fabricante para la determinación del protocolo de los ensayos a realizar, elección del laboratorio de ensayo, contratación del ensayo al citado laboratorio y asignación de responsables de las diferentes actividades a realizar, si bien, quedaría dentro del alcance del ofertante adjudicatario el suministro de todo accesorio necesario para realizar la conexión al circuito de ensayo, así como de todos los procesos implicados en la preparación del transformador para la realización del ensayo y la repetición de los ensayos de rutina, incluidos los ensayos dieléctricos al 100% de la tensión de ensayo. Inicialmente ambos transportes, desde fábrica a laboratorio de ensayo, y viceversa, serían realizados por el ofertante adjudicatario.



2.10. Ensayos de recepción en campo

Con carácter general, los ensayos de recepción en campo que se enumeran a continuación, estarán incluidos en el alcance del suministro y serán realizados de acuerdo a los procedimientos establecidos por La distribuidora y con su presencia.

En cualquier caso, la distribuidora se reserva el derecho de incluir otros ensayos adicionales, cuya definición técnica y valoración económica se realizaría aparte.

Los ensayos eléctricos y dieléctricos del transformador son los siguientes:

2.10.1. Medida de Relación de transformación

La medida se hará en las posiciones extremas y central del cambiador de tomas.

2.10.2. Ensayo de Capacidad y tg delta de los arrollamientos.

Se considerarán como mínimo las medidas de CH+CHL, CH, CHL, CLT+CL, CL, CLT, CT+CHT, CT y CHT, a las tensiones de 2 y 10 kV.

El ensayo se realizará obligatoriamente con el equipo M4000 de Doble Engineering y deberán facilitarse los registros informáticos en formato electrónico.

2.10.3. Ensayo de Capacidad y tg delta de los bornes de 72.5 kV ó superiores.

Los bornes se medirán individualmente y se considerarán como mínimo las medidas de C1 y C2, a las tensiones de 2 y 10 kV (para C1) y 0.5 y 1 kV (para C2).

El ensayo se realizará obligatoriamente con el equipo M4000 de Doble Engineering y deberán facilitarse los registros informáticos en formato electrónico.

En el caso de bornes aceite-aceite, se deberá realizar el ensayo de Capacidad y tg delta, una vez finalizados el resto de los ensayos y directamente sobre la misma (desconectada de el borne aceite-aire para pruebas).



2.10.4. Ensayo de excitación reducida

El ensayo se realizará en las posiciones extremas y central del cambiador de tomas.

El ensayo se realizará obligatoriamente con el equipo M4000 de Doble Engineering y deberán facilitarse los registros informáticos en formato electrónico.

2.10.5. Ensayo de reactancia de fuga

El ensayo se realizará en las posiciones extremas y central del cambiador de tomas.

El ensayo se realizará obligatoriamente con el equipo M4110 de Doble Engineering y deberán facilitarse los registros informáticos en formato electrónico.

2.10.6. Ensayo de respuesta en frecuencia (FRA)

Se obtendrán las curvas de respuesta en frecuencia entre 10 Hz y 10 MHz.

Se medirán todos los arrollamientos en estrella entre el terminal de fase y el terminal de neutro y todos los arrollamientos en triángulo entre sus terminales de fase.

La medida de los arrollamientos con regulación se hará en las posiciones extremas y central (sentido subiendo) del cambiador de tomas.

La medida de los arrollamientos se regulación se hará con el cambiador de tomas en posición 1.

Los arrollamientos en triángulo se mantendrán cerrados durante el ensayo.

El ensayo se realizará obligatoriamente con el equipo analizador de espectro HP y con software ESBI y se facilitarán los registros en formato electrónico.



2.10.7. Ensayo de resistencia dinámica de conmutación

Este ensayo se realizará en todas las posiciones del regulador de tomas en carga

2.10.8. Condiciones de realización de los ensayos

Todos ensayos señalados anteriormente serán realizados antes y después de conectar el cable de potencia. Para el ensayo antes de la conexión del cable, se realizará directamente sobre el borne aceite-aceite.

En cuanto a los ensayos después de la instalación para la caja adaptadora de aceite, el suministrador indicará las posibilidades de mantener conectado el transformador durante la realización del ensayo de tensión aplicada sobre aislamiento posterior al montaje del cable de potencia, en caso de que la distribuidora decidiera su realización.

En caso contrario, se realizará la desconexión del terminal al transformador, si se decidiera la realización de este ensayo, considerando muy favorablemente como se ha indicado, la posibilidad de independencia entre transformador y terminal de cable de potencia, cumpliendo con las distancias de seccionamiento reglamentarias, desde el exterior.

2.10.9. Ensayos sobre el aceite mineral

- Ensayo físico-químico del aceite (incluyendo rigidez dieléctrica)
- Ensayo de calificación de aceite (contenido en agua, densidad, color, tg delta, etc).
- Análisis de gases disueltos en aceite
- Cromatografía de Policlorobifenilos (PCBs).

El tratamiento del aceite mineral será realizado siguiendo las prescripciones indicadas en el procedimiento interno de la distribuidora, a entregar al ofertante en caso de adjudicación del pedido.



2.11. Expedición, Transporte, Montaje en campo y Pruebas de puesta en servicio

2.11.1. Autorización de expedición

Antes de proceder a la expedición del pedido, el suministrador deberá obtener de la distribuidora o de sus representantes la Autorización de Expedición. El suministrador se responsabilizará de preparar y cumplir los requisitos de su emisión.

La Autorización de Expedición es un documento en el que queda reflejado:

- que todos los documentos han sido aprobados;
- que el Informe Final de Calidad está disponible y aprobado por el Departamento de Calidad del suministrador;
- que los Informes de desviaciones y no conformidades, tanto del propio suministrador como los emitidos por la distribuidora están cerrados;
- que todo el proceso de aseguramiento de calidad del suministro (a excepción de los Ensayos de Recepción en Campo) ha sido superado satisfactoriamente, y la Unidad de Aseguramiento de Calidad de la distribuidora ha emitido su informe de aceptación;
- que los equipos del pedido están limpios, protegidos, embalados e identificados correctamente.

Es decir, que se han cumplido con los requisitos contractuales derivados de los requerimientos de esta Pliego de Condiciones.

En caso contrario, la distribuidora podrá emitir una autorización de expedición condicional en el caso de encontrarse desviaciones no cerradas o nuevas.

2.11.2. Transporte y recepción en destino

En caso de ser adjudicado al suministrador el transporte del transformador, éste se realizará con un registrador de impactos electrónico, debidamente instalado y protegido.



El registrador de impactos cumplirá con lo especificado en el apartado correspondiente.

El suministrador proveerá los medios necesarios para poder leer in situ los datos de dicho registrador, que le será devuelto una vez se haya realizado el transporte. Los documentos de entrega del transformador necesariamente deben incluir el registro (archivo, papel...) del registrador de impactos. Posteriormente, el fabricante enviará informe definitivo en un plazo máximo de quince días.

En caso de que se registren impactos o se detecte alguna anomalía física como consecuencia del transporte, el ofertante adjudicatario será responsable de la realización de todas las pruebas e inspecciones necesarias, siendo el coste de estos ensayos a cuenta del suministrador.

La distribuidora o su representante inspeccionará el pedido en el lugar de destino comprobando el estado del mismo y su funcionamiento así como verificando la documentación que le acompañe.

Realizadas las pertinentes comprobaciones se emitirá el correspondiente Certificado de Recepción.

2.11.3. Montaje en campo y pruebas de puesta en servicio

Los requisitos relativos al montaje, incluidos en el alcance del suministro, comprenderán los aspectos siguientes:

- el suministrador presentará un plan de ejecución del montaje que será aprobado por la distribuidora previamente al inicio del montaje;
- el suministrador será responsable del montaje completo del transformador con todos sus accesorios, quedando éste dispuesto para las pruebas en carga; la distribuidora designará un Coordinador para los trabajos de montaje en campo;
- asimismo, el suministrador designará un coordinador como interlocutor válido en el campo;



- el suministrador presentará relación de medios materiales y humanos que se van a emplear;
- desde el inicio del montaje, el suministrador se hará responsable de todos los materiales y accesorios a montar (equipo completo);
- la distribuidora facilitará gratuitamente agua y energía eléctrica para uso del suministrador;
- la distribuidora exigirá el cumplimiento de las Normas de Seguridad vigentes y, en concreto, será de obligado cumplimiento el Plan de Seguridad para trabajos en la distribuidora, de cuyo documento se dará una copia en el montaje; el suministrador será responsable de la Seguridad de las Personas y de la Instalación.
- el montaje se considerará finalizado cuando, a juicio del suministrador y de la distribuidora, se hayan cumplido todos los requisitos de este Pliego de Condiciones y se hayan ejecutado por el suministrador los ensayos de recepción en campo y con los medios necesarios que se relacionan en el apartado correspondiente a ensayos realizados sobre campo;
- pruebas funcionales, a realizar con posterioridad a los ensayos de recepción en campo:
 - o Grupo de conexión y polaridad en el transformador y en transformadores de intensidad.
 - o Aislamiento con Megger de arrollamientos, transformadores de intensidad y cableados de los circuitos de control y de potencia.
 - o Ensayo de funcionamiento en cabina de ventilación y alarmas y de aparatos de protección.
 - o Ensayo de funcionamiento del cambiador de tomas en carga.
- ejecución y conexión de los terminales Pfisterer de tensiones máximas de material de 72.5 kV, 52 kV y 24 kV, y conexión para los terminales asociados a tensiones máximas de material de 245 kV y 145 kV.



- comprobación para la puesta en marcha, incluyendo puesta en tensión veinticuatro horas, primero desde baja tensión y posteriormente desde alta tensión, finalizando con la puesta en carga (48 horas).

La transmisión de la propiedad y los riesgos inherentes a la titularidad y posesión del transformador seguirá lo indicado en el documento contractual del pedido.

2.12. Lista de repuestos

El Fabricante propondrá y cotizará la cantidad de piezas de repuesto para cinco años de operación normal. La distribuidora decidirá para cada transformador los repuestos a solicitar en cada pedido.

Así, deberán listarse tanto las piezas de repuestos recomendadas como las herramientas especiales que se requieran, indicando los precios unitarios correspondientes.

En cualquier caso, para los transformadores objeto de la presente documentación, se prevén los siguientes repuestos:

- 1 borne de A.T;
- 1 borne de neutro de A.T.;
- 1 borne de B.T.;
- 1 borne de neutro de B.T.;
- 1 borne de terciario;
- 1 relé Buchholz (cuba);
- 1 termómetro;
- 1 relé de imagen térmica;
- 1 ventilador;
- 1 motobomba;



- 1 indicador de flujo;

2.13. Listado de actuaciones anuales en la revisión del transformador

- Refrigeración
 - o Comprobar estado general de los armarios.
 - o Comprobar relés térmicos y/o fusibles .
 - o Comprobar contactores: bobinas, contactos Comprobar regleta de bornes y cableado.
 - o Comprobar relés auxiliares.
 - o Comprobar estado de los ventiladores.
 - o Comprobar funcionamiento manual/automático de los ventiladores.
- Pruebas funcionales
 - o Comprobar relé de nivel de aceite.
 - o Comprobar termómetro de control de temperatura.
 - o Comprobar alarma y disparo de temperatura. Anotar tarados.
 - o Comprobar relé Buchholz.
 - o Comprobar sobrepresión en chimenea o válvula de sobrepresión.
 - o Comprobar aislamiento primario contra secundario.
 - o Comprobar aislamiento de primario contra tierra.
 - o Comprobar aislamiento de secundario contra tierra.
 - o Comprobar aislamiento de la cuba del transformador.
- Cuba
 - o Comprobar y corregir fugas de aceite.
 - o Comprobar oxidaciones. Corregir y pintar cuando proceda.
 - o Comprobación de ruidos y vibraciones.
 - o Comprobar estado de bornes, juntas y anclajes.
 - o Comprobar anclaje de ruedas.
 - o Comprobar respiradores.



- Comprobar membrana de respiración y seguridad.
 - Comprobar estado de cambiador de tomas.
 - Anotar relación de transformación de cambiador de tomas.
 - 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.
- Bornes
- Comprobar y limpiar petacas.
 - Limpiar porcelanas revisar su estado.
 - Comprobar conexión de neutro.
 - Comprobar puesta a tierra.

2.14. Normas

Las normas de aplicación a la construcción y suministro del transformador objeto del presente documento serán las indicadas en las normas de la Propiedad.

Los equipos auxiliares y accesorios del transformador cumplirán las normas UNE que les sean de aplicación.

2.15. Documentación

2.15.1. Documentación a presentar una vez formalizado el contrato.

El suministro del transformador incluirá la presentación a la distribuidora, por sextuplicado, en castellano e indicando la referencia del número de pedido y Subestación de destino del transformador, de la documentación que se indica a continuación, incluyendo todas las placas de características una vez completados los ensayos de rutina. La documentación referente a planos, placas de características y



esquemas de control se enviará además en soporte informático, en archivos de AUTOCAD y PDF. Adicionalmente se entregará un fichero con la placa de características del transformador escaneada. El resto de la información entregada en papel, se entregará igualmente en formato PDF.

Asimismo, esta documentación deberá contener información suficiente para que el propietario prevea los requerimientos de la obra civil y los trabajos de diseño relacionados con el mismo.

La documentación se facilitará en la forma y en los plazos siguientes:

- a los 15 días, como máximo, de la recepción del pedido, Programa de Fabricación y Programa de Puntos de Inspección definitivos, para aprobación y/o comentarios por parte de la distribuidora;
- copia controlada del Manual de Calidad en la versión vigente y que deberá recoger aquellos comentarios que la distribuidora haya realizado (solo se entregará una copia de este documento);
- procedimientos de prueba y ensayo, incluyendo transporte, descarga, montaje, llenado a pleno vacío en todos los componentes y puesta en servicio, así como de los ensayos de tipo, rutina y especiales a realizar sobre el transformador y la caja adaptadora de aceite;
- una vez al mes, actualización del Programa de Fabricación;
- a los dos meses, como máximo, de recibido el pedido, se entregará para aprobación por la distribuidora, la siguiente documentación:
 - o plano de dimensiones de transformador y lista de material asociada, en sus diferentes configuraciones de acometida para primario;
 - o plano de dimensiones y pesos en orden del transporte del transformador;
 - o plano de dimensiones del equipo de refrigeración en sus diferentes configuraciones y lista de material asociada;
 - o plano de conjunto del transformador con el equipo de refrigeración en la ubicación prevista en la subestación destino, según datos de pedido;



- plano de detalle de cada borne de tipo convencional, donde aparezca el tipo de terminal de conexión a línea o neutro;
- planos de las diferentes placas de características solicitadas;
- esquemas eléctricos de control, refrigeración, regulación, y termómetros e imágenes térmicas, y planos dimensionales de los armarios asociados, con las vistas de frente, fondo y sección lateral;
- cálculos definitivos justificativos de cortocircuito, tanto dinámico como térmico para cada arrollamiento; con objeto de validar los citados cálculos de diseño ante cortocircuito del transformador, y siguiendo la recomendación de la norma UNE-EN 60076-5, el suministrador, sobre la lista de referencias de transformadores ensayados a cortocircuito, confirmará si por diseño se pueden considerar máquinas similares a las ofertadas para la distribuidora, según los requisitos establecidos en el Anexo A de la citada norma;
- informe justificativo donde el fabricante, teniendo en cuenta las intensidades nominales y de cortocircuito definitivas, confirmará la aptitud térmica y dinámica de los terminales ofertados y del cambiador de tomas en carga;
- el fabricante indicará la intensidad permanente admisible en devanado terciario a frecuencia industrial y ante armónicos de secuencia homopolar en primario y secundario, cuando los neutros del transformador estén conectados rígidamente a tierra; para corrientes superiores a estos valores, se indicará la duración admisible.
- informe justificativo del cálculo mecánico de la unión caja de aceite-cuba, así como de los soportes de las cajas de aceite;
- memoria técnica descriptiva de las características de la brida de unión de el borne aceite-aceite con el terminal del cable de potencia de 245 kV, junto con el procedimiento de montaje del mismo;



- informe justificativo del diseño eléctrico interior (distancias eléctricas, distribución de campo eléctrico ...) de la caja adaptadora de aceite;
- memoria técnica descriptiva y plano de los capuchones aislantes de terciario, indicando las características físicas y eléctricas de dichos capuchones, que presentarán una tensión máxima de material y nivel de aislamiento idénticos a los empleados para el arrollamiento terciario, así como unión roscada a los terminales de el borne de terciario;
- informe justificativo de las dimensiones y necesidad de todas las aberturas practicadas en la cuba para garantizar las operaciones de montaje y posterior mantenimiento;
- informe justificativo del sistema propuesto para la protección mecánica de la cuba, así como de la resistencia mecánica de la cuba ante sobrepresión interna, con un mínimo de 1 bar;
- informe justificativo donde se justifiquen tanto la ausencia como la instalación de dispositivos de purga de aire en la cuba, depósito conservador, cajas adaptadoras de aceite, aero-refrigerantes, radiadores, etc.;
- informe donde el fabricante indicará los puntos de anclaje del transformador una vez posicionado el transformador en su nicho, así como los requisitos de obra civil necesarios para su implantación, junto con la previsión de cargas al suelo;
- estudio térmico del transformador donde se garanticen los calentamientos especificados, y se determine el método de dimensionamiento del equipo de refrigeración asociado, indicándose adicionalmente la potencia disponible de forma continua, sin envejecimiento en el transformador, en función del número de motobombas y ventiladores en funcionamiento;
- informe donde el fabricante indique, para subestaciones de interior, la temperatura máxima admisible del aire a la entrada del recinto de aeros y caudal necesario, con objeto de garantizar la potencia de disipación térmica nominal del aero;



- informe justificativo de las formas de onda estimadas durante el transitorio de energización en arrollamiento primario y terciario (energización desde A.T.) y arrollamientos secundario y terciario (energización desde B.T.);
- curvas características del aero-refrigerante:
 - potencia disipación y calentamiento aceite toma superior y aire;
 - calentamiento aceite entrada-salida y calentamiento aceite toma superior y aire
- procedimiento de pintado empleado para cada componente;
- curvas de sobreexcitación temporal del núcleo magnético;
- curva característica que relacione aceleraciones máximas y tiempo admisible de las mismas, junto con las inspecciones y pruebas a realizar en caso de superarse los citados valores durante el transporte;
- medidas tomadas para el control del flujo de dispersión;
- quince días antes de realizar los ensayos, carpetas con toda la documentación definitiva del transformador;
- al terminar los ensayos de recepción, copia del protocolo de ensayos del transformador;
- asimismo, el fabricante realizará fotos en color (aproximadamente unas 15 fotos en cada colección), en tamaño aproximado DIN A-4, del transformador en las diversas fases de fabricación y el transformador totalmente terminado;
- si durante los ensayos de recepción alguno de los elementos o esquemas del transformador sufriesen modificación, deberá actualizarse para su inclusión en la documentación definitiva;
- la documentación definitiva comprenderá los siguientes apartados, tanto en formato papel, como en formato electrónico (AUTOCAD, PDF):



- Planos definitivos para construcción con la información sobre disposición general, dimensiones, pesos, ruedas, centro de gravedad, situación y disposición de regletas de bornes, desglose de piezas, lista de materiales, etc.
- Planos definitivos de los esquemas eléctricos en edición “As-Built”, incluyendo numeración de bornes y lista de aparatos y descripción detallada de todos los aparatos de protección, interruptores, contactores, etc.
- Lista de despiece, con la numeración de código de fabrica de las partes divisibles de las máquinas que pueden ser sustituidas, "in situ", por mantenimiento o reparación.
- Planos definitivos de los bornes pasatapas primarias, secundarias y terciarias, indicando dimensiones, pesos, líneas de fuga, etc.
- Instrucciones de montaje, operación y mantenimiento.
- Placas de características con todos sus datos
- Protocolos de ensayos de tipo, así como los protocolos del conjunto de ensayos individuales a los que se haya sometido al transformador.
- Lista de Embarque con los datos de todos los bultos que componen el transformador. Los bultos deberán estar rotulados y, salvo la cuba, todos los bultos se enviarán con embalaje de madera tipo jaula.

2.15.2. Documentación de transporte

Esta documentación, a facilitar por el suministrador a la distribuidora en todo caso y al transportista, si éste ha sido elegido por aquel, tendrá el siguiente alcance:

- procedimiento de transporte tanto del transformador como del aceite;



- dimensiones y pesos de la masa indivisible (con y sin aceite), así como el peso y volumen de los accesorios, indicando las medidas con una tolerancia de $\pm 10\%$;
- a los dos meses de recibido el pedido, se deberán entregar los planos de dimensiones, así como la lista de materiales y un código de fabricación de las partes divisibles de las máquinas con las dimensiones y pesos nuevamente estimados;
- planning de fabricación, que deberá ser confirmado, una vez transcurrido un tercio y dos tercios del plazo inicialmente estimado;
- un mes antes de la fecha prevista de entrega, se deberá presentar una lista detallada de todos los accesorios en forma de bultos, que deberán estar debidamente rotulados para su fácil identificación;
- un mes antes de la fecha prevista de entrega, se presentará la especificación de almacenamiento, embalaje y transporte, que deberá ser aprobada por la distribuidora.
- además, y en caso de que el suministrador gestione el transporte del transformador, deberá facilitar los siguientes datos:
 - o características del vehículo o vehículos, así como los materiales (instrumentos, herramientas, etc.) a emplear en el transporte;
 - o itinerarios previstos (origen – destino), que deberán disponer las correspondientes autorizaciones administrativas;
- un mes antes de la fecha de entrega, el transportista deberá entregar un programa de las operaciones a realizar y del tiempo empleado en cada una de ellas;
- documentos que acrediten que el transportista posee la experiencia necesaria para realizar el trabajo encomendado, cumpliendo y exigiendo las Normas de Seguridad e Higiene al personal de su dependencia;



- la presentación de una póliza de Responsabilidad Civil por daños a terceros que cubra los daños que pudieran ocasionarse en materiales o instalaciones de la distribuidora o de otros ajenos, en los términos y condiciones que se establezcan en el Contrato Marco al que se adjuntará el presente documento;
- en el caso que el transformador sea transportado con Nitrógeno, los arrollamientos deberán estar totalmente secos y el fabricante entregará un informe indicando la temperatura y la presión del día que fue realizado el embalaje. Asimismo, las tuberías, manómetros y demás accesorios deberán ser protegidos con planchas de hierro debidamente empernadas a la cuba, de modo tal que se evite roturas, daños y robos en el trayecto a obra.



3. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS MATERIALES

3.1. General

En la presente sección se han tenido como objeto 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)
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.
- 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 calidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

El proyectista estará obligado a informar a los proveedores las calidades que se exigen para los distintos materiales, siendo de ayuda que esto se realice previamente al empleo de los mismos, sea solicitado informe sobre ellos a la Dirección Facultativa y al Organismo encargado del Control de Calidad.



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.
EP-93	Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras hormigón pretensado
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
NCSE/94	Norma sismorresistente
P.R.Y.	Pliego general de condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción
NBE-AE-88	Acciones en la edificación
NBE-EA-95	Estructuras de acero en edificación
NBE FL-90	Estructura de ladrillo. Muros resistentes de fábrica de ladrillo. Decreto 1723/1990 de 20 de diciembre (B.O.E. 1991-01-4)
ETP	"Normas de Pinturas" del Instituto Nacional de Técni



cas Aeroespaciales Esteban Terradas

PCTA	Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura según el Reglamento de la Ley de Contratos del Estado
TFC	Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para las tuberías de Abastecimiento de Aguas Normas de la Compañía Suministradora de Agua
NELF	Normas de ensayo del Laboratorio de Transporte y Mecánica del Suelo del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas
MELC	Métodos de Ensayo del Laboratorio Central de Ensayos de Materiales
IEC	Normas de la Comisión Electrónica Internacional
REBT	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).
RAT	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. BOE núm. 139, de 9 de junio de 2014, páginas 43598 a 43728 (131 págs.) (referencia BOE-A-2014-6084). Ministerio de Industria, Energía y Turismo
NBE-CPI-96	Condiciones de Protección contra Incendios en los edificios.



Entrada en vigor el 22 de julio de 1982.

R.H.S.	Reglamento de Seguridad e Higiene en el trabajo
OSH	Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
R.D. 1627/1997	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
ACI-208-58	Ensayos de la adherencia del hormigón a las piezas de acero galvanizado
N.E.L.F.	Normas de Ensayo del Laboratorio y Mecánica del Suelo del Centro de Estudio y Experimentación de Obras Públicas - Normas Urbanísticas aplicables en la Comunidad Autónoma de (la que corresponda).

El proveedor quedará como responsable de que los materiales empleados que cumplan con las condiciones exigidas. Sin haberse visto afectadas estas condiciones por diversos factores, con respecto al nivel de control de calidad para aceptación de los mismos que se establece en el apartado de Especificaciones de Control de Calidad.

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 actuará sobre la devaluación económica del material en cuestión, con el criterio que marque la Dirección Facultativa y sin que el suministrador pueda plantear reclamación alguna.



3.2.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 la temperatura máxima y mínima ambiente;
- relación de los trabajos realizados;
- realización 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:

Las normas relacionadas completan las prescripciones del presente Pliego en lo referente a aquellos materiales y unidades de obra no mencionados expresamente en él.

3.3.Marcas de fabricación

Todas las piezas llevarán identificación indeleble con los datos siguientes:

- Nombre del fabricante
- Tipo de pieza
- Material
- N° 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.



3.4.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.

3.5.Arenas y gravas

En el desarrollo y ejecución de la obra se emplearan 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). Su granulometría será continua y deberá estar comprendida en el huso granulométrico siguiente:

3.5.1. 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
0.320	10-30
0.160	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.

3.5.2. 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.

3.5.3. Áridos gruesos

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 (UNE 7050) un mínimo del setenta (70%) 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 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



Luz del tamiz (mm)	Cernido ponderal acumulado (%)
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.

3.6. Aguas

El agua que se utilice para el amasado y curado de morteros y hormigones deberá cumplir las prescripciones de la EHE.



3.7. 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.

3.8. 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.

3.9. 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 (80) milímetros.

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 se precisa mantener su humedad, mediante el curado, que se realizará durante un plazo mínimo de siete días, durante los cuales se mantendrán húmedas las superficies del hormigón, regándolas directamente, o después de abrirlas 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 que se indicadas, y cumplirán las condiciones que se exigen en la Instrucción EHE.

Los encofrados se realizaran con las siguientes especificaciones sobre los materiales empleados, para 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:
 - o no se podrá emplear madera cortada fuera de la paralización de la savia.
 - o 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.

3.10. 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, 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.

3.11. 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, florescencias 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.

3.12. 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.



3.13. 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 la calidad A42-b.

Todos los materiales y perfiles utilizados se cortarán y ensamblarán en taller; en obra se procederá únicamente a su recibido.



4. CONDICIONES TÉCNICAS DE EJECUCIÓN DE TRABAJOS

4.1. General

Para todo suministro en el proyecto y con carácter general, se actuará para conseguir 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;
- 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 prevenga en las distintas

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”.

4.2. Ingeniería

Toda la realización de la ingeniería de este proyecto se llevara a cabo, por parte de la persona, firmante del mismo, llevando no solo la realización de dicho proyecto sino la supervisión en obra y la puesta en marcha.



4.3.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 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.

4.4.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 y incluyendo los materiales adecuados, a la normativa vigente.

4.5.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.
- 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 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 nivelando antes de colocar las armaduras.



4.6. 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.

4.7. 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.

4.8. Ensayos y puesta en servicio

Ha de cumplir lo dispuesto en el apartado de control de calidad, el cuál posteriormente será citado.

4.9. Cableado en MT

Se evitará ejecutar las botellas terminales 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.

4.10. 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.

4.11. Conexión 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 un mismo borne o a un terminal de aparato.

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.

4.12. Rotulaciones

Se identificarán mediante rótulos indelebles todos los instrumentos y aparatos integrantes de los cuadros.



5. CONTROL DE CALIDAD

5.1. 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 de la ampliación, consistentes como mínimo en lo siguiente:

- 12 Ensayos de control de compactación del terreno;
- bancada del transformador (en cada una):
 - o hormigón: 4 Probetas consistentes en un cilindro de 15x30 cm los días 7 y 28;
 - o acero: 1 ensayo;
- cimentaciones edificio de Hormigón: 4 Probetas consistentes en un cilindro de 15x30 cm los días 7 y 28.
 - o acero: 1 ensayo;
- cubierta edificio o Hormigón: 2 Probetas consistentes en un cilindro de 15x30 cm los días 7 y 28;
 - o acero: 1 ensayo;
- 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 que 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.

5.2. 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.



5.3.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.



6. 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, 25 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:
 - o Contadores y Registradores
 - o Celdas de 220 kV
 - o Celdas de 20 kV
 - o Transformadores de Potencia

6.1. Plan básico de tiempos

En dicho plan quedarán reflejados tiempos desde petición del material hasta llegada a obra, estos tiempos contienen ciertos márgenes, la fecha limite indica material en obra ya recepcionado y listo para su montaje.



7. SEÑALIZACIÓN Y BALIZAMIENTO

7.1.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.

7.2.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.

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.

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 efectuara 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 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, tornillos;
- replanteo, instalación y montaje.

5. PRESUPUESTO



ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DE UNIDADES CONSTRUCTIVAS	3
Capítulo 1: Obra civil	3
Capítulo 2: Cimentaciones	7
Capítulo 3: Estructuras	9
Capítulo 4: Albañilería	12
Capítulo 5: Cubiertas y pavimentos	14
Capítulo 6: Carpintería exterior e interior	16
Capítulo 7: Pinturas	18
Capítulo 8: Fontanería	19
Capítulo 9: Instalación de PCI y sistemas anti-intrusismo.....	20
Capítulo 10: Ventilación	24
Capítulo 11: Instalaciones eléctricas	26
Capítulo 12: Red de tierras.....	36
Capítulo 13: Montaje y puesta en marcha.....	37
Capítulo 14: Seguridad y salud	38
Capítulo 15: Ingeniería y Dirección Facultativa	49
2. CUADRO DE PRECIOS, MEDICIONES Y PRESUPUESTOS PARCIALES	50
3. RESUMEN DEL PRESUPUESTO POR CAPÍTULOS	64



1. DESCRIPCIÓN DE UNIDADES CONSTRUCTIVAS

CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL

1.1. Movimiento de tierras

1.1.1. Demolición de soleras de hormigón en masa

Demolición de soleras de hormigón en masa, hasta 25 cm de espesor, incluido pavimento de terrazo, con compresor, incluso limpieza y retirada de escombros, carga, y transporte a vertedero y con p.p. de medios auxiliares.

1.1.2. Excavación en desmonte

Excavación en desmonte de cualquier tipo de terreno, por cualquier procedimiento, incluso retirada de capa de tierra vegetal, con protección de vías y servicios existentes si fuera necesario, entibación y agotamiento de filtraciones de agua o de lluvia, así como carga, transporte y descarga de productos en lugar de empleo.

1.1.3. Excavación en cimentaciones, zanjas y pozos

Excavación en cimentaciones, zanjas y pozos en cualquier clase de terreno, excepto roca, por cualquier procedimiento, hasta 4m de profundidad incluso entibación, agotamiento y achique si fuera necesario, extracción, carga, transporte y descarga de productos en lugar de acopio.

1.1.4. Excavación de vaciado con máquina de terrenos compactos para subestación, viales y aceras

Excavación a cielo abierto, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras fuera de la excavación, en vaciados y con p.p. de medios auxiliares.



**1.1.5. Excavación zanja a máquina terreno compacto muros interm.
Y muretes de cerramiento**

Excavación en zanjas, en terrenos compactos, por medios mecánicos, con extracción de tierras a los bordes y con p.p. de medios auxiliares.

1.1.6. Relleno y apisonado mecánico a cielo abierto de zahorra bajo transformadores

Relleno, extendido y apisonado de zahorras a cielo abierto, por medios mecánicos, en tongadas de 30 cm. de espesor, hasta conseguir un grado de compactación del 95% del proctor normal, incluso regado de las mismas y refino de taludes, y con p.p. de medios

1.1.7. Relleno general

Relleno compactado con material adecuado $CBR > 10$, según P.G..3, procedente de préstamos, compactado al 100% del proctor modificado en tongadas hasta 30cm, incluso extendido y refino.

1.1.8. Coronación

Relleno compactado con material seleccionado según PG-3, procedente de préstamos, compactado al 100% del proctor modificado en tongadas hasta 30 cm, incluso extendido y refino.



1.1.9. Relleno con material seleccionado procedente de la excavación

Relleno compactado al 95% del proctor normal en tongadas de 30 cm. Con material seleccionado procedente de la excavación, exento de áridos mayores de 4cm. Incluso regado de las misma.

1.1.10. Relleno compactado con material filtrante

Relleno compactado con material filtrante incluso colocación, humectación y compactación.

1.1.11. Encachado de piedra 40/80

Encachado de piedra 40/80 de 20cm de espesor en sub-base de solera i/extendido y compactación con compactador vibratorio manual.

1.1.12. Membrana impermeable de propileno

Membrana impermeable de polipropileno de 161 g/m² en subsoleras como barrera antihumedad.

1.1.1. Transporte a vertedero <40km carga del conjunto de la obra

Transporte de tierras al vertedero, a una distancia menor de 40 km, considerando ida y vuelta, con camión bañera basculante cargado a máquina, y con p.p. de medios auxiliares, considerando también la carga.



1.2. Urbanización

1.2.1. Ejecución de viales

Incluye compactación de terrenos a cielo abierto, 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.

1.2.2. Ejecución de aceras

Base de zahorra con solera de hormigón armado y posterior instalación de loseta de cemento. Se incluyen los bordillos.

1.2.3. Zanjas para cableado eléctrico

Zanja para 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.



CAPÍTULO 2: CIMENTACIONES

2.1. Exteriores

2.1.1. Hormigón limpieza vertido con grúa de zapatas, muros y muretes de urbanización exterior

Hormigón en masa, para limpieza y nivelado de fondos de cimentación, incluso vertido con grúa, vibrado y nivelado.

2.2. Interiores

2.2.1. Hormigón armado HA-30/B/20/IIA 2 caras 0.30-0.40 m con vertido grúa o bomba muros

Hormigón armado HA-30N/mm², consistencia blanda, cumpliendo el ensayo de permeabilidad, elaborado en central, en muro de 30 cm. de espesor, incluso armadura (60 kg/m³), ferralla y encofrado.

2.2.2. Encofrados en madera para zapatas y vigas

Encofrado y desencofrado con madera suelta en zapatas, zanjas, vigas y encepados, considerando 4 posturas.

2.2.3. Solera de hormigón armado, en zona bajo transformadores y depósitos de aceite

Solera de hormigón de 20 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-30 N/mm², T_{máx.}20 mm, elaborado en obra, incluso vertido, colocación y armado con doble mallazo.



2.2.4. Hormigón general para macizos de cimentación y losas de solera

Hormigón en masa o ligeramente armado, HM-20/P/40/IIa, de $f_{ck}=20 \text{ N/mm}^2$ con cemento CEM II/A-M/42.5, arena de río y árido natural de 40 mm de tamaño máximo, elaborado en planta de hormigón, para macizos de cimentación y losas de solera, incluso transporte, colocación, curado, vibrado y parte proporcional de encofrados.



CAPÍTULO 3: ESTRUCTURAS

3.1.1. Hormigón armado para losas + madera + armadura

Hormigón armado HA-40 N/mm², , consistencia blanda elaborado en central , en losas planas e inclinadas, incluso p.p. de armadura, ferralla, distanciadores y encofrado de madera vertido con bomba, vibrado y raseado mecánico, colocado y curado con filmógeno.

3.1.2. Hormigón armado para viga de coronación y zunchos + madera + armadura

Hormigón armado HA-40 N/mm², espesor 40 cm., consistencia blanda elaborado en central, zunchos y elementos singulares de sección rectangular, incluso p.p. de armadura – ferralla y encofrado metálico, vertido con pluma-grúa, vibrado y colocado y curado con filmógeno.

3.1.3. Hormigón armado para pilares+ madera+ armadura

Hormigón armado HA-30 N/mm², , consistencia blanda, elaborado en central, en losas inclinadas, incluso p.p. de armadura y encofrado de madera, vertido con pluma-grúa, vibrado y colocado.

3.1.4. Cimbra metálica para montaje de encofrados y hormigonado y andamiaje

Cimbra metálica para montaje de encofrados y hormigonado de elementos singulares de hormigón a gran altura, incluyendo montaje y desmontaje, alquiler y transportes, medios auxiliares y andamios para operaciones de encofrado



3.1.5. Junta de dilatación losas

Junta de dilatación estructural entre losas, forjados o encuentros forjado-muro, mediante plancha de poliestireno expandido de 2 cm de espesor

3.1.6. Vías de transformadores

Carril UPN-180 de acero en vías para transformadores, incluso replanteo y p/p de placas, uniones, tornillería, anclajes con resina epoxi en placa, nivelación de las mismas, así como soldadura de patillas en vía para anclaje de hormigón, incluso p.p de medios auxiliares.

3.1.1. Canalizaciones hormigonadas

Hormigón HM-12.5/P/20/IIa de $f_{ck}=12.5 \text{ N/mm}^2$ con cemento CEM II/A-P/32.5 R , arena de río y árido máximo de 20 mm en canalizaciones hormigonadas o en camas de asiento y nivelación de tuberías incluso colocación, nivelación, vibrado, curado y parte proporcional de encofrados.

3.1.2. Muro de cerramiento con panel prefabricado liso y aislante térmico

Muro de cerramiento con panel prefabricado liso, sección rectangular de 20 cm. de ancho con 3 cm de aislante térmico interior a base de EPS tipo I- M1 (ininflamable), acabado en tipo molde, según documentación gráfica, fabricado con hormigón HA-30 N/mm^2 , $t_{\text{máx.}} 20 \text{ mm}$, consistencia plástica, árido 20 mm color hormigón natural gris, hasta 6.6 m. de altura, incluso p.p. de estructura prefabricada de hormigón, pilares, jácenas, correas, vigas porta canalón, montaje con ayuda de grúa automóvil, apeos y sellado de juntas interiores y exteriores mediante caucho de silicona neutra gris y cajeados de huecos, tratamiento superficial exterior anticarbonatación.



3.1.3. Corte hormigón en losa para celdas de 20 kV

Corte de hormigón en losa de forjado de 0,40 m de espesor, realizado mediante máquina de corte con disco diamantado, incluyendo p.p. de cortes parciales. Se incluyen en esta partida todas las medidas de seguridad y salud, control de calidad, control medioambiental y gestión de residuos, conforme a normativa vigente necesarias para la ejecución de la partida

3.1.4. Taladro en losa para celdas

Perforaciones en apertura de huecos en losas de hormigón de espesor 40 cm. incluso p.p. de medios auxiliares. Se incluyen en esta partida todas las medidas de seguridad y salud, control de calidad, etc.



CAPÍTULO 4: ALBAÑILERÍA

4.1.1. Bloques de hormigón para revestir vestíbulos accesos, puertas RF, transformadores, gas del transformador

Ladrillos de hormigón gris de alta densidad de 50x20x20cm. Para revestir, especificaciones para RF 240, recibidos con mortero de y arena de río y armadura Selección de la protección anticorrosión de la armadura de acuerdo con la humedad ambiente, incluso p.p. de relleno con hormigón H- 20 árido 20, incluso vertido, vibrado y medios auxiliares. Se incluyen en esta partida todas las medidas de seguridad y salud, control de calidad, control medioambiental y gestión de residuos, conforme a normativa vigente necesarias para la ejecución de la partida.

4.1.2. Guarnecido y enlucido en sala de servicios auxiliares de acabado visto

Revestimiento con yeso grueso de 12 mm de espesor, y enlucido con yeso fino 1mm de espesor, en superficies verticales.

4.1.3. Enfoscados con mortero de cemento interior subestación

Enfoscado con mortero de cemento y arena de río, en paramentos verticales de 20 mm de espesor, incluso regleado, y discontinuidades del soporte, medios auxiliares y andamiaje.

4.1.4. Bancada del transformador

Bancada para transformadores de potencia formado por losa de hormigón incluyendo armados y cubeto de recogida de aceite para posterior conexión con el depósito de aceite. Se incluye rejilla metálica y suministro de grava gruesa.



4.1.1. Ayudas a instalaciones y oficios

Ayudas a instalaciones y oficios, tales como: apertura y tapado de rozas y taladros, recibido de cajas, soportes, patillas, anclajes y pasatubos, placas, carpinterías interiores y exteriores, cerrajerías; andamios fijos, medios de elevación; transporte de materiales; agua, energía eléctrica y gasóleo para pruebas; almacenes y en general la mano de obra y materiales auxiliares necesarios para la buena ejecución de los trabajos, precio por metro cuadrado construido.



CAPÍTULO 5: CUBIERTAS Y PAVIMENTOS

5.1. Cubiertas

5.1.1. Cubierta para edificio prefabricado

Cubierta para un edificio prefabricado de 27x32m en una subestación formado por: panel sándwich en perfil comercial para luz de 1.80 m y sobre-carga de 100 daN/m², compuesto de chapa interior de acero galvanizado de 0.6 mm, chapa exterior de acero prelacada, color gris RAL 7040, con núcleo de espuma de poliuretano de 40 kg/m³ con un espesor total de 40 mm, en perfil comercial tipo Delfos de Europerfil o similar aprobado, montado sobre correas de hormigón pretensado mediante fijaciones mecánicas, i/p.p. de solapes, accesorios de fijación, juntas de estanqueidad, remates laterales, medios auxiliares y elementos de seguridad, medida en verdadera magnitud, canalón oculto de chapa de acero galvanizada, perfil de remate para unión entre canalón y panel, perfil de remate de coronación de panel de fachada.

5.1.1. Bajante de acero galvanizado D=100 mm

Bajante de chapa de acero galvanizado para recogida de aguas pluviales, de 100 mm de diámetro, instalada con p.p. de conexiones, codos, abrazaderas, etc.

5.2. Pavimentos

5.2.1. Suelo técnico elevado sobre solera

Suelo técnico elevado 500mm sobre solera, con baldosas de 600x600 mm y 40 mm de espesor, formado por paneles aglomerados de alta densidad encapsulados entre dos chapas de acero galvanizado o de aluminio ignifugado M-1, cara superior y cantos revestidos en PVC, antiestáticos, para una sobrecarga uniforme mínima de 2000 kg/m² y puntual de 450 kg, incluso soportes con base y cabeza graduable de acero galvanizado y travesaños de chapa galvanizada conformada de 1.5 mm de espesor mínimo, totalmente terminado, montado, adherido a solera y probada su capacidad portante.



5.2.2. Falso suelo en sala de servicios auxiliares

Pavimento elevado y registrable compuesto por baldosas de medidas 600x600 mm de lado y espesor 35 mm, compuesta de partículas de alma de madera prensada con densidad 650 kg/m³. Canto perimetral de PVC será de espesor 1.5 mm. Con revestimiento superior de pavimento vinílico homogéneo prensado con una resistencia eléctrica de 1MΩ. Las baldosas irán apoyadas sobre pedestales de acero zincado sin ningún punto de soldadura. Incluso ventosa para registro.

5.2.3. Pavimento continuo epoxi autonivelante para salas de MT, AT y transformadores

Pavimento autonivelante epoxi con un espesor de 3.0 mm, consistente en una capa de imprimación epoxi sin disolventes espatulada, formación de capa base epoxi sin disolventes coloreada sobre superficies de hormigón o mortero, sin incluir la preparación del soporte.

5.2.4. Pavimento continuo cuarzo gris para depósito aceite

Pavimento monolítico de cuarzo en color gris natural, sobre recrecido del soporte de pavimentos vertido con bomba de mortero de cemento y arena de río, incorporación de capa de rodadura mediante espolvoreo, fratasado mecánico, alisado y pulimentado; curado del hormigón.



CAPÍTULO 6: CARPINTERÍA EXTERIOR E INTERIOR

6.1. Carpintería exterior

6.1.1. Puerta doble 3.00x2.20 m para acceso desde urbanización exterior

Puerta exterior de dos hojas de 3.00x2.20 m, 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). Se montarán chapas vierteaguas para impedir que el agua de la lluvia se cuele al interior de los edificios.

6.1.2. Puerta ciega de chapa lisa en para acceso peatonal desde el exterior

Puerta de bastidor de tubo de acero laminado 80x40x1.5m. con rigidizadores de tubo rectangular, incluso patillas para recibir en fábricas o pilastras de hormigón, y elementos de seguridad.

6.2. Carpintería interior

6.2.1. Mirilla circular 360 mm puerta RF

Mirilla circular de 360 mm de diámetro, con cristal, homologada, para puertas cortafuegos, vidrio 60 minutos.

6.2.2. Barra antipánico puerta 1 hoja en puertas RF recorridos de evacuación

Barra antipánico de sobreponer para puerta de 1 hoja con cierre alto y bajo sin acceso exterior, totalmente colocada, incluso mecanismo cierrapuertas.



6.2.3. Barra antipánico puerta 2 hojas

Barra antipánico de sobreponer para puerta de 2 hojas con cierre alto y bajo sin acceso exterior, totalmente colocada, incluso mecanismo cierrapuertas.

6.2.4. Puerta cortafuegos EI2-90-C5

Puerta metálica cortafuegos de una hoja pivotante de 1.00x2.10 m., construida con dos chapas de acero electrocincado de 0.80 mm de espesor y cámara intermedia de material aislante ignífugo, sobre cerco abierto de chapa de acero galvanizado de 1.20 mm de espesor, con siete patillas para fijación a obra, cerradura embutida y cremona de cierre automático, elaborada en taller, ajuste y fijación en obra, incluso acabado en pintura epoxi polimerizada al horno .

6.2.5. Puerta cortafuegos EI2-120-C5 especiales salas RF 240 (GIS y MT)

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 con siete patillas para fijación a obra, cerradura embutida y cremona de cierre automático, elaborada en taller, ajuste y fijación en obra, incluso acabado en pintura epoxi polimerizada al horno (sin incluir recibido de albañilería).



CAPÍTULO 7: PINTURAS

7.1. Exteriores

7.1.1. Pintura plástica lisa para exteriores

Pintura plástica lisa, blanca o color para exteriores, con una mano de fondo y dos de acabado, lavable, incluso lijado y emplastecido en paramentos de fachada.

7.1.2. Tratamiento superficial anti-pintadas para exteriores

Tratamiento superficial anti-pintadas, a base de emulsión acrílica incolora sobre paramentos verticales y horizontales de ladrillo, hormigón o piedra; formado por limpieza, mano de fondo y mano de acabado.

7.2. Interiores

7.2.1. Pintura plástica lisa mate estándar de servicios auxiliares y vestíbulos

Pintura plástica lisa mate lavable estándar obra nueva en blanco o pigmentada, sobre paramentos horizontales y verticales, dos manos, incluso mano de imprimación y plastecido.

7.2.2. Pintura plásticas acrílica mate lavable b/color en paramentos en resto subestación

Pintura plástica acrílica lisa mate lavable profesional, en blanco o pigmentada, sobre paramentos horizontales y verticales. Dos manos, incluso imprimación y plastecido.



CAPÍTULO 8: FONTANERÍA

8.1.1. Depósito recogida de aceite + tuberías canalización desde bancada

Depósito de recogida de aceite de 20.000 litros y resinas termoestables(resinas de poliéster y fenacrilado no saturadas) que incorporen materiales de refuerzo, agentes de procesamiento y aditivos para mejorar sus propiedades mecánicas. Incluye canalización sobre pared por tuberías desde las 3 bancadas del transformador

8.1.2. Tanque de membrana horizontal superior para sistema PCI-espumógeno

Depósito de sistema de agua contra incendios para espumógeno con forma cilíndrica horizontal y con membrana. Soportes-patas colocado en superficie, construido en acero de alta resistencia, y elementos de instalación de espumógeno completo a con p/ p de depósitos auxiliares, tubería, bombas de interconexión y sistema de presurización. Medida de la unidad instalada.



CAPÍTULO 9: INSTALACIÓN DE PCI Y SISTEMAS ANTI-INTRUSISMO

9.1. Protección contra incendios

9.1.1. Central de detección de PCI + detectores algorítmicos

Instalación de detección automática de incendios completa para el conjunto de la subestación comprendiendo. Central de detección hasta para 4 bucles de detección con fuente de alimentación y baterías de emergencia, red de detectores del tipo algorítmico para incorporar a bucle, termo-velocimétricos, o detectores de llama por infrarrojos, según locales, red de detectores óptico analógico para conductos de aire en sistemas de aerorefrigeradores, salas de celdas y control, cableado con manguera libre de halógenos y resistente al fuego ejecutado bajo tubo de acero grapado a paredes o techo con parte proporcional de cajas de registro del mismo material, puesto de control con ordenador, impresora, interface de comunicaciones y marcador telefónico vía SMS o red Ethernet vía TCP/IP, módulos de salida o entrada para maniobras en función del sistema de detección, pulsadores de alarma de fuego con autochequeo y sirenas de alarma a las distancias reglamentarias, pulsadores de bloqueo de extinción o disparo de extinción en zonas con extinción automática, etc. Incluso cableado, accesorios y pequeño material para su instalación y mano de obra para montaje, conexionado, programación, pruebas y puesta en marcha.

9.1.2. Sistema de detección por conducto aspiración completo zona transformadores, sala GIS y sala de servicios auxiliares, grupo electrógeno

Sistema de detección de conducto por aspiración homologado, formado por caja de soporte a conducto conteniendo elemento sensible, detector de humos con cámara de detección laser, para cubrir completamente el techo y paredes a distintos niveles. Incluye puntos de muestreo y cable detector. Incluso cableado, accesorios y pequeño



material para su instalación y mano de obra para su montaje, conexionado, programación, prueba y puesta en marcha.

9.1.3. Pulsadores detección incendio

Pulsadores de seta para su instalación en pared, mano de obra para su instalación, cableado, prueba y puesta en marcha.

9.1.4. Extintor portátil 5 kg CO₂

Extintor portátil con carga de 5 kg de CO₂. Incluso accesorios para instalación sobre pared, transporte y mano de obra para su colocación y montaje.

9.1.5. Extintor portátil 5 kg polvo polivalente ABC

Extintor portátil, tipo LPG o similar aprobado, con carga de 5 kg de polvo polivalente ABC incluso accesorios para instalación sobre pared, transporte y mano de obra para su colocación y montaje.

9.1.6. Carro extintor 25 kg CO₂

Carro extintor de 25 kg de carga de polvo polivalente. Incluso mano de obra para su colocación, transporte y montaje.

9.1.7. Carro extintor 25 kg polvo polivalente ABC

Carro extintor de 25 kg de carga de polvo polivalente. Incluso mano de obra para su colocación, transporte y montaje.



9.1.8. Cartel indicador normalizado

Cartel indicador normalizado fotosensible, para indicador , extintor, medidor de alarmas, vía de evacuación, acceso prohibido, etc.

Incluso accesorios para su instalación, transporte y mano de obra para montaje

9.1.9. Sellados verticales y horizontales con RF

Sellados horizontales y verticales en huecos como losa para mantener una resistencia al fuego según situación y necesidades. Incluye mano de obra.

9.1.10. Grupo bombeo del sistema espumógeno, botellas de espumógeno y difusores

Grupo de bombeo de espumógeno, formado por bombas de alta presión y caudal apropiado con bomba . Incluso herrajes, pequeño material, colector, presostatos, bastidor, cableado, conexionado hidráulico y mano de obra para su instalación y puesta en servicio. Incluye botellas espumógeno.

9.1.11. Sistema extinción por agua nebulizada y difusores

Sistemas de extinción por agua nebulizada aprobado en cada una de las salas de recintos de transformadores, formado por sistemas centralizados con batería de botellas autónomas de alta presión de capacidad adecuada a cada sala, instaladas con elementos de fijación, bastidores, latiguillos etc., red de tubería de extinción automática con tubería galvanizada apropiada para cada sala de transformador, difusores direccionables, panel de mando y control, regletero de bornes, cableado, pequeño material y medios auxiliares y mano de obra para instalación, montaje y puesta en servicio.



9.2. Anti-intrusismo

9.2.1. Sistema anti-intrusismo

Sistemas anti-intrusismo formado por detectores volumétricos, contactos magnéticos en puertas, central de detección general comunicada vía fibra óptica con el exterior. Incluye instalación de tarjetas de accesos, lector biométricos, cámaras de vigilancia, etc.



CAPÍTULO 10: VENTILACIÓN

10.1.1. Equipos de ventilación y conductos de chapa galvanizada para sala de AT

Cajón de ventilación construidos con panel de chapa galvanizada y relleno de lana de roca de alta densidad con silenciador acústico en aspiración en chapa galvanizada de espesor adecuado con pasos de aire aptos para las insonorizaciones adecuadas, 2 ventiladores axiales de caudal 3500 m³/h cada uno, acceso individual para cada ventilador con puerta independiente, silenciador acústico en descarga construido en chapa galvanizada. Incluye armario control con protecciones magnetotérmicas Incluye cableado interno y compuertas antifuego. Incluye los conductos en chapa galvanizada y la instalación hasta los patinillos de descarga y toma de aire exterior.

10.1.2. Conductos de chapa galvanizada para sala grupo electrógeno

Conductos de chapa galvanizada para ventilación motor diesel del grupo electrógeno y correcta salida de humos al exterior. Incluye instalación y elementos de sujeción.

10.1.3. Aire acondicionado

Suministro e instalación de equipo de aire acondicionado tipo SPLIT-air 24 horas, formado por una unidad exterior y otra interior, totalmente montado, incluso pequeño material de montaje y todos los elementos y accesorios que se describen en el plano de referencia, transporte de material, puesto en servicio, con las siguientes características:

- Potencia frigorífica total 3 kW, sensible 3 kW.
- Unidad exterior de pared
- Unidad interior de pared
- Presión ventilador de aire free-cooling 60 Pa



- Ventilación de emergencia con 48 Vcc integrada
- Control del número de revoluciones del condensador
- Alarma de falta de aire y filtro sucio
- Rearme automático después de corte de corriente
- Contactos para integración en sistema de control
- Protección antivandálica
- Compresores Scroll
- Conducto de conexión de toma de aire a equipo DVIN80
- Rejilla antilluvia GR40SOP
- Refrigerante R407c
- Microprocesador de control para regulación escalonada con dos equipos Con control de presión de condensación



CAPÍTULO 11: INSTALACIONES ELÉCTRICAS

11.1. Celdas GIS

11.1.1. Celda de línea

Celda blindada en SF6 220 kV, marca ABB, modelo ELK 14 300, de 50 kA

Interruptor 4000A, 50 kA mando unipolar, marca ABB.

4TI 400-200/5-5-5-5-5A, ABB.

3TT inductivos 220: $\sqrt{3}$ kV / 110: $\sqrt{3}$ V / 110: $\sqrt{3}$ V / 110: $\sqrt{3}$ V marca ABB.

Incluidos seccionadores, cuchillas de puesta a tierra y armario de control local p.p de protecciones numéricas: 21, 27, 50-51/51N, 52S, 81, 87L.

Incluye 3 terminales, 127/220 kV para cable seco sección 2000 mm².

Incluso transporte y almacenamiento.

11.1.2. Celda de transformador

Celda blindada en SF6 220 kV, marca ABB, modelo ELK 14 300, de 50 kA.

Interruptor 4000A, 50 kA mando unipolar, marca ABB.

4TI 2000-1000/5-5-5-5-5A, ABB.

3TT inductivos 220: $\sqrt{3}$ kV / 110: $\sqrt{3}$ V / 110: $\sqrt{3}$ V / 110: $\sqrt{3}$ V marca ABB.

Incluidos seccionadores, cuchillas de puesta a tierra y armario de control local p.p a protecciones:

Incluye 3 terminales, 127/220 kV para cable seco sección 300 mm².

Incluso transporte y almacenamiento.



11.1.3. Celda de acoplamiento y medida de tensión en barras

Celda blindada en SF6 220 kV, marca ABB, modelo ELK 14 300, de 50 kA.

Interruptor 4000A, 50 kA mando unipolar, marca ABB.

4TI 2000-1000/5-5-5-5A, SIEMENS Incluidos seccionadores, cuchillas de puesta a tierra y armario de control local y p.p. de protecciones numéricas: 87B, 59, 81m/81M.

6TT inductivos 132: $\sqrt{3}$ kV / 110: $\sqrt{3}$ V / 110: $\sqrt{3}$ V / 110 $\sqrt{3}$ V, 3TT para cada barra. Incluso cuchillas de puesta a tierra.

Incluso transporte y almacenamiento.

11.2.Celdas MT

11.2.1. Celda de línea

Celda blindada en SF6 20kV, marca ORMAZABAL, modelo CPG.1 de 2000A, 25 kA. Corriente nominal embarrado: 2000A Corriente nominal derivación: 630A Interruptor de vacío 630A, 25 kA marca ORMAZABAL.

3TI 150/5-5A, ORMAZABAL 1 toroidal 50/1A ARTECHE. Incluye seccionadores y cuchillas de puesta a tierra, y 3 terminales.

Se instalarán relés numéricos en el interior de las celdas de MT de la marca ORMAZABAL. Dichas protecciones se instalarán en la propia celda.

Protecciones numéricas: 50, 51/51N. Incluso transporte y almacenamiento.

11.2.2. Celda de transformador

Celda blindada en SF6 20kV, marca ORMAZABAL, modelo CPG.1 de 2000A, 25 kA. Corriente nominal embarrado: 2000A Corriente nominal derivación: 1250A Interruptor de vacío 1250A, 25 kA marca ORMAZABAL.



3TI 150/5-5-5-5A, ORMAZABAL. Incluso seccionadores y cuchillas de puesta a tierra y 6 terminales.

Se instalarán relés numéricos en el interior de las celdas de MT de la marca ORMAZABAL. Dichas protecciones se instalarán en la propia celda.

Protecciones numéricas: 50, 51/51N. Incluso transporte y almacenamiento.

11.2.3. Celda de servicios auxiliares

Celda blindada en SF6 20kV, marca ORMAZABAL, modelo CPG.1 de 2000A, 25 kA. Corriente nominal embarrado: 2000A Corriente nominal derivación: 630A Interruptor de vacío 630A, 25kA marca ORMAZABAL.

3TI 150/5A, ORMAZABAL 1 Toroidal 50/1A ARTECHE. Incluso seccionadores y cuchillas de puesta a tierra, y 3 terminales.

Protecciones numéricas: 50, 51/51N. Incluso transporte y almacenamiento.

11.2.4. Celda acoplamiento longitudinal

Celda blindada en SF6 20kV, marca ORMAZABAL, modelo CPG.1 de 2000A, 25 kA. Corriente nominal embarrado: 2000A. Interruptor de vacío 2000A, 25kA marca ORMAZABAL.

Incluso seccionadores y cuchillas de puesta a tierra.

Incluso transporte y almacenamiento.

11.2.5. Celda acoplamiento transversal

Celda blindada en SF6 20kV, marca ORMAZABAL, modelo CPG.1 de 2000A, 25 KA. Corriente nominal embarrado: 2000A Interruptor de vacío 2000A, 25kA marca



ORMAZABAL. 6TT inductivos $22:\sqrt{3}$ kV/ $110:\sqrt{3}$ V/ $110:\sqrt{3}$ V /110:3 V marca ORMAZABAL, 3TT para cada barra.

Incluso seccionadores y cuchillas de puesta a tierra.

Incluso transporte y almacenamiento.

11.3.Transformadores

11.3.1. Transformador de potencia

Transformador de potencia de servicio continuo, marca PAUWELS. Relación de transformación $230 \pm 10 \times 3.45 / 21$ kV. Potencia aparente nominal: 25 MVA Refrigeración: ODAF (incluye aero-refrigerantes con sus respectivas bombas de aceite y válvulas). Frecuencia 50Hz. Grupo de conexión: YNd11. Tensión de cortocircuito: 11.6%. Con regulación en carga (primario). Arrollamiento de cobre sobre un único núcleo de tres columnas. Bornes enchufables en AT y en MT. Protecciones propias:

- indicador de nivel;
- relé Buchholz;
- relé Buchholz Jansen;
- termómetro, termostato, sonda PT100.

Se incluyen asimismo las siguientes protecciones numéricas: 49, 50-51/50N-51N, 86, 87T.

Incluso transporte y almacenamiento.

11.3.2. Transformador seco de servicios auxiliares

Transformador seco de servicios auxiliares de servicio continuo, marca SCHNEIDER ELECTRIC. Relación de transformación $20 \pm 10 \times 5\% / 0.4$ kV. Potencia aparente nominal: 400 kVA Refrigeración: AN. Grupo de conexión: Dyn11 Tensión de cc: 6%. Sin regulación en carga.



11.4. Conductores

11.4.1. Cable RHZ1 - 2OL (S) Al 2x240 mm²

Modelo HERSATENE FOC del fabricante GENERAL CABLE. Tensión de aislamiento 12/20 kV. Cables no propagadores de la llama, baja acidez y corrosividad de los gases emitidos y baja opacidad de los humos emitidos durante la combustión. Cubierta resistente a la abrasión y al desgarró. Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).

11.4.2. Cable RHZ1 - RA + 2OL (S) Al H250 1x300 mm²

Modelo SILEC del fabricante GENERAL CABLE. Tensión de aislamiento 12/20 kV.

Cables no propagadores de la llama, baja acidez y corrosividad de los gases emitidos y baja opacidad de los humos emitidos durante la combustión. Cubierta resistente a la abrasión y al desgarró. Aislamiento de polietileno reticulado (XLPE).

11.5. Servicios auxiliares

11.5.1. Cuadro general de servicios auxiliares de C.A. (400/230 V)

Cuadro general de 230/400 V Formado por:

- 3 interruptores automáticos de 3x600A, 10 kA;
- 3 TI de medida 400/5 A;
- 2 contadores digitales de potencia activa;
- 2 amperímetros digitales;
- 2 voltímetros digitales;
- 2 relés de mínima tensión.

Incluso bastidor y embarrados



11.5.2. Cuadro general de servicios auxiliares de C.C. (125 V.c.c)

Cuadro general de 125 Vc.c. Formado por:

- 3 interruptores automáticos de 3x80A, 10 kA;
- 2 relés de mínima tensión;
- 3 interruptores magnetotérmicos de 3x40A, 10 kA;
- 7 interruptores magnetotérmicos de 7x32A, 10 kA;
- 1 interruptor magnetotérmico de 1x16A, 10 kA;
- 1 interruptores magnetotérmico de 1x10A, 10 kA;
- 1 interruptor magenetotérmico de 1x6A, 10 kA.

Incluso bastidor y embarrados.

11.5.3. Cuadro general de servicios auxiliares de C.C (48 Vc.c)

Cuadro general de 48 Vc.c. Formado por:

- 2 interruptores automáticos de 2x63A, 10 kA;
- 2 Relés de mínima tensión;
- 2 interruptores magnetotérmicos de 2x32A, 10 kA;
- 2 interruptores magnetotérmicos de 2x25A, 10 kA;
- 2 interruptores magnetotérmicos de 2x20A, 10 kA;
- 6 interruptores magnetotérmicos de 2x16A, 10 kA;
- 1 interruptor magenetotérmico de 2x6A, 10 kA ;
- 1 interruptor magenetotérmico de 2x2A, 20 kA.

Incluso bastidor y embarrados.



11.5.4. Cuadro de fuerza y climatización

Cuadro de distribución de corriente alterna para los servicios de fuerza y climatización, con alimentación doble con enclavamiento mecánico.

Formado por:

- 2 interruptores automáticos de 2x63A, 10 kA;
- 2 relés de mínima tensión;
- 2 interruptores magnetotérmicos de 2x40A, 10 kA;
- 3 interruptores magnetotérmicos de 3x32A, 10 kA;
- 2 interruptores magnetotérmicos de 2x16A, 10 kA;
- 4 interruptores magnetotérmicos de 4x10A, 10 kA.

Incluso bastidor y embarrados.

11.5.5. Cuadro de alumbrado

Cuadro de distribución de corriente alterna para el alumbrado de la subestación, con alimentación doble con enclavamiento mecánico.

Formado por:

- 2 interruptores automáticos de 2x63A, 10 kA;
- 2 relés de mínima tensión;
- 2 interruptores magnetotérmicos de 2x25A, 10 kA;
- 1 interruptor magnetotérmico de 1x10A, 10 kA.

Incluso bastidor y embarrados.

11.5.6. Cuadro de la unidad de control de servicios auxiliares

Cuadro de la unidad de control de servicios auxiliares para controlar la alimentación bajo mínima tensión. Recibirá señales del cuadro general de servicios auxiliares de corriente alterna y de corriente continua y será capaz de conmutar



automáticamente los interruptores de dichos cuadros de forma que la alimentación sea continua. En caso contrario aislará el cuadro de los transformadores de servicios auxiliares y encenderá el grupo electrógeno.

11.5.7. Acumuladores Ni-Cd 125 Vc.c. + rectificador

94 vasos de Ni-Cd, 112 Ah, de la marca SAFT para el sistema de 125 Vcc. Incluye cargador y rectificador de 125Vcc, 100 A. Incluye bastidor metálico, instalación y pruebas.

11.5.8. Acumuladores Ni-Cd 48 Vcc + rectificador

40 vasos de Ni-Cd, 52Ah, de la marca SAFT para el sistema de 48Vcc. Incluye cargador y rectificador de 48Vcc, 80A. Incluye bastidor metálico, instalación y pruebas.

11.5.9. Grupo electrógeno 400 kVA

Grupo electrógeno 400 kVA, 400/230V, 50Hz, modelo V440C2 del fabricante SDMO. Motor marca VOLVO, modelo TAD1344GE, carburante: Diesel. Generador modelo LEROY SOMER, 400 kVA, 1500 rpm.

11.5.10. Cableado de servicios auxiliares de subestación

Cableado de servicios auxiliares de subestación completo, que incluye: conexión de celda SF6-S.A, transformador de servicios auxiliares, armario de distribución y protección en B.T. de servicios auxiliares, servicios auxiliares de BT, C.A. y C.C. Comprende el suministro y tendido de los conductores de sección apropiada necesarios, desde los bornes de conexión de los aparatos hasta los armarios de control y otra aparamenta relacionada, su marcado, conexionado con sus terminales, y la realización de esquemas de cableado y planos de conexión. Pruebas hasta su correcto funcionamiento. Incluye desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares.



11.6. Alumbrado

11.6.1. Luminaria fluorescente de 2x36 W/220 V

Luminaria fluorescente de 2x36 W/220 V. Incluye parte proporcional de transporte a pie de obra y montaje.

11.6.2. Luminaria intemperie para lámpara de 70 W

Luminaria intemperie con tapa de metacrilato para lámpara de 70 W Hg. Incluye la u/eléctrica de encendido y la lámpara, así como su brazo mural. Incluye parte proporcional de transporte a pie de obra y montaje.

11.6.3. Luminaria con reflector de aluminio y lámpara incandescente de 100 W

Luminaria con reflector de aluminio brillantado, anodizado y soporte de fundición de aluminio inyectado color gris. Incluido lámpara incandescente de 100 W. Incluye parte proporcional de transporte a pie de obra y montaje.

11.6.4. Luminaria con equipo de lámpara de vapor de Hg, 250 W

Luminaria con equipo de lámpara de vapor de Hg, 250 W y brazo de poste. Incluye parte proporcional de transporte a pie de obra y montaje.

11.6.5. Luminaria de 60 W para empotrar

Luminaria de 60 W para empotrar. Incluye parte proporcional de transporte a pie de obra y montaje.



11.6.6. Alumbrado de emergencia fluorescente de 12 W

Equipo autónomo de emergencia de 1x12 W fluorescente, autonomía de 1h. Incluye parte proporcional de transporte a pie de obra y montaje.

11.7. Control y protección

11.7.1. Sistema de control digital de la subestación

Sistema, software, monitor y teclado que recibe todas las señales de la subestación y las telemanda a través de fibra óptica. El sistema de control permite abrir y disparar cualquier interruptor de AT y MT como cerrarlos. Permite cambiar de posición a los seccionadores de barras que estén motorizados.

El sistema incluye el tendido y suministro de fibra óptica desde el exterior. El 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 (fibra óptica, telefonía, etc.). El sistema estará instalado en un bastidor cuyo precio también se incluye.

11.7.2. Armario de equipos de comunicación

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 comunique con el exterior.



CAPÍTULO 12: RED DE TIERRAS

12.1. Conductores

12.1.1. Conductor de cobre de 240 mm² para red de tierras

Suministro y tendido de un conductor de Cu unipolar desnudo de 240 mm² 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, medios auxiliares.

12.2. Elementos auxiliares

12.2.1. Trencilla de cobre de 240 mm² para la red de tierras

Suministro y montaje de una trencilla de cobre de 240 mm² de sección, con sus terminales, para la red de tierras. Incluye el suministro, transporte, carga y descarga del material a pie de obra, desplazamientos, pequeño material, herramientas, maquinaria, medios auxiliares.



CAPÍTULO 13: MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA

13.1.Celdas GIS 220 kV

13.1.1. Montaje celdas 220 kV y puesta en marcha

Incluye el transporte, descarga mediante plumas, cableado de medida y protección hasta sala de control. Incluye instalación, ensayos en campo y puesta en marcha de las celdas de 220 kV.

13.2.Celdas MT 20 kV

13.2.1. Montaje celdas 20 kV y puesta en servicio

Incluye transporte, descarga mediante plumas, cableado de medida y protección hasta sala de control. Incluye instalación, ensayos en campo y puesta en marcha de las celdas de 20 kV. Se incluye la instalación de los transformadores de servicios auxiliares.

13.3.Transformador de potencia

13.3.1. Montaje y puesta en servicio transformador potencia

Incluye transporte, descarga mediante plumas, cableado de medida y protección hasta sala de control. Incluye instalación, y ensayos en campo.



CAPÍTULO 14: SEGURIDAD Y SALUD

14.1. Instalaciones de bienestar

14.1.1. Caseta de 2 oficinas + aseos

Compra caseta de 2 oficinas y un aseo de superficie total 8x2.45 metros. Incluye transporte y acometida de electricidad, teléfono e instalación saneamiento.

14.1.2. Caseta de almacén.

Compra caseta de almacén de superficie 8x2.45 metros. Incluye transporte.

14.1.3. Acometida eléctrica a la caseta de obra

Acometida provisional de electricidad a caseta de obra, desde el cuadro general formada por manguera flexible de 4x6 mm² de tensión nominal 750 V, incorporando conductor de tierra color verde y amarillo, en zanja, con apertura y tapado de esta.

14.1.4. Acometida provisional fontanería

Acometida provisional de fontanería para obra de la red general municipal de agua potable, realizada con tubo de polietileno de 25 mm de diámetro, de alta densidad y para 10 atmósferas de presión máxima con collarín de toma de fundición, p.p. de piezas especiales de polietileno y tapón roscado, incluso derechos y permisos para la conexión, terminada y funcionando, y sin incluir la rotura del pavimento.

14.1.5. Acometida provisional de saneamiento

Acometida provisional de saneamiento de caseta de obra a la red general municipal, formada por: rotura del pavimento con compresor, excavación manual de zanjas de saneamiento en terrenos de consistencia dura, colocación de tubería de



hormigón en masa, con junta de goma de 20 cm. de diámetro interior, tapado posterior de la acometida y reposición del pavimento con hormigón Con p.p. de medios auxiliares.

14.1.6. Percha para ducha o aseo

Percha para aseos o duchas en aseos de obra, colocada.

14.1.7. Portarrollos industrial con cerradura

Portarrollos industrial con cerradura de seguridad, colocado

14.1.8. Espejo vestuarios y aseos

Espejo para vestuarios y aseos, colocado.

14.1.9. Jabonera industrial 1 litro

Dosificador de jabón de uso industrial de 1 l. de capacidad, con dosificador de jabón colocada.

14.1.10. Secamanos eléctrico

Secamanos eléctrico por aire, colocado.

14.1.11. Horno microondas

Horno microondas de 18 litros de capacidad, con plato giratorio incorporado.



14.1.12. Taquilla metálica individual

Taquilla metálica individual para vestuario de 1,80 m. de altura en acero laminado en frío, con tratamiento antifosfatante y anticorrosivo, con pintura secada al horno, cerradura, balda y tubo percha, lamas de ventilación en puerta, colocada.

14.1.13. Mesa melamina para 10 personas

Mesa de melamina para comedor de obra con capacidad para 10 personas.

14.1.14. Banco madera para 5 personas

Banco de madera con capacidad para 5 personas.

14.1.15. Depósito-cubo de basuras

Cubo para recogida de basuras.

14.1.16. Botiquín de urgencia

Botiquín de urgencia para obra fabricado en chapa de acero, pintado al horno con tratamiento anticorrosivo y serigrafía de cruz. Color blanco, con contenidos mínimos obligatorios, colocado.

14.1.17. Reposición botiquín

Reposición de material de botiquín de urgencia.



14.2. Señalización

14.2.1. Cinta balizamiento bicolor 8 cm.

Cinta de balizamiento bicolor rojo/blanco de material plástico, incluso colocación y desmontaje.

14.2.2. Cono de balizamiento reflectante d=70 cm

Cono de balizamiento reflectante irrompible de 70 cm. de diámetro.

14.2.3. Cartel PVC 220x300 mm para obligación, prohibición o advertencia

Cartel serigrafiado sobre planchas de PVC blanco de 0.6 mm de espesor nominal. Tamaño 220x300 mm. Válidas para señales de obligación, prohibición y advertencia, colocación y desmontaje.

14.2.4. Cartel PVC para señalización extintor, boca de incendio

Cartel serigrafiado sobre planchas de PVC blanco de 0,6 mm de espesor nominal. Para señales de lucha contra incendios (extintor, boca de incendio colocación y desmontaje).

14.2.5. Panel completo PVC 700x1000 mm

Panel completo serigrafiado sobre planchas de PVC blanco de 0,6 mm de espesor nominal. Tamaño 700x1000 mm Válido para incluir hasta 15 símbolos de señales, incluso textos "Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra", colocación y desmontaje.



14.2.6. Señal triangular l=70cm incluso soporte

Señal de seguridad triangular de L=70 cm., normalizada, con trípode tubular colocación y desmontaje

14.2.7. Señal circular d=60cm, incluso soporte

Señal de seguridad circular de D=60 cm., normalizada, con soporte metálico de acero galvanizado de 80x40x2 mm y 2 m. de altura, hormigonado, colocación y desmontaje.

14.2.8. Señal stop d=60cm, incluso soporte

Señal de stop, tipo octogonal de D=60 cm., normalizada, con soporte de acero galvanizado de 80x40x2 mm y 2 m. de altura, amortizable en cinco usos, incluso p.p. de apertura de pozo, hormigonado H-100/40, colocación y desmontaje.

14.2.9. Paleta manual 2 caras stop- obligación

Señal de seguridad manual a dos caras: Stop-Dirección obligatoria, tipo paleta.

14.2.10. Panel direccional con soporte

Panel direccional reflectante de 60x90 cm., con soporte metálico, amortizable en cinco usos, incluso p.p. de apertura de pozo, hormigonado, colocación y montaje.

14.3. Protecciones colectivas

14.3.1. Malla galvanizada simple torsión

Cercado con entelado metálico galvanizado de malla simple torsión y postes de tubo de acero galvanizado por inmersión de 48 mm de diámetro y tornapuntas tubo



acero galvanizado de 32 mm de diámetro, montada, incluso replanteo y recibido con hormigón tensores, grupillas y accesorios.

14.3.2. Pasarela metálica hormigonado muros

Pasarela para hormigonar muros de 60 cm de ancho, formada por consolas metálicas sujetas al encofrado con pasadores de seguridad, plataformas metálicas de 3 m. de longitud y barandilla de madera de 15x5 incluso colocación y desmontaje.

14.3.3. Barandilla guardacuerpos y tubos

Barandilla de protección de perímetros de forjados, compuesta por guardacuerpos metálico cada 2.5 m. (amortizable en 8 usos), fijado por apriete al forjado o piqueta embutido, pasamanos y travesaño intermedio formado por tubo 50 mm pintado en amarillo y negro, incluso colocación y desmontaje.

14.3.4. Protecciones horizontales con cuajado de tablonos

Protección horizontal de huecos con cuajado de tablonos de madera de pino de 20x7 cm. unidos a clavazón, incluso instalación y desmontaje.

14.3.5. Pasarela madera sobre zanjas

Pasarela para paso sobre zanjas formada por tres tablonos de 20x7 cm. cosidos a clavazón y doble barandilla formada por pasamanos de madera de 20x5, rodapié y travesaño intermedio de 15x5 cm., sujetos con pies derechos de madera cada 1 m. incluso colocación y desmontaje



14.3.6. Extintor polvo ABC 6 kg.

Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia de 6 kg de agente extintor.

14.4. Equipos de protección individual

14.4.1. Casco de seguridad ajustable con atalajes

Casco de seguridad con atalaje provisto de 6 puntos de anclaje, para uso normal y eléctrico hasta 440 V.

14.4.2. Casco de seguridad dieléctrico

Casco de seguridad dieléctrico con pantalla para protección de descargas eléctricas

14.4.3. Pantalla de mano soldador

Pantalla de mano de seguridad para soldador, de fibra vulcanizada con cristal de 110 x 55 mm.

14.4.4. Pantalla + casco seguridad soldar

Pantalla de seguridad para soldador de poliamida y cristal de 110 x 55 mm + casco con arnés de cabeza ajustable con rueda dentada.

14.4.5. Gafas para soldadura oxiacetilénica

Gafas de seguridad para soldadura oxiacetilénica y oxicorte, montura integral con frontal abatible, oculares planos $d=50$ mm.



14.4.6. Gafas contra impactos

Gafas protectoras contra impactos, incoloras.

14.4.7. Gafas antipolvo

Gafas antipolvo antiempañables, panorámicas.

14.4.8. Semi-máscara antipolvo 1 filtro

Semi-mascarilla antipolvo un filtro

14.4.9. Semi-máscara antipolvo 2 filtros

Semi-mascarilla antipolvo doble filtro.

14.4.10. Filtro recambio mascarilla

Filtro recambio de mascarilla para polvo y humos

14.4.11. Cascos protectores auditivos

Protectores auditivos con arnés a la nuca.

14.4.12. Juego tapones anti-ruido silicona

Juego de tapones anti-ruido de silicona ajustables.



14.4.13. Faja de protección lumbar

Faja protección lumbar.

14.4.14. Cinturón portaherramientas

Cinturón portaherramientas.

14.4.15. Mono de trabajo poliéster- algodón

Mono de trabajo de una pieza de poliéster-algodón.

14.4.16. Traje impermeable

Traje impermeable de trabajo, 2 piezas de PVC.

14.4.17. Traje agua verde ingeniero

Traje de agua color verde tipo ingeniero.

14.4.18. Mandil cuero para soldador

Mandil de cuero para soldador.

14.4.19. Peto reflectante de seguridad

Peto reflectante de seguridad personal en colores amarillo y rojo.



14.4.20. Parka para el frío

Parka de abrigo para el frío.

14.4.21. Par guantes de látex-anticorte

Par guantes de goma látex-anticorte.

14.4.22. Par guantes uso general serraje

Par de guantes de uso general de lona y serraje.

14.4.23. Par guantes soldador

Par de guantes para soldador.

14.4.24. Par guantes aislantes 5000 V

Par de guantes aislantes para protección de contacto eléctrico en tensión hasta 5000 V.

14.4.25. Par guantes aislantes 10000 V

Par de guantes aislantes para protección de contacto eléctrico en tensión de hasta 10000 V.

14.4.26. Par de botas de agua de seguridad

Par de botas de seguridad con plantilla y puntera de acero.



14.4.27. Par de botas de agua forradas

Par de botas de agua con cremallera, forradas de borreguillo, tipo ingeniero.

14.4.28. Par de botas de seguridad

Par de botas de seguridad con plantilla y puntera de acero.

14.4.29. Par de botas aislantes

Par de botas aislantes para electricista hasta 5000 V de tensión.

14.4.30. Par de polainas soldadura

Par de polainas para soldador.

14.4.31. Par plantillas resistentes a la perforación

Par de plantillas de protección frente a riesgos de perforación.

14.5. Mano de obra de seguridad

14.5.1. Costo mensual por formación

Costo mensual de formación de seguridad y salud en el trabajo, considerando una hora a la semana y realizada por un encargado.



CAPÍTULO 15: INGENIERÍA Y DIRECCIÓN FACULTATIVA

15.1.1. Ingeniería básica

Se incluyen en esta partida los costes asociados a la elaboración del proyecto por parte del ingeniero.

15.1.2. Ingeniería de detalle

Esquemas Obra Civil, Electromecánica, de principios desarrollados, esquema de cableado con regleteros, cálculo del ajuste de las protecciones y tarado de relés, etc.

15.1.3. Dirección facultativa

El técnico competente designado por el promotor, encargado de la dirección y del control de la ejecución de la obra a lo largo de la misma obra.

15.1.4. Estudio geotécnico

Realización del estudio geotécnico del solar de la subestación. Incluye calicatas (dureza del terreno) y sondeos (a diferentes niveles).

15.1.5. Control de calidad

Se incluyen todos los ensayos e inspecciones técnicas de la aparamenta eléctrica y la respectiva a la obra civil.



2. CUADRO DE PRECIOS, MEDICIONES Y PRESUPUESTOS PARCIALES

Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
1	OBRA CIVIL				
1.1.	Movimiento de tierras				
1.1.1.	Demolición de soleras de hormigón en masa	m ²	100	31.27	3127.00
1.1.2.	Excavación en desmonte	m ³	3270	3.28	10725.60
1.1.3.	Excavación en cimentaciones, zanjas y pozos	m ³	745	11.80	8791.00
1.1.4.	Excavación de vaciado con máquina de terrenos compactos para subestación, viales y aceras	m ³	2160	1.88	4060.80
1.1.5.	Excavación zanja a máquina terreno compacto muros intermedios y muretes de cerramiento	m ³	423	11.80	4991.40
1.1.6.	Relleno y apisonado mecánico a cielo abierto de zahorra bajo transformadores	m ³	120	16.47	1976.40
1.1.7.	Relleno general	m ³	2347	6.69	15701.43
1.1.8.	Coronación	m ³	407	8.13	3308.91
1.1.9.	Relleno con material seleccionado procedente de la excavación	m ³	435	9.39	4084.65
1.1.10.	Relleno compactado con material filtrante	m ³	173	8.17	1413.41
1.1.11.	Encachado de piedra 40/80	m ²	320	8.29	2652.80
1.1.12.	Membrana impermeable de propileno	m ²	305	3.35	1021.75



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
1.1.1.	Transporte a vertedero <40km carga del conjunto de la obra	m ³	25432	9.48	241095.36
1.2.	Urbanización				
1.2.1.	Ejecución de viales	m ²	216	47.63	10288.08
1.2.2.	Ejecución de aceras	-	1	23240.00	23240.00
1.2.3.	Zanjas para cableado eléctrico	-	1	9854.00	9854.00
TOTAL					346332.59

Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
2	<u>CIMENTACIONES</u>				
2.1.	Exteriores				
2.1.1.	Hormigón limpieza vertido con grúa de zapatas, muros y muretes de urbanización exterior	m ²	1080	64.29	69433.20
2.2.	Interiores				
2.2.1.	Hormigón armado HA-30/B/20/IIA 2 caras 0.30-0.40 m con vertido grúa o bomba muros	m ³	1650	176.96	291984.00
2.2.2.	Encofrados en madera para zapatas y vigas	m ²	408	17.26	7042.08
2.2.3.	Solera de hormigón armado, en zona bajo transformadores y depósitos de aceite	m ²	432	36.01	15556.32
2.2.4.	Hormigón general para macizos de cimentación y losas de solera	m ³	125	82.57	10321.25
TOTAL					394336.85



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
3	<u>ESTRUCTURAS</u>				
3.1.1.	Hormigón armado para losas + madera + armadura	m ³	1205	275.00	331375.00
3.1.2.	Hormigón armado para viga de coronación y zunchos + madera + armadura	m ³	205	310.00	63550.00
3.1.3.	Hormigón armado para pilares+ madera+ armadura	m ³	45	250.00	11250.00
3.1.4.	Cimbra metálica para montaje de encofrados y hormigonado y andamiaje	-	1	15000.00	15000.00
3.1.5.	Junta de dilatación losas	-	1	700.00	700.00
3.1.6.	Vías de transformadores	-	80	72.97	5837.60
3.1.1.	Canalizaciones hormigonadas	m ³	98	87.19	8544.62
3.1.2.	Muro de cerramiento con panel prefabricado liso y aislante térmico	m ²	590	125.00	73750.00
3.1.3.	Corte hormigón en losa para celdas de 20 kV		1	1300.00	1300.00
3.1.4.	Taladro en losa para celdas	-	1	500.00	500.00
TOTAL					511807.22

Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
4	<u>ALBAÑILERÍA</u>				
4.1.1.	Bloques de hormigón para revestir accesos, puertas RF, transformadores, gas del transformador	m ²	864	53.40	46137.60
4.1.2.	Guarnecido y enlucido en sala de servicios auxiliares de acabado visto	m ²	105	7.20	756.00



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
4.1.3.	Enfoscados con mortero de cemento interior subestación	m ²	430	13.16	5658.80
4.1.4.	Bancada del transformador	-	2	700.00	1400.00
4.1.1.	Ayudas a instalaciones y oficios	-	1	11000.00	11000.00
TOTAL					64952.40

Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
5	<u>CUBIERTAS Y PAVIMENTOS</u>				
5.1.	Cubiertas				
5.1.1.	Cubierta para edificio prefabricado	m ²	864	72.46	62605.44
5.1.1.	Bajante de acero galvanizado D=100 mm	m	60	13.70	822.00
5.2.	Pavimentos				
5.2.1.	Suelo técnico elevado sobre solera	m ²	640	122.77	78572.80
5.2.2.	Falso suelo en sala de servicios auxiliares	m ²	38	58.31	2215.78
5.2.3.	Pavimento continuo epoxi autonivelante para salas de MT, AT y transformadores	m ²	831	56.22	46718.82
5.2.4.	Pavimento continuo cuarzo gris para depósito aceite	m ²	24	17.55	421.20
TOTAL					191356.04



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
6	CARPINTERÍA EXTERIOR E INTERIOR				
6.1.	Carpintería exterior				
6.1.1.	Puerta doble 3.00x2.20 m para acceso desde urbanización exterior	-	1	3570.00	3570.00
6.1.2.	Puerta ciega de chapa lisa en para acceso peatonal desde el exterior	-	1	672.50	672.50
6.2.	Carpintería interior				
6.2.1.	Mirilla circular 360 mm puerta RF	-	3	122.07	366.21
6.2.2.	Barra antipánico puerta 1 hoja en puertas RF recorridos de evacuación	-	2	181.96	363.92
6.2.3.	Barra antipánico puerta 2 hojas	-	2	374.38	748.76
6.2.4.	Puerta cortafuegos EI2-90-C5	-	1	650.55	650.55
6.2.5.	Puerta cortafuegos EI2-120-C5 especiales salas RF 240 (GIS y MT)	-	1	890.75	890.75
TOTAL					7262.69

Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
7	PINTURAS				
7.1.	Exteriores				
7.1.1.	Pintura plástica lisa para exteriores	m ²	590	5.92	3492.80
7.1.2.	Tratamiento superficial anti-pintadas para exteriores	m ²	590	9.76	5758.40
7.2.	Interiores				
7.2.1.	Pintura plástica lisa mate estándar de servicios auxiliares.	m ²	105	6.39	670.95



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
7.2.2.	Pintura plásticas acrílica mate lavable b/color en paramentos en resto subestación	m ²	470	7.16	3365.20
TOTAL					13287.35

Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
8	<u>FONTANERÍA</u>				
8.1.1.	Depósito recogida de aceite + tuberías canalización desde bancada	-	1	7350.50	7350.50
8.1.2.	Tanque de membrana horizontal superior para sistema PCI-espumógeno	-	1	9596.28	9596.28
TOTAL					16946.78

Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
9	<u>INSTALACIÓN DE PCI Y SISTEMAS ANTI-INTRUSISMO</u>				
9.1.	Protección contra incendios				
9.1.1.	Central de detección de PCI + detectores algorítmicos	-	1	13412.00	13412.00
9.1.2.	Sistema de detección por conducto aspiración completo zona transformadores, sala GIS y sala de servicios auxiliares, grupo electrógeno	-	1	436.75	436.75
9.1.3.	Pulsadores detección incendio	-	16	9.75	156.00
9.1.4.	Extintor portátil 5 kg CO ₂	-	5	32.80	164.00



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
9.1.5.	Extintor portátil 5 kg polvo polivalente ABC	-	5	22.80	114.00
9.1.6.	Carro extintor 25 kg CO ₂	-	2	175.25	350.50
9.1.7.	Carro extintor 25 kg polvo polivalente ABC	-	1	134.25	134.25
9.1.8.	Cartel indicador normalizado	-	20	5.41	108.20
9.1.9.	Sellados verticales y horizontales con RF	-	1	9000.00	9000.00
9.1.10.	Grupo bombeo del sistema espumógeno, botellas de espumógeno y difusores	-	1	14250.00	14250.00
9.1.11.	Sistema extinción por agua nebulizada y difusores	-	1	3575.68	3575.68
9.2.	Anti-intrusismo				
9.2.1.	Sistema anti-intrusismo	-	1	139560.00	139560.00
TOTAL					181261.38

Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
10	VENTILACIÓN				
10.1.1.	Equipos de ventilación y conductos de chapa galvanizada para sala de AT	-	1	12365.63	12365.63
10.1.2.	Conductos de chapa galvanizada para sala grupo electrógeno	-	1	2365.00	2365.00
10.1.3.	Aire acondicionado	-	1	750.29	750.29
TOTAL					15480.92



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
11	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
11.1.	Celdas GIS				
11.1.1.	Celda de línea	-	4	464650.00	1858600.00
11.1.2.	Celda de transformador	-	2	512640.00	1025280.00
11.1.3.	Celda de acoplamiento y medida de tensión en barras	-	1	423640.00	423640.00
11.2.	Celdas MT				
11.2.1.	Celda de línea	-	28	43675.00	1222900.00
11.2.2.	Celda de transformador	-	2	53723.00	107446.00
11.2.3.	Celda de servicios auxiliares	-	2	38357.96	76715.92
11.2.4.	Celda acoplamiento longitudinal	-	1	82537.00	82537.00
11.2.5.	Celda acoplamiento transversal	-	2	42942.23	85884.46
11.3.	Transformadores				
11.3.1.	Transformador de potencia	-	2	832445.00	1664890.00
11.3.2.	Transformador seco de servicios auxiliares	-	2	27430.00	54860.00
11.4.	Conductores				
11.4.1.	Cable RHZ1 – 2OL (S) Al 2x240 mm ²	m	1240	42.32	52476.80
11.4.2.	Cable RHZ1 – RA + 2OL (S) Al H250 1x300 mm ²	m	157	89.23	14009.11
11.5.	Servicios auxiliares				
11.5.1.	Cuadro general de servicios auxiliares de C.A. (400/230 V)	-	1	10500.00	10500.00
11.5.2.	Cuadro general de servicios auxiliares de C.C. (125 V.c.c)	-	1	5800.00	5800.00
11.5.3.	Cuadro general de servicios auxiliares de C.C (48 Vc.c)	-	1	5500.00	5500.00



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
11.5.4.	Cuadro de fuerza y climatización	-	1	4300.00	4300.00
11.5.5.	Cuadro de alumbrado	-	1	3600.00	3600.00
11.5.6.	Cuadro de la unidad de control de servicios auxiliares	-	1	3297.00	3297.00
11.5.7.	Acumuladores Ni-Cd 125 Vc.c. + rectificador	-	2	9350.00	18700.00
11.5.8.	Acumuladores Ni-Cd 48 Vcc + rectificador	-	2	5271.00	10542.00
11.5.9.	Grupo electrógeno 400 kva	-	1	36053.00	36053.00
11.5.10.	Cableado de servicios auxiliares de subestación	-	1	6750.43	6750.43
11.6.	Alumbrado				
11.6.1.	Luminaria fluorescente de 2x36 W/220 V	-	53	68.05	3606.65
11.6.2.	Luminaria intemperie para lámpara de 70 W	-	12	182.87	2194.44
11.6.3.	Luminaria con reflector de aluminio y lámpara incandescente de 100 W	-	8	133.00	1064.00
11.6.4.	Luminaria con equipo de lámpara de vapor de Hg, 250 W	-	2	1069.00	2138.00
11.6.5.	Luminaria de 60 W para empotrar	-	2	105.00	210.00
11.6.6.	Alumbrado de emergencia fluorescente de 12 W	-	12	158.00	1896.00
11.7.	Control y protección				
11.7.1.	Sistema de control digital de la subestación	-	1	89576.00	89576.00
11.7.2.	Armario de equipos de comunicación	-	1	4300.00	4300.00
TOTAL					6879266.81



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
12	RED DE TIERRAS				
12.1.	Conductores				
12.1.1.	Conductor de cobre de 240 mm ² para red de tierras	m	1695	35.70	60511.50
12.2.	Elementos auxiliares				
12.2.1.	Trencilla de cobre de 240 mm ² para la red de tierras	-	26.7	55.00	1468.50
TOTAL					61980.00

Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
13	MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA				
13.1.	Celdas GIS 220 kV				
13.1.1.	Montaje celdas 220 kV y puesta en marcha	-	1	85500.00	85500.00
13.2.	Celdas MT 20 kV				
13.2.1.	Montaje celdas 20 kV y puesta en servicio	-	1	25400.00	25400.00
13.3.	Transformador de potencia				
13.3.1.	Montaje y puesta en servicio transformador potencia	-	2	6500.00	13000.00
TOTAL					123900.00



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
14	<u>SEGURIDAD Y SALUD</u>				
14.1.	Instalaciones de bienestar				
14.1.1.	Caseta de 2 oficinas + aseos	-	1	5172.00	5172.00
14.1.2.	Caseta de almacén.	-	1	2430.00	2430.00
14.1.3.	Acometida eléctrica a la caseta de obra	-	1	420.00	420.00
14.1.4.	Acometida provisional fontanería	-	1	380.25	380.25
14.1.5.	Acometida provisional de saneamiento	-	1	498.20	498.20
14.1.6.	Percha para ducha o aseo	-	5	4.29	21.45
14.1.7.	Portarrollos industrial con cerradura	-	4	6.65	26.60
14.1.8.	Espejo vestuarios y aseos	-	2	20.76	41.52
14.1.9.	Jabonera industrial 1 litro	-	2	4.75	9.50
14.1.10.	Secamanos eléctrico	-	2	29.62	59.24
14.1.11.	Horno microondas	-	1	190.30	190.30
14.1.12.	Taquilla metálica individual	-	15	20.43	306.45
14.1.13.	Mesa melamina para 10 personas	-	2	180.50	361.00
14.1.14.	Banco madera para 5 personas	-	3	31.27	93.81
14.1.15.	Depósito-cubo de basuras	-	2	11.00	22.00
14.1.16.	Botiquín de urgencia	-	3	65.00	195.00
14.1.17.	Reposición botiquín	-	9	43.00	387.00
14.2.	Señalización				
14.2.1.	Cinta balizamiento bicolor 8 cm.	m	536	0.73	391.28
14.2.2.	Cono de balizamiento reflectante d=70 cm	-	25	7.50	187.50



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
14.2.3.	Cartel PVC 220x300 mm para obligación, prohibición o advertencia	-	25	0.59	14.75
14.2.4.	Cartel PVC para señalización extintor, boca de incendio	-	5	0.67	3.35
14.2.5.	Panel completo PVC 700x1000 mm	-	10	2.62	26.20
14.2.6.	Señal triangular l=70cm incluso soporte	-	2	27.42	54.84
14.2.7.	Señal circular d=60cm, incluso soporte	-	4	32.80	131.20
14.2.8.	Señal stop d=60cm, incluso soporte	-	2	72.03	144.06
14.2.9.	Paleta manual 2 caras stop-obligación	-	4	9.32	37.28
14.2.10.	Panel direccional con soporte	-	2	22.92	45.84
14.3.	Protecciones colectivas				
14.3.1.	Malla galvanizada simple torsión	-	240	9.01	2162.40
14.3.2.	Pasarela metálica hormigonado muros	-	300	7.62	2286.00
14.3.3.	Barandilla guardacuerpos y tubos	-	142	6.76	959.92
14.3.4.	Protecciones horizontales con cuajado de tablonos	-	80	10.21	816.80
14.3.5.	Pasarela madera sobre zanjas	-	10	11.15	111.50
14.3.6.	Extintor polvo ABC 6 kg.	-	10	23.20	232.00
14.4.	Equipos de protección individual				
14.4.1.	Casco de seguridad ajustable con atalajes	-	25	6.32	158.00
14.4.2.	Casco de seguridad dieléctrico	-	15	17.37	260.55
14.4.3.	Pantalla de mano soldador	-	5	7.94	39.70



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
14.4.4.	Pantalla + casco seguridad soldar	-	5	12.43	62.15
14.4.5.	Gafas para soldadura oxiacetilénica	-	4	5.92	23.68
14.4.6.	Gafas contra impactos	-	5	3.56	17.80
14.4.7.	Gafas antipolvo	-	5	2.32	11.60
14.4.8.	Semi-máscara antipolvo 1 filtro	-	4	21.45	85.80
14.4.9.	Semi-máscara antipolvo 2 filtros	-	4	45.56	182.24
14.4.10.	Filtro recambio mascarilla	-	10	11.00	110.00
14.4.11.	Cascos protectores auditivos	-	10	14.45	144.50
14.4.12.	Juego tapones anti-ruido silicona	-	20	0.38	7.60
14.4.13.	Faja de protección lumbar	-	15	29.49	442.35
14.4.14.	Cinturón portaherramientas	-	10	5.03	50.30
14.4.15.	Mono de trabajo poliester- algodón	-	40	28.90	1156.00
14.4.16.	Traje impermeable	-	8	9.23	73.84
14.4.17.	Traje agua verde ingeniero	-	3	15.31	45.93
14.4.18.	Mandil cuero para soldador	-	10	10.50	105.00
14.4.19.	Peto reflectante de seguridad	-	25	13.40	335.00
14.4.20.	Parka para el frío	-	10	6.86	68.60
14.4.21.	Par guantes de látex-anticorte	-	50	0.59	29.50
14.4.22.	Par guantes uso general serraje	-	75	1.70	127.50
14.4.23.	Par guantes soldador	-	10	8.50	85.00
14.4.24.	Par guantes aislantes 5000 V	-	5	34.97	174.85
14.4.25.	Par guantes aislantes 10000 V	-	5	11.50	57.50
14.4.26.	Par de botas de agua de seguridad	-	15	27.30	409.50
14.4.27.	Par de botas de agua forradas	-	8	12.50	100.00



Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
14.4.28.	Par de botas de seguridad	-	20	5.92	118.40
14.4.29.	Par de botas aislantes	-	5	51.33	256.65
14.4.30.	Par de polainas soldadura	-	10	7.87	78.70
14.4.31.	Par plantillas resistentes a la perforación	-	30	4.23	126.90
14.5.	Mano de obra de seguridad				
14.5.1.	Costo mensual por formación	-	15	43.01	645.15
TOTAL					23809.53

Posición	Unidad constructiva	Ud.	Medición	P. Unit.(€)	Precio (€)
15	INGENIERÍA Y DIRECCIÓN FACULTATIVA				
15.1.1.	Ingeniería básica	-	1	190439.00	190439.00
15.1.2.	Ingeniería de detalle	-	1	95678.00	95678.00
15.1.3.	Dirección facultativa	-	1	196784.00	196784.00
15.1.4.	Estudio geotécnico	-	1	7420.00	7420.00
15.1.5.	Control de calidad	-	1	65420.00	65420.00
TOTAL					555741.00



3. RESUMEN DEL PRESUPUESTO POR CAPÍTULOS

Capítulo	Descripción	Precio(€)
1	OBRA CIVIL	346 332.59
2	CIMENTACIONES	394 336.85
3	ESTRUCTURAS	511 807.22
4	ALBAÑILERÍA	64 952.40
5	CUBIERTAS Y PAVIMENTOS	191 356.04
6	CARPINTERÍA EXTERIOR E INTERIOR	7 262.69
7	PINTURAS	13 287.35
8	FONTANERÍA	16 946.78
9	INSTALACIÓN DE PCI Y SISTEMAS ANTI-INTRUSISMO	181 261.38
10	VENTILACIÓN	15 480.92
11	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	6 879 266.81
12	RED DE TIERRAS	61 980.00
13	MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA	123 900.00
14	SEGURIDAD Y SALUD	23 809.53
15	INGENIERÍA Y DIRECCIÓN FACULTATIVA	555 741.00
TOTAL PRESUPUESTO (I.V.A. EXCLUIDO)		9387721.56
BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)		938772.16
I.V.A. (21%)		1971421.53
TOTAL PRESUPUESTO		12 297 915.24

El presupuesto total (I.V.A. y beneficio industrial incluidos) asciende a la cantidad de **DOCE MILLONES DOSCIENTOS NOVENTA Y SIETE MIL NOVECIENTOS QUINCE EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS.**

6. BIBLIOGRAFÍA



- [FERN14] Fernández Magester, G., “*Apuntes de subestaciones eléctricas*”, curso 2014-2015
- [ROUC14] Rouco Rodríguez, L., “*Apuntes de protecciones eléctricas*”, curso 2014-2015
- [OLOV08] H. Olovson, S. Ledjeby, “Evolución de las subestaciones: el diseño de subestaciones a principios del siglo XX y en la actualidad”, Revista ABB, enero de 2008
- [MI__14] Ministerio de Industria, *Reglamento de Alta Tensión*, , ITC 02, 05, 06, 13, 14, BOE 9 de junio de 2014
- [MITC_08] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias*, ITC 06, BOE 19 de marzo de 2008,
- [MCT_02] Ministerio de Ciencia y Tecnología, *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión*, BOE 18/09/2002 actualizado según RD560/2010
- [AENO12] AENOR, Norma UNE 21144-1-1:2012 “*Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1-1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Generalidades.*”
- [IEC_10] Norma IEC 61850 “*Interoperability for advanced protections and control applications*”, 12 de enero de 2010
- [ABB_15] ABB, Catálogo *Gas-insulated Switchgear Type ELK-14. The modular system for GIS, 300 kV, 2015*
- [ORMA15] ORMAZABAL, Catálogo CPG.1: *Gama de celdas aisladas en gas en simple y doble barra, CA-111-ES-0903, 2015*
- [SCHN15] SCHNEIDER ELECTRIC, *Catálogo de transformadores de aislamiento en aire Trihal hasta 3150 kVA, 2015*
- [SDMO15] *SDMO, Catálogo de grupos electrógenos de 6 kVA a 830 kVA para aplicaciones industriales, 2015*
- [GENC15] GENERAL CABLE, Especificación técnica de conductores HERSATENE FOC de 20 kV y SILEC de 220 kV, 2015
- [SAFT15] SAFT Batteries, Catálogo de baterías SBM y rectificadores, 2015



- [EURO15] EUROBAT, “*Batteries guide*”, 2015
- [ADIF09] ADIF, “Subestación de tracción en Cardedeu”, <http://www.seitt.es/pliegos/SEITT/20101005-F/Cardedeu.pdf>, 2009
- [REE_09] REE, “*Nueva subestación eléctrica de la Matanza (Tenerife). Parque de 66 kV*”, http://www.matanceros.com/natero/pdf/proyecto_subestacion_lamatanza/389870_1_lamatanza_visado.pdf, 2009
- [EDPH10] EDP Hidrocantábrico *ET/5114: Proyecto tipo de subestaciones*, Ed. 1, 2010
- [EDPH09] EDP Hidrocantábrico *ET/5108: Edificios de subestaciones*, Ed. 2, 2009
- [GNF_08] GAS NATURAL FENOSA DISTRIBUCIÓN, *Especificaciones técnicas de transformadores de distribución*, 2008