



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICA-I)
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

**Proyecto técnico administrativo de una
subestación de 220 kV para evacuación de
generación en la red de transporte de energía
eléctrica española .**

Autor: Andrés Quintana del Olmo
Director: Matías Sánchez Mingarro

Madrid
Septiembre 2018

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título:
Proyecto técnico administrativo de una subestación de 220 kV para evacuación
de generación en la red de transporte de energía eléctrica española.

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 17/18 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Andrés Quintana del Olmo Fecha: 26/ 09/ 2018

Autorizada la entrega del proyecto
EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Matías Juan Sánchez Mingarro Fecha: 27/ 09/ 2018



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

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

El autor D. Andrés Quintana del Olmo DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Proyecto técnico administrativo de una subestación de 220 kV para evacuación de generación en la red de transporte de energía eléctrica española, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

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

3º. Condiciones de la cesión y acceso

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

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

4º. Derechos del autor.

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

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

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

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

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

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

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

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

Madrid, a 3 de octubre de 2018

ACEPTA

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Andrés', enclosed within a large, loopy circular flourish.

Fdo Andrés Quintana del Olmo



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

**Proyecto técnico administrativo de una
subestación de 220 kV para evacuación de
generación en la red de transporte de energía
eléctrica española.**

Autor: Andrés Quintana del Olmo
Director: Matías Sánchez Mingarro

Madrid
Septiembre 2018

Proyecto técnico administrativo de una subestación de 220 kV para evacuación de generación en la red de transporte de energía eléctrica española

Autor: Quintana del Olmo, Andrés

Director: Sánchez Mingarro, Matías

Resumen del proyecto

El objetivo de proyecto es obtener la autorización administrativa para construir una subestación de 220 kV para evacuar potencia de régimen especial de generación. Se construirá en la localidad pacense de Sancti-Spiritus.

La subestación contará con un total de 4 líneas, dos procedentes de la generación y otras dos que conectarán con la red eléctrica española. Se contribuye al mallado de la red de transporte de país. Se reservan dos posiciones para una posible futura ampliación de la subestación.

Dado que la subestación se encuentra en un entorno protegido, las líneas tanto de entrada como de salida deben ser subterráneas. Se construirá por ello una zanja para permitir la entrada de los conductores. En el subsuelo de la subestación, se dispondrá una galería, que contará con las conexiones entre las líneas y la subestación.

La zona elegida se encuentra aproximadamente a 1,2 Km del municipio de Sancti-Spiritus. Se trata de un terreno de 34.287 m². El vallado exterior será de 18.750 m² y la edificación de 847 m².

El área donde se ubicará la subestación es un entorno protegido, por ello, la instalación debe encontrarse integrada con este.

La disposición elegida es la de doble barra y la tecnología elegida es la GIS. Se debe prestar especial atención al SF₆ dado que es un gas de efecto invernadero, para su manipulación se debe contratar una empresa especializada.

En la siguiente tabla se presentan las características principales de la subestación.

Parámetro	Valor	Unidades
U_n (tensión nominal)	220	kV
U_{max} (tensión más elevada)	245	kV
F_n (frecuencia nominal)	50	Hz
$I_{cc,I}$ (intensidad de cortocircuito monofásico)	8	kA
$I_{cc,III}$ (intensidad de cortocircuito trifásico)	11	kA
I_{max} (intensidad máxima admisible)	12,5	kA
I_k (corriente de pico máxima admisible)	31,25	kA

En cuanto a la aparamenta, se ha elegido el fabricante ABB. El modelo escogido es el ELK-14, que admite hasta 300kV y 63kA. En la memoria se incluye la ficha técnica de cada módulo, así como el catálogo, que también está disponible en la web de ABB.

La siguiente tabla recoge el número de módulos de cada tipo que son necesarios:

Módulo	Unidades
Barras	6
Transformador de tensión	18
Interruptor	15
Transformador de tensión	8
Seccionador de puesta a tierra tripolar	5
Seccionador barras/ líneas	15

Los módulos de la aparamenta deben separarse y encapsularse individualmente, de esta manera se revendrá la pérdida del hexafluoruro de azufre.

En lo que a la obra civil se refiere, se proyectará el movimiento y compactación de tierra, la construcción de la edificación y las aceras y la construcción de un acceso desde la carretera contigua.

La edificación debe cumplir tanto lo dispuesto en el código técnico de edificación como las normas específicas para instalaciones eléctricas recogido en el Reglamento de Alta Tensión. El edificio contará con las siguientes salas: sala de aparamenta, sala de comunicaciones y control, sala de servicios auxiliares, oficina y aseo. Además debajo de la planta baja, se construirá una galería que albergará las conexiones con las líneas. La altura de la sala de aparamenta debe ser suficiente para poder operar el puente grúa que se colocará dentro para facilitar las tareas de instalación y mantenimiento.

La red de tierra está formada por una red mallada de cobre de 70 mm². La superficie total del electrodo será de 100x150 m². Se encontrará enterrado a 800mm de la superficie. El lado de la cuadrícula será de 1.8 m. La resistividad del terreno es de 200 Ω-m.

Los servicios auxiliares, estarán formados por dos sistemas: el de alterna (400/230 V) y el de continua (125 Vcc y 48 Vcc). Se debe instalar un grupo electrógeno para caso de falta de la empresa distribuidora local, se ha elegido el modelo V440C2 del fabricante SDMO. Se instalan baterías, que permitirán el funcionamiento del sistema de corriente continua en caso de emergencia.

El sistema de control, permite, por un lado, el mando local y remoto de los equipos de la subestación, y por el otro, la captación de eventos y señales de anomalías. Se elige el cuadro REC670 de ABB. El sistema está conformado por la unidad central, una UCL y un PLC conectado a cada relé y la fibra óptica que los comunica. Las protecciones se encuentran también conectadas al sistema. Se colocan protecciones redundantes, para asegurar la extinción de la falta en caso de que la hubiera.

Se instala un sistema anti incendios de espuma de media expansión. Y un sistema anti intrusismo que constará de detectores y cámaras de videovigilancia y control de acceso.

En cuanto al presupuesto, el coste total es de 5.740.375,20€, contando el IVA asciende a 6.945.853,99€. Los ingresos son de 7.511.474,82€, por lo tanto, los beneficios son 565.620,83€, lo que supone una rentabilidad de 8,143%%.

HIGH VOLTAGE 220 KV SUBSTATION DESIGN FOR THE TRANSPORT NETWORK WITH EVACUATION PURPOSES

Author: Quintana del Olmo, Andrés

Manager: Sánchez Mingarro, Matías

Project abstract

The focus of this project is to get the administrative authorisation to build a substation for the evacuation of 220kV renewable power generation. It will be built in the town of Sancti-Spiritus in Badajoz.

The substation will have a total of 4 lines, two originating from the power supply and another two that will connect with the Spanish national grid. In this way it will contribute to strengthening the mesh of the national grid. Additionally two positions will be in reserve for a potential future expansion of the substation.

As the substation will be located in a protected area, both the incoming and outgoing lines will have to be placed underground. A ditch will be built in order to allow for the placement of the conduits. Additionally in the lower part of the substation there will be a gallery where the connections between the lines and the substation will be located.

The chosen area is located approximately 1.2 km from the town of Sancti-Spiritus. The total area is 34,287 m². The exterior enclosed area will be 18,750 m² and the building 847 m².

It is of particular importance that the substation be integrated with the environment in accordance with the law given its status as a protected area.

The chosen arrangement will be double-bus and the technology will be GIS. Special care should be taken with SF₆ given that this gas has a greenhouse effect and its handling must be carried out by a specialist contractor.

The following table shows the main characteristics of the substation.

Parameter	Value	Units
U_n (Rated voltage)	220	kV
U_{max} (maximum volage)	245	kV
F_n (rated frequency)	50	Hz
$I_{cc,I}$ (monophasic short circuit current)	8	kA
$I_{cc,III}$ (triphasic short circuit current)	11	kA
I_{max} (maximum admitted current)	12,5	kA
I_k (maximum peak current admitted)	31,25	kA

As regards the switchgear, the manufacturer ABB has been selected. The chosen model ELK-14 allows up to 300kV and 63kA. The documentation includes the technical specifications for each module, as well as the catalogue which is also available on ABB's website.

The following table shows the amount of modules of each kind that are needed.

Module	Units
Buses	6
Voltage transformer	18
Interruptor	15
Current transformer	8
Grounding three-pole opening isolator switch	5
Buses/powr-lines isolator switch	15

The switchgear modules should be separated and encapsulated individually in order to allow for the resale of the excess Sulphur hexafluoride.

As regards the civil works, it will be necessary to move and compact the soil, construct the building and pathways as well as an access road from the nearby highway.

The building has been projected in order to comply with all current applicable legislation including the technical building code as well as the specific regulations applicable to electrical installations as included in the High Voltage Regulations. The building will contain the following rooms: switchgear room, communications and control, auxiliary services, office and bathroom. Additionally below the ground floor a gallery will be built that will contain the connections to the lines. The height of the switchgear room will be sufficient to allow for the usage of a bridge crane that will be located inside in order to facilitate installation and maintenance works.

The earth grid will be composed of a 70 mm 2 meshed copper grid. The total surface area of the electrode will be 100x150 m². It will be buried at 800mm from the surface. The side of the grid will be 1.8m. The land has a resistivity of 200 Ω -m.

The auxiliary services will be formed by two systems: alternating current (400/230 V) and direct current (125 Vcc and 48 Vcc). A generator should be installed as back up in the case of power failure from the local distributor, model V440C2 by manufacturer

SDMO has been chosen. Additionally batteries will be installed that allow for the system to function in the case of an emergency.

The control system allows for local and remote handling of the equipment at the substation.

ABB's REC670 bay control system has been chosen. This system is composed of a central unit, one UCL and a PLC connected to each relay and fibre optic that connects them. Protection units are also connected to the system. Additionally redundant protection units will be placed in order to ensure that any fault is suppressed (if any arise).

A fire protection system with mid-range foam extinguishers will be installed. Also an intruder system with detectors and VTC cameras will be included.

As regards the budget, the total cost is 5.740.375,20€, including tax it amounts to 6.945.853,99€. Income is forecast at 7.511.474,82€, hence profit will be 565.620,83€, which can be translated to a return on investment of 8,143%%.

DOCUMENTO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA

DOCUMENTO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA.....	11
CAPÍTULO 1: MEMORIA	15
1. GENERALIDADES.....	17
1.1 Antecedentes.....	17
1.2 Alcance.....	17
1.3 Objeto	18
1.4 Normativa	18
2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA.....	19
2.1 Emplazamiento.....	19
2.2 Condiciones ambientales de la zona	19
2.3 Características eléctricas	20
2.4 Disposición de la subestación.....	21
2.5 formas constructivas y tecnología.....	21
2.6 Datos del terreno a efecto de la red de tierras	22
2.7 Resumen de datos básicos de diseño.....	22
2.8 Características de la zona elegida.....	22
3 SISTEMAS PRIMARIOS DE LA	23
3.1 Descripción general	23
3.2 Esquema unifilar.....	23
3.3 Elección de la aparamenta.....	23
3.4 Elección de los módulos GIS para la subestación	24
4 OBRA CIVIL.....	29
4.1 Descripción general de la obra civil.....	29
4.2 Red de tierras.....	30
4.3 Edificación.....	31
4.4 Acceso de las líneas	32
5 SISTEMAS SECUNDARIOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	32
5.1 Sistemas auxiliares.....	32
5.2 Sistemas de control, medidas y telecomunicaciones.....	34
5.3 Sistema de protecciones.....	34
5.4 Sistema antincendios.....	35
5.5 Sistema antintrusismo.....	36
CAPÍTULO 2: CÁLCULOS	37
1 INTENSIDAD NOMINAL.....	39
2 CALCULO DE LA RED DE TIERRAS.....	39
2.1 Introducción.....	39
2.2 Tensiones de paso y contacto admisibles	40
2.3 Sección y diámetro del conductor de tierra	40
2.4 Tensione de paso y de contacto aplicadas	41
2.5 Resistencia de puesta a tierra.....	42
2.6Resultados	42
CAPÍTULO 3: ESTUDIO ECONÓMICO	45
1 INTRODUCCIÓN	47
2 ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DE LA SUBESTACIÓN	47
CAPÍTULO 4: ANEJOS.....	49
1 CATALOGO ELK-14 ABB	51
2 HEXAFLORURO DE AZUFRE.....	77
DOCUMENTO 2: PLANOS	79
DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES.....	91
1. OBJETO	95
2. NORMATIVA APLICABLE.....	95
2.1 Equipamiento y montaje	95
2.2 Obra civil.....	97

2.3 Instalación eléctrica	97
2.4 Servicios auxiliares.....	98
2.5 Protección.....	98
3 GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL.....	99
4 GESTIÓN DE CALIDAD	99
5 Seguridad y salud	100
6 Verificación y validación.....	100
7 Estudio de Seguridad y Salud	100
7.1 MEMORIA.....	100
7.2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.....	101
7.3 PLIEGO DE CONDICIONES	109
1.- ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	113
2.- REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL	113
2.1.- Condicionados de los Organismos de la Administración.	113
2.2.- Áreas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible.....	113
2.3.- Cambios de aceites y grasas.....	114
2.4.- Campamento de obra	114
2.5.- Gestión de residuos.....	114
2.6.- Incidentes con consecuencias ambientales.	114
3.- REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LOS MOVIMIENTOS DE TIERRAS.....	115
3.1.- Zonificación de los trabajos.....	115
3.2.- Accesos	115
3.3.- Retirada de la cubierta vegetal.....	115
3.4.- Patrimonio cultural.....	115
3.5.- Movimientos de tierra para la explanación	115
4.- REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL	116
5.- REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECÁNICO	116
5.1.- Llenado de equipos con aceite.....	116
5.2.- Llenado de equipos con SF6.....	116
6.- ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA.	117
DOCUMENTO 4: PRESUPUESTOS	119
1 MEDICIONES	121
2 PRECIOS UNITARIOS.....	123
3 SUMAS PARCIALES	125
4 PRESUPUESTO GENERAL	127

CAPÍTULO 1: MEMORIA

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

En este documento se recoge el diseño de una subestación para evacuación de potencia procedente de régimen especial en la zona de la Siberia extremeña. La ubicación elegida se encuentra en el término municipal de Sancti-Spíritus (Badajoz) y de ella saldrán dos líneas de transporte

El terreno se ha elegido por tener acceso directo a la carretera provincial BA-129 y por sus condiciones topológicas. Además, se planea la construcción de varias centrales fotovoltaicas en la zona, lo cual hace necesaria una subestación para evacuar la potencia proveniente de dichas plantas.

El objetivo de la subestación es funcionar como nexo de unión con la red de transporte, inyectando al sistema la potencia generada de manera segura, protegiendo en caso de falta tanto a los generadores como a la red. También, actuará como punto de medida, que permitirá conocer de manera telemática cuánta potencia se está inyectando a la red.

Para realizar el diseño e instalación de la subestación, se tendrán en cuenta diversos factores de carácter físico-químico, ambiental, eléctrico, social y económico. Estos factores son por ejemplo: temperatura media y condiciones ambientales del área, necesidades de operación del sistema eléctrico, terreno, espacio disponible, normativa vigente o condiciones medioambientales de la zona.

1.2 Alcance

El proyecto incluirá elección de terreno, configuración y aparamenta. También se realizarán los cálculos pertinentes para la red de tierras. Se estipulará lo relativo a la obra civil, con especial hincapié en las edificaciones, eligiendo también la ubicación de los sistemas de control, de protecciones, de comunicación y los servicios auxiliares y de emergencia.

En segundo lugar se realizara una planificación del proyecto, desde las tramitaciones necesarias hasta la construcción y puesta en marcha de la instalación.

Por último, se realizara un presupuesto del proyecto.

1.3 Objeto

El principal objetivo del proyecto es la realización del diseño necesario para poder llevar a cabo la tramitación de la subestación.

Se debe buscar el cumplimiento de todos los requisitos de la administración, especialmente en cuanto a seguridad se refiere. Las protecciones deben estar correctamente coordinadas, y deben ser capaces de soportar y aislar las faltas de la manera más eficaz y rápida posible. Se debe tratar de mantener las líneas sanas funcionando, para afectar lo mínimo posible al sistema eléctrico. Se tendrá en cuenta la posibilidad de una fuga del gas SF₆ y se intentará minimizar el impacto sobre el medioambiente o las personas. Es importante, además, garantizar la seguridad de personas y animales que se acerquen a la instalación utilizando para ello elementos como el aislamiento y una correcta puesta a tierra.

Debido a las fuertes restricciones medioambientales de la zona, es prioritario maximizar la integración con el entorno. Se buscará, en la medida de lo posible, que el proyecto afecte mínimamente al paisaje, a la fauna y a la flora locales.

Dado que se prevé la construcción de nuevas plantas fotovoltaicas en la zona, la subestación debe contar con capacidad para ser ampliada en el futuro.

Otro de los principales objetos del proyecto es su rentabilidad económica. Hay que tratar de minimizar los costes de construcción de operación y de mantenimiento, pero también se debe tratar de disminuir las pérdidas de potencia y de aumentar la vida útil y la fiabilidad. Se hace necesario por tanto, encontrar un equilibrio.

1.4 Normativa

Se tendrá en cuenta la normativa legal vigente:

En primer lugar el “Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación” (RD 337/2014, de 9 de mayo) donde se estipulan las directrices para el diseño de subestaciones de alta tensión. Este reglamento está basado en las

normativas UNE, y siempre que sea necesario, se utilizaran éstas como aclaración o ampliación de lo dispuesto en el mencionado Real Decreto.

La directiva europea 2004/22/CE relativa a instrumentos de medida.

La elección de conductores debe cumplir con lo dispuesto por la IEC 60228.

Adicionalmente, el uso y la manipulación del SF₆ gas, se realizará conforme a lo que se dispone en el Real Decreto 795/2010, de 16 de junio y la norma CEI-146.4632.

En cuanto a la obra civil, se debe cumplir lo dispuesto en los Reales Decretos 997/2002 de 27 de Septiembre, 314/2006 del 17 de marzo, 1247/2008 de 18 de julio y 1247/2008 de 18 de julio.

En lo que se refiere a la operación de la instalación se debe cumplir lo dispuesto en las normativas municipales y autonómicas, por ejemplo, la protección contra incendios de la instalación o el aislamiento acústico.

2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUBESTACIÓN

2.1 Emplazamiento

La instalación se ubicara en el municipio pacense de Sancti-Spiritus. La parcela elegida, está registrada en el catastro con el número 06118A003001570000KD.

En el documento 2 (planos), se adjunta una un plano de situación del lugar.

La edificación tendrá un área de 847 y el recinto vallado una superficie de 18750 m².

Las coordenadas del emplazamiento son (38.907377, -5.162777).

2.2 Condiciones ambientales de la zona

Con el fin de asegurar el correcto funcionamiento del equipo, se realiza un estudio de las condiciones ambientales y meteorológicas de la zona.

La temperatura media de la zona es de 17,1°C (datos de la estación meteorológica más próxima).

Las precipitaciones anuales medias son de 541 mm².

Las temperaturas oscilan entre 42°C de máxima y -8°C de mínima.

Para que la aparamenta opere de manera segura, la temperatura debe encontrarse entre los 40°C de máxima y los -5°C de mínima. Al albergarse la aparamenta en el interior de un edificio, es de suponer, que se cumple con el rango de temperaturas dado por el fabricante.

Además, la altura sobre el nivel del mar, debe ser inferior a los 1000m, estando la localidad a unos 485m, con lo que la elevación no es un factor determinante para el proyecto.

En tercer lugar, la humedad relativa no debe ser superior al 95% en ningún momento. La humedad relativa media de la zona es de aproximadamente el 38%, además, al tratarse de un área con clima seco, en ningún caso se llegara a un valor de humedad tan alta.

La norma NCSR02 contempla la necesidad de aplicación en construcciones de especial importancia, cuando la aceleración sísmica básica de la zona exceda 0,04 g, siendo en este caso de 0,0134 g.

Otros factores ambientales como radiación solar, velocidad del viento y contaminación ambiental, no son de aplicación en este proyecto, pues la instrumentación se encuentra en el interior de una edificación.

2.3 Características eléctricas

Las condiciones que debe cumplir la aparamenta y para las que se realizará el diseño son las siguientes:

- I. Se ha determinado una tensión nominal de 220kV. La tensión máxima de la Red (U_s), será por lo tanto de 245kV, según lo establecido en la ITC-LAT 06, del Reglamento de Alta Tensión Español (MIE-RAT).
- II. Al conectarse la subestación a la red de transporte española, la frecuencia será de 50Hz.

- III. Las intensidades de cortocircuito serán:
 - a. $I_{cc,3} = 11 \text{ kA}$
 - b. $I_{cc,1} = 8 \text{ kA}$
- IV. Teniendo en cuenta estos valores, se elige I_k (corriente admisible asignada máxima) igual a 12,5 kA. I_p (valor del pico de la cresta de la corriente admisible asignada) será de 31,25 kA, esto es 2,5 veces la I_k , según se dispone en el Reglamento de Alta Tensión Español (MIE-RAT).
- V. La tensión soportada a impulso de tipo rayo es de 1050 kV.
- VI. La tensión máxima soportada durante un minuto será de 460 kV.

2.4 Disposición de la subestación

La configuración elegida para el diseño de este proyecto ha sido la de doble barra. A continuación se presentan sus ventajas:

- a. Separación de los circuitos, permitiendo la operación de las líneas sanas.
- b. Alimentación de todas las líneas, desde cualquiera de las dos barras
- c. Funcionamiento en caso de pérdida de una de las barras
- d. Presenta un equilibrio entre flexibilidad, confiabilidad, seguridad y coste, siendo por ello la configuración más utilizada.

Se descarta el uso de otras alternativas como interruptor y medio, doble barra con “by-pass” o doble barra con doble interruptor, ya que, si bien son mejores desde el punto de vista técnico, su coste aumenta considerablemente. Por otro lado, el uso de simple barra, simple barra con “by-pass” o anillo, es desechado; aun siendo opciones más baratas, no cumplen con los requerimientos del proyecto.

2.5 formas constructivas y tecnología

Se elige la tecnología GIS, debido a diversos factores, tanto medio ambientales como sociales.

Esta tecnología, aprovecha la capacidad dieléctrica del SF_6 (hexafluoruro de azufre), permitiendo reducir el tamaño de la aparamenta de una manera muy notable, pero, supone una inversión inicial aproximadamente un 134% mayor que para la tecnología convencional (AIS). Por otro lado, el coste de mantenimiento es notablemente inferior 70% respecto a la tecnología AIS. El impacto sobre el medio ambiente, también es menor, aproximadamente un 23%.

El hexafluoruro de azufre, es un gas que requiere de un tratamiento especial. En el Anejo 2, se recogen las propiedades del SF₆, así como ciertas especificaciones sobre su uso y tratamiento.

2.6 Datos del terreno a efecto de la red de tierras

El terreno donde se planea construir la subestación es arcilloso. El valor de la resistividad del terreno medido en la zona es de 200 Ω/cm .

2.7 Resumen de datos básicos de diseño

En la siguiente tabla se recogen los parámetros básicos empleados para el diseño.

Parámetro	Valor
Tensión nominal (Unom)	220 (kV)
Tensión más elevada	245 (kV)
Frecuencia nominal	50 (Hz)
Tensión a impulso tipo rayo	1050 (kV)
Tensión soportada un minuto	460 (kV)
Corriente de falta monofásica	8 (kA)
Corriente de falta trifásica	11 (kA)
Corriente asignada admisible máxima	12.5 (kA)
Corriente de cresta máxima	31.25 kA)

2.8 Características de la zona elegida

Como se ha mencionado anteriormente, el terreno elegido, se encuentra en una zona protegida. En concreto, la zona es Reserva de la Biosfera, zona ZEPA, zona LIC y patrimonio natural de la UNESCO. Para que el proyecto pueda ser llevado a cabo, la normativa referente a los terrenos protegidos, exige que el impacto sobre el medio y sobre el paisaje sea mínimo.

Una medida obligada es el soterramiento del conductor, para evitar el posible contacto con las aves. Para maximizar la integración con el paisaje, la decoración del edificio emulará los exteriores de los edificios rurales de la zona. Para maximizar la seguridad, se vallará el recinto, para evitar el acercamiento de animales y personas.

3 SISTEMAS PRIMARIOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

3.1 Descripción general

La instalación cuenta con un único parque que estará compuesto de 2 posiciones de líneas de salida, 2 posiciones de líneas de entrada provenientes de la generación y 2 posiciones de reserva adicionales sin equipar.

El sistema constará de un doble juego de barras, a las que se conectarán las diferentes posiciones.

Como se ha explicado anteriormente, la tensión nominal de la instalación será de 220 kV.

Los principales elementos que componen cada línea son: transformadores de intensidad, seccionadores e interruptores automáticos.

3.2 Esquema unifilar

El esquema unifilar de la instalación se encuentra en el apartado de Planos de este documento, en concreto es el Plano 1.

3.3 Elección de la aparamenta

Se ha realizado una primera comparativa entre las ofertas de los distintos fabricantes. Todos los fabricantes, presentan opciones muy similares, siendo la opción elegida el modelo ELK-14 de ABB. Dentro de la gama ofrecida por este fabricante es el modelo más económico que cumple con todas las exigencias del proyecto.

La siguiente imagen corresponde a las características que el fabricante aporta en su sitio web sobre los equipos de la gama ELK-14:

GIS ELK-14	
Rated voltage [kV]	300
Rated frequency [Hz]	50/60
Rated short-duration power-frequency withstand voltage (1 min) [kV]	460
Rated lightning impulse withstand voltage (1.2/50 μ s) [kV]	1,050
Rated switching impulse withstand voltage (250 / 2,500 μ s) [kV]	850
Rated normal current – busbar / feeder [A]	4,000
Rated short circuit-breaking current [kA]	63
Rated short-time withstand current (up to 3 s) [kA]	63
Rated peak withstand current [kA]	170
Bay width [mm]	1,680
Ambient temperature range [°C]	-30 ... +40
Installation	indoor / outdoor

Los parámetros que debe cumplir la aparamenta se presentaban en el apartado 2.7 “Resumen de datos básicos de diseño” de este documento. Todas las solicitudes son cumplidas con un gran margen de seguridad, por lo tanto, la elección es correcta.

En la sección de Anejos, se ha incluido el catálogo que el fabricante aporta sobre la aparamenta.

3.4 Elección de los módulos GIS para la subestación

Los módulos que se van a emplear en la instalación se pueden dividir en dos grupos:

1. Módulos con funciones eléctricas
 - I. Barras principales
 - II. Interruptor
 - III. Seccionador
 - IV. Transformadores de medida
 - V. Descarga de sobretensión
2. Módulos de instalación y conexión
 - I. De prolongación
 - II. De ángulo
 - III. De empalme con línea subterránea
 - IV. Envoltentes metálicas
 - V. Aisladores de extremo

A continuación se profundiza en las características particulares de cada módulo:

Barras principales

Son necesarios dos módulos por posición para instalar la configuración de doble barra, en total 12 módulos de barra, ya que se dispone de 6 posiciones. Los módulos de barra se conectan entre sí por los extremos del módulo. Además, en las dos posiciones colocadas en los extremos se colocara un módulo de aislador cónico.

En caso de ser necesaria una ampliación en el futuro, el uso de aparamenta modular permitirá la sustitución de un módulo de extremo por un nuevo módulo de barras. En el edificio, se dejará un espacio libre para tal fin.

Módulo de interruptor

Se trata de interruptores tripolares, con un polo por cada fase. La tecnología utilizada por ABB en sus interruptores es una combinación del sistema de muelles y el sistema hidráulico.

Cada polo cuenta con un una columna de discos de muelles, un pistón, una válvula de control independiente así como de interruptor auxiliar e indicador de posición, todo ello encapsulado dentro de una cámara, con una envoltura metálica. El conjunto está sustentado por una estructura. Para el control de la energía se utiliza un sistema hidráulico, que no precisa de tubos o tuberías externas.

El mecanismo de cierre funciona de la siguiente manera: una válvula electromagnética inicia el cierre y conecta el pistón de energía almacenada con el pistón actuador. El pistón actuador está conectado a ambos lados con la cámara de alta presión. Debido a la diferencia de superficies en las caras del pistón, este se cierra y se mantiene en posición de cierre hasta la actuación del sistema de apertura.

El mecanismo de apertura funciona de la siguiente manera: el pistón actuador, es activado por la válvula que es operada por la bobina de disparo. Al actuar el pistón es conectado con la cámara de baja presión, quedando el interruptor abierto hasta que actúe el mecanismo de cierre.

En las operaciones de apertura y de cierre, el arco entre los contactos es extinguido al generarse en la cámara una elevada presión del hexafluoruro de azufre, que es provocada por el pistón de compensación.

Todos los elementos que componen el interruptor, son fácilmente sustituibles y gozan de la accesibilidad necesaria para realizar las operaciones de mantenimiento.

A continuación se adjunta una imagen del interruptor de la web del fabricante así como una tabla que recoge las propiedades eléctricas del mismo:

Parámetro	Valor
Factor de polos	1.3/1.5
Intensidad nominal de ruptura	63 kA
Intensidad nominal de ruptura, valor de pico	170 kA
Tipo	Discos de muelles/ hidráulico
Tiempo de apertura estimado	<20 ms
Tiempo de cierre estimado	<55 ms
Tiempo de ruptura estimado	<40 ms
Tiempo de recierre	<300 ms
Secuencia de operación nominal	O-0.3-CO-1min o CO-15s-CO
Velocidad rápida de recerrado	Trifásica y monofásica

Esta tabla se encuentra (en inglés) en el catálogo de la gama, adjuntado en la sección de Anejos.

Este equipo cuenta con la certificación IEC y ANSI, lo que asegura su fiabilidad.

Seccionadores de línea y de barra

El mismo módulo de seccionador, será utilizado para barras, líneas y puesta a tierra.

El modulo consta tanto del mecanismo de desconexión como del mecanismo de puesta a tierra, envuelto todo ello en una capsula metálica.

El sistema de apertura, consta de un motor eléctrico, que conecta y desconecta las fases a través de unos ejes rotatorios. Además, el sistema cuenta con un muelle, que es comprimido por los ejes rotatorios. El muelle es un sistema de seguridad adicional que impide que se cierre el circuito por error.

A continuación se muestran recogidas en una tabla las propiedades del módulo dadas por el fabricante en el catálogo disponible en su página web.

Parametro	Valor
Capacidad de desconexión de corriente capacitiva	250 mA
Capacidad de desconexión de tensión de alimentación	1600 V
Capacidad de desconexión de corriente de alimentación	20 A
Tiempo de apertura	<3 s
Tiempo de cierre	<3 s

Este equipo cuenta con la certificación IEC y ANSI, lo que asegura su fiabilidad.

Transformadores de medida

Se utilizaran módulos de transformador de tensión y módulos de transformador de intensidad para realizar las mediciones.

El módulo de transformador de tensión es de forma radial, el devanado primario se encuentra en el centro, mientras que el secundario se encuentra devanado a su alrededor. Entre los devanados se encuentra un gas que los aísla galvánicamente.

El conjunto se encuentra envuelto en una carcasa que lo aísla del exterior. El devanado exterior y la carcasa, se encuentran separados por gas aislante

En la siguiente tabla, se muestran las propiedades del transformador de tensión, aportadas por el fabricante en el catálogo de la página web.

Parámetro	Valor
Potencia nominal	100 VA

Clase de precisión nominal	0.2%
Potencia térmica nominal	1000 VA
Factor de tensión nominal	1.9/8 h
Numero de secundarios	1 o 2

Los transformadores de intensidad, al igual que los de tensión cuentan con un diseño radial, con el devanado principal en el núcleo y los secundarios en el exterior. La carcasa está diseñada para aguantar las grandes presiones que puede llegar a soportar debido a la expansión del gas aislante, también, se encuentra aislada de las bridas de unión entre módulos, para evitar el retorno de la intensidad.

Existen además, módulos de transformador de corriente para medida con distinto número de secundarios, en función de las necesidades.

Prolongación, ángulo, conexionado, envolventes y empalme

ABB cuenta con elementos para realizar la conexión de los diferentes módulos y con otros elementos de la instalación como las líneas.

Estos elementos están disponibles con diferentes formas y tamaños, lo que permite su adaptación al diseño realizado en cada subestación.

La conexión entre los diferentes módulos de la GIS, se realiza con bridas atornilladas y termoselladas, de esta manera, se previene la pérdida del hexafluoruro de azufre.

Se colocan además aisladores de resina cónicos entre módulos, que tienen una doble función, por un lado sirven de soporte mecánico para las barras conductoras y por otro lado previenen el traspaso de SF₆ entre módulos, evitando de esta manera que una fuga en uno de los módulos supusiera la fuga de todo el gas del conjunto.

También, se instalan unas juntas de tipo fuelle, que sirven para compensar la dilatación térmica que pudiera existir así como para compensar las posibles tolerancias de montaje.

A la hora de diseñar la compartimentación se debe tener en cuenta la especial importancia del módulo de seccionadores de barras que deberá ir por separado, esto

permite que en caso de fallo de una barra, se pueda mantener el servicio a través de la otra. De igual manera, el módulo de interruptores cuenta con su propio encapsulado, para facilitar su sustitución, evitando así largos tiempos de reparación.

Además el módulo de transformadores de tensión también debe de contar con su propio compartimento. Esto nos permitirá desconectarlo en los test post-instalación, que se realizan a una tensión mucho mayor que la nominal y podrían causar daños en este.

4 OBRA CIVIL

4.1 Descripción genera de la obra civil

Según la normativa vigente, las instalaciones de alta tensión dispuestas en parques, deben ir rodeadas de un vallado exterior cuya altura mínima es de 2,2 m. En el caso de esta subestación se ha elegido un vallado de 3,5 m. Esta medida se toma para prevenir que los animales accedan su interior con facilidad, además, al encontrarse en un sitio de poco paso, también se dificulta el paso a personas que intenten entrar a hurtar. A lo largo del perímetro de la valla, se deben colocar señales de peligro, para advertir del riesgo a las personas.

En cuanto al acceso al recinto a través del vallado, la puerta debe ser abatible y abrir en todo caso hacia fuera. Este hecho se recoge en el MIE-RAT 14 y es de obligado cumplimiento. El ancho de la puerta debe ser de al menos 5 m.

El terreno en el que se construirá el parque, debe recibir un tratamiento previo. En primer lugar, se debe eliminar la materia vegetal existente en el terreno. El suelo será compactado utilizando un pisón, formando capas de espesor 20 cm. Entre las capas, se rellenará con grava para prevenir la formación de lodo y de barro, evitando la compresibilidad del suelo. El terreno final debe encontrarse explanado a varias alturas, lo que ayudará a evitar que emane el polvo. Según lo dispuesto en el reglamento de alta tensión, se realizara el ensayo Porter antes de comenzar, al terminar de compactar cada capa y al finalizar el proceso de preparación del terreno. Gracias a este ensayo, podremos conocer con exactitud las propiedades del suelo.

La acera, debe cumplir lo dispuesto en los MIE-RAT 12 y 13, y estarán construidas con hormigón prefabricado y losetas de cemento.

Para la evacuación de aguas de lluvia se instalara un sistema de canalización. La instalación de depósitos y conducciones se realizara dejando una distancia suficiente a los elementos de tensión, para evitar que una rotura pueda afectar a la instalación eléctrica. El sistema de canalización interno, debe ir colocado en un plano siempre inferior a las canalizaciones de las líneas eléctricas. El sistema externo, se realizará utilizando canaletas en “V” prefabricadas en hormigón.

4.2 Red de tierras

La MIE-RAT 13 establece los procedimientos y protocolos a seguir para la instalación, diseño y cálculo de redes puesta a tierra en instalaciones de alta tensión.

Cualquier punto, tanto del interior de la edificación como de su exterior, debe estar sometido a tensiones inferiores a las de paso y contacto. Su diseño, debe tener en cuenta tanto las condiciones normales de funcionamiento como las condiciones de falta.

El electrodo elegido es una malla de 150x100 m² enterrada a 800 mm de la superficie. Cada celda de la cuadrícula tendrá un lado de 1.8 m.

La elección del electrodo, se encuentra detallada en el apartado Cálculos de este documento.

El suelo del terreno en el que se va a construir la subestación tiene una resistividad de aproximadamente 200 Ω -m.

El recorrido de los conductores, se diseñará para que sea el mínimo posible, evitando curvas de radio pequeño y trazados extraños. Además, debemos respetar las distancias mínimas que dispone el reglamento entre conductores de tierra y las líneas de potencia.

Se conectarán con la red de tierra todos los elementos metálicos que en condiciones normales, no se encuentran en tensión, pero que podrían cargarse a causa de un fallo o avería. También estarán conectados con la red de tierra los elementos de derivación (seccionadores).

Los conductores que se han elegido para la red de tierras son de cobre y con una sección de 70 mm², como se dispone en la norma IEC 60228.

4.3 Edificación

El diseño de la edificación se hace conforme a lo que se dispone en la MIE-RAT 14. Todos los lugares de paso deben ser accesibles y de cómodo acceso. En cuanto al acceso de líneas subterráneas, las canalizaciones, sus proporciones y sus características, se debe seguir lo dispuesto en la MIE-RAT 05.

La edificación será de 38.5x22m² y constará de una planta, debajo de la cual existirán unas galerías excavadas en el suelo donde se encontraran los accesos de las redes subterráneas.

El edificio contará con las siguientes salas:

- Sala de aparamenta: Aquí se encontrará la GIS. Esta sala contará con un pasillo con el espacio suficiente para que los técnicos realicen las maniobras de control y mantenimiento necesarias. Contará con dos puertas, una de mayor tamaño, al exterior, que permitirá el acceso de repuestos en caso de avería, la otra, de menor tamaño, para el paso de los operarios, situada en la cara opuesta del edificio. Contará además con un puente grúa colocado en el techo, que facilitará las operaciones de montajes y de sustitución en caso de avería. Se colocará a una altura que permita operarla sin tener que desinstalar ningún elemento.
- Sala de control y comunicaciones: En ella se colocarán los armarios de telecomunicaciones que permiten el telecontrol de la subestación. También albergará los armarios de protecciones, control y medida.
- Sala de SS/AA: esta sala albergará el grupo electrógeno, las baterías, los transformadores y demás elementos que alimentan las protecciones, el alumbrado y el circuito de fuerza, que alimenta principalmente los armarios de control y comunicación.
- Oficina: una estancia pequeña, en la que se colocarán 2 escritorios.
- Aseo: contará con dos lavamanos y dos retretes.

- Galería: contara con portacables en el techo que permitan conectar toda la aparamenta y los elementos de control y protección. Además, en ella se ubicará la entrada de las líneas de alta tensión. La ventilación será natural, y se realizará a través de conductos conectados con el exterior.

Según lo dispuesto en la normativa, por seguridad, todas las puertas deben de abrirse hacia fuera del edificio.

El plano del edificio se encuentra recogido en la sección de Planos de este documento.

4.4 Acceso de las líneas

Las líneas de entrada y salida de la subestación serán subterráneas como se ha mencionado anteriormente. Su acceso a la subestación se realizará a través de las canalizaciones pertinentes.

Las líneas de entrada, son propiedad de la empresa generadora, y recae sobre ésta la obligación de instalarlas y mantenerlas.

Las líneas de salida serán propiedad de la red de transporte española, y será ésta la encargada de realizar su instalación y mantenimiento.

Tanto las líneas de entrada como las de salida tienen su acceso a través de la galería mencionada en el punto anterior de este documento y se conectarán a través de ésta con los terminales del sistema GIS.

5 SISTEMAS SECUNDARIOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

5.1 Sistemas auxiliares

Los servicios auxiliares se componen de dos sistemas, uno de corriente alterna (400/230 V) y otro de continua (125 y 48 V).

El sistema se encuentra alimentado por la línea de distribución existente en la zona.

En caso de que la red de distribución caiga, el sistema se alimentará con un grupo electrógeno. Se ha elegido el modelo V440C2 del fabricante SDMO. Este equipo cuenta con un motor del fabricante VOLVO y un alternador de LEROY SOMER. Las características de este equipo se encuentran recogidas en la tabla siguiente y han sido obtenidas del catálogo de la página web del fabricante:

Parámetro	Valor
Tipo de motor	TAD1344GE
Frecuencia nominal	50
Tensión	400/230 V
Potencia aparente máxima	440 KVA
Potencia máxima	352 kVA
Intensidad sonora máxima	68 dB
Largo	4.48 m
Ancho	1,41 m
Alto	2,43 m
Peso	4080 kg
Autonomía	24 h

El sistema de 125 V_{cc} se compone de 2 baterías, con dos equipos rectificadores, uno para cada batería. Este sistema es el encargado de alimentar el sistema de protecciones y el de control, el sistema de fuerza (mandos de interruptores y seccionadores) y el alumbrado de emergencia.

El sistema de 48 V_{cc} también se compone de dos baterías y dos rectificadores. Es el encargado de la alimentación de los sistemas de comunicaciones y telecontrol.

Las baterías de ambos sistemas, serán de aleación de Níquel y Cadmio, y cada una, tendrá la capacidad de alimentar el sistema, asegurando el servicio en caso de fallo o mantenimiento de la otra batería. Se ha elegido el modelo SBM de SAFT BATTERIES

El cargador-rectificador es el modelo MIT NG 3 del fabricante SAFT. La principal ventaja de este modelo es que son muy sencillos de operar y permiten una monitorización muy exhaustiva del estado de las baterías.

5.2 Sistemas de control, medidas y telecomunicaciones

Los cuadros de control que se han elegido para la subestación son de ABB en concreto el modelo REC670.

El sistema de control se conforma de los siguientes elementos: la SCI, una UCL conectada a cada relé y los PLC conectados a cada relé.

La SCI se encuentra en la sala de servicios auxiliares y es la que controla todo el sistema.

Las UCL recogen la información de cada relé, para el telecontrol y se encargan del mando de señalizaciones, alarmas y mando para el mantenimiento local. Se conectan a través de fibra óptica con la SCI.

Los PLC que se encuentran en los armarios de mando de cada módulo, también son parte del sistema, y se conectan por fibra óptica a la SCI central.

La medida de la potencia, se realiza con contadores de activa/reactiva de clase 0.2s. Y se conectan a través de fibra óptica al sistema de telecomunicación. Esto permite a la empresa encargada de la red de transporte, conocer cuanta potencia está aportando la subestación al sistema.

El sistema de telecomunicaciones y telemando, tiene una doble función, por un lado, permite a la compañía operadora conocer el estado de cada elemento de la subestación en cada instante, por el otro, permite controlar los elementos de la subestación a distancia.

El sistema de telecomunicaciones se comunicará con la compañía utilizando fibra óptica. La SCI controla el tránsito de información con la subestación.

5.3 Sistema de protecciones

El sistema de protecciones está formado por unos relés conectados al sistema de medida y que al detectar una falta, disparan los diferentes interruptores.

Se instalarán además, protecciones redundantes, esto es, varios relé de distinto modelo o distinto fabricante, que cumplen la misma función. En caso de que falle uno de los equipos, actuará el otro.

Las protecciones con las que contará la subestación son:

- Protección de sobreintensidad de fases y neutro (50/51-50N-51N).
- Vigilancia de circuitos de disparo (3).
- Protección contra fallo de interruptor (50s-62).
- Protección de mínima y máxima tensión (27 Y 59).
- Protección de máxima y mínima frecuencia (81).
- Protección de máxima tensión homopolar (64).

5.4 Sistema antincendios

En la MIE-RAT 14 se dispone que se contará con al menos un extintor 89 b en la instalación.

Para asegurar la integridad de la instalación, se colocarán dos extintores tipo 89 b, uno colocado en la sala de aparcamiento y otro colocado en el extremo contrario del edificio.

Además, existirá un sistema de extinción automática, que constará de un detector de incendios y de un sistema de extinción de espuma de media expansión. El sistema antincendios se conecta a través de fibra óptica con el sistema de telecomunicaciones. De esta manera, la operadora puede conocer la incidencia en tiempo real y tomar medidas para asegurar la extinción y encargarse de reanudar el servicio.

Se ha elegido el modelo SE-UME de la marca “SABO española”.

Se elige el sistema de espuma de media expansión por delante del sistema de agua nebulizada ya que este mecanismo elimina el calor de manera más eficiente, utilizando los principios de convección y radiación. De esta manera, protegemos al resto de la

aparamenta no afectada por el fuego. Además, la espuma no afecta a la aparamenta como el agua, tras la extinción simplemente se limpian los restos del fluoroproteínico.

5.5 Sistema antintrusismo

El sistema intrusismo estará compuesto por diferentes elementos. En primer lugar contará con una centralita PLC a la que se conectan los demás elementos.

Se colocarán cámaras de videovigilancia tanto en el interior como en el exterior del edificio.

En el interior, se colocarán sistemas de detección volumétrica, tanto infrarrojos como microondas.

El sistema antintrusismo se conectará vía fibra óptica con el sistema de telecomunicación. De esta manera, la empresa operadora detectará cualquier allanamiento en la subestación en tiempo real, pudiendo así dar aviso a las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado.

CAPÍTULO 2: CÁLCULOS

1 INTENSIDAD NOMINAL

La intensidad nominal es uno de los valores a conocer más importantes. Con ella podremos ajustar los relés de las protecciones.

Para su cálculo se ha utilizado la ley de Joule para redes trifásicas:

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n}$$

Donde S_n representa la potencia nominal de la instalación y U_n representa la tensión nominal.

En este caso, la potencia nominal, S_n , será de 500 MVA, mientras que la tensión nominal, U_n , será de 220KV.

Por lo tanto:

$$I_n = \frac{500 * 10^6}{\sqrt{3} * 220 * 10^6} = 1316.12 A = 1.316 kA$$

2 CALCULO DE LA RED DE TIERRAS

2.1 Introducción

En este apartado se va a realizar el cálculo referente a la red de tierras.

En la MIE-RAT 13, se establecen los procedimientos a seguir para calcular todo lo referente a la red de tierras.

2.2 Tensiones de paso y contacto admisibles

Se calculan las tensiones de paso y de contacto máximas admisibles, que después serán comparadas con las tensiones aplicadas, si las tensiones aplicadas son menores que las máximas admisibles, la red de tierras está correctamente diseñada.

$$V_p = \frac{10 * K}{t^n} * \left(1 + \frac{6\rho_s}{1000}\right)$$
$$V_c = \frac{K}{t^n} * \left(1 + \frac{1.5\rho_s}{1000}\right)$$

Donde:

t^n es el tiempo hasta el despeje de la falta, en este caso, se tomará el valor de 0.9s

K es un parámetro cuyo valor es 72, si $t \leq 0.9s$

n es un parámetro cuyo valor es 1, si $t \leq 0.9s$

ρ_s es el valor de la resistividad propia del terreno. Como se ha expuesto anteriormente, en el terreno donde se proyecta construir la instalación toma el valor de 200 Ω -m.

Resolviendo las ecuaciones tenemos:

$$V_p = \frac{10 * 72}{0.9^1} * \left(1 + \frac{6 * 200}{1000}\right) = 1760 \text{ V}$$

$$V_c = \frac{72}{0.9^1} * \left(1 + \frac{1.5 * 200}{1000}\right) = 104 \text{ V}$$

2.3 Sección y diámetro del conductor de tierra

Según el reglamento, dependiendo del material que se va a utilizar, se utilizará una relación diferente.

En el caso del cobre:

$$S_{min} = \frac{I_{cc}}{160}$$

Siendo I_{cc} el valor de la intensidad de cortocircuito monofásico, en este caso, 8 kA.

$$S_{min} = \frac{8000}{160} = 50 \text{ mm}^2$$

En la IEC 60228 se recogen las secciones normalizadas para los conductores de cobre.

Se elige por tanto un conductor de 70 mm^2 .

El diámetro del conductor elegido será:

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

En este caso:

$$d = 2 \sqrt{\frac{70}{\pi}} = 9.44 \text{ mm}$$

2.4 Tensione de paso y de contacto aplicadas

Para el cálculo de las tensiones aplicadas, se supone una configuración de la red de tierras y después se comprueba que cumpla.

En este caso, se elige una malla de $100 * 150 \text{ m}^2$.

Las tensiones de contacto y de paso se calculan con las siguientes expresiones:

$$V_{p,1} = 0.366\rho_1 * i * \log\left(\frac{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + h^2}{h^2}\right)$$

$$V_{c,1} = 0.366\rho_1 * i * \log\left(\frac{(D^2 + 4h^3)^{3/2}}{16h * d * D}\right)$$

Donde:

D es el lado de la cuadrícula, en este caso: 1.8 m

ρ_1 es el valor de la resistividad del primer suelo, en este caso, 60 Ω -m.

H es la altura a la que se encuentra enterrado el electrodo, en este caso, 0.8 m.

i es la densidad lineal de corriente que se calcula como:

$$i = \frac{I_{cc,I}}{L + L'}$$

Con L la longitud de los conductores y L' la longitud de las picas.

El valor de L se calcula sumando el total de los perímetros de la cuadrícula de lado 1.8 y es de 18055.55 m.

En este caso no se instalarán picas, por lo tanto:

$$i = \frac{I_{cc,I}}{L} = \frac{8000}{18055.55} = 0.44 \text{ A/m}$$

Los valores de las tensiones aplicadas en este caso por lo tanto, serán:

$$V_{p,1} = 0.366 * 60 * 0.44 * \log \left(\frac{\left(\frac{1.8}{2}\right)^2 + 0.8^2}{0.8^2} \right) = 3.44 \text{ V}$$

$$V_{c,1} = 0.366\rho_1 * i * \log \left(\frac{(1.8^2 + 4 * 0.8^3)^{3/2}}{16 * 0.8 * 9.44 * 1.8} \right) = 98.34 \text{ V}$$

Ambos valores son inferiores a los de las tensiones máximas admisibles, por lo tanto se justifica la elección de la malla de $100 * 150 \text{ m}^2$, de cuadrícula 1.8 m.

2.5 Resistencia de puesta a tierra

Para el cálculo de la resistencia total de la puesta a tierra, se utiliza la siguiente expresión:

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

r es el radio de una circunferencia que cubre el mismo área que el mallado. En este caso es 69,10 m.

ρ es la resistividad del terreno donde está enterrado el mallado. En este caso, 200 Ω -m.

Por lo tanto la resistencia total de puesta a tierra será:

$$R_{PAT} = \frac{200}{4 * 69.10} + \frac{200}{18055.55} = 0.735 \Omega$$

2.6 Resultados

En la siguiente tabla se recogen los valores obtenidos en el cálculo de la red de tierras.

Parámetro	Descripción	Valor
S	Sección del conductor de puesta a tierra	70 mm ²
D	Lado de la cuadrícula	1.8 m
L	Longitud total de conductores	18055.55 m
R _{PAT}	Valor total de la resistencia de puesta a tierra	0.735 Ω

Los valores de las tensiones de paso y de contacto aplicados y las tensiones máximas admisibles, se recogen en la siguiente tabla.

Tipo de tensión	Aplicada	Admisible máxima
Paso	3.44 V	1760 V
Contacto	98.34 V	104 V

CAPÍTULO 3: ESTUDIO ECONÓMICO

1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se estudia la viabilidad económica del proyecto.

Atendiendo a la Orden ITC/368/2011, de 21 de febrero y a lo que se dispone en el Artículo 4.2 del Real Decreto 325/2008, de 29 de febrero, podemos determinar la subvención que la empresa operadora recibirá del Estado Español.

2 ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DE LA SUBESTACIÓN

La inversión inicial de la subestación será de 5.740.375,20€, y 6.945.853,99€ tras aplicarle el IVA. El cálculo de esta cifra, se encuentra detallado en la sección 4, presupuesto general, de este documento.

La empresa operadora, recibirá una subvención del estado según lo dispuesto en el BOE el 12 de diciembre de 2015. Para las líneas de reserva sin equipar, se recibirá el 41,4% del total de una línea equipada.

Resumen	Subvención	Unidades
Posición 220 kV, configuración doble barra	1.555.815	€/posición
Posición de reserva 220 kV	644.107,41	€/posición

Resumen	Medición	unidades
Posición 220 kV, configuración doble barra	4	Uds.
Posición de reserva 220 kV	2	Uds.

Resumen	Medición	Unidades
Total subención	7.511.474,82	€

Por lo tanto, el beneficio neto será:

$$\text{Beneficio} = 7.511.474,82\text{€} - 6.945.853,99\text{€} = 565.620,83\text{€}$$

Se calcula también la rentabilidad de la subestación:

$$Rentabilidad = \frac{565.620,83}{6.945.853,99} = 8,143\%$$

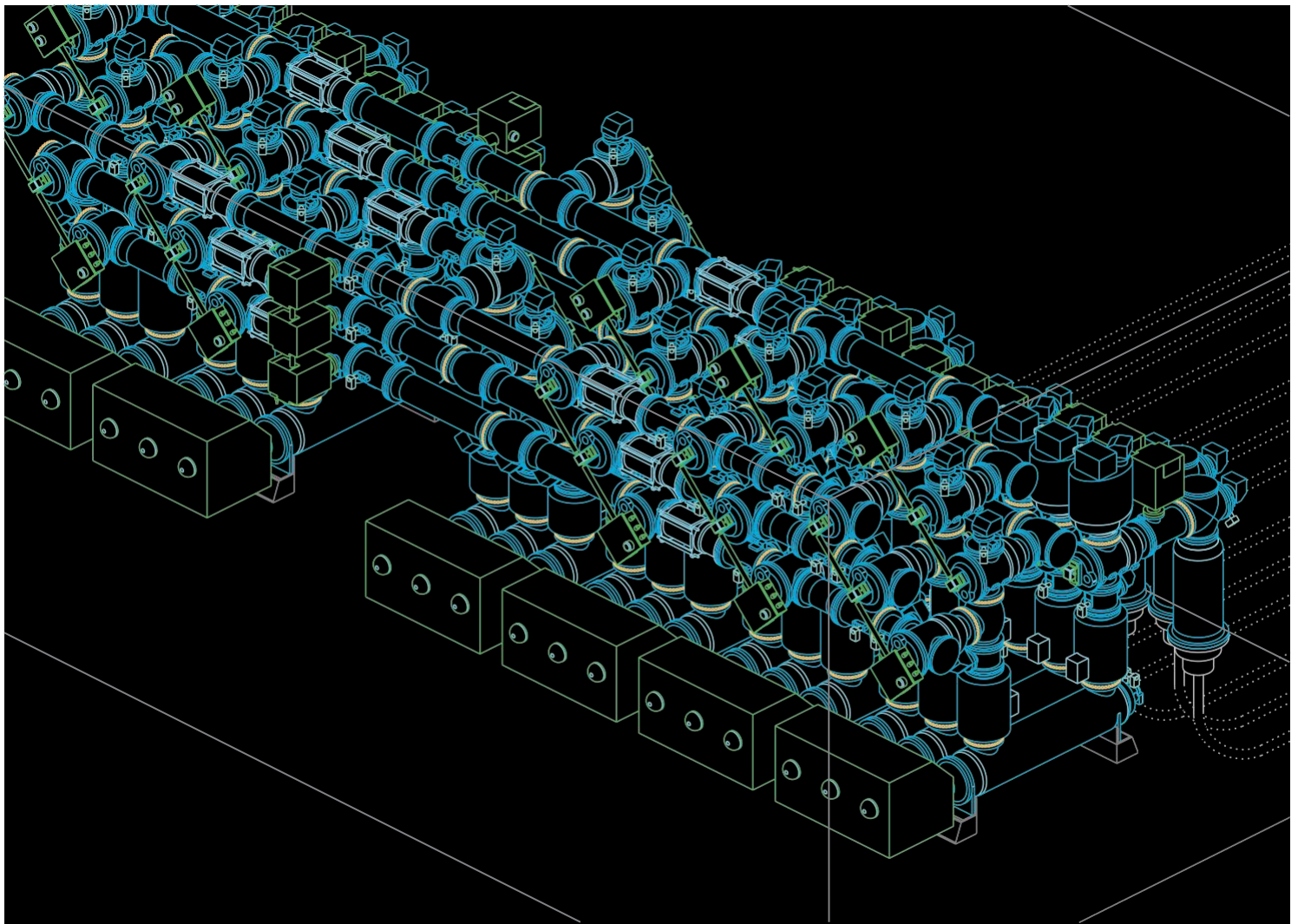
Es decir, por cada euro que se invierte, se reciben 1,08143€.

Además, la empresa operadora recibirá 131028 €/año del Estado en concepto de mantenimiento de la instalación

.

CAPÍTULO 4: ANEJOS

1 CATALOGO ELK-14 ABB



Product brochure

Gas-insulated Switchgear Type ELK-14

The modular system for GIS, 300 kV

ABB switchgear systems offer maximum flexibility

Than we draw on experience to meet the needs of tomorrow

ABB's SF₆ gas-insulated switchgear technology has been proving its worth, day in and day out, for years. In applications all over the world. It owes its leading international position to a string of significant advantages: system security, reliable performance, economical use and an extremely long service life, even under the toughest conditions.

Apart from its many classical qualities, the ELK-14 series boasts several very advanced features. With compact architecture and fewer components, for example, it requires far less space than previous systems. Its use simplifies operations and cuts costs from the moment you start using it. And goes on doing so. ABB's GIS systems are designed for future upgrading because both main circuits and control & protection are totally modular. Which means you can expand and adapt them when you need to. Simply and efficiently. We call it systematized flexibility.

Ideally suited for voltages up to 300 kV, the modular ELK-14 system combines innovation with tried-and-tested qualities: the features that have given ABB GIS systems their international reputation.

Safety

The combined disconnect/earthing switch guarantees maximum operational safety.

Reliability

All live parts are enclosed and effectively protect the insulation system against negative external influences. The amount of moving parts and number of drives are reduced to a minimum.

Availability

A sophisticated partitioning divides the system into separate, gas-tight gas compartments, which will limit the impact on other modules to a minimum and therefore ensures a 100% service continuity during maintenance and repair work.

World-wide service organization, together with a mature spare parts concept, assures shortest downtime for maintenance and repair.

Long-life cycle periods

Top-quality materials and workmanship guarantee maximum life with a minimum of service and maintenance.

Compactness

The ELK-14 modular system is so well designed that it requires much less space, which shows especially in cities and metropolitan areas its advantages.

Flexibility

The system's modular architecture permits individual solutions that can be adapted to changing needs at any time.

Economy

Use of aluminium enclosures reduces the weight of the system, cutting the cost of foundations, load-bearing components and reduction of variants.

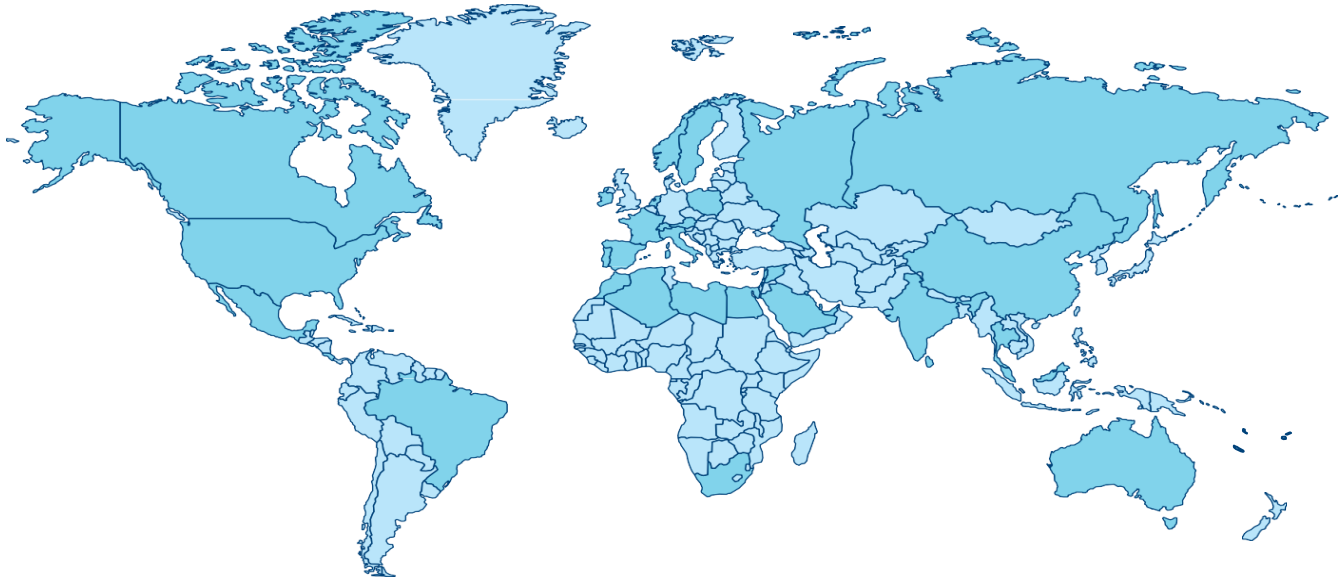
Efficiency

Prefabrication of subassemblies and stringent quality control at our own factory simplify final installation and commissioning.

Environmentally friendly

Significant reduction in number of flanges and seals, as well as a small compact design lead to a low environmental impact.

ELK-14



Algeria	Australia	Austria	Bahrain	Brazil	Canada
8 substations	2 substations	1 substation	16 substations	1 substation	3 substations
69 bays	6 bays	5 bays	105 bays	5 bays	20 bays
China	Egypt	France	India	Ireland	Italy
11 substations	2 substations	1 substation	5 substations	2 substations	4 substations
51 bays	9 bays	3 bays	35 bays	7 bays	25 bays
Kuwait	Lebanon	Libya	Malaysia	Mexico	Morocco
5 substations	1 substation	5 substations	2 substations	6 substations	1 substation
71 bays	11 bays	72 bays	6 bays	64 bays	3 bays
The Netherlands	Norway	Poland	Puerto Rico	Portugal	Qatar
1 substation	1 substation	1 substation	1 substation	1 substation	7 substations
1 bay	3 bays	6 bays	24 bays	8 bays	138 bays
Russia	Saudi Arabia	Singapore	South Africa	Spain	Sri Lanka
23 substations	7 substations	2 substations	1 substation	17 substations	1 substation
260 bays	40 bays	10 bays	5 bays	128 bays	9 bays
Sweden	Switzerland	Syria	Thailand	United Arab Emirates	US
1 substation	12 substations	3 substations	4 substations	7 substations	8 substations
1 bay	90 bays	56 bays	26 bays	56 bays	34 bays
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
ABB GIS ELK-14 3					

Continuous improvements from the early stage till now

GIS ELK-14

In the early stage of gas-insulated switchgear (GIS) in this voltage level, ABB introduced one of the world's first 245 kV GIS ELK-1 in 1969. The low centre of gravity using a horizontal single-break puffer circuit-breaker, optimal characteristics in seismic areas could be achieved. Meanwhile the circuit-breaker with one to four interrupting chambers is implemented in different applications up to 1100 kV and 80 kA. Over the years, ABB was continuously faced with changing market demands and further steps in technology. Together with continuous requests in more compact products due to increasing costs for land in megacities.

Thus, ABB introduced a successor product for ELK-1 called ELK-14 in 1993, applying latest perceptions in GIS technology and service experiences, together with adaptations of the product to the increasing demands of latest IEC standards, the most compact GIS with horizontal arrangement of the circuit-breaker could be created for voltage range up to 300 kV and short-circuit ratings up to 63 kA. Changing standards and

further market development towards higher competitiveness result in a standardisation process to minimize complex installation variants. Any different switching variants can be simply and transparently realised from tried and tested standard modules.

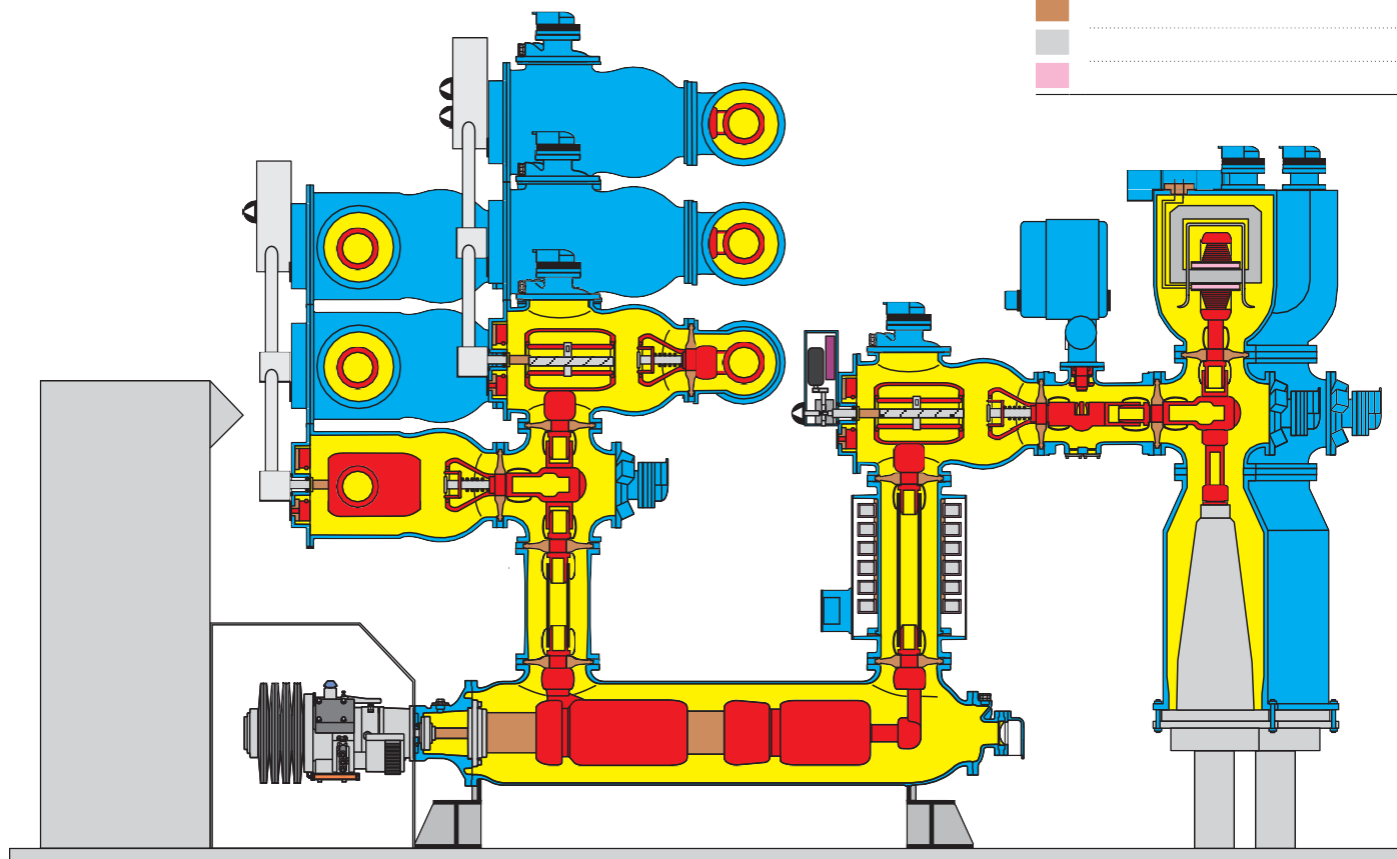
During the latest improvements of ABB's ELK-14, a great deal of emphasis was placed on excellent accessibility of all items of equipment requiring operator attention in spite of the compact design and space-saving arrangement. The installation can therefore be readily accommodated in smaller buildings.

A Product Certificate for the entire product ELK-14 signed by independent authority assures: Conformity of all type-tests with standards, conformity with the design and construction, conformity of routine testing and conformity of all internal manufacturing processes according to the certified quality management system.

Life parts under high voltage Enclosure

SF₆-gas

Insulation material Mechanical parts, structures Low-voltage parts





ELK-14 switchgear in 1½-breaker arrangement

Certification Body for High-voltage Power Equipment
Accredited according to EN 45011 - ISO / IEC Guide 65
Member of STLA Agreement

Product Certificate

No.: 2007-15
Duly signed copy No. 0

Product: Three-phase gas-insulated metal-enclosed switchgear

Type: ELK-14 (800 kV - 4000 A - 63 kA - 10 Hz)

Drawing No.: 1HC0038571, Rev. AC

Ratings: Rated voltage : 300 kV
Rated normal current : 4000 A
Rated short-circuit withstand current : 63 kA
Rated frequency : 50 Hz
For further ratings and technical data see pages 2 to 8

Manufacturer: ABB Switzerland Ltd
High Voltage Technology
CH-8050 Zurich

Reference Standards: IEC 60054:2003
IEC 62271-203:2003

The above specified apparatus with the technical data given on pages 2 to 8 fully complies with the requirements of the reference standards concerning

- the rated values
- the design and construction requirements
- the type testing requirements
- the routine testing requirements

The manufacturer has demonstrated the certification of his quality management system according to ISO 9001.

This product certificate according to EN 45 011 - ISO / IEC Guide 65 has been issued on basis of the PEHLA product certification procedure. It does not prove the compliance with product directives included in national law.

This certificate consists of 11 pages.

This certificate is valid until Mar 26, 2012.

The actual state of validity of an certificate issued by PEHLA Product Certification as well as the product certification procedure are given on the homepage of PEHLA Product Certification.

Munich, Mar 26, 2007

PEHLA Product Certification

(Dr.-Ing. K.-H. Weick, Director)

The certificate may be reproduced in parts.

PEHLA Product Certification, Hiltweg 67 D-86169 Memmingen
Internet: www.pehla.de e-mail: info@pehla.com tel: +49 8331 9090-0

DAK-AT-ZE-03922-00

The ELK-14 switchgear system from ABB Clear-cut advantages and outstanding qualities

From ABB's decades of experience a highly standardized modular system was developed, which is characterized by the fact that a wide variety of technical requirements can be met with a small number of modules.

Greater performance with fewer components, this counts for both, the primary equipment and control & protection. That makes ABB's ELK-14 so revolutionary: Since it requires less space, it drastically cuts your construction costs and saves your operating costs at the same time.

Maximum system security with a minimum of maintenance. Another quality feature of the environment-friendly ELK-14 system. And because it is modular, it can be extended or adapted at any time to meet your present and future requirements.

High-performance circuit-breakers

Enhanced performance and lower maintenance – that is the simple principle behind ABB's high-voltage circuit-breakers. Designed for maximum efficiency with quality in mind.

Save disconnectors and earthing switches

Even the disconnectors and earthing switches prove ABB's pioneering technology in terms of construction and design as well as system safety.

Reliable current and voltage transformers

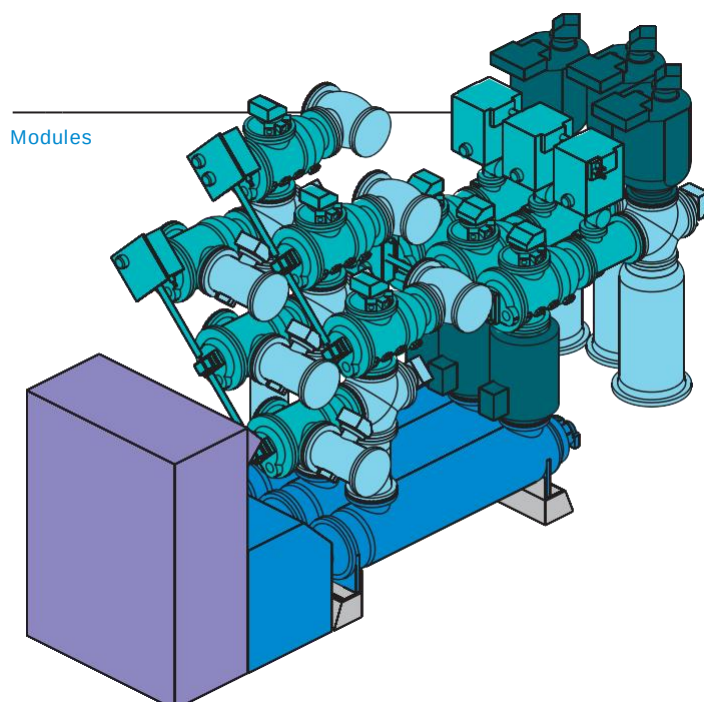
The current and voltage transformers are as efficient as they are economical, and leave nothing to be desired in terms of service life. This is also true for the latest generation of NCITs (non-conventional instrument transformers).

Versatile connecting elements

A collection of terminals and connecting elements in various shapes and sizes enables the substations to be adapted to virtually any customer's requirement.

Innovative control & protection technology

ABB's forward-looking control & protection technology is fully integrated and completely open, which makes it more adaptable and simplifies operation.



Circuit-breakers

Disconnectors and earthing switches

Voltage and current transformers

Connecting elements

Control & protection



1 Circuit-breaker | 2 Disconnectors/earthing switches | 3 Voltage transformer and fast-acting earthing switch | 4 Connecting elements | 5 Control & protection

ABB high-voltage circuit-breaker

For solid, improved performance and less maintenance

The circuit-breaker

Over the years, the circuit-breaker, using SF₆-gas for insulation and arc-quenching purposes, has been continuously developed and improved. Extensive operating experiences as well as continuous research and development activities are the basis when anticipating future market requirements.

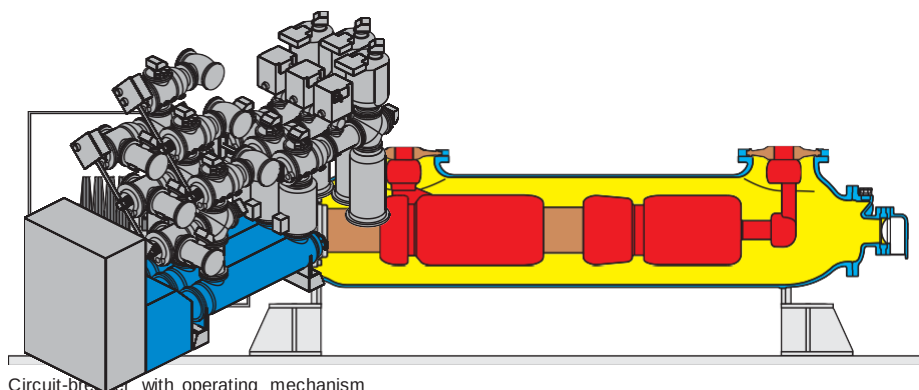
Features

- Reliable making and breaking capacity for heavy load and short-circuit currents
- Easy access to active parts for inspection and overhaul
- Low noise level
- Separate contact system for continuous current and current interruption
- High dielectric withstand in open and closed position
- Single-phase auto-reclosing
- Compact spring operating mechanism
- Continuous self-supervision of energy transmission system
- Type tested according latest IEC and ANSI standards
- Maintenance-free design

Breaker Design

Each circuit-breaker in the ELK-14 GIS comprises three single-phase metal-enclosed breaker poles. Each pole consists of the operating mechanism, the interrupter column with one interrupting chamber and the enclosure with the basic support structure. In case of an overhaul, the interrupter column can easily be removed from the enclosure.

The circuit-breaker is a single-pressure type and works on the latest arc-quenching technology. During an interruption, a compression piston in the chamber generates the SF₆-gas pressure required to extinguish the arc between the contacts.



Circuit-breaker with operating mechanism



Circuit-breaker with operating mechanism

Circuit-breaker operating mechanism

Each pole of the circuit-breaker is equipped with a spring operating mechanism. The mechanism combines the non-wearing properties of a hydraulic system with the robustness of mechanical spring operating mechanisms. Spring operating mechanisms are used for ABB's entire GIS portfolio, from 72.5 kV to 1'100 kV and for various other applications in AIS, PASS and DTB. ABB has supplied more than 65,000 spring operating mechanisms of this type.

The components of the operating mechanism

- Charging system
- Energy storage with disk spring stack
- Three independent actuator pistons and control valves
- Auxiliary switches and position indicators

A hydraulic energy control system is integrated within a compact, sealed block that does not require any external piping. All components are easily accessible for maintenance and repair.

Charging

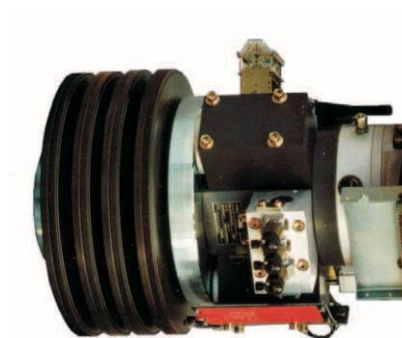
A pump moves oil from the low-pressure oil reservoir to the high-pressure side of the energy storage piston and compresses the disk spring stack. A micro switch stops the pump when the disk spring stack is fully charged.

Close operation

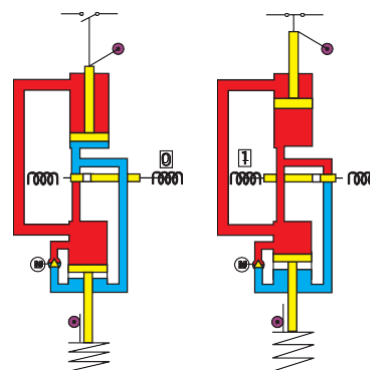
A magnetically operated change-over valve initiates the close operation and connects the high pressure side of the energy storage piston to the actuator piston. Both sides of the actuator piston are connected to the high-pressure reservoir. Due to the different areas of both surfaces of the actuator piston, the circuit-breaker closes and is retained in a closed position.

Open operation

The trip coil operates the change over valve and connects the actuator piston to the low pressure reservoir. The circuit-breaker opens and is retained in an open position by the pressure difference.



Spring operating mechanism



Schematic diagram

High pressure Low pressure

Disconnectors and earthing switches

Safe and reliable due to proven and tested technology

The disconnector/earthing switch

The disconnector/earthing switch combines two functions

- a disconnector and a maintenance earthing switch – in one common enclosure, sharing one common operating mechanism.

The disconnector/earthing switch is based on a modular design. It has identical active parts for all variants and incorporates an insulating gap for the disconnector and one for the earthing switch. Variable arrangement of the active parts allows up to eight different configurations. This ensures the highest degree of flexibility with the lowest number of different parts.

The operating mechanism is of modular design. The modular design enables rapid replacement of complete modules, thus ensuring greater service friendliness and excellent access for maintenance and repair.

Features

- Reliable SF₆-gas insulation across the isolation distance
- Reliable switching capacity for small capacitive currents and bus-transfer currents
- High capacity for carrying rated and short-circuit currents
- Space-saving combination of disconnector and earthing switch
- Mechanical interlocking between disconnector and earthing switch
- Insulated earth connection allows measurements without opening gas compartment
- Manual operation by hand crank possible
- Reliable 3-pole operating mechanism
- One drive only for both functions
- Location of drive unit outside SF₆-gas compartment
- Separated mechanically coupled position indicator for each function
- Viewing port for checking position and condition of contacts
- Fully type-tested for conformity to latest IEC and ANSI standards

The fast-acting earthing switch

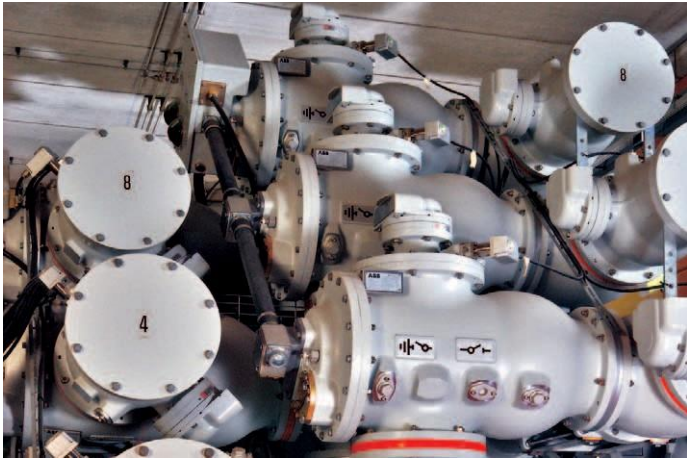
The fast-acting earthing switch is used to earth insulated sections of the installation to protect personnel during overhaul and assembly work. But it is also employed for earthing capacitance (cables, transmission lines, etc.). The earthing switch can be mounted at any position by using a linear connection element, thus ensuring the greatest flexibility in switchgear layout.

The controlled “Open”-operation results from a slow linear contact motion directly driven by an electric motor, which is located in one of the outer phases and connects the other phases by rotating shafts. This enables optimal switching movement during contact opening.

The fast “Close”-operation is spring-actuated. After a closing command, the electric motor and the rotating shafts will compress the spring of a phase. After reaching the required state of charge, they are automatically released until the next closing command is activated.

Features

- Reliable earthing of main circuit
- High short-circuit current carrying capacity in closed position
- High short-circuit current making capability
- Insulated operating mechanism
- Capable of switching induced capacitive and inductive currents
- Fast linear contact motion by spring-loaded drive for “Close”-operation
- Manual operation by hand crank possible
- Location of drive unit outside the SF₆-gas
- Position indicator mechanically coupled to the moving contact
- Viewing ports for checking position and condition of contacts
- Safety elements such as padlocks can be provided
- Fully type-tested for conformity to latest IEC and ANSI standards

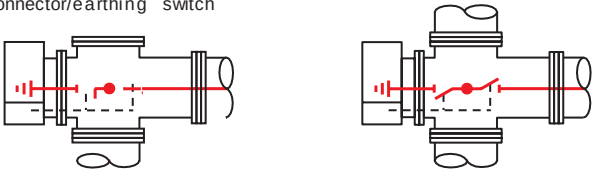


Disconnector/earthing switch

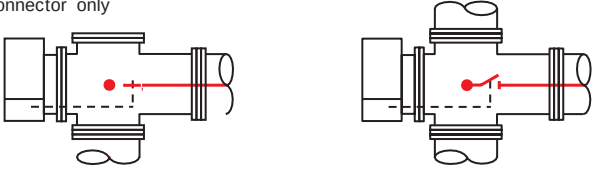


Fast-acting earthing switch

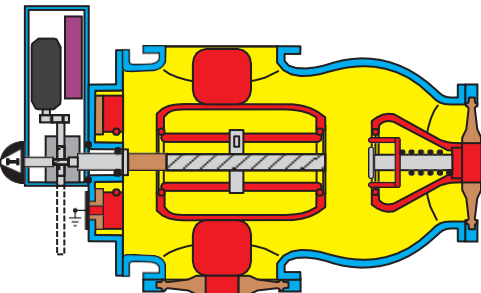
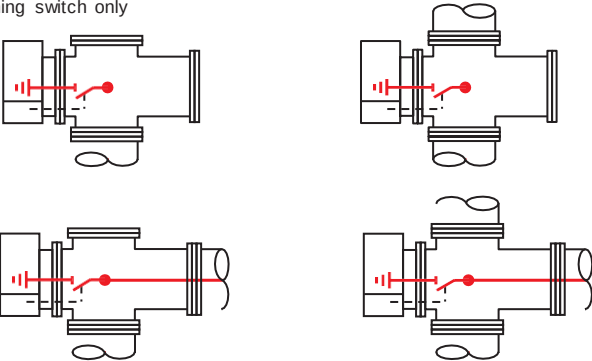
Disconnector/earthing switch



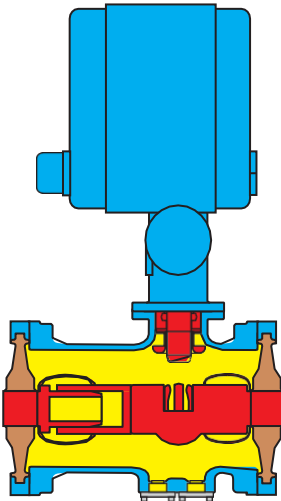
Disconnector only



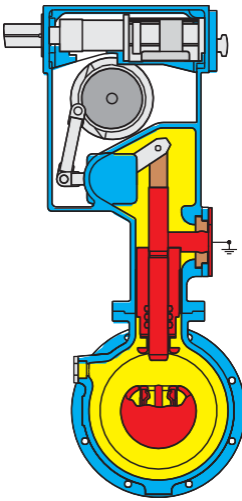
Earthing switch only



Disconnector/earthing switch



Fast-acting earthing switch



Voltage and current transformers

Maximum safety, practicality and high reliability

The voltage transformer

Used for system protection or revenue metering, ABB's powerful transformers offer years of trouble-free service. Even for heavy-duty applications. They are based on the electro-magnetic transformer principle, where primary and secondary windings are galvanically separated from one another.

The single-pole inductive voltage transformers are connected to the switchgear with a standardised connecting flange and a partition insulator. The primary winding is wound on top of the core and the secondary windings. The latter are connected to the terminals in the external terminal box through a gas-tight multiple bushing.

Features

- Utilisation of SF₆-gas as insulating medium, together with plastic foil in the windings
- High secondary output and accuracy
- Ratio and number of secondary windings according to actual GIS plant requirements
- Effective damping of very fast transients, transmitted to the secondary side
- Rectangular type core of low loss magnetic sheets
- No ferroresonance possible in absence of circuit-breaker grading capacitors
- Horizontal or vertical mounting possible
- Separate gas volume with density monitoring
- Over-pressure relief device provided
- Secondary fuses on request
- Maintenance-free

The current transformer

The ring core current transformers concentrically enclose the primary conductor. The core support is provided by the pressure-proof enclosure, which is insulated from the basic flange to prevent the return current from passing through the cores.

Features

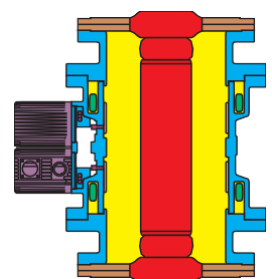
- Simple ring-core type windings integrated in the main current path
- SF₆-gas as main insulation according to ABB's well-proved GIS technique
- Secondary windings on ring-cores, located outside of the SF₆-gas compartment and mechanically protected
- Efficient damping of the very fast transients transmitted to the secondary side
- Any accuracy class defined by international standards is possible
- Maintenance-free

The non-conventional instrument transformer (NCIT)

NCITs replace the conventional voltage and current transformers. The NCIT uses two redundant Rogowski Coils to measure the current value. The primary voltage is measured by a capacitive voltage divider composed of two cylindrical electrodes, the conductor and the enclosure. The measured values are digitally processed by the "Secondary Converters" and sent to the "Merging Unit". From there the data is routed through a standardized, optical connection to the protection, measurement and control devices.

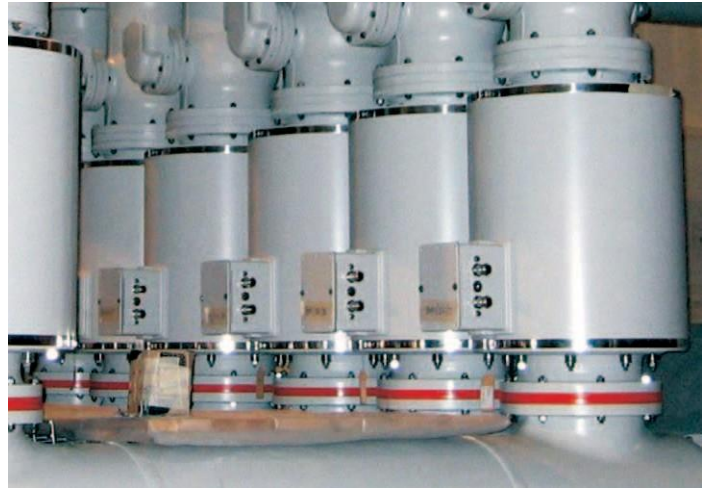
Features

- High bandwidth, high accuracy and linearity, high reliability
- SF₆ insulated unit with excellent long term stability and long service life
- No saturation or ferroresonance effects
- Standardised digital interfaces according to IEC 61850-9-2
- Configurable voltage and current ratings (for protection, control and measurement applications and energy metering)
- Integrated self supervision
- Maintenance-free

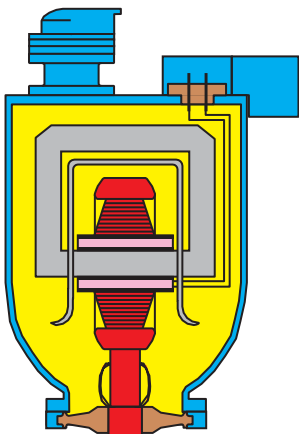




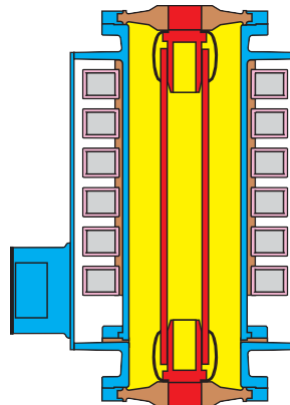
Voltage transformers



Current transformers



Voltage transformer



Current transformer

Terminals and connecting elements

ELK-14 — a system with unique adaptability

The connecting elements

Switching systems need to be as varied as the purposes for which they are intended. That is why ABB supplies connecting elements in all shapes and sizes: cross-shaped and T-elements, as well as simple straight sections, are the links that join up individual GIS components.

Compensators of various types allow for heat expansion, vibrations during operation and tolerances in the lengths of specific components. Moreover, lateral dismantling units guarantee hassle-free assembly and dismantling.

The terminal connections

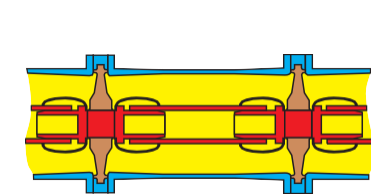
ABB's GIS range includes the connecting elements for peripherals such as the SF₆-air bushings, the enclosures for the cable terminations and the enclosures for the transformer terminals.

The transformer termination

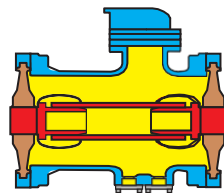
The transformer connection enables transformers to be connected directly to the switchgear using bellows.

Features

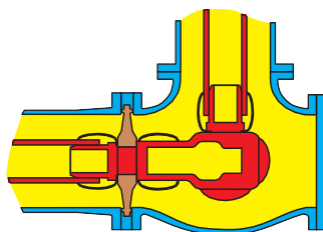
- Effective compensation of vibrations
- Connection between the SF₆ switchgear and the transformer
- Isolation of the SF₆ switchgear from the transformer for testing possible
- Interface according IEC 61639
- Maintenance-free



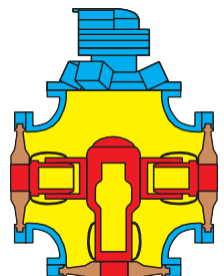
straight



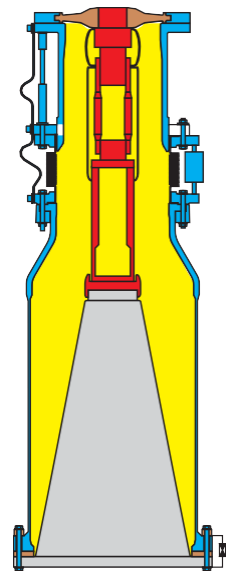
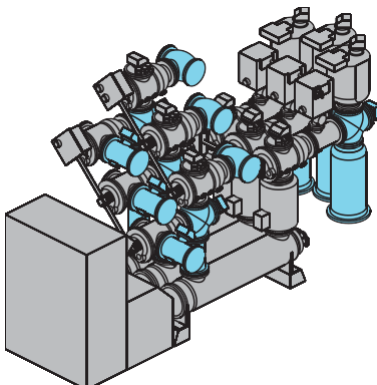
straight with flange



T-element



cross-shaped



Transformer connection



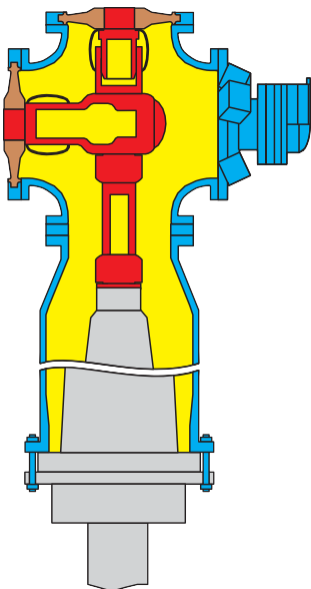
Cable connection

The cable termination

Cable connections, which are part of the cable manufacturer's scope of supply, consist typically of an epoxy resin barrier insulator and can be either of dry type or of fluid-filled type.

Features

- Interface according IEC 62271-209
- The GIS and the high-voltage cable can be galvanically separated and the high-voltage tests can be carried out independently
- Removable link easily accessible
- Flange available to attach a test bushing
- Easy mounting of the cable at any rotation angle
- Maintenance-free



Cable connection



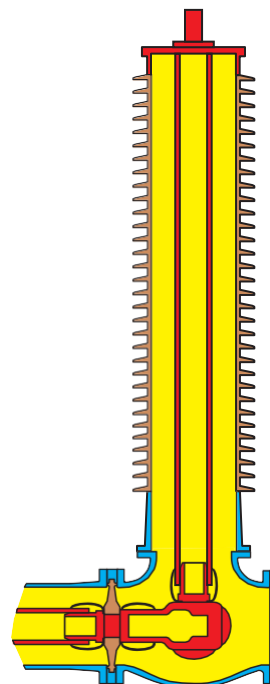
SF₆-air bushing

The SF₆-air bushing

The SF₆-air bushings are available in two different versions: with classical porcelain insulators or in the standard version, with fibre-reinforced resin insulators with silicon sheds.

Features

- High creepage current resistivity
- Self-cleaning silicon sheds
- Single pressure SF₆-gas insulation
- Explosion and vandal-proof
- Resistivity against sandstorms
- All fitting positions possible
- Low weight
- Maintenance-free



SF₆-air bushing

ABB's proven local control concept

Operational benefits based on experience and innovation

The local control cubicle

The local control cubicle (LCC) includes all required functions for control and supervision of a GIS bay and provides safe access to the secondary circuits. The portfolio of local control solutions contains a modern and a conventional control concept.

The modern concept is based on ABB's intelligent bay control unit REC670 for remote and local control. Optionally a bay control mimic can be provided for emergency control of the complete bay. The modern solution is rich in functionality and can simply be integrated in a substation automation system according to IEC 61850.

The conventional local control solution is based on contactor logic in combination with a bay control mimic for local control. A hardwired parallel interface provides the data for the remote control system.

The local control cubicle can be installed in space optimizing manner integrated to the GIS, right in front of each feeder. Also detached installation is possible, usually opposite the circuit-breaker drives.

A wide range of functionality assures safe and reliable operation of the substation:

Basic functions

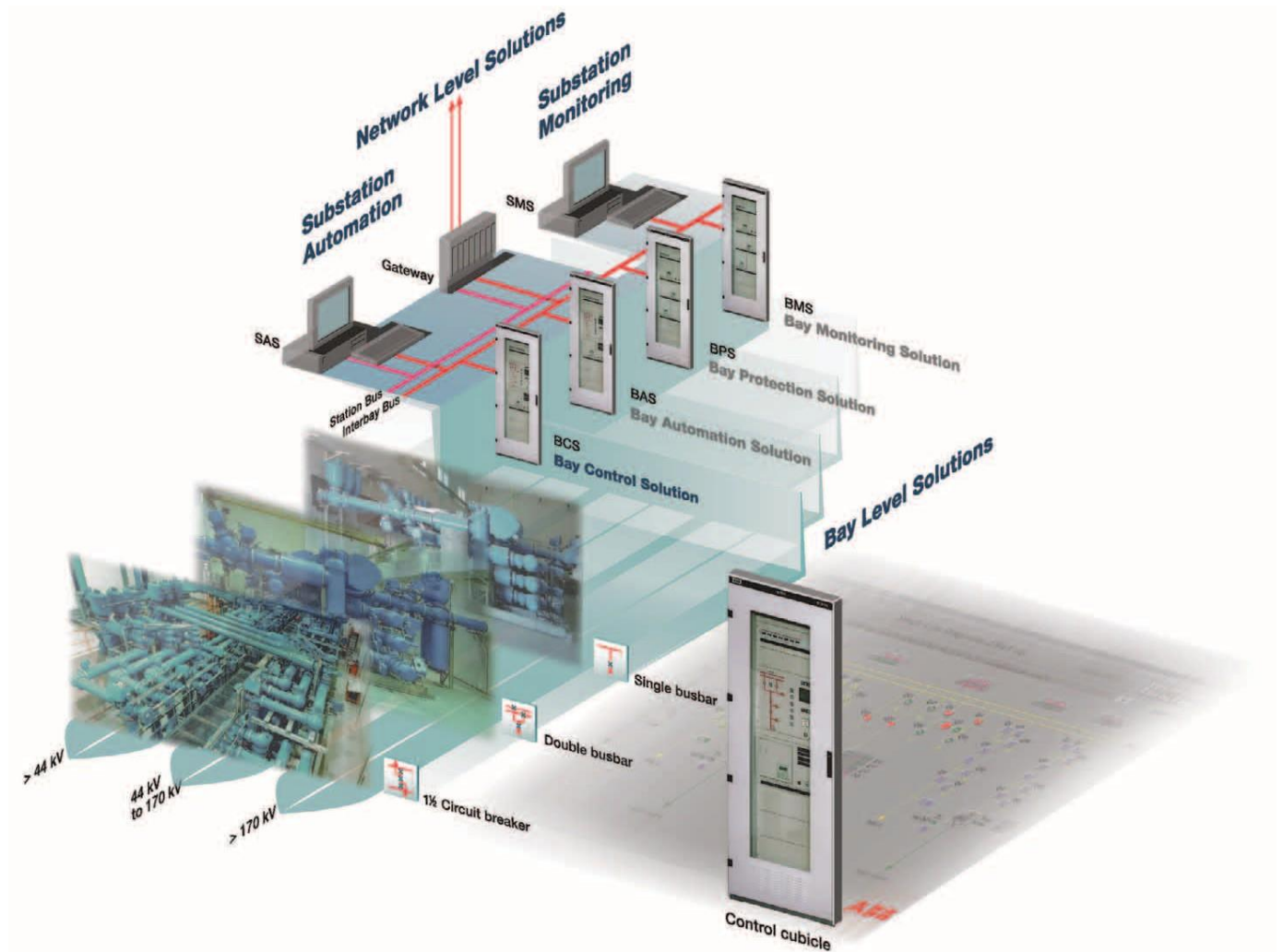
- Safe local control of all motorized equipment
- Operation mode selectable by key switch (local/remote/emergency/off as well as normal operation or interlock bypass)
- Interface for remote control and protection, either hardwired or optionally through IEC 61850 station bus
- Feeder and station interlocking, depending on the position of all high-voltage apparatus as well as the various blocking conditions
- Command inhibition (eg, crank-handle insertion)
- Circuit-breaker supervision, including gas density, position indication, operation counters, pole discrepancy and monitoring of the operating mechanism
- Gas density supervision of the entire switchgear
- Measurement visualization and alarm indication

Function possibilities of modern local control cubicles While all basic control functions including synchrocheck are usually integrated in the modern control solution. A wide range of additional functions can be configured if requested:

- Remote communication to station automation system, eg, through IEC 61850
- Horizontal communication between control and/or protection IEDs; applying IEC 61850 GOOSE messages
- Auto-reclosure as well as back-up or main protection functions can be integrated in the IED
- Optional integration of dedicated protection or monitoring devices inside the LCC



Local control cubicles



The GIS from ABB

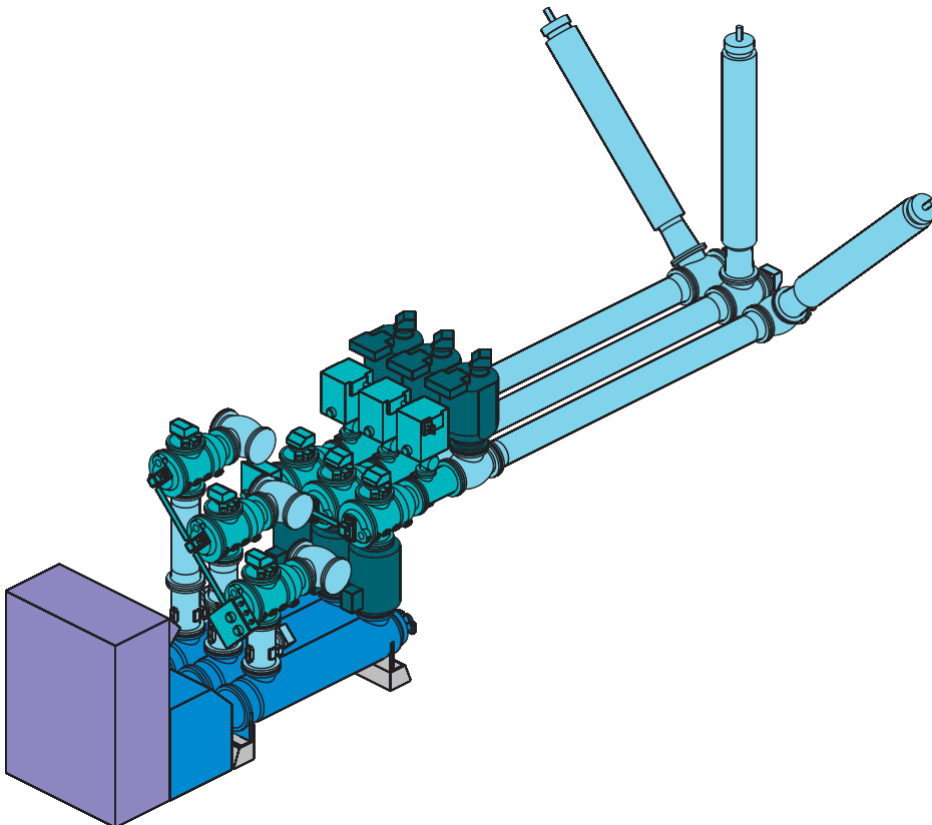
Total quality control from manufacturing to maintenance

Innovative, intelligent and flexible, creative, economical and ecologically safe: these are the outstanding features of the successful ELK-14. As it is well thought-out as it is mature, it can be used for virtually any application.

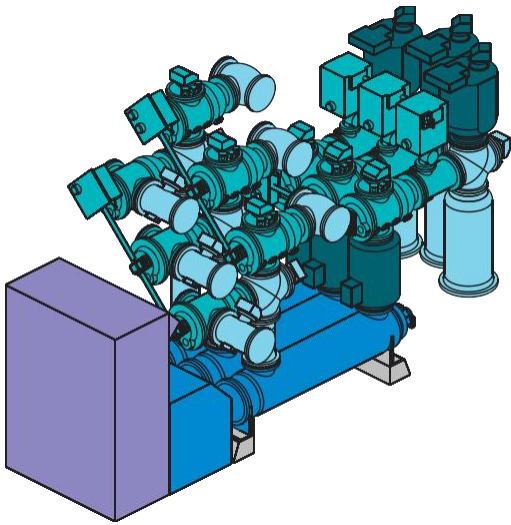
All ABB GIS comply with or exceed the latest international standards (IEC/ANSI) and have been type tested in independent laboratories. Our certified design and manufacturing processes guarantee the highest quality of our products.

Site testing according to IEC/ANSI standards and ABB quality assurance procedures include leakage checks on flanges, instrument transformer tests, control and monitoring functions, resistance measurements and a high-voltage test. Site installation can be carried out by ABB, but also by personnel from your own company under the guidance of a certified ABB supervisor. ABB University offers training courses for every aspect of GIS installation, operation and maintenance.

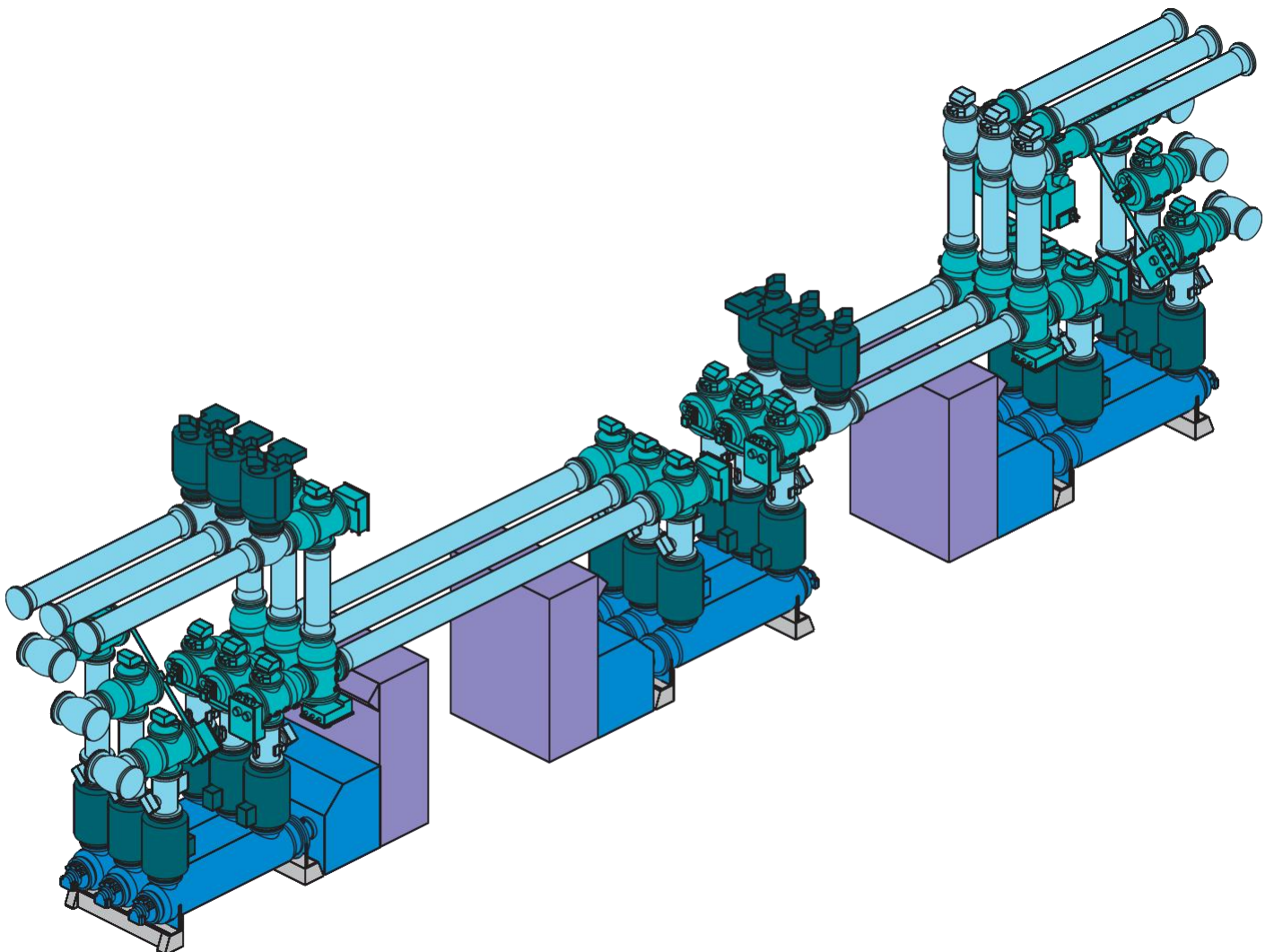
ABB's metal-enclosed gas-insulated switchgear requires minimal maintenance in service. In normal operational conditions, more than 25 years fault-free operation is assured with periodic visual checks, after which time a first full inspection is recommended. ABB Service provides competent 24/7 world-wide support in case of failures.



Single busbar bay with SF₆-air bushings



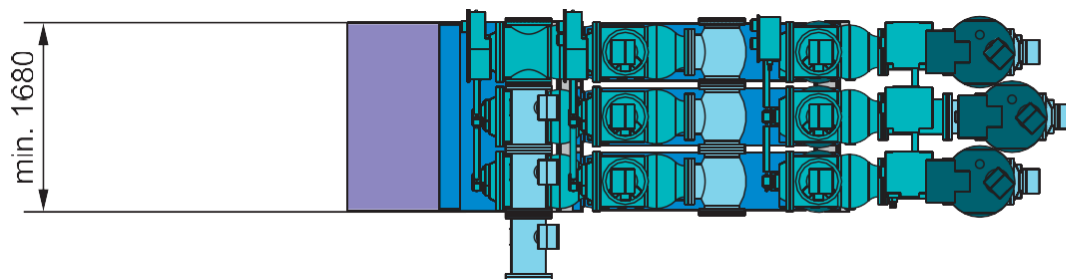
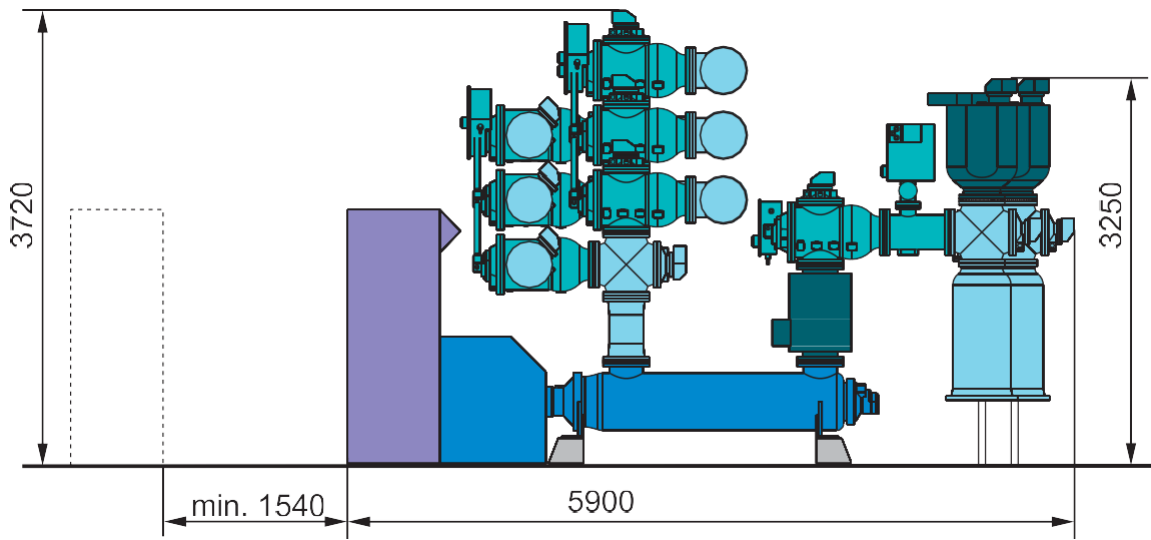
Double busbar bay with cable connections



Section of a 1½-breaker arrangement

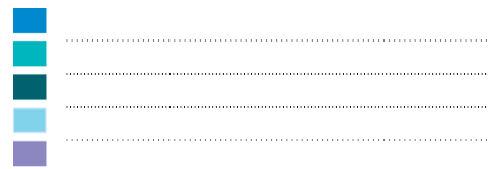
Main technical data

GIS ELK-14



GIS ELK-14 double busbar bay

Circuit-breakers
 Disconnecter and earthing switches Voltage and current transformers Connecting elements
 Control & protection



Main data

Rated voltage	kV	300
Power-frequency withstand voltage, 1 min.	kV	460
Power-frequency withstand voltage, 1 min. across open contacts	kV	530
Lightning impulse withstand voltage	kV	1050
Lightning impulse withstand voltage across open contacts	kV	1050 + 245
Switching impulse withstand voltage	kV	850
Switching impulse withstand voltage across open contacts	kV	850 + 245
Rated frequency	Hz	50/60
Rated continuous current	A	4000
Rated short-time withstand current	kA	50/63
Rated withstand impulse current	kA	125/170

Circuit-breaker

First pole-to-clear factor		1.3/1.5
Rated breaking current, 50/60 Hz	kA	50/63
Rated making current, peak value	kA	135/170
Drive type		spring
Rated opening time	ms	< 20
Rated breaking time	ms	< 40
Rated closing time	ms	< 55
Reclosing time	ms	≤ 300

Rated operating sequence

O - 0.3s - CO - 1min

or CO - 15s - CO

High-speed auto-reclosing
phase

single- and three-

Disconnecter & earthing switch

Capacitive current switching capability	mA	250
Bus transfer current switching capability	A/V	1600/20
Opening/closing time	s	< 3

Fast-acting earthing switch

Switching performance		
Making capacity		
- Current	kA	50/63
Inductive currents		
- Voltage	kV	15
- Current	A	160
Capacitive currents		
- Voltage	kV	15
- Current	A	10
Motor running time	s	< 6

Voltage transformer

Rated output (total)	VA	100
Rated accuracy class	%	0.2
Rated thermal power (total)	VA	1000
Rated voltage factor		1.9/8 h
Number of secondary windings		1 or 2

Current transformer

Cores for metering

Cores for protection (transient performance optional)

SF₆-air bushing

Continuous bending load	N	2500
Test bending load	N	5000
Creepage distance	mm/kV	20, 25, 31

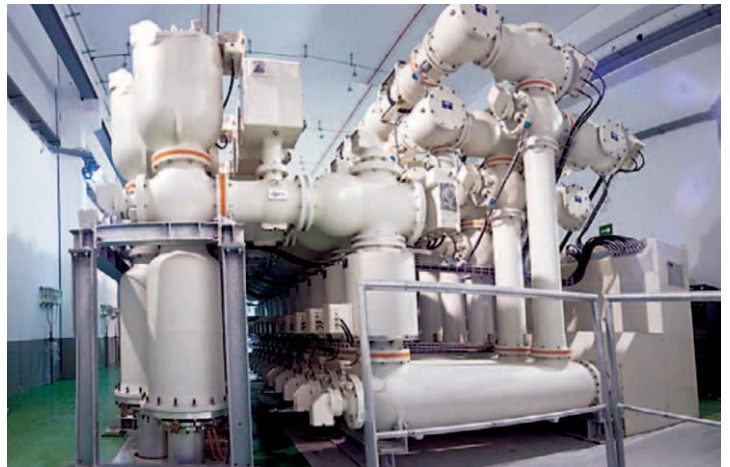
ABB's ELK solutions offer Improved performance, more practically - at a fraction of cost

Switching systems require an exceptionally high degree of safety

Indoor switching systems are designed to minimize space to claim

Protected installations especially when exposed to particular dirty, polluted or corrosive environments (e.g. coastline locations, deserts or industrial zones)

Extension of conventional outdoor substations with limited space



In underground switching systems for hydro-electric and pump-storage power stations

Upgrading the voltage level of existing conventional substations without the need for more space

Hybrid solutions combining dead tank and live tank components to reduce dimensions



Contact us

ABB Switzerland Ltd High
Voltage Products Brown
Boveri Strasse 5
CH-8050 Zurich / Switzerland
Phone: +41 58 588 31 86
Fax: +41 58 588 17 22
www.abb.com

Note:

We reserve the right to make technical changes or modify the contents of this document without prior notice. With regard to purchase orders, the agreed particulars shall prevail. ABB Ltd does not accept any responsibility whatsoever for potential errors or possible lack of information in this document.

We reserve all rights in this document and in the subject matter and illustrations contained therein. Any reproduction, disclosure to third parties or utilization of its content – in whole or parts – is forbidden without prior written consent of ABB Ltd.

Copy right© 2011 ABB All
rights reserved

© Copyright ABB. 1HC00082 E01 / AK11

Power and productivity
for a better world™



2 HEXAFLORURO DE AZUFRE

La fórmula química del hexafloruro de azufre es SF₆.

En la siguiente tabla se recogen las propiedades físico-químicas del mismo:

Propiedad	Valor
Peso molecular	146
Porcentaje en masa de azufre	21.55%
Porcentaje en masa de flúor	78.05%
Tª crítica	45,65°C
P crítica	38.6990 bar
Densidad crítica	0.25 g/cm ³
Volumen molar crítico	201 ml

Además, este gas posee otras características que lo hacen muy interesante: no es inflamable, no es tóxico, es muy estable, es incoloro e inodoro.

Pero, sin duda, la propiedad que lo hace más interesante es su alta rigidez dieléctrica. Es más de dos veces más alta que la del aire. Además si se presuriza entre 2 y 4 bares, llega a ser 5 veces mayor que la del aire. Es por este motivo que el SF₆ es un gran medio para cortar arcos eléctricos.

El gas comercial usado en los elementos GIS, puede poseer impurezas de otros gases, pero, siempre que estén dentro de unos valores máximos, no suponen un problema. En la siguiente tabla, se muestran las concentraciones máximas permitidas de otros gases en el hexafloruro de azufre comercial.

Impureza	Concentración máxima
Tetracloruro de carbono (CF ₄)	0,05%
Agua	15 ppm
Acidez (HF)	0,3 ppm
Oxígeno+ Nitrógeno, aire	0,05%
Fluoruros hidrolizables (HF)	1 ppm
Aceite mineral	10 ppm

En las subestaciones, se encapsula cada elemento de la subestación por separado y se presuriza a unas 4 atmósferas.

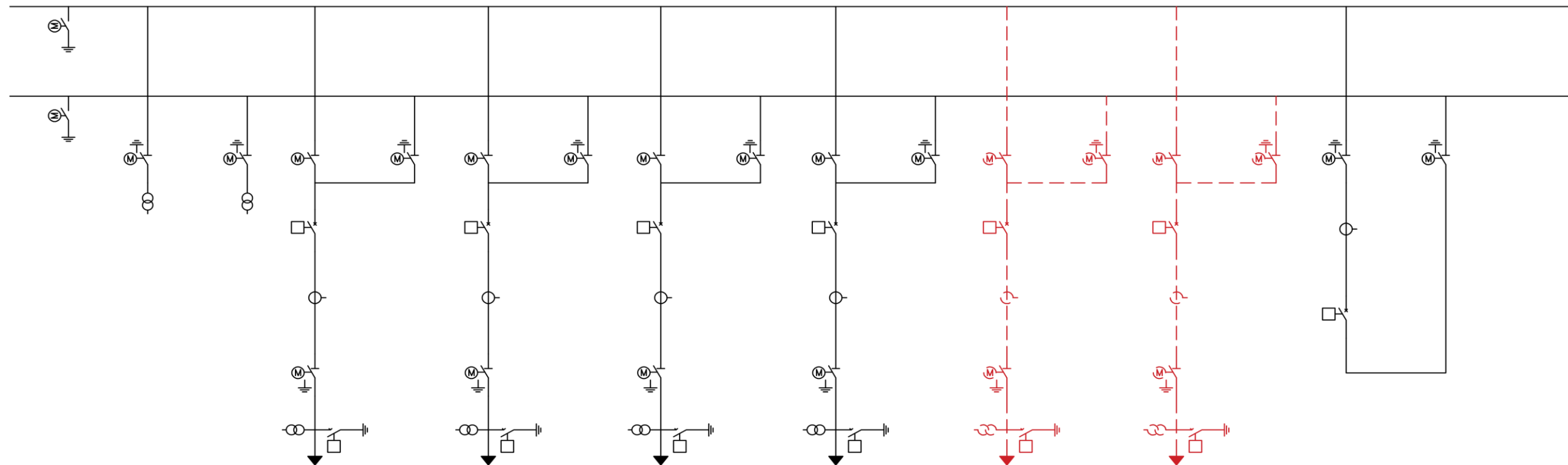
La desventaja principal de este gas es que contribuye al efecto invernadero. Es por eso que se debe tener especial cuidado para evitar que se emita a la atmósfera. En el Real Decreto 795/2010, de 16 de junio se especifican las medidas a tomar en las

subestaciones e instalaciones que utilizan GIS. A la hora de sustituir cualquier elemento de la aparamenta, se debe tratar durante 24 horas con una solución de agua y carbonato sódico al 10% antes de retirarla. Se debe encargar de este proceso una empresa especializada. El suministro del SF₆ se realiza en estado líquido y a 0.7 bares, de esta manera, se evitan fugas en caso de que el recipiente quede abierto. Además se vigila la presión del gas en todo momento así como su densidad. Para tal efecto, cada compartimento contará con un densímetro y un barómetro.

DOCUMENTO 2: PLANOS



	NOMBRE	COMPROBADO	ICAI
DISEÑADO	A.Q.O.	A.Q.O.	
Plano de situación			PROYECTO FIN DE GRADO
Subestación 220 kV			ESCALA 1:20.000
			FECHA 10/08/2018
			NºPLANO 1

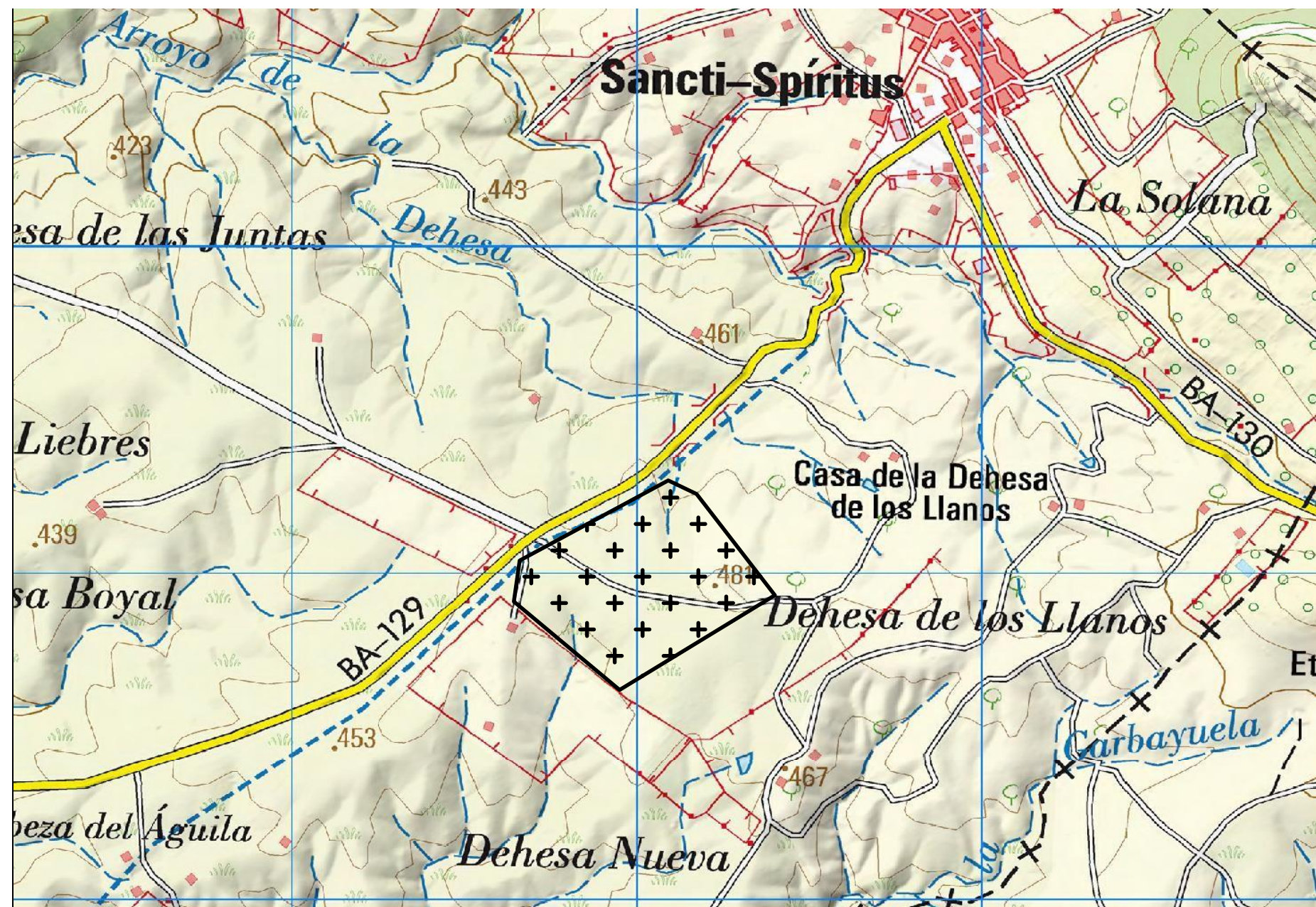


Barras 1

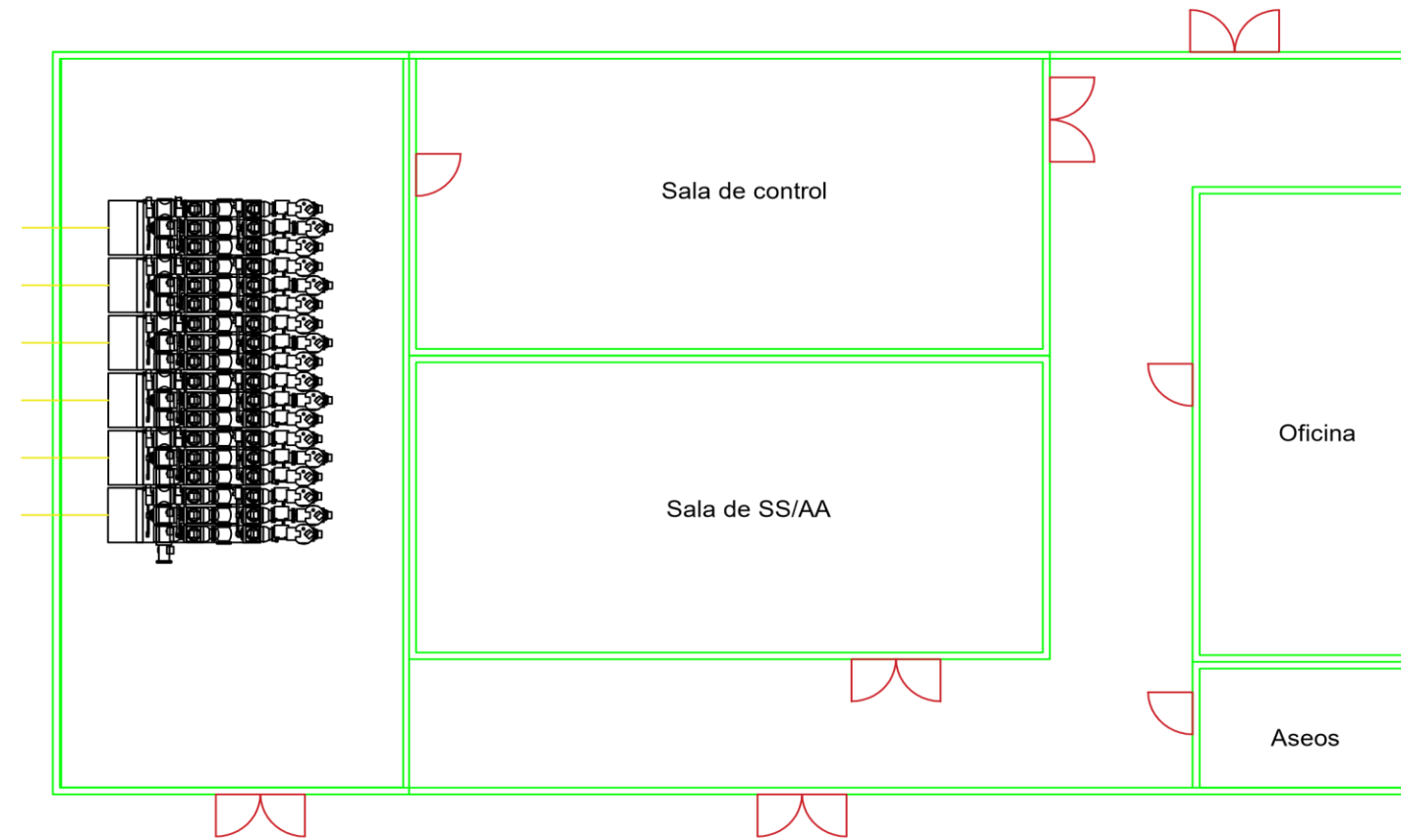
Barras 2

Las líneas marcadas con ralla discontinua son las posiciones para futura ampliación que no se encuentran equipadas

	NOMBRE	COMPROBADO	ICAI
DISEÑADO	A.Q.O.	A.Q.O.	
Esquema unifilar de la subestación			PROYECTO FIN DE GRADUACIÓN
Subestación 220 kV			ESCALA
			FECHA 10/08/2018
			Nº PLANO 2

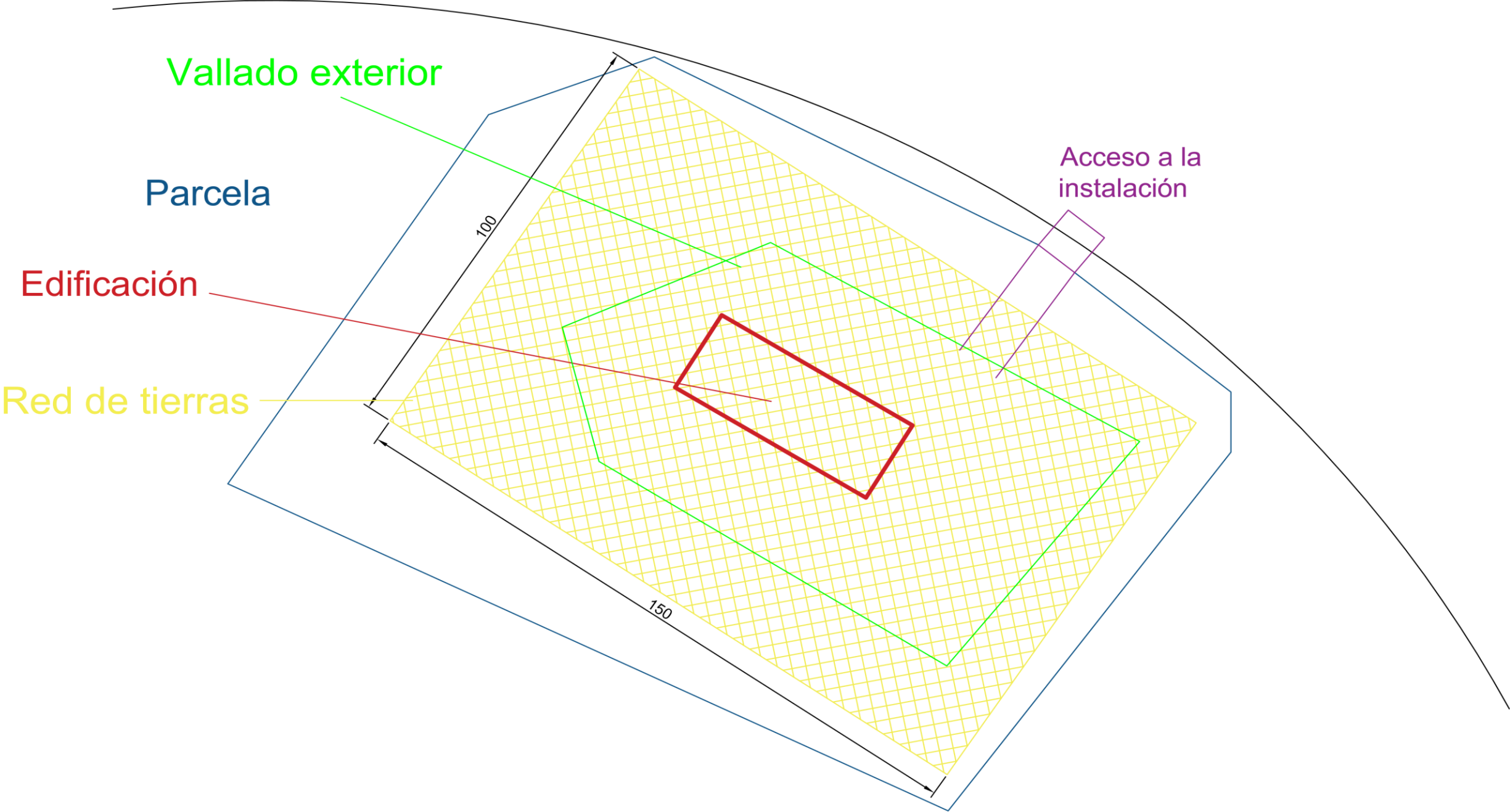


		NOMBRE	COMPROBADO	ICAI
DISEÑADO	A.Q.O.	A.Q.O.	A.Q.O.	
Plano topográfico				PROYECTO FIN DE GRADO
Subestación 220 kV				ESCALA 1:30.00
				FECHA 10/08/2018
				NºPLANO 3

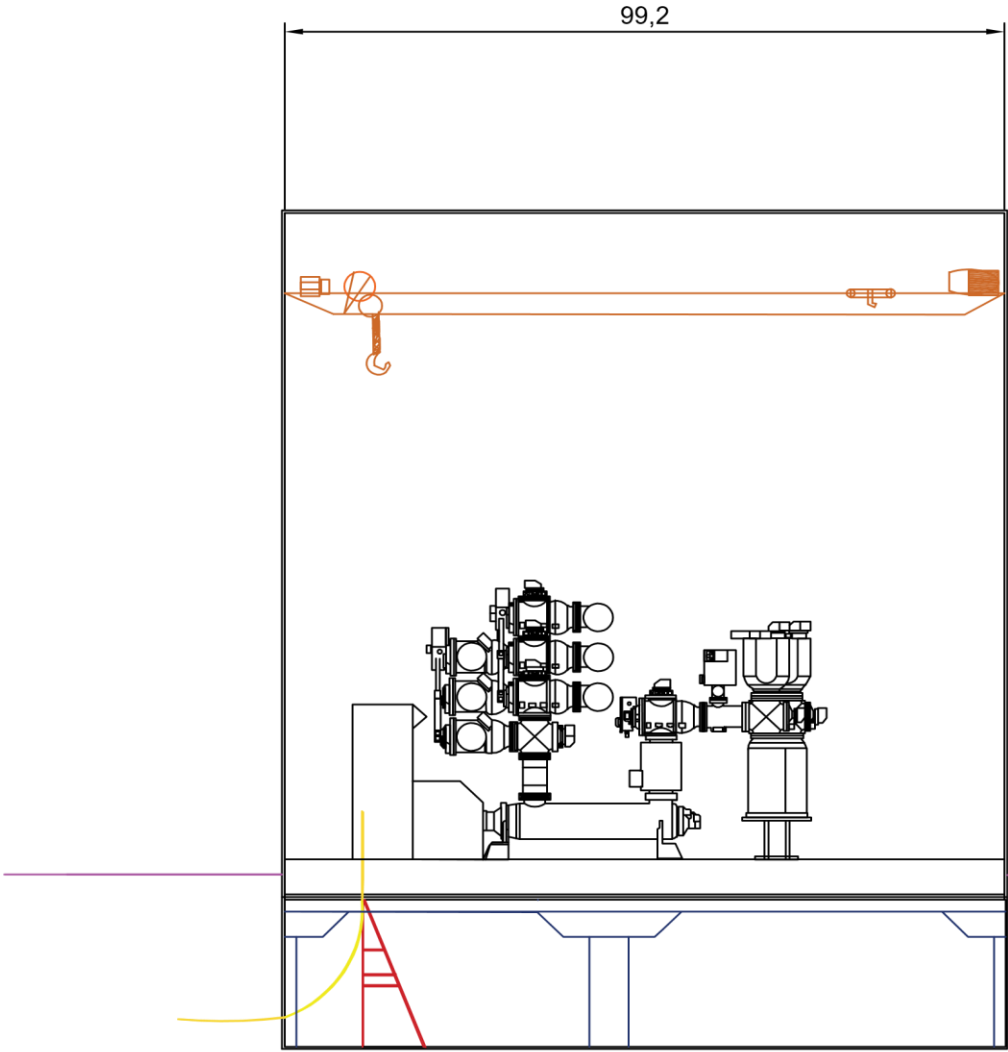


	NOMBRE	COMPROBADO	ICAI
DISEÑADO	A.Q.O.	A.Q.O.	
			PROYECTO FIN DE GRADUACIÓN
Subestación 220 kV			ESCALA 1:200
			FECHA 10/08/2018
			NºPLANO 4

BA-129

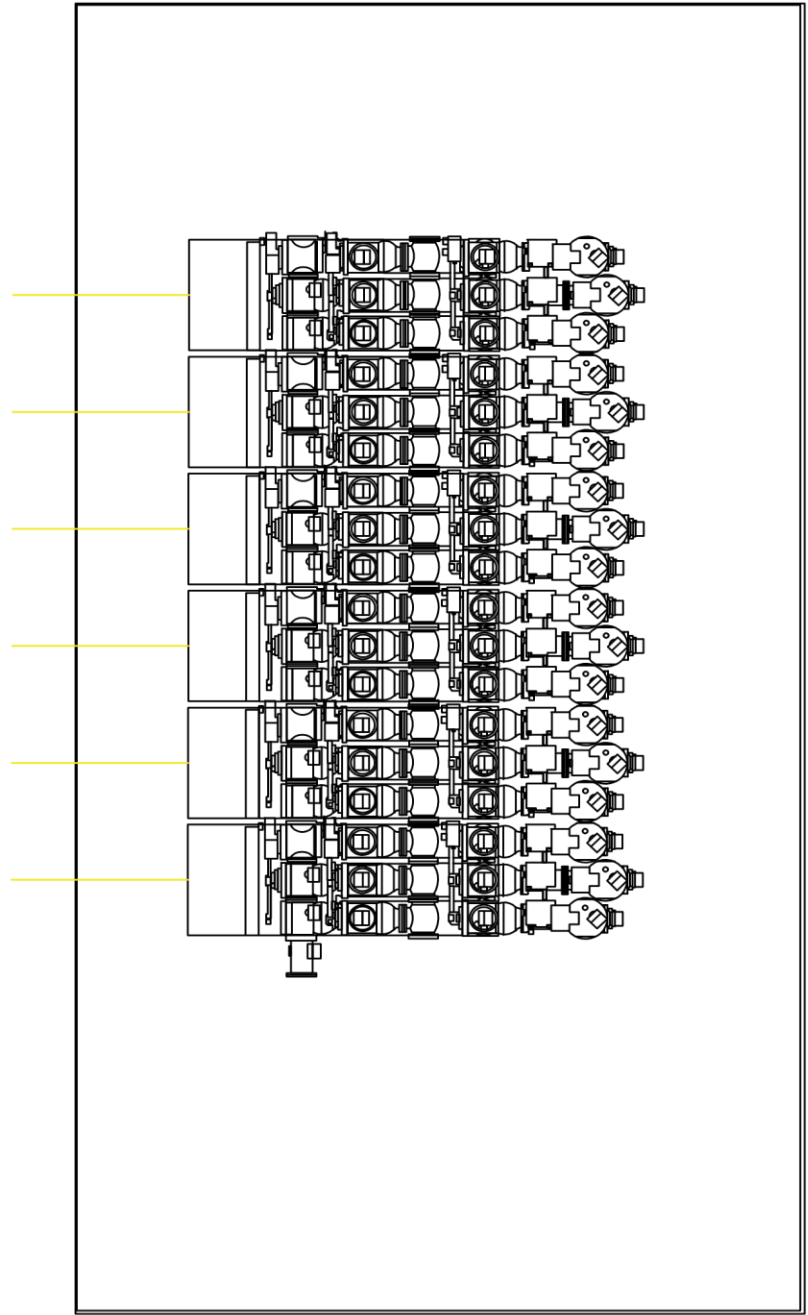


	NOMBRE	COMPROBADO	ICAI
DISEÑADO	A.Q.O.	A.Q.O.	
Red de tierras			PROYECTO FIN DE GRADUACIÓN
Subestación 220 kV			ESCALA 1:1.000
			FECHA 10/08/2018
			Nº PLANO 5



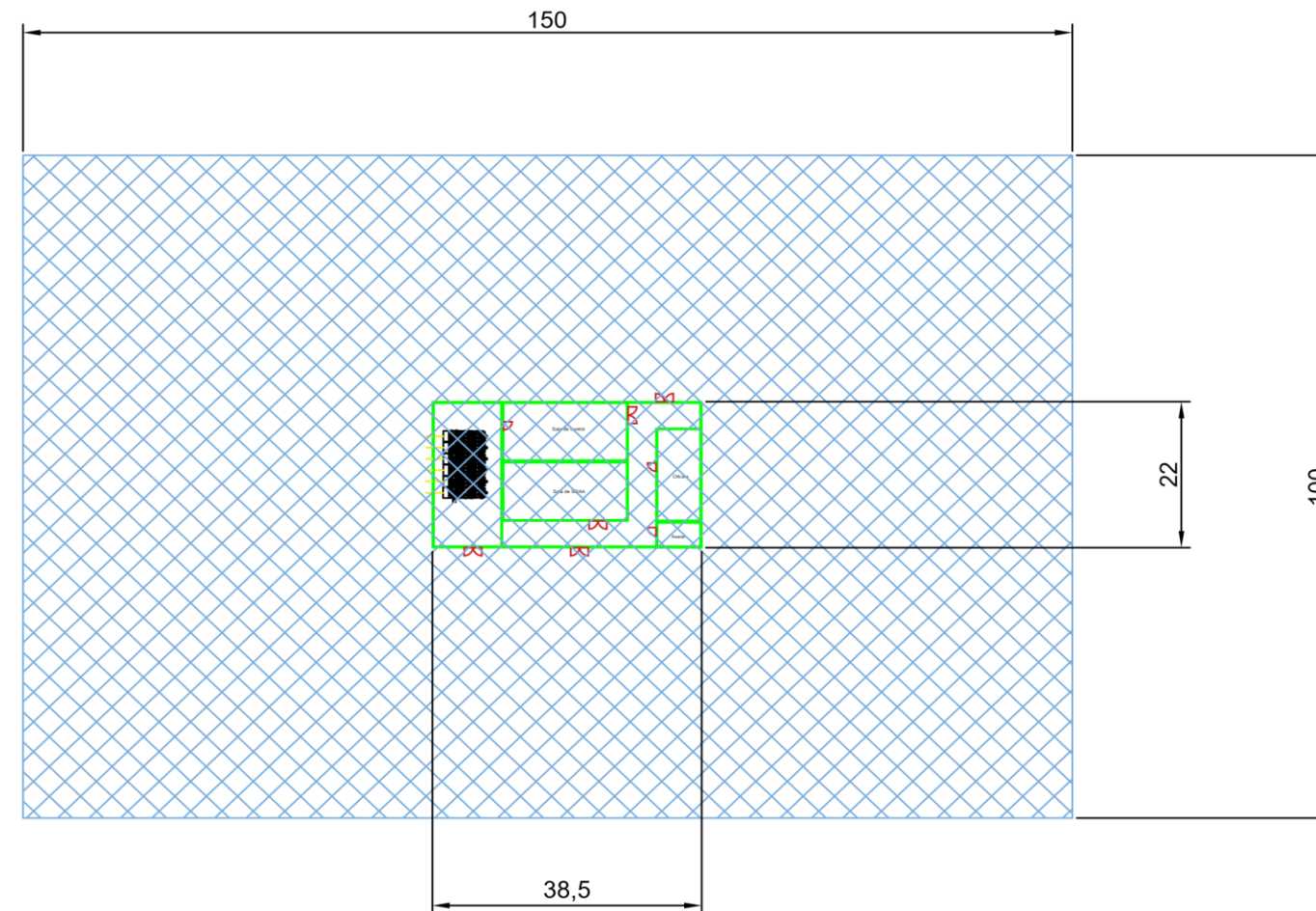
Alzado de la sala de aparamenta

	NOMBRE	COMPROBADO	ICAI
DISEÑADO	A.Q.O.	A.Q.O.	
Sala de aparamenta			PROYECTO FIN DE GRADC
Subestación 220 kV			ESCALA 1:100
			FECHA 10/08/2018
			NºPLANO 6

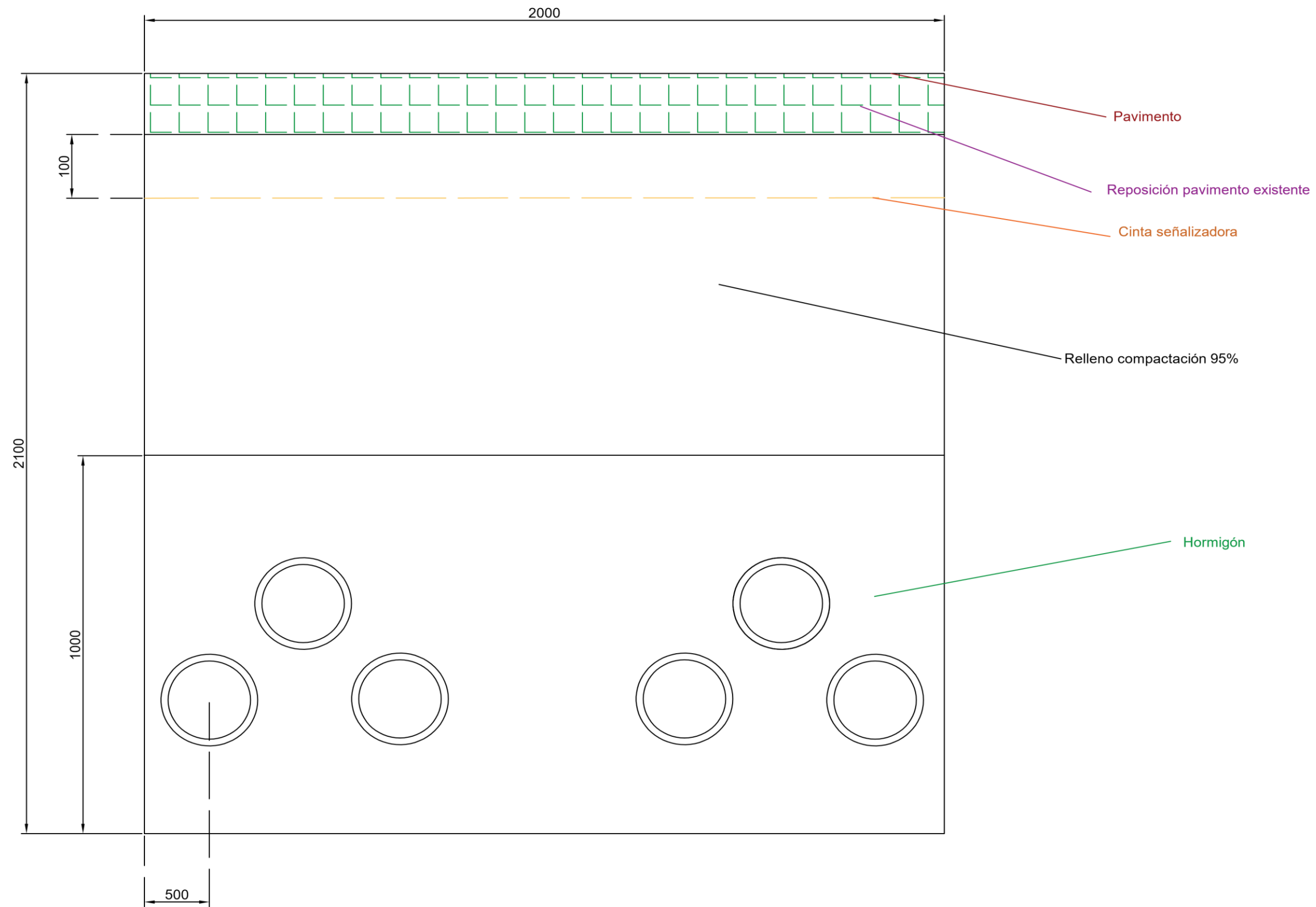


Planta de la sala de aparamenta

	NOMBRE	COMPROBADO	ICAI
DISEÑADO	A.Q.O.	A.Q.O.	
Sala de aparamenta			PROYECTO FIN DE GRADC
Subestación 220 kV			ESCALA 1:100
			FECHA 10/08/2018
			NºPLANO 7



	NOMBRE	COMPROBADO	ICAI
DISEÑADO	A.Q.O.	A.Q.O.	
Planta de la red de tierras			PROYECTO FIN DE GRADUACIÓN
Subestación 220 kV			ESCALA 1:200
			FECHA 10/08/2018
			Nº PLANO 8



	NOMBRE	COMPROBADO	ICAI
DISEÑADO	A.Q.O.	A.Q.O.	
Zanja para albergar las canalizaciones			PROYECTO FIN DE GRADUACIÓN
Subestación 220 kV			ESCALA
			FECHA 10/08/2018
			Nº PLANO 9

DOCUMENTO 3: PLIEGO DE CONDICIONES

CAPÍTULO 1: CONDICIONES GENERALES

1. OBJETO

El objeto de este documento es el aporte de la información necesaria para un montaje y una instalación correctos. Además se clarificará todo lo relativo a equipos y materiales utilizados.

Se tendrán en cuenta los siguientes factores:

1. Legislación y normativa: los equipos, la obra y el montaje deben cumplir con lo dispuesto en la normativa vigente. Además, la ley dispone una serie de pruebas que se realizarán para garantizar que se trata de una instalación segura.
2. Gestión medioambiental: respecto a la construcción y funcionamiento, con el fin de minimizar el impacto.
3. Gestión de calidad: las características técnicas de los equipos y su montaje se recogen en el plan de calidad. Las normas ISO-9000 son un conjunto de enunciados que especifican que elementos integrarán el plan de control de calidad y como debe funcionar este para asegurar la calidad de los servicios.
4. Seguridad laboral: se asegurará que tanto las condiciones de trabajo tanto durante el montaje como durante el funcionamiento cumplen las medidas requeridas.

2. NORMATIVA APLICABLE

Las normas que se aplicarán serán las siguientes:

- Normativa de RED ELÉCTRICA (DYES; Procedimientos Técnicos; y Procedimientos de Dirección), Normativa UNE, Normativa CENELEC, Normativa Europea EN, Normativa CEI, Otras normas y recomendaciones (IEEE, CIGRE, MF, ACI, AISC, ANSI, etc.), normativa al respecto de la Junta de Extremadura.

2.1 Equipamiento y montaje

La redacción de este proyecto se ha llevado a cabo teniendo en cuenta la anterior normativa, pero se han tenido especialmente en cuenta las siguientes:

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

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- La “Unión Internacional de Telecomunicaciones” (UIT-T) recoge una serie de recomendaciones que son de aplicaciones en el sistema de telecomunicaciones y telecontrol de la instalación.
- R.D. 773/97 de 30 de Mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- Ley 31/95 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Se tendrán también en cuenta las recomendaciones de la Agencia Europea de Salud y Trabajo y del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Y sus modificaciones posteriores: los anexos I y II y la disposición derogatoria única, por Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre (Ref. BOE-A-2004-19311).
- R.D. 773/97 de 30 de Mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Las recomendaciones en el ámbito de la seguridad para trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas dispuestas por UNESA, en concreto por su Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo.
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. En concreto su última actualización publicada el 27/06/2013 en el B.O.E.
- Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre, por el que se establecen las normas tecnológicas de la edificación, NTE. En concreto lo relativo a ejecución de trabajos y mediciones.

- Instrucciones aportadas por los fabricantes.

En caso de discrepancia entre la normativa, será de aplicación el criterio más restrictivo.

2.2 Obra civil

Estructural

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. En concreto su última actualización publicada el 27/06/2013 en el B.O.E.
- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02).

Acero

- Documentos DB-SE, DB-SE-AE, DB-SB-C, DB-SE-A, del Código Técnico de la Edificación.
- Norma UNE-EN 1993-1-1:2008/AC:2010, sobre Reglas generales y reglas para edificios.

Ladrillos y bloques de hormigón

- Norma UNE 41166 en la que se recogen los estándares de calidad mínimos que deben de cumplir los materiales de construcción.
- En el R.D. 314/2006 se referencia las condiciones estándares de los materiales.

Hormigón

- Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo, por el que se aprueba la Instrucción de Acero Estructural (EAE).

Forjados

- Real Decreto 642/2002, de 5 de julio, por el que se aprueba la "Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados (EFHE)".

2.3 Instalación eléctrica

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Se modifica con efectos de 30 de junio de 2015, las ITC BT-02, BT-04, BT-05, BT-10, BT-16 y BT-25, y AÑADE la BT-52, por Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre.
- Norma CEI-146.4632

- Resolución de 18 de enero de 1988, de la Dirección General de Innovación Industrial y Tecnología, por la que se autoriza el empleo del sistema de instalación con conductores aislados, bajo canales protectores de material plástico. Y su revisión posterior de 29 de abril de 1988.

2.4 Servicios auxiliares

Alumbrado

- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Se modifica con efectos de 30 de junio de 2015, las ITC BT-02, BT-04, BT-05, BT-10, BT-16 y BT-25, y AÑADE la BT-52, por Real Decreto 1053/2014, de 12 de diciembre.

Servicios sanitarios: calefacción y agua caliente

- Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. Y sus posteriores actualizaciones.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. En concreto el Documento Básico de Salubridad HS “Salubridad”.

2.5 Protección

Aislamiento acústico

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. En concreto el Documento Básico HR “Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. También sus modificaciones posteriores correcciones y modificaciones: BOE núm. 304 de 20 de diciembre de 2007 y Orden VIV/984/2009, de 15 de abril.

Aislamiento térmico

- Documentos DB-HE, DA DB-HE1, DA DB-HE2 Y DA DB-HE3 del Código Técnico de la Edificación.

Protección contra incendios

- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

- Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. En concreto el Documento Básico de SI “Seguridad en caso de Incendio” del Código Técnico de la Edificación.

Protección medioambiental

- Ley 16/2015, de 23 de abril, de protección ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura.

Seguridad y salud

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 773/97 de 30 de Mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores.
- Ley 31/95 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Se tendrán también en cuenta las recomendaciones de la Agencia Europea de Salud y Trabajo y del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

3 GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Todas las actuaciones llevas a cabo para la ejecución de la obra cumplirán con la normativa local vigente. El sistema de gestión cumplirá la normativa ISO 14001.

En el estudio de impacto se considerarán los efectos sobre hidrología, vegetación, fauna, población y paisaje. A priori, los puntos clave serán el paisaje y la fauna, al tratarse de un área protegida. Las medidas aportadas en el punto 2.8 de la memoria descriptiva deberían ser suficientes para cumplir con los mínimos de la normativa local.

Para el estudio se elige GRN, empresa especialista en Gestión en Recursos Naturales.

4 GESTIÓN DE CALIDAD

El sistema de gestión de calidad cumplirá con la normativa ISO 9000. Afecta a procesos, recursos y personal. Se asegurará que los estándares de calidad se cumplen en todo momento.

Las pruebas serán llevadas a cabo por ASECOGEN S.A. que cuenta con un laboratorio de control de calidad certificado y tiene la capacidad de realizar todas las pruebas que se precisan.

5 Seguridad y salud

Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, al amparo de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, se incluye en el presente proyecto, el Estudio de Seguridad y Salud correspondiente para su ejecución.

6 Verificación y validación

De acuerdo con los sistemas de gestión certificados, se garantiza el correcto montaje verificado y validando la instalación y equipos mediante:

Pruebas en Vacío

Una vez finalizados los trabajos de obra civil y montaje electromecánico se procederá a la realización de las Pruebas en Vacío de la Instalación de acuerdo con las instrucciones técnicas correspondientes recogida en la normativa interna.

Pruebas en Tensión

Las Pruebas en Tensión tendrán por objeto comprobar la adecuación al uso de la instalación conforme a los criterios funcionales establecidos en el Proyecto.

7 Estudio de Seguridad y Salud

7.1 MEMORIA

7.1.1 Objeto de este Estudio

Este Estudio de Seguridad y Salud establece las medidas de Seguridad que deben adoptarse en los trabajos de explanación, obra civil y montaje electromecánico a realizar en la Sub. De Sancti-Spiritus y construcción de un nuevo parque de 220 kV. Facilitando la aplicación que la Dirección Facultativa debe realizar de tales medidas, conforme establece el R.D. 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad en las Obras de Construcción.

El presente Estudio de Seguridad y Salud Laboral tiene carácter obligatorio y contractual para todas las empresas que participan en el desarrollo de la Obra.

Este Estudio se incluye como anexo a todos los contratos firmados entre Red Eléctrica de España, S. A. y las Empresas Contratistas que intervengan en la Obra.

La Empresa Contratista quedará obligada a elaborar un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución de la Obra, las previsiones contenidas en este Estudio.

RED ELÉCTRICA se reserva el derecho de la interpretación última del Plan de Seguridad que se apruebe.

7.2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

7.2.1 Situación y Descripción de la Obra

La Subestación de Sancti-Spirtus está situada en el municipio con el mismo nombre, en la provincia de Badajoz.

Las condiciones climáticas y geotécnicas del punto de instalación son:

Altura del terreno 485 m

Tipo de Zona A

Temperaturas extremas -8°C / +42 °C

Velocidad máxima del viento 120 km/h

Contaminación ambiental Baja

Nivel de niebla Media

Publiometría Baja

La obra básicamente consiste en:

La construcción de un nuevo parque de 220 kV en configuración de doble barra.

La explanación del terreno para contener edificación, viales y vallado perimetral para el parque de 220 kV en configuración doble barra.

En el interior del edificio se colocara la aparamenta del tipo GIS. El parque contará con 6 líneas, 4 equipadas y otras dos sin equipar.

La equipación de las siguientes posiciones del parque:

La aparamenta que se instalará en el parque de 220 kV esta recogida y explicada más detalladamente en la memoria descriptiva del proyecto.

Para ello se procederá a realizar las siguientes actividades:

- La construcción de un Edificio destinado a albergar la aparamenta, los equipos de control y de maniobra de la instalación principal, así como los sistemas de alimentación de los servicios auxiliares.
- Se dispondrán las cajas de centralización para los transformadores de medida, así como para los circuitos de control y fuerza de las celdas a equipar.
- Se modificarán los Sistemas de Control, Telecomunicaciones, Protección y medida, instalando los BR's en sus salas de relés.
- Instalación de los servicios de c.a y c.c. de Servicios Auxiliares
- Instalación de las redes de tierras así como a la instalación de fuerza y alumbrado.

- Construcción de un cerramiento perimetral de parque.

7.2.2 Control de accesos

Dado que la situación de la subestación, está alejada de núcleos urbanos o zonas de paso, la presencia de personal ajeno a la obra es improbable. A pesar de ello, el cerramiento perimetral se realizará tan pronto como sea posible.

La parcela se encuentra vallada, por lo que no procede ninguna actuación en este campo.

En el portón de acceso se dispondrán señales informativas de riesgo.

7.2.3 Unidades constructivas que componen la Obra

Movimiento de tierras

Consiste en preparar el terreno a fin de disponerlo en condiciones para ubicar los elementos componentes de la subestación.

El movimiento de tierras abarcará la plataforma completa del parque de 220 kV, la zona del edificio y los accesos.

Básicamente se utilizará maquinaria pesada de explanación y retirada de tierras.

Acopio

Los materiales y equipos a instalar, provenientes de los suministradores se descargarán con medios mecánicos.

Se almacenarán en la campa situada en la propia subestación, en ubicación estable, apartado de las posiciones en construcción y donde no interfiera en el desarrollo posterior de los trabajos.

Drenajes y saneamientos

La red cubrirá todo el parque, incluidas las calles nuevas. Se realizará con tubo drenante en distribución que no produzca un efluente masivo. La zanja principal alcanzará en su punto más bajo una profundidad que se estima en 1,5 m.

7.2.4 Obra Civil

Consiste en la realización del edificio que contendrá toda la aparamenta, así como oficinas, aseo y demás estancias. Se construirá un muro cortafuegos alrededor.

Se dispondrá de zona de almacenaje de materiales de construcción en zona que no interfiera a los restantes trabajos y a las vías de circulación de vehículos.

La preparación de armaduras de encofrados se ubicará fuera las zonas de paso.

Canales de cables

Se diseñan para proteger los cables de control y fuerza en su recorrido desde los mandos de cada equipo a las casetas de relés y desde estas últimas hasta el edificio de control. Los canales de cables serán hormigonados in situ.

7.2.5 Montaje de estructuras y equipos

En esta fase se instalarán las estructuras soportantes de los equipos, los propios equipos y los embarrados de conexión.

Se planificarán las actividades de montaje de forma que no interfieran entre sí y especialmente se cuidará que no afecten a las de Obra Civil que aún persistan.

Las estructuras metálicas y soportes de la aparamenta se construirán con perfiles normalizados de alma llena.

Trabajos de cableado y trabajos en b.t

El tendido de cables de fuerza y control se realizará manualmente siguiendo el trazado marcado por los canales.

El montaje de los equipos de Control, Protecciones, Comunicaciones y Medidas se realizará simultáneamente a los trabajos de cableado.

Puesta en Servicio

Se prevé que la puesta en servicio se realice por fases terminadas conectando eléctricamente la nueva instalación a la red eléctrica.

Las líneas y equipos puestos en servicio se delimitarán y se aislarán, de forma que permitan la ejecución de las posteriores fases de trabajo.

7.2.5 Identificación de riesgos

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

- Las condiciones generales del trabajo, a las máquinas y equipos que se manejen, a las instalaciones próximas existentes y a los agentes físicos, químicos y biológicos que puedan existir.

- Las características de organización y control del trabajo que cada Empresa tiene establecidas, lo que influye en la magnitud de los riesgos.
- La inadecuación de los puestos de trabajo a las características de los trabajadores especialmente sensibles a ciertos riesgos.

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

No obstante se prevé que los riesgos que se pueden presentar son:

<i>Situaciones pomenorizadas de riesgo</i>	
Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el suelo, por pisar o tropezar con objetos, por existencia de vertidos o líquidos, por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.).
Caídas de personas a distinto nivel	Caída desde escaleras portátiles, desde andamios y plataformas temporales, desniveles, huecos, zanjas, taludes, desde estructuras pórticos.
Caídas de objetos	Caída por manipulación manual de objetos y herramientas o de elementos manipulados con aparatos elevadores.
Desprendimientos desplomes y derrumbes	Desprendimientos de elementos de montaje fijos, desplome de muros o hundimiento de zanjas o galerías
Choques y golpes	Choques contra objetos fijos, contra objetos móviles, golpes por herramientas manuales y eléctricas.
Maquinaria automotriz y vehículos	Atropello a peatones, choques y golpes entre vehículos, vuelco de vehículos y caída de cargas
Atrapamientos por mecanismos en movimiento	Atrapamientos por herramientas manuales, portátiles eléctricas. Atrapamientos por mecanismos en movimiento.
Cortes	Cortes por herramientas portátiles eléctricas o manuales y cortes por objetos superficiales o punzantes.
Proyecciones	Impacto por fragmentos, partículas sólidas o líquidas.
Contactos térmicos	Contactos con fluidos o sustancias calientes / fríos. Contacto con proyecciones.
Contactos químicos	Contacto con sustancias corrosivas, irritantes / alergizantes u otras.
Contactos eléctricos	Contactos directos, indirectos o descargas eléctricas
Arcos eléctricos	Calor, proyecciones o radiaciones no ionizantes.
Sobreesfuerzos	Esfuerzos al empujar, tirar de objetos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.
Explosiones	Máquinas, equipos y botellas de gases.
Incendios	Acumulación de material combustible. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables. Focos de ignición, proyecciones de chispas o partículas calientes.
Confinamiento	Golpes, choques, cortes o atrapamientos por espacio reducido. Dificultades para rescate.

<i>Situaciones pomenorizadas de riesgo</i>	
Tráfico	Choques entre vehículos o contra objetos fijos Atropello de peatones o en situaciones de trabajo Vuelco de vehículos por accidente de tráfico.
Agresión de animales	Picadura de insectos, ataque de perros o agresión por otros animales.
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor o al frío Cambios bruscos de temperatura.
Radiaciones no ionizantes	Exposición a radiación ultravioleta, infrarroja o visible.
Carga física	Movimientos repetitivos. Carga estática o postural (espacios de trabajo) o dinámica (actividad física). Condiciones climáticas exteriores.
Carga mental	Distribución de tiempos. Horario de trabajo

7.2.6 Organización de la Seguridad

Coordinador en Materia de Seguridad y Salud

Las tareas de Obra Civil y Montaje Electromecánico si bien estarán programadas en su mayor parte en periodos distintos, pueden que en algún momento interfieran entre sí, por lo que si así fuera sobre la base del Art. 3 del R.D. 1627, RED ELÉCTRICA en su calidad de Promotor procederá a nombrar Coordinador en Materia de Seguridad.

Jefes de Trabajo de las Empresas Contratistas

Las personas que ejerzan in situ las funciones Jefes dirigiendo y planificando las actividades de los operarios garantizarán que los trabajadores conocen los principios de acción preventiva y velarán por su aplicación.

Vigilante de Seguridad de la Empresa Contratista

La Empresa Contratista reflejará en el Plan de Seguridad el nombre de una persona de su organización que actuará como su Vigilante de Seguridad para los trabajos, bien a tiempo total o compartido, con formación en temas de Seguridad (cursillo, prueba, etc.) o con suficiente experiencia para desarrollar este cometido.

Quien actúe como Jefe de Obra organizará la labor del Vigilante y pondrá a su disposición los medios precisos para que pueda desarrollar las funciones preventivas.

7.2.7 Principios Generales aplicables durante la Ejecución de la Obra

De conformidad con la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios de la acción preventiva que se recogen en su artículo 15 se aplicarán durante la ejecución de la obra y en particular:

- Garantizar que solo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada pueden acceder a las zonas de riesgo grave o específico.
- Dar las debidas instrucciones a los empleados.
- El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.

- d) La manipulación de los distintos materiales y la utilización de los medios auxiliares.
- e) El mantenimiento de los medios y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra.
- f) La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de trabajo.
- g) La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- h) La adaptación, en función de la evolución de obra, del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- i) La cooperación entre RED ELÉCTRICA y el Contratista.

7.2.8 Formación

El personal de la Empresa Contratista que sea habitual en estos trabajos debe estar instruido en Seguridad. No obstante en las fechas inmediatas a la incorporación recibirá información específica acorde al trabajo que va a realizar

La empresa Contratista garantizará que el personal de sus Empresas Subcontratadas será informado del contenido del Plan de Seguridad.

Los operarios que realicen trabajos con riesgo eléctrico tendrán la categoría de “personal autorizado o cualificado” para las funciones que le asigna el R.D. 614/2001.

7.2.9 Medicina Preventiva

La Empresa Contratista queda obligada a aportar a la obra trabajadores con reconocimiento médico realizado. Si como consecuencia de este reconocimiento fuera aconsejable el cambio de puesto de trabajo, la Empresa Contratista queda obligada a realizarlo.

En cualquier momento RED ELÉCTRICA podrá solicitar certificados de estos reconocimientos.

7.2.10 Medios de Protección

Antes del inicio de los trabajos todo el material de seguridad estará disponible en la obra, tanto el de asignación personal como el de utilización colectiva.

Así mismo, todos los equipos de protección individual se ajustarán a lo indicado en el R.D. 773/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

7.2.11 Locales de descanso y servicios higiénicos

A tenor de lo establecido en el R.D. 486/1997 sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo y particularmente en su Anexo V, el Contratista dispondrá de los locales y servicios higiénicos necesarios

Si se utilizasen instalaciones permanentes existentes en la instalación, no será preciso dotar a la Obra de instalaciones temporales. Esta circunstancia será reflejada en el Plan de Seguridad.

7.2.11 Disposiciones de Emergencia

Vías de Evacuación

Dadas las características de la obra y del proyecto, al realizarse la actividad en el interior del edificio, se debe definir las vías de evacuación.

Si en la construcción del edificio estima la presencia de más de 30 trabajadores, se realizará un plano con las distintas vías de evacuación que serán definidas teniendo en cuenta el número de los posibles usuarios, que deberá instalarse en un lugar visible a la entrada del edificio. Además, se instalará señalización indicando las diferentes vías de emergencia con la mayor prontitud posible.

Cuando sea necesario, la decisión de la evacuación del lugar trabajo será tomada por el Coordinador de Seguridad, y en el caso de que no esté presente, del supervisor de REE. Siendo el punto de reunión el portón principal de entrada a la subestación.

Iluminación

Al tratarse de trabajos que se realizarán a la intemperie y en horario diurno, no será necesaria la instalación de alumbrado.

En el caso, que se realicen trabajos en horario nocturno, se instalará un sistema de alumbrado adecuado al trabajo que se va a realizar y que incluirá las vías de acceso los puntos de trabajo. Complementando al sistema de alumbrado se dispondrá de una alternativa de emergencia de suficiente intensidad (linternas o cualquier otro sistema portátil o fijo).

Instalaciones de suministro y reparto de energía

Se instalará un grupo electrógeno para el suministro de la energía eléctrica.

El suministro eléctrico se tomará de la red existente

Las instalaciones de suministro y reparto de energía en la obra deberán instalarse y utilizarse de manera que no entrañen peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén debidamente protegidas contra riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

Cuando se trate de instalaciones eléctricas el acceso a las partes activas de las mismas quedará limitado a trabajadores autorizados o cualificados.

Ventilación

No se prevé la necesidad de realizar controles de ventilación dado el tipo de obra.

En los trabajos en galerías, centros subterráneos, etc. Previo al acceso al recinto y durante su permanencia en el mismo, se procederá a las determinaciones higiénicas oportunas de la atmósfera confinada que posibiliten conocer si los valores de oxígeno son suficientes o si los niveles de contaminantes tóxicos o inflamables están por encima de los niveles máximos permitidos.

Los trabajos a realizar en este tipo de recintos deberán en todo momento tener vigilancia desde el exterior, con una comunicación continua entre los trabajadores que

permanezcan en el interior y exterior del recinto confinado. Tomándose todas las debidas precauciones para que se le pueda prestar auxilio eficaz e inmediato.

Dado que será necesario utilizar herramientas o máquinas que producen gases o vapores que reducen de forma peligrosa la concentración de oxígeno (<18%), y no esta asegurada una buena renovación del aire existente en el lugar de trabajo, se instalará un sistema de ventilación de aire limpio.

Al preverse la existencia de contaminantes inflamables, las herramientas a utilizar serán compatibles con el riesgo detectado (herramientas antideflagrantes).

Ambientes nocivos y factores atmosféricos:

Dado que se trata de un trabajo a la intemperie, la planificación de tareas que requieran un consumo metabólico alto se planificarán para que no coincidan con los periodos de temperatura extremos.

En caso de tormenta eléctrica se suspenderán los trabajos.

Los trabajadores no deberán estar expuestos a niveles sonoros nocivos ni a factores externos nocivos (gases, vapores, polvo,...), sin la protección adecuada.

Detección y lucha contra incendios:

No se prevé en la obra la existencia de carga térmica elevada, para facilitarlos se mantendrán adecuadas condiciones de orden y limpieza.

La Obra dispondrá de extintores la cantidad suficiente. Los extintores deberán situarse en lugares de fácil acceso.

No existirán B.I.E. Al no disponer el recinto de acometida de aguas.

El sistema de detección de incendios en casetas y edificio se instalará en cuanto el avance de la Obra lo permita.

Primeros auxilios

Todo el personal debe conocer que el número de solicitud de ayuda de primeros auxilios es el 112. La Administración dispondrá ayuda técnica o sanitaria que se solicite en dicho número.

La Empresa Contratista dispondrá de un botiquín de obra para prestar primeros auxilios. Se podrá hacer uso de los medios de primeros auxilios (camilla, elementos de cura, etc.) que exista en la Subestación. Asimismo deberá estar disponible en la obra un vehículo, para evacuar a un posible accidentado.

El Contratista expondrá, para conocimiento de todos sus trabajadores la dirección de los Centros de Asistencia más próximos.

7.2.12 Plan de seguridad

El Plan de Seguridad que elabore la Empresa adjudicataria de los trabajos debe establecer su forma particular de ejecutarlos, debe ser un documento ajustado a las situaciones de riesgos previsibles en la Obra

El Plan de Seguridad una vez aprobado debe ser el documento aplicable en Obra, para lo cual debe permanecer en poder del Jefe de Trabajo y del Coordinador de Seguridad.

7.3 PLIEGO DE CONDICIONES

7.3.1 Normativa legal de aplicación

La ejecución de la obra, objeto del Estudio de Seguridad, estará regulada por la normativa que a continuación se cita, siendo de obligado cumplimiento para las partes implicadas.

Ley 31/95 de 8 de Noviembre de Prevención de Riesgos Laborales

Ley 54/03 de 12 de Diciembre de reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.

R.D. 1627/97 de 24 de Octubre sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción

RD 171/04 de 30 Enero, por el que desarrolla el Art. 24 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.

R.D. 614/2001 de 8 de Junio sobre Disposiciones mínimas para la Protección de la Salud y Seguridad de los trabajadores frente al Riesgo Eléctrico

R.D. 486/97 de 14 de Abril sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en los Lugares de Trabajo

R.D. 487/97 de 14 de Abril sobre Manipulación Manual de Cargas

R.D. 773/97 de 30 de Mayo sobre Utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual

O.M. de 18 de Octubre de 1994. Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.

7.3.2 Normativa interna de Red Eléctrica

La ejecución de la Obra queda igualmente condicionada por la normativa de RED ELÉCTRICA que se referencia, a efectos de aspectos más generales que aplican a la Obra.

TM-001 Organización de la Seguridad en los Trabajos en instalaciones de A.T.

IM-002 Medidas de Seguridad en instalaciones de A.T. para trabajos sin tensión.

IM-013 Medidas de seguridad en trabajos en instalaciones de BT

AM-004 Aplicación de la línea de seguridad para trabajos en alturas

AM-005 Trabajos de manutención manual y mecánica

IC-003 Subcontratación por proveedores de Red Eléctrica a terceros

CAPÍTULO 2: CONDICIONES GENERALES

1.- ÁMBITO DE APLICACIÓN.

Este documento tiene por objeto establecer los requisitos de carácter ambiental que se deben cumplir en los trabajos de obra civil y montaje electromecánico que se van a realizar para la construcción de la subestación de 220 kV de Sancti-Spiritus, para minimizar los posibles impactos ambientales que puede conllevar el desarrollo de los trabajos de construcción.

El alcance de esta especificación comprende todos los trabajos de obra civil y montaje electromecánico de la subestación.

2.- REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL.

Se contemplará un estricto cumplimiento de los requisitos medioambientales legales que en cada momento establecidos en los distintos ámbitos: europeo, estatal, autonómico y municipal. Las Especificaciones Ambientales de Construcción de Subestaciones que regirán la ejecución de la obra indicarán todos los requisitos a cumplir en relación a los trabajos.

2.1.- Condicionados de los Organismos de la Administración.

Durante el proceso de Autorización Administrativa los organismos públicos y entidades que puedan ser afectadas por el desarrollo del proyecto emitirán los condicionados correspondientes que serán aplicados en el desarrollo de la ejecución de la obra.

2.2.- Áreas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible.

Para evitar que las zonas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible se dispongan sobre suelo desnudo o sin mecanismos de retención de posibles derrames, se contará con una bandeja metálica sobre la que se colocaran los recipientes que contengan combustible.

La bandeja será estanca, con un bordillo mínimo de 10 cm y con capacidad igual o mayor que la del mayor de los recipientes que se ubiquen en ella. Será necesario disponer de una lona para tapar la bandeja con el fin de evitar que en caso de lluvia se llene de agua, a no ser que el almacenamiento se realice bajo cubierta.

En el caso de que sea necesario disponer de grupos electrógenos, su tanque de almacenamiento principal deberá tener doble pared y todas las tuberías irán encamisadas. Si no es así se colocarán sobre bandeja estanca de las características anteriormente descritas.

2.3.- Cambios de aceites y grasas.

No se verterán aceites y grasas al suelo, por lo que se tomarán todas las medidas preventivas necesarias.

El cambio de aceites de la maquinaria se realizará en un taller autorizado. Si ello no fuera posible se efectuará sobre el terreno utilizando siempre los accesorios necesarios (recipiente de recogida de aceite y superficie impermeable) para evitar posibles vertidos al suelo.

2.4.- Campamento de obra.

El campamento de obra dispondrá de los contenedores necesarios para los residuos sólidos urbanos que generen las personas que trabajan en la obra.

No serán utilizadas fosas sépticas/pozos filtrantes en la instalación sin autorización de la Confederación Hidrográfica correspondiente. Preferentemente se usarán depósitos estancos de acumulación o de wáter químico, que serán desmontados una vez hayan finalizados los trabajos. El mantenimiento de estos sistemas será el adecuado para evitar olores y molestias en el entorno de los trabajos.

2.5.- Gestión de residuos.

La gestión de los residuos se realizará conforme a la legislación específica vigente. Será según lo establecido en los siguientes documentos:

- Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición. Incluido como anexo al presente documento.
- Plan de gestión de residuos de construcción y demolición: Entregado por el contratista, aprobado por la dirección facultativa y aceptado por el Departamento de Medio Ambiente de REE.

2.6.- Incidentes con consecuencias ambientales.

Se consideran incidencias medioambientales aquellas situaciones que por su posible afección al medio requieren actuaciones de emergencia.

Los principales incidentes que pueden tener lugar son incendios y fugas/derrames de material contaminante.

El riesgo de incendios viene asociado principalmente al almacenamiento y manipulación de productos inflamables. Se establecerán todas las medidas de prevención de incendios y se prestará especial atención para que los productos inflamables no entren en contacto con fuentes de calor: trabajo de soldaduras, recalentamiento de máquinas, cigarros etc. En el lugar de trabajo se contará con los extintores adecuados.

Además de las medidas de prevención de fugas y derrames (descritas en apartados anteriores) se contará en obra con los materiales necesarios para la actuación frente a derrames de sustancias potencialmente contaminantes.

3.- REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LOS MOVIMIENTOS DE TIERRAS

3.1.- Zonificación de los trabajos

Antes de comenzar los trabajos se realizará una zonificación para ordenar el tránsito de la maquinaria y delimitar las zonas afectadas por las obras.

Las zonas definidas se deben señalar de forma temporal mediante estacas o cintas de plástico de colores vistosos.

3.2. - Accesos

Sólo se utilizará el acceso definido, minimizando la afección a los terrenos colindantes.

El tratamiento superficial de los accesos auxiliares será mínimo, evitando realizar explanaciones de ningún tipo y usando maquinaria ligera, de forma que se posibilite una fácil regeneración natural o artificial.

Para reducir al mínimo las posibles alteraciones de la red de drenaje y con el fin de evitar la interrupción de las aguas de escorrentía, se procederá a entubar los drenajes afectados.

3.3.- Retirada de la cubierta vegetal

Se respetarán todos los ejemplares arbóreos que no sean incompatibles con el desarrollo del proyecto de la subestación. Para todas las labores de obra que afecten a arbolado se obtendrán los permisos pertinentes, de los órganos ambientales competentes, atendiendo en todo momento a las instrucciones que dicten estos organismos.

3.4.- Patrimonio cultural

Si durante la ejecución de las obras apareciesen restos arqueológicos y/o paleontológicos, se informará a las autoridades competentes y se pararán los trabajos hasta la adopción de las medidas oportunas.

3.5.- Movimientos de tierra para la explanación

Al inicio de los trabajos se procederá a la retirada de la tierra vegetal, para su posterior reutilización, de forma que ésta no se mezcle con sustratos profundos o que quede sepultada por acumular sobre ella tierra de menor calidad.

La tierra vegetal se acumulará en zonas no afectadas por los movimientos de tierra hasta que se proceda a su disposición definitiva y se realizará de tal modo que no pierda sus características (altura máxima de los acopios de 2 metros).

Se evitará que en los movimientos de tierras se produzcan acumulaciones de materiales en los cauces y zonas de policía de estos, facilitando la continuidad de las aguas.

Se señalará adecuadamente la salida de camiones de las obras, procurando que se mantenga la limpieza de polvo y barro de las vías y carreteras aledañas para la seguridad de los usuarios.

Durante la realización de la explanación del parque, se evitará en lo posible la compactación de los suelos no afectados por ésta, limitando al máximo las zonas en las que vaya a entrar maquinaria pesada.

En los casos en que sea preciso el aporte de materiales de excavación ajenos a la zona de la subestación, se procurará evitar los vertidos de éstos sobre los suelos circundantes de la explanación.

4.- REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL.

Limpieza de cubas de hormigonado

Se delimitará y señalizará de forma clara una zona para la limpieza de las cubas de hormigonado para evitar vertidos de este tipo en las proximidades de la subestación. La zona será regenerada una vez finalizada la obra, llevándose los residuos a vertedero controlado y devolviéndola a su estado y forma inicial.

5.- REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

5.1.- Llenado de equipos con aceite.

Cuando se llenan de aceite las máquinas de potencia se tomarán las máximas precauciones para evitar posibles accidentes con consecuencias medioambientales.

No se comenzará el llenado de equipos hasta que no estén operativos los fosos de recogida de aceite.

Como complemento y para evitar un accidente, debajo de todos los empalmes de tubos utilizados en la maniobra se deberán situar recipientes preparados para la recogida de posibles pérdidas, con el tamaño suficiente para evitar vertidos al suelo.

5.2.- Llenado de equipos con SF₆

El llenado de equipos con SF₆ se llevará a cabo por personal especializado, evitándose así fugas de gas a la atmósfera. Las botellas de SF₆ (vacías y con SF₆ que no se ha

utilizado en el llenado) serán retiradas por el proveedor para garantizar la adecuada gestión de las mismas.

6.- ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA.

Una vez finalizados todos los trabajos se realizará una revisión del estado de limpieza y conservación del entorno de la subestación, con el fin de proceder a la recogida de restos de todo tipo que pudieran haber quedado acumulados y gestionarlos adecuadamente.

Se procederá a la rehabilitación de todos los daños ocasionados sobre las propiedades derivados de la ejecución de los trabajos.

Se revisará la situación de todas las servidumbres previamente existentes y el cumplimiento de los acuerdos adoptados con particulares y administración, acometiendo las medidas correctoras que fueran precisas si se detectan carencias o incumplimientos.

Donde sea viable, se restituirá la forma y aspecto originales del terreno.

De forma inmediata a la finalización de la obra y en el caso que sea necesario, se revegetarán las superficies desprovistas de vegetación que pudieran estar expuestas a procesos erosivos y si así se ha definido, se realizarán los trabajos de integración paisajística de la instalación.

DOCUMENTO 4: PRESUPUESTOS

1 MEDICIONES

Aparamenta de la subestación	Concepto	Mediciones	Unidad
Juego de barras de la serie ELK-14 de 300kV de ABB	Producción	6	Uds.
	Transporte	6	Uds.
	Instalación	6	Uds.
Transformador de tensión de la serie ELK-14 para medida de ABB	Producción	18	Uds.
	Transporte	18	Uds.
	Instalación	18	Uds.
Seccionador de puesta a tierra de la serie ELK-14 de ABB	Producción	72	Uds.
	Transporte	72	Uds.
	Instalación	72	Uds.
Interruptor de 63 kA, 300 kV de la serie ELK-14 de ABB	Producción	15	Uds.
	Transporte	15	Uds.
	Instalación	15	Uds.
Transformador de intensidad para protección y medida de la serie ELK-14 de ABB	Producción	15	Uds.
	Transporte	15	Uds.
	Instalación	15	Uds.
Conductor para la red de tierras			
Cable de cobre de 70 mm2	Producción	18.055,55	m
	Transporte	18.055,55	m
	Instalación	18.055,55	m
Obra civil			
Movimiento de tierras		4.500	m3
Cimentado y allanado		4.500	m3
Terreno		34.287	m2
Acceso desde la carretera		50	m
Edificación	Estructura	846,9	m2
	Albañilería	846,9	m2
Servicios de control y servicios auxiliares			
Grupo electrogeno V440C2 de SDMO 400/230 V	Producción	1	Uds.
	Transporte	1	Uds.
	Instalación	1	Uds.
Baterías Ni-CD modelo SBM de SAFT BATTERIES 48 Vcc	Producción	2	Uds.
	Transporte	2	Uds.
	Instalación	2	Uds.
Baterías Ni-CD modelo SBM de SAFT BATTERIES 125 Vcc	Producción	2	Uds.
	Transporte	2	Uds.
	Instalación	2	Uds.
Rectificadores modelo MIT NG 3 del fabricante SAFT	Producción	2	Uds.
	Transporte	2	Uds.

Transformador para los Servicios Auxiliares de 250 kVA	Instalación	2	Uds.
	Producción	1	Uds.
	Transporte	1	Uds.
	Instalación	1	Uds.
Equipamiento de control y telemando (PLCs y fibra óptica)	Producción	1	Uds.
	Transporte	1	Uds.
	Instalación	1	Uds.
Pruebas previas a la puesta en servicio			
Medida de la RPAT y de las tensiones de paso y de contacto	Prueba	1	Uds.
Prueba dieléctrica del circuito principal a findustrial	Prueba	1	Uds.
Verificación del sistema de estanquidad del SF6.	Prueba	1	Uds.
Medida de los niveles de presión y calidad			
Pruebas funcionales eléctricas y mecánicas de la paramenta	Prueba	1	Uds.
Prueba de los equipos de medida y de protección	Prueba	1	Uds.
Otras tasas			
Precio de las licencias		1	Uds.
Tasas autonómicas y municipales		1	Uds.
Vigilancia, seguridad e higiene		1	Uds.

2 PRECIOS UNITARIOS

Aparamenta de la subestación	Concepto	Precios unitarios	Unidad
Juego de barras de la serie ELK-14 de 300kV de ABB	Producción	32.335,89	€/Ud
	Transporte	503,00	€/Ud
	Instalación	460,00	€/Ud
Transformador de tensión de la serie ELK-14 para medida de ABB	Producción	15.128,30	€/Ud
	Transporte	503,00	€/Ud
	Instalación	460,00	€/Ud
Seccionador de puesta a tierra de la serie ELK-14 de ABB	Producción	31.643,28	€/Ud
	Transporte	503,00	€/Ud
	Instalación	460,00	€/Ud
Interruptor de 63 kA, 300 kV de la serie ELK-14 de ABB	Producción	35.452,40	€/Ud
	Transporte	503,00	€/Ud
	Instalación	460,00	€/Ud
Transformador de intensidad para protección y medida de la serie ELK-14 de ABB	Producción	20.753,40	€/Ud
	Transporte	503,00	€/Ud
	Instalación	460,00	€/Ud
Conductor para la red de tierras			
Cable de cobre de 70 mm2	Producción	13,64	€/m
	Transporte	0,35	€/m
	Instalación	1,28	€/m
Obra civil			
Movimiento de tierras		2,35	€/m3
Cimentado y allanado		7,00	€/m3
Terreno		1,22	€/m2
Acceso desde la carretera		5,25	€/m
Edificación	Estructura	300,00	€/m2
	Albañilería	32,50	€/m2
Servicios de control y servicios auxiliares			
Grupo electrogeno V440C2 de SDMO 400/230 V	Producción	25.500,00	€/ud
	Transporte	180,00	€/ud
	Instalación	200,00	€/ud
Baterías Ni-CD modelo SBM de SAFT BATTERIES 48 Vcc	Producción	4.767,78	€/ud
	Transporte	150,00	€/ud
	Instalación	200,00	€/ud
Baterías Ni-CD modelo SBM de SAFT BATTERIES 125 Vcc	Producción	3.011,66	€/ud
	Transporte	150,00	€/ud
	Instalación	200,00	€/ud
Rectificadores modelo MIT NG 3 del fabricante SAFT	Producción	7.650,14	€/ud
	Transporte	150,00	€/ud

Transformador para los Servicios Auxiliares de 250 kVA	Instalación	200,00	€/ud
	Producción	16.700,00	€/ud
	Transporte	600,00	€/ud
Equipamiento de control y telemando (PLCs y fibra optica)	Instalación	500,00	€/ud
	Producción	200.000,00	€/ud
	Transporte	1.200,00	€/ud
	Instalación	7.000,00	€/ud
Pruebas previas a la puesta en servicio			
Medida de la RPAT y de las tensiones de paso y de contacto	Prueba	17.000,00	
Prueba dieléctrica del circuito principal a findustrial	Prueba	100.000,00	€/ud
Verificación del sistema de estanquidad del SF6.	Prueba	23.000,00	
Medida de los niveles de presión y calidad			€/ud
Pruebas funcionales eléctricas y mecánicas de la paramenta	Prueba	55.000,00	€/ud
Prueba de los equipos de medida y de protección	Prueba	30.000,00	€/ud
Otras tasas			
Precio de las licencias		350.000,00	€/ud
Tasas autonomias y municipales		500.000,00	€/ud
Vigilancia, seguridad e higiene		30.000,00	€/ud

3 SUMAS PARCIALES

Aparamenta de la subestación	Concepto	Mediciones	Unidad
Juego de barras de la serie ELK-14 de 300kV de ABB	Producción	194.015,34	€
	Transporte	3.018,00	€
	Instalación	2.760,00	€
Transformador de tensión de la serie ELK-14 para medida de ABB	Producción	272.309,40	€
	Transporte	9.054,00	€
	Instalación	8.280,00	€
Seccionador de puesta a tierra de la serie ELK-14 de ABB	Producción	2.278.316,16	€
	Transporte	36.216,00	€
	Instalación	33.120,00	€
Interruptor de 63 kA, 300 kV de la serie ELK-14 de ABB	Producción	531.786,00	€
	Transporte	7.545,00	€
	Instalación	6.900,00	€
Transformador de intensidad para protección y medida de la serie ELK-14 de ABB	Producción	311.301,00	€
	Transporte	7.545,00	€
	Instalación	6.900,00	€
Conductor para la red de tierras			
Cable de cobre de 70 mm2	Producción	246.277,70	€
	Transporte	6.319,44	€
	Instalación	23.111,10	€
Obra civil			
Movimiento de tierras		10.575,00	€
Cimentado y allanado		31.500,00	€
Terreno		41.830,14	€
Acceso desde la carretera		262,50	€
Edificación	Estructura	254.070,00	€
	Albañilería	27.524,25	€
Servicios de control y servicios auxiliares			
Grupo electrogeno V440C2 de SDMO 400/230 V	Producción	25.500,00	€
	Transporte	180,00	€
	Instalación	200,00	€
Baterías Ni-CD modelo SBM de SAFT BATTERIES 48 Vcc	Producción	9.535,56	€
	Transporte	300,00	€
	Instalación	400,00	€
Baterías Ni-CD modelo SBM de SAFT BATTERIES 125 Vcc	Producción	6.023,32	€
	Transporte	300,00	€
	Instalación	400,00	€
Rectificadores modelo MIT NG 3 del fabricante SAFT	Producción	15.300,28	€
	Transporte	300,00	€
	Instalación	400,00	€

Transformador para los Servicios Auxiliares de 250 kVA	Producción	16.700,00	€
	Transporte	600,00	€
	Instalación	500,00	€
Equipamiento de control y telemando (PLCs y fibra óptica)	Producción	200.000,00	€
	Transporte	1.200,00	€
	Instalación	7.000,00	€
Pruebas previas a la puesta en servicio			
Medida de la RPAT y de las tensiones de paso y de contacto	Prueba	17.000,00	€
Prueba dieléctrica del circuito principal a findustrial	Prueba	100.000,00	€
Verificación del sistema de estanquidad del SF6.	Prueba	23.000,00	€
Medida de los niveles de presión y calidad			
Pruebas funcionales eléctricas y mecánicas de la paramenta	Prueba	55.000,00	€
Prueba de los equipos de medida y de protección	Prueba	30.000,00	€
Otras tasas			
Precio de las licencias		350.000,00	€
Tasas autonómicas y municipales		500.000,00	€
Vigilancia, seguridad e higiene		30.000,00	€

4 PRESUPUESTO GENERAL

Concepto	Valor	Unidad
Aparamenta	3.889.065,90	€
Red de tierras	275.708,25	€
Obra civil	365.761,89	€
Servicios de control y servicios auxiliares	284.839,16	€
Pruebas de funcionamiento	225.000,00	€
Otras tasas	880.000,00	€
TOTAL	5.740.375,20	€
TOTAL (con 21% de IVA)	6.945.853,99	€