



TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DE
AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE
SANTA PONSA (BALEARES) PARA LA INSTALACIÓN DE
UN SEGUNDO COMPENSADOR SÍNCRONO

Autor: María de los Reyes Marroig Corripio

Director: Matías Sánchez Mingarro

Madrid

2024

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

Proyecto técnico administrativo de ampliación de la subestación eléctrica de Santa Ponsa (Balears) para la instalación de un segundo compensador síncrono

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2023/2024 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.: María de los Reyes Marroig Corripio

Fecha: 29 / 08 / 2024

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Matías Sánchez Mingarro

Fecha: 29 / 08 / 2024



TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DE
AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACION ELÉCTRICA DE
SANTA PONSA (BALEARES) PARA LA INSTALACION DE
UN SEGUNDO COMPENSADOR SÍNCRONO

Autor: María de los Reyes Marroig Corripio

Director: Matías Sánchez Mingarro

Madrid

2024

AGRADECIMIENTOS:

A mi familia y amigos.

PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO DE LA AMPLIACIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE SANTA PONSA (BALEARES) PARA LA INSTALACIÓN DE UN SEGUNDO COMPENSADOR SÍNCRONO.

Autor: Marroig Corripio, María de los Reyes.

Director: Sánchez Mingarro, Matías.

Entidad Colaboradora: Comillas, ICAI.

RESUMEN DEL PROYECTO

Este trabajo fin de grado (TFG) diseña la memoria técnica y la documentación adicional para obtener una autorización administrativa que haga viable la instalación de un segundo compensador síncrono en la subestación eléctrica de Santa Ponsa (Mallorca). La ampliación de las subestaciones eléctricas y en concreto la que ocupa este TFG, forma parte de un plan estratégico del Gobierno para impulsar las energías renovables, ofrecer un suministro de electricidad más robusto y resiliente y mayor bienestar y riqueza para los territorios. La instalación de un segundo compensador síncrono, en concreto uno de la empresa ABB, completará el “Refuerzo de la Interconexión Eléctrica Península- Islas Baleares”, y está incluido en la Planificación Eléctrica del Gobierno de España 2021-2026. Con ello se atenderán mejor los desafíos significativos para la gestión y estabilidad de la red. El trabajo presenta la parte de media tensión, es decir, la conexión del compensador síncrono al transformador de potencia para la conexión a la red de 220 kV. Para ello se realiza un estudio del terreno, se selecciona la apartamenta de media tensión (15 kV) que será de exterior (AIS) para conectar el compensador síncrono al transformador principal de conexión a la red., se elige el transformador de conexión de los servicios auxiliares a conectar a la red de 15kV en el lado de baja del transformador principal y por último un tercer transformador para el sistema de excitación del compensador síncrono, que de igual manera se conectará a la red de 15 kV a la salida del transformador de potencia y alimenta el sistema de electrónica de potencia y la excitatriz del compensador síncrono. El TFG tendrá un apartado de cálculos para la red de tierras inferiores y superiores, la cual se conectará a la red de mallas de la subestación principal del parque de 220 kV. No se puede estudiar de manera directa los beneficios económicos del proyecto siendo las ganancias por la instalación de un compensador síncrono ganancias indirectas, solo observables en materia de estabilidad de la

red y desconexión de fuentes de energías no renovables entre otros, pero se elabora un presupuesto de los costes del proyecto. Para llevar a cabo la instalación del compensador síncrono la aparamenta de media tensión (AIS) a 15 kV, necesaria será la siguiente:

APARAMENTA	Modelo	Empresa
Transformador de conexión a la red	Transformador de aceite 220 kV	Rockwill
Transformador de intensidad	SERIE CXD-24	Arteche
Interruptor	GMCB	HITACHI
Seccionador de puesta a tierra	EJ	ELECTROTAZ
Seccionador trifásico de línea	GTMS-DAS	Hubbell Power System
Pararrayos	PDC 3.1	INGESCO

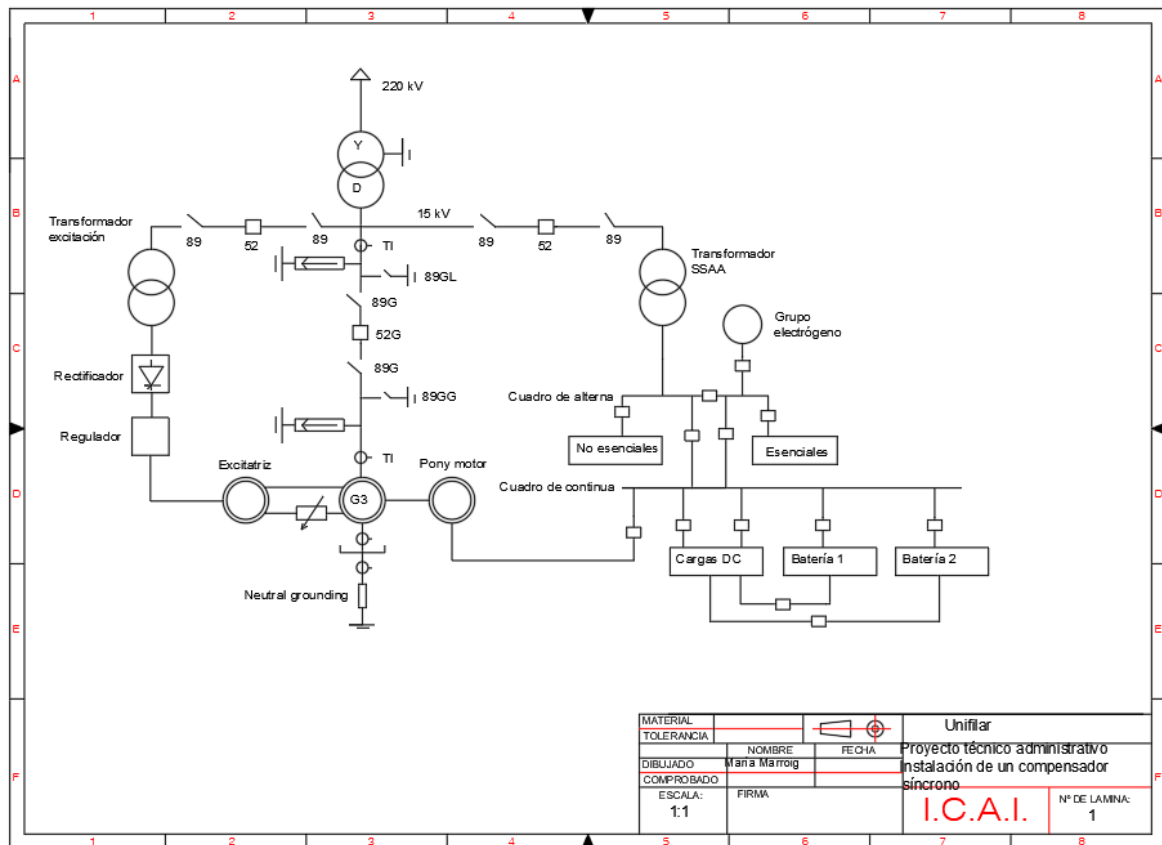
En el TFG se presentan los planos del emplazamiento, situación, terreno de instalación, el diagrama unifilar, donde se representan el compensador síncrono, la aparamenta y el transformador, así como el sistema de excitación y los sistemas auxiliares que alimentan al propio Pony motor del compensador síncrono. Se incluye también un plano del alzado, la planta y un plano del diseño arquitectónico del edificio de control y sistemas auxiliares.

Tenemos un edificio principal que contiene al compensador síncrono y al transformador auxiliar de excitación y un edificio adyacente que cuenta con la sala de control, la sala de servicios auxiliares, dos aseos y una oficina. La aparamenta será de exterior (AIS) al igual que el transformador principal de potencia para la conexión a la red de 220 kV. Los servicios auxiliares se alimentarán a tensión alterna y a tensión continua (125 Vcc y 48 Vcc). El sistema de corriente de 125 Vcc alimentará al alumbrado de emergencia, parte del circuito de fuerza y los relés de protección, mientras que el sistema de 48 Vcc alimentará a los circuitos de telecontrol, Telegestión y los de comunicación. El sistema de alimentación en continua también alimentará el pony motor del compensador síncrono y sus sistemas de lubricación puesto que ante faltas o desconexiones en la red debe seguir proporcionándose lubricación al compensador para evitar las fallas por rozamiento.

La instalación contará un sistema de control, un sistema de protecciones, un sistema de excitación de la excitatriz del compensador síncrono, sistema de alumbrado exterior, interior y de emergencia, un sistema contra incendios y un sistema de anti-intrusismo. Para el control remoto y local se instalarán cuadros REC 670 de la empresa HITACHI

El sistema de excitación del compensador síncrono se conectará a la corriente alterna a través de su propio transformador de excitación, el cual proporciona aislamiento eléctrico y protección contra sobretensiones y por medio de un sistema de electrónica de potencia

posteriormente alimenta a la excitatriz. Se ubican pararrayos para que junto con las puntas Franklin protejan el complejo,
Los planos del unifilar se representan a continuación:



Es posible instalar el segundo compensador en la parcela elegida, que está “valla con valla” con la subestación, parque de 220 kV. Dada la orografía de la parcela y la humedad del subsuelo, la obra civil para el segundo compensador síncrono hace necesaria una explanación del terreno y el movimiento de las tierras, e instalar una malla para la red de tierras inferiores y una red de drenaje, la malla enterrada a 0,6 m de profundidad y la cual cubriría todo el terreno de estudio y como red de tierras superiores se instalarán 40 puntas Franklin y los pararrayos. Una vez seleccionados los equipos más adecuados para la eficiencia de la aparamenta, así como los gastos de ejecución completa de la obra, hemos obtenido un presupuesto de **doce millones setecientos cinco mil ochocientos treinta y tres euros con veintisiete céntimos.**

Palabras clave: compensador síncrono, subestación eléctrica, energía, red eléctrica balear

ADMINISTRATIVE TECHNICAL PROJECT FOR THE EXPANSION OF THE SANTA PONSA ELECTRICAL SUBSTATION (BALEARIC ISLANDS) FOR INSTALLATION OF A SECOND SYNCHRONOUS COMPENSATOR.

Author: Marroig Corripio, María de los Reyes.

Director: Sánchez Mingarro, Matías.

Collaborating Entity: Comillas, ICAI.

PROJECT SUMMARY

This final degree project (TFG) designs the technical report and additional documentation necessary to obtain administrative authorization for the installation of a second synchronous compensator at the Santa Ponsa electrical substation (Mallorca). The expansion of the electrical substations, specifically the one covered in this TFG, is part of a strategic plan by the Government to promote renewable energies, provide a more robust and resilient electricity supply, and bring greater well-being and wealth to the regions. The installation of a second synchronous compensator, specifically one from ABB, will complete the “Reinforcement of the Peninsular-Balearic Islands Electrical Interconnection”, and is included in the Spanish Government Electrical Planning for 2021-2026. This will better address significant challenges for network management and stability. The project presents the medium voltage part, the connection of the synchronous compensator to the network connection transformer. For this purpose, a site study will be conducted. The choice of outdoor (AIS) medium voltage electrical equipment necessary to connect the synchronous compensator to the main network connection transformer and this transformer will also be made. Additionally, the selection of the auxiliary services connection transformer, which will connect to the 15 kV network after the main transformer, and lastly, a third transformer will be required for the excitation system of the synchronous compensator, which will similarly connect to the 15 kV network and power the power electronics system and the synchronous compensator’s exciter.

The TFG includes a section for calculations of the lower and upper grounding networks, which will connect to the main 220 kV substation’s mesh network. The economic benefits of the project cannot be directly studied as the gains from installing a synchronous

compensator are indirect, only observable in terms of grid stability and disconnection from non-renewable energy sources, among others. However, a cost estimate of the project will be provided. To carry out the installation of the synchronous compensator, the necessary 15 kV medium voltage (AIS) electrical equipment will be as follows:

APARAMENTO	Modelo	Empresa
Transformador de conexión a la red	Transformador de aceite 220 kV	Rockwill
Transformador de intensidad	SERIE CXD-24	Arteche
Interruptor	GMCB	HITACHI
Seccionador de puesta a tierra	EJ	ELECTROTAZ
Seccionador trifásico de línea	GTMS-DAS	Hubbell Power System
Pararrayos	PDC 3.1	INGESCO

The site plans, location, installation terrain, single-line diagram representing not only the synchronous compensator, electrical equipment, and transformer but also the excitation system and auxiliary systems, whose DC system feeds the synchronous compensator's Pony motor, are presented. An elevation plan, the layout, and an architectural design of the control building and auxiliary systems are also included.

We have a main building housing the synchronous compensator and the auxiliary excitation transformer, and a adjacent building with the control room, auxiliary services room, a restroom, and an office. The switchgear will be external (AIS) as will the main grid connection transformer.

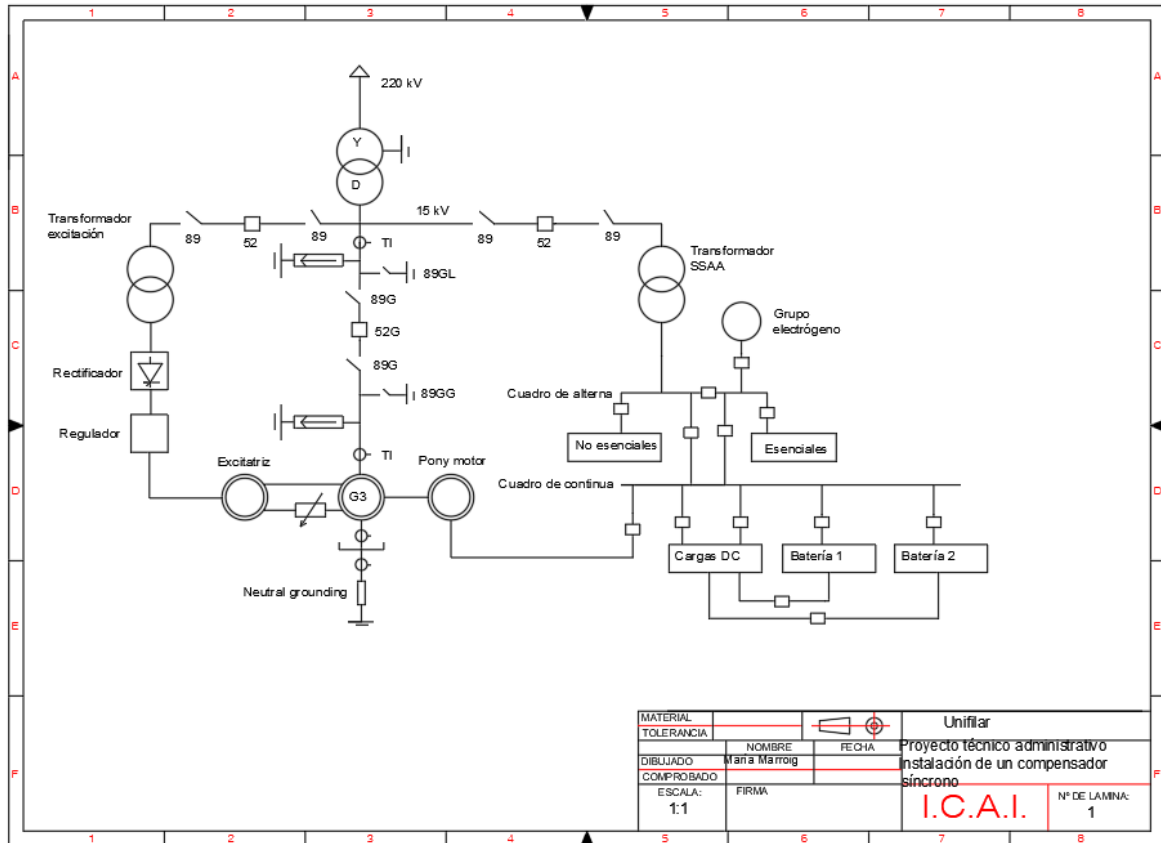
The auxiliary services will be powered by both AC and DC (125 Vdc and 48 Vdc). The 125 Vdc system will power emergency lighting, part of the power circuit, and protection relays, while the 48 Vdc system will power telecontrol, tele management, and communication circuits. The DC power system will also power the synchronous compensator's pony motor and lubrication systems, as lubrication must continue to be provided to the compensator in case of faults or disconnections in the network to avoid friction failures.

The installation will include a control system, synchronous compensator exciter excitation system, exterior, interior, and emergency lighting system, fire protection system, and anti-intrusion system. REC 670 panels from HITACHI will be installed for remote and local control.

The excitation system of the synchronous compensator will connect to the AC power through its own excitation transformer, which provides electrical isolation and protection against overvoltage. It subsequently powers the exciter through a power electronics system.

Lightning rods will be installed to protect the complex along with Franklin rods.

The single-line diagram is represented below:



It is possible to install the second compensator in the chosen plot, which is adjacent to the 220 kV substation park. Given the topography of the plot and the subsurface moisture, the civil works for the second synchronous compensator require land leveling and earthmoving, and installing a mesh for the lower grounding network and a drainage network, the lower grounding is buried at 0,6 m depth, covering the entire study area. For the upper grounding network, 40 Franklin rods will be installed. Once the most suitable equipment for switchgear efficiency and the total project execution costs are selected, a budget of **twelve million seven hundred five thousand eight hundred thirty-three euros and twenty-seven cents**.

Keywords: synchronous compensator, electrical substation, energy, Balearic Electrical Network.

Índice: V

1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE	19
2. MEMORIA DESCRIPTIVA	26
2.1 Descripción del proyecto	26
2.2 Alineación con los objetivos de desarrollo sostenible:.....	27
2.3 Antecedentes e hipótesis de diseño	28
2.3.1. Antecedentes	28
2.3.2. Hipótesis de diseño.....	29
2.4 Descripción de la subestación	30
2.4.1. Emplazamiento	30
2.4.2. Condiciones ambientales.....	30
2.4.3. Estudio del terreno	33
2.4.4. Planificación:	37
2.5 Sistema eléctrico.....	37
2.5.1. Esquema unifilar	37
2.5.2. Aparamenta	37
2.5.3. Características de la apartamenta:	39
2.6 Red de tierras.....	41
2.6.1. Red de tierras inferiores.....	41
2.6.2. Red de tierras superiores.....	42
2.7 Sistemas secundarios.....	43
2.7.1. Sistemas de protección	43
2.7.2. Sistema de excitación:	46
2.7.3. Servicios auxiliares	47
2.7.4. Sistemas de control, medidas y telecontrol	48
2.7.5. Sistemas de alumbrado, contra incendios y anti-intrusismo	50
2.8 Estructura metálica	51
2.9 Obra civil.....	52
2.9.1. Descripción general	52
2.9.2. Drenajes	52
2.9.3. Cimentaciones y viales	52

2.9.4. Accesos	53
2.9.5. Edificios y casetas	53
2.9.6. Cerramiento.....	54
3. CÁLCULOS.....	56
3.1 Objeto	56
3.2 Puesta a tierra	56
3.3 Red de tierras inferiores	57
3.3.1. Valor de la resistividad del terreno.....	57
3.3.2. Cálculo de los valores máximos de tensión de paso y de contacto.	58
3.3.3. Cálculo de las resistividades aparentes superficiales:.....	62
3.3.4. Resistencia de puesta a tierra.....	64
3.3.5. Intensidad de defecto a tierra.....	65
3.3.6. Evaluación de las tensiones de paso y de contacto:.....	65
3.3.7. Conclusiones.....	69
3.4. Red de tierras superiores	69
3.4.1. Objeto:	69
3.4.2. Método de la esfera rodante -“modelo geométrico-eléctrico”	70
4. ESTUDIO ECONÓMICO.....	75
5. ANEJOS.....	77
5.1. Compensador síncrono	77
5.2. Transformador de tensión de conexión a la red.....	79
5.3. Transformador de intensidad.....	80
5.4. Interruptor:	82
5.5. Seccionador de línea.....	83
5.6. Seccionador de puesta a tierra :.....	84
5.7. Pararrayos.....	86
5.8. BAY control REC670	88
5.9. Transformador de tensión para el sistema de excitación.....	90
5.10. Transformador de tensión para servicios auxiliares	91
6. PLANOS	94

6.1. Plano del emplazamiento:	95
6.2. Plano de la situación:.....	96
6.3. Plano de la parcela:.....	97
6.4. Unifilar :	98
6.5. Alzado:	99
6.6. Planta general	100
6.7. Edificio de control y servicios auxiliares:	101
7. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	103
7.1. objeto	103
7.2. Normativa aplicable.	104
7.2.1. Normativa sobre el sector eléctrico, calidad y seguridad industrial	104
7.2.2. Normativa sobre condición de los trabajadores, riesgos laborales y medioambiente	105
7.2.3. Normas y estándares técnicos	106
7.2.4. Resoluciones administrativas	106
7.3. Gestión de la calidad	107
7.4. Gestión medioambiental.....	107
7.5. Seguridad en el trabajo.	107
7.6. Verificación y validación.	107
7.7. Estudio de seguridad y salud.	108
7.7.1. Memoria:	108
7.7.2. Situación y descripción de la obra:	108
7.7.3. Control de accesos:	109
7.7.4. Movimiento de tierras.....	109
7.7.5. Obra civil.....	110
7.7.6. Montaje de estructuras y equipo	111
7.7.7. Identificación de riesgos.....	111
7.7.8. Locales de descanso y servicios higiénicos.....	116
7.7.9. Disposiciones de emergencia	117
7.8. Plan de seguridad.....	119
7.9. Requisitos ambientales, técnicos y particulares	119
7.9.1. Ámbito de aplicación.....	119
7.9.2. Requisitos de carácter general.....	120

7.9.3. Condicionados de los organismos de la administración.....	120
7.9.4. Áreas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible	120
7.9.5. Cambios de aceites y grasas.....	120
7.9.6. Campamento de la obra	121
7.9.7. Estudio de la gestión de residuos	121
7.9.8. Incidentes con consecuencias ambientales.....	126
7.9.9. Requisitos específicos para la obra civil.....	126
7.9.10. Acondicionamiento final de la obra	127
8. PRESUPUESTO.....	130
BIBLIOGRAFIA	134

Índice de figuras:

Figura 1: Esquema de funcionamiento de un compensador síncrono	21
Figura 2: Compensador síncrono.....	21
Figura 3: Relación entre la corriente de campo y la corriente del estator	22
Figura 4: Compensador síncrono de la empresa ABB	23
Figura 5: Clasificación de Koppen	31
Figura 6: Climograma precipitaciones y temperatura media.....	31
Figura 7: Plano del terreno	33
Figura 8: Pendiente NNW- SSE	34
Figura 9: Pendiente SO- NE	34
Figura 10: Esquema de las zonas de protección de la posición.....	43
Figura 11: Representación de la tensión de paso.....	59
Figura 12: Representación de la tensión de contacto	59
Figura 13: valores admisibles de la tensión de contacto en función de la duración de la corriente de falta	60
Figura 14: Diseño preliminar de la malla rectangular	67

Figura 15: densidad de impactos de rayos sobre el terreno	70
Figura 16: Descarga inicial ascendente que determina donde caerá el rayo	71
Figura 17: Sistemas gestión de calidad ISO.	104

Índice de tablas:

Tabla 1: Reglamento instrucción ITC- LAT 01/09	32
Tabla 2: Scientia et technica. Universidad Pereira, Colombia	58
Tabla 3: valores admisibles de la tensión de contacto aplicada en función de la corriente de falta	60
Tabla 4: norma UNE EN 62305-1	72

DOCUMENTO 1:

MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

1.1. MARCO TEÓRICO

Actualmente se están sustituyendo las grandes centrales de generación eléctrica convencionales por sistemas de generación basadas en fuentes renovables en un esfuerzo por acometer la transición energética y reducir las emisiones de CO₂. El Plan Nacional integrado de energía y Clima 2021-2030 prevé alcanzar en generación eléctrica renovable el 74% del total y en 2050 el 100% (PNIEC 2021-2023, p. 12). Ello ha supuesto una revolución en el funcionamiento de las estaciones eléctricas y la necesidad de resolver retos significativos como la disminución de la inercia del sistema y de su potencia de cortocircuito. Para atender estos retos se ha recurrido a los FACTS y los compensadores síncronos.

- **Los FACTS**

Los FACTS son los sistemas flexibles para redes de transmisión de corriente alterna (Flexible AC Transmission System), este término hace referencia al conjunto de equipos de electrónica de potencia que poseen la capacidad de controlar el flujo de potencia o variar características de la red, empleando semiconductores de potencia para controlar el flujo de los sistemas de corriente alterna, cuyo propósito es dar flexibilidad a la transmisión de energía. Los sistemas FACTS incluyen una variedad de configuraciones, cada una con capacidades específicas para manipular la impedancia de la línea el ángulo de fase y la magnitud del voltaje para así conducir el flujo de potencia. Gracias al control del voltaje, se puede responder de manera rápida a las variaciones de carga y así mantener la estabilidad durante las perturbaciones de corta duración. En los últimos años, la energía y el medio ambiente entre otros ha requerido del cambio de los sistemas de energía tradicionales, para poder mejorar la eficacia de estos.

- **Los compensadores síncronos:**

Los compensadores (o condensadores) síncronos se consideran fundamentales en el control de la tensión y la potencia reactiva durante más de 50 años. En el pasado fueron los principales dispositivos de compensación en las líneas de transmisión ya que permiten una compensación continua, ajustando la potencia reactiva en cada momento. Actualmente, con el desarrollo de instalaciones de energía renovable han experimentado un auge, aunque su uso es aún muy restringido.

Un condensador síncrono es básicamente un motor síncrono de CA que no está conectado a ningún equipo impulsor, sino que su campo es controlado por un regulador de voltaje ya sea para generar o absorber reactiva. Desempeña un papel fundamental en los sistemas de energía, especialmente con la creciente integración de las fuentes de energía renovable debido a las fluctuaciones de reactiva. Cuando las variaciones de la potencia reactiva de la red no son equilibradas, se puede crear inestabilidad de la tensión, aislamiento, colapso de tensión y en el peor de los casos se puede dar el blackout del sistema. El compensador síncrono además de auxiliar en el mantenimiento de la potencia reactiva de los sistemas, aumenta la capacidad de cortocircuito y también mejora la inercia del sistema.

Opera a un factor de potencia de adelanto completo y suministra o absorbe potencia reactiva en la red según sea necesario para mantener la tensión del sistema o para mantener el factor de potencia del sistema a un nivel concreto. Es decir, ayudan a estabilizar el voltaje y proporcionan soporte esencial de potencia reactiva crucial para mantener la estabilidad de la red, asimismo realizan una corrección de factor de potencia en redes de energía eléctrica y capacidad adicional de energía frente a cortocircuitos, mejorando la capacidad de cortocircuito.

El esquema de funcionamiento de un compensador síncrono sería siguiente:

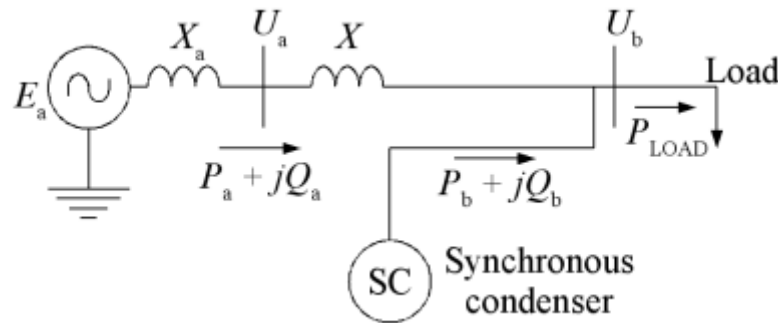


Figura 1: esquema de funcionamiento de un compensador síncrono

Fuente: Abdulahovic Tarik, Teleke Sercan. 2006. pág. 7.

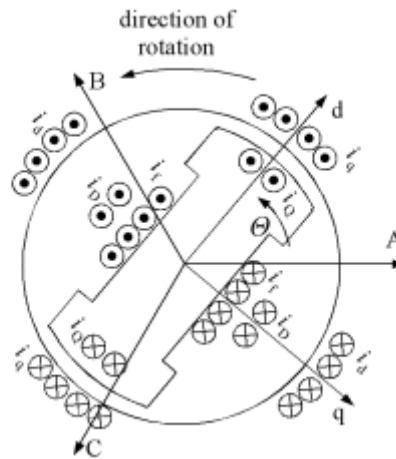


Figura 2: compensador síncrono

Fuente: Abdulahovic Tarik, Teleke Sercan. 2006. pág. 14.

Cuando el compensador síncrono está subexcitado, se comporta como un inductor, absorbiendo potencia reactiva del sistema AC. No obstante, si el compensador síncrono está sobreexcitado funciona como un capacitor, inyectando potencia reactiva en el sistema eléctrico. Generalmente, estas máquinas se excitan con la corriente de campo cuando el voltaje que generan es igual al voltaje del sistema.

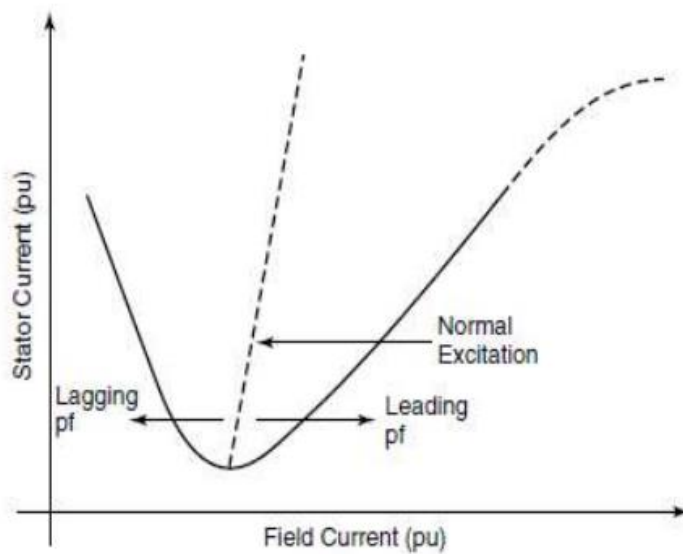


Figura 3: Relación entre la corriente de campo y la corriente del estator

Los componentes de los que está compuesto un compensador síncrono son:

- Un estator trifásico similar al de los motores de inducción.
- Un rotor conectado a una fuente de corriente continua (DC).
- Un excitador que proporciona la corriente continua necesaria a los devanados del rotor.
- Un motor de arranque
- Un volante de inercia.

Los compensadores síncronos se combinan con un volante de inercia para contribuir a la inercia a la red eléctrica con el fin de mantener la fortaleza del sistema. El volante de inercia aumenta la capacidad de integrar en la red fuentes de energía renovables volátiles e intermitentes.

Las características del compensador síncrono son las siguientes:

- Alta inercia:

Proporcionan de manera instantánea una alta inercia lo que garantiza una frecuencia estable. En este proyecto se añadirá un volante de inercia solidario al eje que contribuirá en mayor medida con este último propósito.

- Potencia de cortocircuito:

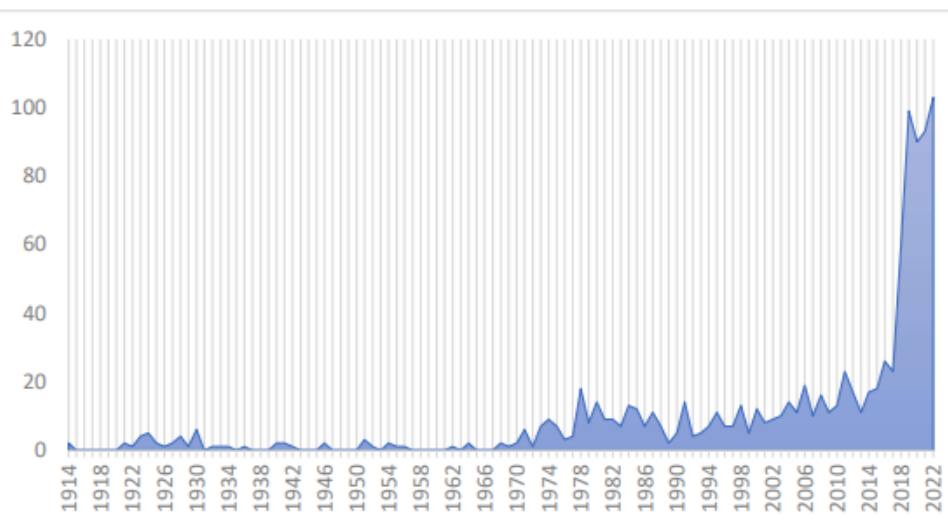
Los compensadores síncronos están diseñados para una capacidad de sobrecarga significativa, los compensadores síncronos son capaces de soportar faltas instantáneas al reducir caídas de voltaje y ayudar a las energías renovables en la capacidad y recuperación de faltas.



Figura 4: compensador síncrono de la empresa ABB

1.2. ESTADO DEL ARTE

En los últimos años han aumentado exponencialmente el número de publicaciones sobre los compensadores síncronos, como lo muestra la siguiente tabla.



Fuente: Rodrigues Lemes Gongora, Vladimir “Análise da contribuição de compensadores síncronos rotativos na presença de grande quantidade de Fontes renováveis”, Itajubá-MG 2024)

Los estudios científicos han llegado a la conclusión que los compensadores síncronos tienen ventajas sobre otras opciones como los compensadores estáticos (SVCs) o los generadores síncronos pese a su mayor coste, entre ellos la forma en que regula la tensión de forma continua, sin transistores electromagnéticos asociados cambios de tomas en otros dispositivos, no se ve afectados por los armónicos en la red ni causa problemas por resonancia eléctrica, proporciona corriente de cortocircuito y aporta inercia. Estos factores han llevado al Gobierno a incluirlos dentro la Planificación Eléctrica de la Administración del Estado (2021-2026) para la ampliación de algunas subestaciones (como ocurre con la de Santa Ponsa 220 kV y 132 kV).

DOCUMENTO 2:

MEMORIA DESCRIPTIVA

2. MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objeto del TFG es la elaboración de la memoria técnica de la ampliación de la posición de la subestación eléctrica de Santa Ponsa para la instalación de un segundo compensador síncrono en el parque de 220kV de potencia 100 MVA, que se implantará contiguo a dicha subestación de Santa Ponsa. El alcance del proyecto únicamente englobará la parte de media tensión de conexión del compensador síncrono al transformador principal de potencia para la conexión a barras, es decir, el proyecto se enfoca en la parte de media tensión a 15 kV, que es la máxima tensión nominal capaz de soportar el compensador síncrono.

La subestación de Santa Ponsa está situada en el término municipal de Calvià, provincia de Mallorca, Comunidad Autónoma de las Islas Baleares. Atendiendo a las características generales ambientales del emplazamiento seleccionado, esta instalación se realiza con tecnología AIS, con una instalación convencional exterior quedando únicamente en interior el compensador síncrono, así como su transformador auxiliar para el sistema de excitación del propio compensador síncrono.

Este proyecto se inserta dentro de la Planificación Eléctrica de la Administración del Estado para la ampliación de la subestación de Santa Ponsa 220 kV y 132 kV, mediante la instalación de un compensador síncrono para el “Refuerzo de la Interconexión Eléctrica Península- Islas Baleares”, proyecto incluido en la Planificación Eléctrica de la Administración del Estado vigente 2021-2026, se concreta en:

Primero: Descripción de la subestación eléctrica Santa Ponsa. Análisis y cálculos de red para la ampliación de la subestación de Santa Ponsa y la instalación de un compensador síncrono para el refuerzo de la interconexión eléctrica de Baleares con la península.

Segundo: Estudio de la viabilidad económica del proyecto y rentabilidad atendidos los costes de construcción y de mantenimiento únicamente de los elementos dentro del propio alcance.

Tercero: Preparar pliegos y documentación para obtener la autorización administrativa necesaria para ampliar la subestación de Santa Ponsa.

Cuarto: Facilitar la transición energética de España, atendiendo a la necesidad de reducción de contaminantes y favoreciendo la penetración de fuentes de energías renovables en el sistema eléctrico balear.

2.2 ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:

Este proyecto se alinea con el objetivo de desarrollo sostenible núm. 9, Industria, Innovación e Infraestructura. Teniendo en cuenta que en las fuentes de generación de energía renovable ha de preverse la disminución significativa de la inercia del sistema y también de la potencia de cortocircuito asociada a la tensión, un segundo compensador síncrono permite atender mejor los desafíos significativos de la generación de energía basada en las fuentes renovables, la gestión y estabilidad de la red. Con un segundo compensador síncrono en la subestación de Santa Ponsa se compensa mejor la pérdida de inercia y menor potencia de cortocircuito, asegura el correcto funcionamiento de los enlaces HVDC que conectan la isla con la península y contribuye a frenar las derivadas de frecuencia ante desbalances instantáneos. Se aumenta con ello la capacidad de transformación, la eficiencia energética, y ayuda a generar una infraestructura fiable, resiliente, segura y de calidad.

También se alinea con el objetivo núm. 7 Energía asequible no contaminante y mejora de la eficiencia energética en tanto que la instalación de un segundo compensador síncrono al estabilizar la frecuencia y la tensión de la red, reduce pérdidas y aumenta la calidad del suministro energético.

Finalmente, también puede alinearse con el objetivo núm. 13: Acción por el Clima. Este objetivo busca reducir de forma radical y rápida las emisiones de gases de efectos invernadero (GEI) en todos los sectores y la instalación de un segundo compensador sirve también al efecto de reducir las emisiones CO₂ y mitigar el cambio climático.

2.3 ANTECEDENTES E HIPÓTESIS DE DISEÑO

2.3.1. ANTECEDENTES

Recogemos los antecedentes con respecto a la subestación en general, aunque el trabajo de fin de grado únicamente realice el estudio y los cálculos de la zona del transformador y el segundo compensador síncrono:

En 2010 se aprobó la instalación de un doble circuito en cable de 220 kV (de unos 300 m) con sus posiciones correspondientes para atender la imposibilidad física de construir la estación conversora en la misma parcela de Santa Ponsa 220 kV debiendo trasladarse a una parcela contigua (Orden ITC/2906/2010 de 8 de noviembre por la que se aprueba el programa anual de instalaciones y actuaciones de carácter excepcional de las redes de transporte de energía eléctrica y gas natural). En el año 2013 se tramitaron las solicitudes para instalar la línea eléctrica subterránea-submarina a 132 kV, doble circuito, entre la subestación de Santa Ponsa y la subestación de Torrent en Ibiza.

En marzo de 2022 el Consejo de ministros aprobó la Planificación de la Red de Transporte de Electricidad 2021-2026 vinculante para red eléctrica. En él se recoge la ampliación de la subestación de Santa Ponsa 220 kV y 132 kV, para el “Refuerzo de la Interconexión Eléctrica Península- Islas Baleares” y el impulso de las energías renovables. Este Plan 21-26 destina a la Comunidad de Baleares un total de 1169 millones de euros de inversión, es decir, el 17% del presupuesto total, buscando impulsar su transición energética y situarla en la vanguardia garantizando un suministro de calidad (nota de prensa de Red eléctrica de España, accesible en

https://www.planificacionelectrica.es/sites/default/files/202203/NP_Planificacion_IslasBaleares.pdf)

Una de las mejoras previstas en el Plan de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica 21-26 es precisamente incorporar varios compensadores síncronos lo que se recoge en un Anexo 7. En este Anexo se justifican estos compensadores en atajar las carencias del sistema eléctrico balear en particular sus dificultades para resolver los desequilibrios generación-demanda y la integración de energías renovables. La puesta en servicio de un enlace HVDC LCC (Line Commutated Converter) para unir la península con Mallorca y

enlaces submarinos Mallorca-Ibiza (que unió los subsistemas de Mallorca-Menorca e Ibiza-Formentera) había generado una mayor potencia de cortocircuito trifásico (Scc) en su punto de conexión. El Anexo concluye la mejor opción para atajar la inestabilidad de tensiones, en concreto las sobretensiones ante disparo o bloqueo de enlace, para conferir capacidad de arranque en vacío (Blackstart) y cubrir los objetivos de un sistema eléctrico balear 100% descarbonizado, era instalar dos compensadores síncronos de 100 MVA en SE 220 kV Santa Ponsa y otros dos en Llubí, y además un compensador síncrono adicional de 100 MVA en alguna estación cercana a Santa Ponsa como la de Valldurgent (Anexo Técnico 7. Plan de Desarrollo de la Red Eléctrica Periodo 2021-2026 p. 506).

Red Eléctrica Balear ha solicitado ya la autorización para el primer compensador síncrono, de potencia 100 MVA que estará unido por un cable a la ampliación de la subestación Santa Ponsa 220 kV con configuración de interruptor medio (expediente TR 5/2023 BOE núm. 235, de 2 de octubre de 2023). El proyecto técnico administrativo ha sido elaborado por el ingeniero David González Jouanneau y presentado el 17 de julio de 2023.

Respecto al segundo compensador síncrono, objeto este TFG, su construcción está prevista en el Plan de Desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica, periodo 2021-2026 (Anexo II, Actuación ENL_PEN-IBA, p. 4).

2.3.2. HIPÓTESIS DE DISEÑO

Para el diseño de la subestación hemos escogido una parcela idónea, teniendo en cuenta cómo será el acceso a la instalación y por donde van a entrar las líneas de tensión. También será necesario un estudio ambiental a la hora de escoger el emplazamiento.

La aparamenta será de exterior (AIS) a media tensión (15 kV), así como el propio transformador de potencia. Se detallarán también los sistemas auxiliares, de control, el sistema de excitación, el sistema de protecciones, los sistemas de medida y telecontrol, los sistemas de alumbrado, fuerza, contra incendios y anti-intrusismo. Se añadirá el cálculo de la red de tierras inferiores, superiores incluyendo finalmente un presupuesto.

2.4 DESCRIPCIÓN DE LA SUBESTACIÓN

2.4.1. EMPLAZAMIENTO

La subestación se localiza en el extremo occidental de la Isla, en el término municipal de Calviá, al sur del núcleo, en la zona alrededor del polígono Industrial de Calviá y la urbanización de Galatzó. La zona, al sur, donde se ubica la subestación, tiene los mayores desarrollos urbanísticos. El área está casi en el límite del área amortiguamiento del Paisaje Cultural UNESCO Sierra de Tramontana.

El Plan Territorial de Mallorca (aprobado por el Pleno del Consell de Mallorca 13 de diciembre de 2004 y modificado en 2011 y 2023, siendo junio 2023) divide la isla en nueve unidades de integración paisajística y ambiental, que se desagregan en subunidades homogéneas con un paisaje más definido y concreto.

La subestación está en la unidad Badia de Palma, que incluye áreas muy urbanizadas.

El ámbito ocupa la zona más meridional de esta llanura de unos 60 km² de superficie y es un paisaje determinado por características geológicas específicas, siendo una antigua albufera recientemente desecada. Actualmente está caracterizada por cultivos intensivos de huertas de regadío.

2.4.2. CONDICIONES AMBIENTALES

Es necesario el estudio de las condiciones ambientales debido al impacto que estos pudieran tener en la aparamenta, que es de tipo exterior (AIS), así como el impacto del clima en el transformador de potencia que también es afectado por las condiciones climáticas puesto que no está a resguardo.

Las Islas Baleares tienen un clima tipo mediterráneo, el cual se puede ver influenciado y variado por factores regionales y locales. Aunque el clima es en general templado, las condiciones específicas pueden cambiar según la zona. Según la clasificación de Köppen, el clima mediterráneo es un tipo de clima “Cs” es un clima templado, no árido, con veranos secos. La clasificación de Köppen se basa en la distribución de la materia viva. Según su clasificación, Mallorca pertenece al grupo de clima templado lluvioso, la temperatura media está comprendida entre 18°C y -3°C.

LETRA	DEFINICIÓN
C	Templado
S	El verano es seco por lo que el mínimo de precipitaciones está bastante marcado y coincide con el periodo de temperaturas más altas. La estación más lluviosa no tiene porque ser el invierno.

Figura 5: Clasificación de Koppen

Las lluvias invernales son típicamente irregulares mientras que en verano se tiene un periodo seco, con prácticamente ausencia de lluvias desde mediados de junio a finales de agosto. Por otra parte, la orografía cumple un papel fundamental, la presencia de montañas actúa como detonante e intensificador, es decir, influye significativamente en la intensidad y frecuencia de las lluvias. En las zonas interiores, así como áreas montañosas, se registran niveles de precipitación más altos, mientras que, en las regiones costeras, se observa una sombra pluviométrica, lo cual provoca niveles de precipitación más bajos.

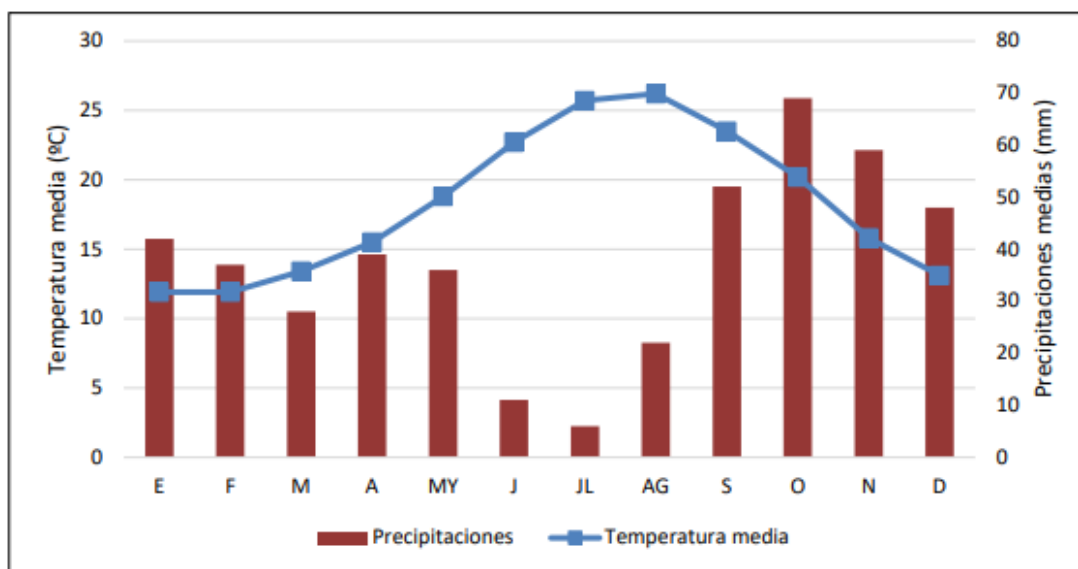


Figura 6: climograma precipitaciones y temperatura media

Se considera que la subestación eléctrica opera bajo condiciones normales de temperatura, para ello no puede superar los 40° de temperatura máxima y los -5° de temperatura mínima. Solo el compensador síncrono estará resguardado, pero la aparamenta de media tensión y el transformador, que son de tipo AIS, trabajarán en condiciones normales de temperatura. Como parte de la instalación es de tipo AIS, se debe considerar las condiciones ambientales del emplazamiento, aunque las temperaturas medias máximas y mínimas no superarán estos

valores, nunca alcanzan las temperaturas límite para las condiciones normales. En relación con los vientos, predominan los vientos de componente norte en los meses de invierno y otoño, mientras que en los meses de verano y primavera los predominantes son los vientos de componente sur.

En cuanto a otros aspectos climáticos:

El granizo y la nieve hacen escasa aparición, por otra parte, el rocío es algo frecuente, dándose con una media de 20 a 50 días al año. La escarcha es mucho menos frecuente, de media solo se da 10 días al año.

Otras condiciones ambientales influyentes para el estudio serían:

- Altura media sobre el nivel del mar: 57m.
- Temperaturas extremas: +40°C/ -20°C.
- Contaminación ambiental: Baja.
- Nivel de niebla: Medio.

Dependiendo de la altura de la ubicación varían las condiciones de las hipótesis y sus respectivos cálculos. Según el apartado 3.2 de la guía técnica de aplicación ITC-LAT 07 (Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero) indica las zonas definidas por rangos de altura:

- Zona A: altitud inferior a 500 m sobre el nivel del mar.

ZONA A			
Hipótesis	Temperatura (°C)	Sobrecarga Viento	Sobrecarga hielo
Tracción máxima viento	-5	Según el apartado 3.1.2 Mínimo 120 ó 140 km/h según la tensión de línea	No se aplica

Tabla 1: Reglamento instrucción ITC- LAT 01/09

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

La ampliación de la subestación para la instalación del compensador síncrono se ubicará en la zona A, a una altitud inferior a 500 m sobre el nivel del mar.

Las condiciones de la zona A:

- Hipótesis: tracción máxima del viento.
- Temperatura: -5 °C.
- Sobrecarga del viento: mínimo 120 o 140 km/h según la tensión de la línea. Para el cálculo de la sobrecarga del viento se va a considerar viento horizontal con una velocidad de 140 km/h.
- La sobrecarga del hielo no se aplica.

Según la norma vigente NCSR-02, (Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre) cuando la aceleración sísmica básica sea superior o igual a 0,04g será necesaria una construcción especial. En Calviá la actividad sísmica es de 0,04 por lo que habrá de tenerse en cuenta.

2.4.3. ESTUDIO DEL TERRENO

La instalación del segundo compensador síncrono se realizará en un terreno “valla con valla” con respecto al parque de 220 kV, con el lado norte (N) del parque.

Se situaría en un intermedio entre la parcela 161 del polígono 14 y la parcela 160.



Figura 7: plano del terreno

- **Orografía:**

La orografía hace referencia a las características del terreno, tales como lo son la inclinación y la elevación que serán aquellos factores más determinantes. Encontramos en el terreno cierto relieve, por lo cual será necesaria una obra civil de movimientos de tierras de nivelación del terreno, eliminar la vegetación y los residuos derivados de estos.

La pendiente del terreno donde se realizará la obra se presenta a continuación:



Figura 8: pendiente NNW- SSE



Figura 9: pendiente SO- NE

- **Hidrografía:**

En el espacio escogido no se encuentra ningún afluente, tampoco se dan embalses naturales, canales o zonas especialmente sensibles.

- **Accesibilidad:**

La zona de instalación del segundo compensador síncrono se encuentra “valla con valla” con la subestación de Santa Ponsa, por lo tanto, el acceso en este caso será compartido con la subestación, comunicando así las dos instalaciones.

- **Suelos:**

Criterio que clasifica el tipo de suelo, desde el punto de vista de la litología y la geología.

- Toda la superficie del emplazamiento cuenta con dos tipos de suelo: luvisoles y cambisoles crómicos. Comúnmente denominada “tierra rosa”
- La zona no es de interés geológico (LIG)

- La esquina norte afecta al Área de Prevención de Riesgos (APR) de erosión establecida por el PTI de Mallorca. La superficie dentro de la propia zona de instalación que está etiquetada como riesgo moderado ante procesos erosivos, tiene una superficie de $4.158,73 m^2$.
- La esquina norte está en zona catalogada con riesgo moderado ante procesos gravitacionales, desprendimientos y movimientos de ladera.
- La esquina norte está en una zona catalogada con riesgo muy alto ante incendio forestal.

- **Espacios naturales protegidos:**

El emplazamiento no se encuentra incluido en la lista de espacios naturales protegidos por el Gobierno Balear. Siendo el espacio protegido más próximo el Paraje Natural de Serra de Tramontana.

- **Vegetación:**

El emplazamiento era un antiguo terreno de cultivos leñosos (olivos y algarrobos), naturalizados con un gran desarrollo de pinos carrasco, acebuches y lentiscos fundamentalmente.

- **Avifauna:**

Tampoco afecta el emplazamiento a puntos singulares de avifauna. La Zona Especial de Protección para las Aves (ZEPA) está a unos 3 km.

- **Usos del suelo:**

El emplazamiento se ubica en zona de uso forestal, pero no afecta al aprovechamiento agrícola, tampoco al ganadero. Corresponde a una parcela con cultivos en abandono.

Hay una parcela en el este (E) aunque no quedará afectada por la instalación y obra del proyecto.

- **Resto de fauna:**

El único animal probable en el emplazamiento es la tortuga mora, cuya especie está en la lista de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial, también está incluida en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, por el Real Decreto 139/2011, 4 de febrero.

- **Población:**

Existen dos viviendas cercas del terreno donde se procederá con la instalación; hacia el N a unos 160 m y hacia el E a unos 140 m otra vivienda.

- **Medio social:**

La ampliación cuenta con su propio espacio de instalación y obra, por lo que no hace falta realizar ninguna modificación a las instalaciones ya construidas para la instalación del compensador síncrono. Es necesaria además la construcción y obra de dos edificios, uno que contenga el compensador síncrono y otro edificio adyacente que contenga la sala de oficinas, sala de control, aseos y los servicios auxiliares.

Las fuentes oficiales no identifican la presencia de ningún elemento patrimonial en la zona de la obra, pero tampoco en la cercanía.

- **Infraestructuras eléctricas:**

La modificación necesaria será la del tramo soterrado a la entrada de la subestación eléctrica de Santa Ponsa, la línea de 220 kV, que va desde Santa Ponsa a Valldurgent.

- **Otras infraestructuras lineales:**

La instalación y obra tienen un camino próximo y es el de Son Pillo, a 50 m.

- **Paisaje:**

El emplazamiento no afecta a ningún enclave sensible, el más próximo es una marejada a 120 m en dirección este.

El emplazamiento para la instalación del segundo compensador síncrono queda incluido en el límite de la Zona de Amortiguación del Paisaje Cultural de la UNESCO “Sierra de Tramontana”.

La ampliación quedará apantallada por los pinos que se encuentran al borde de la superficie.

2.4.4. PLANIFICACIÓN:

	Primer semestre						Segundo semestre						Tercer semestre					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Fabricación y transporte																		
Ingeniería																		
Obra Civil																		
Montaje																		
Conexiónado																		
Pruebas																		

(Fuente: elaboración propia)

2.5 SISTEMA ELÉCTRICO

2.5.1. ESQUEMA UNIFILAR

El esquema unifilar está incluido en el documento de planos.

2.5.2. APARAMENTA

El compensador síncrono que se va a instalar en la subestación será un compensador síncrono de la marca ABB. La potencia que debe suministrar es de 100 MVA y la tensión de 15 kV. El compensador síncrono necesitará ser alojado en un edificio junto con el transformador del sistema de excitación.

El condensador síncrono necesita de un transformador de conexión a la red de transporte del parque de 220 kV (conexión del transformador: 220kV/ 15kV) y aparamenta de media tensión para conectar al lado de baja del transformador. Seccionadores trifásicos de línea,

seccionadores de puesta a tierra, interruptores, transformadores de intensidad y pararrayos, todos ellos de exterior (tipo AIS) y capaces de soportar una tensión mínima de 15 kV como con el fin de conexionar el condensador síncrono al transformador de potencia que permitirá la conexión al parque de 220 kV.

La aparamenta escogida es la siguiente:

Transformador de conexión a la red:

- Modelo: transformador de aceite, 220 kV
- Marca: Rockwill

Interruptor de generador:

- Modelo: GMCB
- Marca: HITACHI

Seccionador trifásico de línea:

- Modelo: GTMS- DAS
- Marca: Hubbell power system

Seccionador de puesta a tierra:

- Modelo: EJ
- Marca: ELECTROTAZ

Transformador de intensidad:

- Modelo: SERIE CXD-24
- Marca: Artech

Pararrayos:

- Modelo: PDC 3.1
- Marca: INGESCO.

2.5.3. CARACTERÍSTICAS DE LA APARAMENTA:

Las características concretas de la aparamenta que compone la ampliación de la subestación es la siguiente:

A) Transformador de conexión a la red:

El transformador escogido es un transformador de regulación de voltaje en carga sumergido en aceite de potencia 220kV de la empresa Rockwill. Es característico de construcción compacta, bajo peso, alta eficiencia, baja pérdida y bajo nivel de ruido.

El siguiente transformador puede reducir una pérdida considerable en la red de energía y los costos operativos y extender la eficacia económica distintiva.

Las características técnicas:

- Relación de voltaje:
242 $\pm$ 2x 2.5% kV
15 kV.
- Grupo vectorial: YNd11
- Pérdida de carga sin carga (kW): 154 kW.
- Pérdida de carga: 641 kW.
- Corriente sin carga: 0,3%
- Impedancia de cortocircuito: 12-14 %

B) Transformador de intensidad:

Para el transformador de intensidad a alta tensión usaremos el modelo de Arteche SERIE CXD-24. Este transformador de intensidad tendrá uno o varios. Las partes activas se encuentran dentro de un cuerpo de resina fundido bajo vacío con resina epoxi que las fija, separa y aísla.

Algunas especificaciones de este modelo son:

Tensión máxima de servicio: 24 kV

Frecuencia industrial: 50 kV.

C) Interruptor de generación:

Para el interruptor se ha escogido el modelo GMCB de la empresa HITACHI. Se trata de un modelo de interruptor para generación. Es un interruptor independiente integrado en línea de enfriado natural, que se conecta directamente.

Las funciones del interruptor de generación incluyen la sincronización del generador con el sistema principal, interrumpir las corrientes de carga y las corrientes de cortocircuito originadas en el sistema y en el generador entre otras.

Las características técnicas son:

- Tensión máxima: 27,5 kV.
- Corriente nominal máxima: 24000 A.
- Corriente de corte nominal máxima: 125 kA.

D) Seccionador trifásico de línea:

Se dispone del seccionador, modelo GTMS-DAS, de la marca Hubbell Power .

Características técnicas:

- Voltaje nominal: 15 kV.
- Nivel básico de aislamiento en impulso, medido en kilovoltios (kV): 110 kV.
- Intensidad nominal (A): Hasta 2500 A.
- Corriente de cortocircuito que puede soportar durante 1 segundo (A) : 40 A.

E) Seccionador de línea con cuchilla de puesta a tierra:

Se dispone del seccionador de puesta a tierra de apertura vertical EJ, de la empresa ELECTROTAZ.

Tensión nominal: 15 kV.

Tensión de aislamiento 45,2 kV

Frecuencia: 50 Hz.

F) Pararrayos:

El pararrayos, es el modelo PDC 3.1 de la empresa INGESCO. Posee un dispositivo de cebado no electrónico, normalizado según:

- UNE 21. 186:2011
- NFC17-102:2011
- NP4426:2013

Los pararrayos modelo INGESCO PDC ioniza las partículas del aire alrededor de la punta del captador, que genera un trazador ascendente hacia la nube. La corriente de iones capta y canaliza desde su origen la descarga eléctrica del rayo, estableciéndose una diferencia de potencial que es más elevada cuanto más alta es el gradiente de potencial atmosférico, que esto es equivalente a decir que sea cunado más inminente sea la formación del rayo.

Las especificaciones técnicas de este modelo:

- Material: Inoxidable.
- H: 380 mm.
- D1: 16 mm.
- M1: M20.
- A: 95 mm.
- Peso: 2280 g.

2.6 RED DE TIERRAS

2.6.1. RED DE TIERRAS INFERIORES

Para lograr el cumplimiento de la ITC-RAT 13, la instalación deberá contar con un sistema de protección y puesta a tierra, de manera que las personas puedan exponerse como máximo a las tensiones de paso y de contacto en cualquier punto al que puedan acceder.

La subestación completa de Santa Ponsa está dotada de una malla de tierras inferiores formada por cables de cobre. Se conectará la malla de la ampliación al a malla total de la subestación. La malla está enterrada en el terreno 0.6 m de manera reticular, de cuadrados,

la cual se extiende por toda la superficie ocupada por las instalaciones, incluidas cimentaciones, edificios y cerramiento. Se conectan a esta red mallada todas las partes metálicas no sometidas a tensión normalmente, para que si en caso de averías, sobretensiones o tensiones inductivas, se diera tensión en estas, como por ejemplo las bases del aparellaje y los neutros de transformadores de medida. Las conexiones serán fijadas mediante tornillos y grapas especiales, que garantizan la unión, haciendo uso de soldaduras aluminotérmicas que tienen alto poder de fusión, debido a sus propiedades anticorrosivas. De esta manera la conexión de esta nueva red con la red ya existente de la subestación se hará de manera más sencilla. Teniendo en cuenta que el objetivo principal siempre será la seguridad personal y la protección de la ampliación.

Los cálculos de la red de tierras inferiores de la subestación estarán contemplados en el apartado de cálculos. La resistividad del terreno donde se instalará el segundo compensador síncrono se considerará a efectos de cálculo de 200 [Ω m]. Este valor se obtiene de la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 13.

2.6.2. RED DE TIERRAS SUPERIORES

La red de tierras superiores protegerá a la subestación de las descargas atmosféricas directas. Como la subestación tiene una malla de tierras superiores, la ampliación para la instalación del compensador también contará con una, que estará unida a la de la subestación mediante elementos metálicos. Se instalarán 40 puntas Franklin y varios pararrayos para el cumplimiento.

2.7 SISTEMAS SECUNDARIOS

2.7.1. SISTEMAS DE PROTECCIÓN

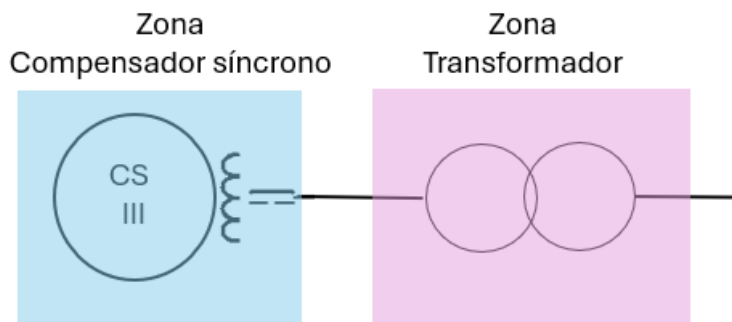


Figura 10: Esquema de las zonas de protección de la posición

Los sistemas de protección se elaboran según lo requerido en “Criterios generales de protección del Sistema Eléctrico Peninsular” y será un sistema de protección doble para asegurar la fiabilidad y la disponibilidad del sistema siguiendo con el criterio N-1.

Como se muestra en la figura esquemática anterior podemos diferenciar 2 zonas de protección, puesto que la zona de barras no se encuentra dentro del alcance de este proyecto y solo contemplamos hasta el transformador de potencia.

En este documento trabajaremos la zona de protección del compensador síncrono y la zona del transformador para la conexión al parque de 220 kV.

2.7.1.1 Para la zona de protección del transformador de potencia:

Se colocará un sistema duplicado de protecciones dedicados a la protección de transformador de potencia.

De nuevo los sistemas de protección principales serán independientes y redundantes para minimizar el impacto ante una falta. Las protecciones principales del transformador de potencia serán protecciones diferenciales, para despejar faltas internas a la máquina o faltas externas a la misma, pero internas a la zona delimitada por el transformador. El tiempo de despeje de la falta debe ser instantáneo, para mantener la selectividad con las protecciones de apoyo de las líneas, acoplamiento y otras máquinas.

La protección principal del transformador será la protección diferencial (87T): El principio diferencial consiste en alimentar al relé de tal manera que en operación normal y con fallas externas, las corrientes que pasan por él se restan y en caso de falla interna se suman, es decir, la suma de las corrientes en cada fase de los distintos niveles de tensión es cero. Cualquier diferencia mayor que la debida a condiciones normales indicará la presencia de una falla en el transformador. La protección diferencial vigila la corriente diferencial por cada fase no actuando en caso de faltas externas y actuando en caso de faltas internas. Las protecciones diferenciales constituyen sistemas de protección selectivos, sistemas que dependen de la comparación de las corrientes en cada uno de los extremos del transformador. Para la protección diferencial instalaremos un Relé SIPROTEC de la marca SIEMENS. Protección diferencial 7UT87.

Además de esta protección principal diferencial, se incorporarán protecciones de apoyo remoto frente a defectos en otros elementos de la red de transporte coordinadas con las protecciones principales. Las protecciones de apoyo darán orden de disparo directo únicamente a los interruptores de alimentación del mismo lado al que proporcionan apoyo.

El transformador incorporará también protecciones propias como:

- Buchholz (63).
- Liberador de presión (63L).
- Imagen térmica (49).
- Temperatura de aceite (26).
- Indicador de nivel de aceite.

2.7.1.2 Para la zona del compensador síncrono:

De igual manera que con el resto de las zonas de protección, para la zona del compensador síncrono se dispondrá de un sistema duplicado que protegerá los diferentes elementos.

- Protección diferencial (87G):

De igual manera que el transformador emplearemos un Relé SIPROTEC de la marca SIEMENS para la protección diferencial.

El principio de funcionamiento se basa de nuevo en la condición de estabilidad. En caso de defecto externo, la intensidad de defecto es atravesada por los dos transformadores de intensidad y por ello no se genera ninguna corriente diferencial entre ellos, lo cual asegura la insensibilidad a defectos externos de la zona protegida. Por el contrario, en caso de defectos dentro de la zona protegida solo un transformador de intensidad es atravesado por la intensidad de defecto, lo que hace que se genere una corriente diferencial. Se da la orden de disparo si la corriente diferencial supera el umbral de la característica de la protección diferencial.

- **Protección de sobretensión (59G):**

Se da cuando el nivel de esfuerzo del campo eléctrico supera la capacidad del aislamiento del devanado del estator. Esta protección supervisa constantemente el nivel de tensión de las fuentes de alimentación. La información proporcionada por la protección de sobretensión se utiliza para generar alarmas y disparo automático cuando este sea necesario.

Los compensadores síncronos deben ser capaces de operar hasta con el 105% de la tensión nominal, siendo este su límite de tensión. Se toma como criterios para el ajuste de la protección como rangos tolerables un límite de 105% al 110% del valor nominal y un retardo de 0.5 a 5 segundos.

A partir de las relaciones entre los campos de dispersión y el calentamiento que se da, pueden desarrollarse curvas que definen los límites y es de mucha importancia porque en algunos casos la tensión nominal del lado de baja del transformador es menor que la del generador. Tenemos solo sobretensión sin sobre excitación cuando la compensadora gira a una velocidad muy superior por culpa de fallas en la carga.

- **Protección de sobreintensidad (50/51):**

Será la protección de respaldo de la protección diferencial que es la protección principal. Detecta las sobreintensidades en los devanados del estator, tanto internas entre fases como faltas externas entre fases y se dispone del lado del neutro debido a que permite ver faltas con el generador desacoplado de la red, sobre corrientes que puedan ocurrir debido a cortocircuitos.

En su ajuste, la intensidad de arranque es 1,1- 1,3 veces la corriente nominal y se temporiza de acuerdo con la característica inversa. El tiempo de disparo dependerá del valor de la corriente según una característica normalizada. Para esta función de nuevo se usa un modelo SIPROTEC de la empresa SIEMENS.

- Protección de sobrecarga térmica (49)

La sobrecarga del compensador síncrono puede provocar aumentos de temperatura en el estator de la máquina, los cuales excedan los límites térmicos del aislamiento del devanado. La vida útil del aislamiento no es totalmente dependiente del aumento de temperatura, sino que también depende del tiempo durante el cual se mantenga por encima de los límites permitidos.

- Protección de secuencia negativa (46)

Esta protección ayuda a detectar desbalances en la red que no causan una pérdida de energía fuera del sistema.

Se dispondrá de elementos registradores de faltas que registrarán cualquier perturbación de forma completa para permitir el análisis de los incidentes acaecidos (faltas, perturbaciones, etc.).

2.7.2. SISTEMA DE EXCITACIÓN:

Al igual que en un generador síncrono el compensador síncrono también requiere de su propio sistema de excitación o un sistema de control de excitación que puede definirse como “una combinación de aparatos diseñados para suministrar y controlar la corriente de campo del generador por medio de reguladores automáticos” (*Repositorio tecnológico nacional. México. Capítulo 3 "Sistemas de excitación"*), lo que permitirá que el voltaje de salida pueda ser rectificado.

Algunos de los elementos esenciales del sistema de excitación que también se incluyen en el compensador síncrono son: El devanado de campo, que se encuentra en las ranuras del rotor, el excitador que proporciona la corriente directa con un equipo auxiliar de rectificación

y el regulador, que controla la corriente de campo del compensador síncrono. Elementos tales como la excitatriz, el sistema de rectificación y los reguladores se incluyen dentro del propio compensador síncrono ABB, por tanto, solo habrá que añadir un transformador de tensión conectado a los 15 kV del lado de baja del transformador de potencia.

El transformador de excitación será un transformador de excitación de la marca TRAMAQ. Es un transformador trifásico con entrada en media tensión y un secundario que alimenta los rectificadores para la excitación del generador. Se alimentará de la corriente alterna de 15 kV a la salida del transformador principal de conexión a la red, no obstante, la excitatriz se debe alimentar con tensión de continua para ello deberá pasar por un sistema de electrónica de potencia (rectificadores puente de diodos) que conviertan esta señal en tensión continua, pasa entonces a un regulador que controlará y seguido de este a la excitatriz que forma parte del compensador síncrono.

El transformador se conectará a la salida del primer transformador de conexión a barras de 220 kV, a 15 kV, alimentando el sistema de electrónica de potencia que a su vez alimenta la excitatriz.

2.7.3. SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares que conforman la subestación de Santa Ponsa se dividen en dos: los Servicios Auxiliares de Corriente Alterna (ca) y los Servicios Auxiliares de Corriente Continua (cc). Las tensiones nominales serán de 400/230 V, 50 Hz de corriente alterna y 125 y 48 V de corriente continua.

A) Servicios Auxiliares de Corriente Alterna:

Será necesario un transformador de servicios auxiliares que se conectará a la salida del transformador principal de 15 kV, completamos con un grupo electrógeno, para las cargas esenciales.

B) EL TRANSFORMADOR DE MEDIDA PARA SERVICIOS AUXILIARES

El transformador de medida para servicios auxiliares será de la empresa Artech, el cual posee las siguientes ventajas como un suministro de energía fiable, rápida puesta en marcha, reducción del impacto ambiental, su rentabilidad y diseño robusto entre otros.

El modelo empleado es el VRL-17, 15 kV.

Las características eléctricas de dicho transformador de servicios auxiliares:

- Ratio: 120:1
- Sistema de voltaje nominal: 15 kV/ 120 V.
- Nivel de aislamiento básico: 110 kV.

Seguido al transformador se instalará el cuadro principal de alterna.

C) Los Servicios Auxiliares de Corriente Continua:

Las baterías que son las fuentes independientes y autónomas que sirven para alimentar en caso de falta en la subestación y proporcionan esa seguridad adicional. Este cuadro trata la alimentación permanente y conmutación de las fuentes sin paso por cero, para las salidas donde esta condición sea necesaria.

Se instalarán dos sistemas de baterías al cuadro de continua. Las baterías serán de aleación de níquel y cadmio. Cada una de ellas estará capacitada para respaldar el sistema de continua en caso de fallo. Los sistemas empleados son el SBM de SAFT INDUSTRIAL BATTERY GROUP.

2.7.4. SISTEMAS DE CONTROL, MEDIDAS Y TELECONTROL

2.7.4.1. Sistemas de control

El sistema de control está formado por una unidad central, un puesto de operación duplicado y unidades locales distribuidas. La unidad central es la encargada de la comunicación con el despacho eléctrico.

Se procederá a la instalación del sistema de control y protección digital REC 670 de la empresa HITACHI. El sistema de control avanzado modular proporciona un alto grado de integración y manejo de las funciones de control y protección, así como funciones avanzadas de registro de fallos y control remoto. Está diseñado para funcionar 24/7 durante más de 30 años, permitiendo que el sistema sea controlado y protegido de manera más confiable y

evitando así posibles faltas. Es un sistema completamente computarizado, con ordenadores de última generación, microcontroladores y procesadores de señal digital conectados por buses industriales de alto rendimiento y enlaces de comunicación por fibra óptica. puesto que según el estándar IEC 61850, es posible integrar este cuadro para la ampliación de la subestación. Se usará para el control, protección y supervisión de distintos tipos de bahías en redes eléctricas. El IED es especialmente adecuado para aplicaciones en sistemas de control distribuido con especial prioridad en la fiabilidad del producto. El control se realiza de forma remota y se basa en el principio de selección/ ejecución para obtener la más alta fiabilidad.

Otra de las ventajas por las cuales se escoge este sistema es la capacidad de actualización del control avanzado modular. Esto implica que incluso un sistema antiguo puede contar con los beneficios de este sistema modular, lo cual permite prologar la vida útil de los aparatos existentes. El control local de la subestación monitorizará las operaciones en el sistema de la ampliación.

2.7.4.2. Fibra óptica en la subestación

Se ha dispuesto una red de fibra óptica, de igual manera que se han conectado en la subestación, en configuración de doble estrella con cables de fibra multimodo, desde el armario de fibra multimodo, hasta las dependencias interiores o exteriores del edificio, de manera que al poseer la misma conexión que los demás complejos pueda realizarse una conexión más segura y fácil entre ellos.

2.7.4.3. Telegestión de protecciones, sistemas de telecontrol y equipos de comunicaciones

Todos los equipos asociados a protecciones, telecontrol y comunicaciones van a ser telegestionados por la red de servicios IP de la red de transporte de RED ELÉCTRICA al igual que en los edificios principales y el resto de los elementos de la subestación de Santa Ponsa.

2.7.4.4. Red de telefonía

La red de telefonía es la de RED ELÉCTRICA, que se ha previsto que sea puesta en esta subestación a través del uso de equipos y terminales preparados para el establecimiento de comunicaciones que tienen como medio la voz, de nuevo se implantarán en la ampliación de la subestación al igual que en el resto de los edificios.

2.7.5. SISTEMAS DE ALUMBRADO, CONTRA INCENDIOS Y ANTI-INTRUSISMO

2.7.5.1. Sistemas de alumbrado

- **Calle y posiciones**

El alumbrado de la ampliación de la subestación será mediante proyectores orientables, puestos a menos de 3 m de altura. Dichos proyectores serán de haz semi-extensivo, para que con ellos se pueda obtener 50 lux en cualquier zona del parque a la intemperie.

- **Viales**

Los viales estarán alumbrados con luminarias puestas encima de báculos de 3 m de altura, para un nivel de iluminación igual a 5 lux.

El alumbrado de emergencia estará compuesto por grupos autónomos colocados en las columnas de alumbrado, en el caso de los viales perimetrales y sobre la misma estructura que el alumbrado normal o tomas de corriente en el parque de intemperie. El sistema de emergencia será telemandado desde el edificio de control, dichos equipos podrán actuar por su cuenta en un término de una hora.

Se dispone de una fotocélula para el encendido del alumbrado exterior.

- **Edificio y casetas**

En las salas de control y telecomunicaciones la iluminación será de 500 lux. En la sala de servicios auxiliares, taller y casetas de relés la iluminación será de 300 lux.

Los alumbrados de emergencia que marcarán las zonas de tránsito y las salidas tendrán encendido automático en caso de falta en el alumbrado normal, y poseerán una autonomía de 1 hora.

2.7.5.2. Sistemas contra incendios

El sistema contra incendios debe cumplir con la normativa del ITC- RAT 14. El cual obliga a cómo mínimo colocar un extintor móvil tipo 89 B, de tipo exterior a una distancia máxima de 15 metros del lugar donde se realiza la instalación.

Asimismo, al igual que en el resto de la subestación, se ubicarán detectores de incendio de tipo analógico en todos los edificios y casetas. En el almacén y la campana exterior los detectores de incendio serán tipo termo velocimétricos, siguiendo con la normativa del Real Decreto 513/ 2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios.

- Se colocarán también extintores de tipo CO₂ y de polvo, también carros extintores de 50 kg de polvo para el parque.

1.7.5.3. Sistemas anti-intrusismo

El principal objetivo de este sistema es el de evitar el paso del personal ajeno a la subestación. Cada empleado tendrá a su disposición una acreditación que le permitirá el acceso a la zona donde se realiza la instalación.

Además, al igual que en el resto de la subestación, el sistema para evitar intrusos se compondrá de contactos magnéticos, detectores volumétricos de doble tecnología y sirena exterior. Todo ello activada y transmitirá las alarmas que salten a la central ya existente en la subestación, junto con el resto de las alarmas del complejo. La centralita controlará los sistemas de intrusión e incendio con el fin de avisar a las autoridades competentes.

También el complejo dispondrá de cámaras de seguridad que estarán ubicadas según indicaciones de RED ELÉCTRICA.

2.8 ESTRUCTURA METÁLICA

Las estructuras metálicas y soportes del aparellaje complementario de la nueva posición se diseñarán con perfiles de acero. Todas las estructuras y soportes serán galvanizados en caliente como protección contra la corrosión, tanto en la ampliación de la subestación como en el resto de los edificios principales.

Para el anclaje de estas estructuras, se ubicarán las cimentaciones adecuadas a los esfuerzos que han de soportar, hechos con hormigón y donde quedarán encajados los pernos de anclaje correspondientes.

2.9 OBRA CIVIL

2.9.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Acorde a la ITC-RAT 15, el vallado exterior de la ampliación para la instalación del compensador síncrono debe tener una altura mínima de 2,2 metros. También será necesaria la existencia de señales de advertencia de peligro de alta tensión a lo largo de la obra y su construcción debe ser adecuada.

Lo mismo sucede con los accesos, las puertas deben seguir la normativa vigente de la instrucción técnica complementaria: ITC-RAT 14. Abatibles y se abren hacia el exterior del recinto, donde se cuenta con una instalación donde se diferenciará entre el acceso de personal y acceso de equipos.

2.9.2. DRENAJES

Los sistemas de drenaje protegen a las subestaciones de las lluvias e inundaciones que pueden comprometer la estabilidad del suelo. Para ello se dispone en la plataforma de un sistema de tubos drenantes que cumplirán con las especificaciones del apartado 5 de la instrucción complementaria ITC- RAT 05. El objetivo del sistema será evacuar las aguas de manera que no se produzca una acumulación de estas en la ampliación de la subestación y se consiga una transmisión más eficaz.

La desembocadura de este tubo de drenaje será un depósito, pozo de evacuación, de poliéster reforzado con fibra de vidrio, al igual que en el resto de la subestación, este pozo será capaz de retener el agua durante cierto tiempo y estará provisionado con una tapa de aspiración y vaciado.

La salida de las aguas residuales de la ampliación de la subestación y de las aguas de drenaje se realizarán de manera independiente en el sistema.

2.9.3. CIMENTACIONES Y VIALES

Serán necesarias nuevas cimentaciones para la aparamenta del compensador síncrono y para el nuevo edificio que lo albergue. Para el edificio se emplearán cimentaciones directas o superficiales, losas de hormigón. Las nuevas cimentaciones serán las correspondientes al

nuevo aparellaje. También será necesario ampliar la red de canales para conectar la ampliación con la subestación principal.

2.9.4. ACCESOS

El emplazamiento del segundo compensador síncrono se encuentra “valla con valla” con la subestación, el parque de 220 kV. No obstante, los accesos a la ampliación de la nueva subestación se realizarán de igual manera para el primer compensador síncrono que para el segundo, los accesos se realizarán a través de un dial que se diseñará para que tenga 5.0 m de ancho, según las especificaciones de RED ELECTRICA para tráfico ligero.

2.9.5. EDIFICIOS Y CASETAS

El único cambio en comparación con las edificaciones ya existentes será la construcción de un edificio que albergue el compensador síncrono y las bombas de su sistema de refrigeración y otro edificio auxiliar.

El edificio principal contendrá al compensador síncrono será de 14,66 x 30,04 m².

El segundo edificio contará con la sala de control, sala de servicios auxiliares el aseo y las oficinas. Las medidas de dichas estancias serán:

- La sala de servicios auxiliares:
Superficie: 8,56 x 5,45 m²
- La sala de control:
Superficie: 7,65 x 4,03 m²
- Los dos aseos (uno para mujeres y otro para hombres) tienen una superficie de:
Superficie del baño 1: 3,15 x 3,78 m².
Superficie del baño 2: 3,55 x 3,78 m².
El aseo contará con dos lavabos y tres retretes
- Oficina
Superficie: 6,63 x 4,10 m²
La oficina contará con dos escritorios.

2.9.6. CERRAMIENTO

De acuerdo con la Instrucción Técnica complementaria ITC-RAT 15, se realizará un cerramiento de toda la subestación de al menos 2 metros de altura, que, en el caso de la ampliación de la subestación, la altura será de 2,5 m de altura. Este cerramiento consistirá una valla metálica de acero galvanizado reforzado, rematado con alambrada de 3 filas, con postes metálicos, embebidos sobre murete corrido de hormigón de 0,5 m de altura.

Según los accesos las puertas deben cumplir con la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 14, las puertas deben ser abatibles y abrirse hacia el exterior del recinto, aparte de manera más específica:

- Puerta de acceso para peatones será de 1 m de anchura, con cerradura eléctrica, para apertura desde el edificio de control.
- Puerta de acceso de vehículos será de 6 m de anchura, de tipo corredera, motorizada con cremallera y automatismo de cierre y apertura a distancia.

DOCUMENTO 3:

CÁLCULOS

3. CÁLCULOS

3.1 OBJETO

El objeto principal de este documento es la justificación de los cálculos requeridos para la instalación del segundo compensador síncrono en la subestación de Santa Ponsa (Baleares). Tenemos varias secciones: el cálculo de la red de tierras tanto superiores como inferiores y el cálculo mecánico de los embarrados rígidos. Cada apartado contará con la descripción de su propia hipótesis de diseño, la normativa aplicable y conclusiones.

La unión eléctrica con la tierra de una parte de un circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, se efectúa mediante una instalación de puesta a tierra que según puede leerse en la ITC MIE RAT 01, es “el conjunto formado por electrodos y líneas de tierra de una instalación eléctrica”.

3.2 PUESTA A TIERRA

“Se nombra Sistema de Tierra, al conjunto de cables desnudos instalados de manera subterránea que se interconectan entre sí por medio de conectores y electrodos, y que junto con la tierra circundante provoca la dispersión de las corrientes de cortocircuito, sin permitir que dentro de la instalación eléctrica se presenten voltajes de magnitud peligrosa para el personal” (J. Raull- Martín “Diseño de redes de tierra en subestaciones eléctricas. Materiales y fórmulas más utilizadas”. Artículo marzo 2000. pág 157)

Las redes de tierra de los sistemas eléctricos de potencia deben cumplir con entre otras las siguientes funciones:

- Sobretensiones por descargas atmosféricas u operación de interruptores.
- Proporcionar un camino de baja impedancia para la circulación de las corrientes, sin exceder los límites de operación de los equipos.
- Evitar que se produzcan diferencias de voltajes entre diferentes puntos de la subestación lo cual pondría en riesgo al personal de la subestación.

- Proporcionar una mayor continuidad y confiabilidad al sistema eléctrico de la subestación.

El cálculo de la red de tierras se basa en las condiciones de la normativa IEEE-80-2013: “IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding”, y se tendrán en cuenta los valores de las tensiones máximas de paso y de contacto que establece el reglamento de Centros de Transformación en su artículo “ITC-RAT 13”.

La red de tierras de la ampliación para en segundo condensador se conectará con la red de tierras del resto de la subestación a 220 kV. Por lo tanto, aunque la tensión de nuestra apartamenta y compensador síncrono sea de 15 kV, la malla será una única y por lo tanto se calcula también a 220 kV. P

3.3 RED DE TIERRAS INFERIORES

3.3.1. VALOR DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO:

Lo primero que caracteriza una puesta a tierra es la naturaleza de la resistencia de los electrodos que la establecen, la cual tiene una relación de dependencia muy fuerte con la resistividad del terreno.

La resistencia que presenta el terreno es en función de la resistividad de este y de las dimensiones y la forma del electrodo. Su resistividad disminuye rápidamente en presencia de sales solubles y de la humedad.

Aunque depende de varios factores la siguiente tabla se presenta bajo un modelo invariante con la frecuencia. Es importante recalcar que ninguna de las fuentes nombra la frecuencia a la que se tomaron estos valores para los distintos tipos de terreno.

Tipo de terreno	Resistividad del terreno ρ [Ωm]	
	Margen de valores	Valor medio
Terreno pantanoso	2 - 50	30
Barro mezclado con paja	2 - 200	40
Terreno fangoso y arcilloso, humus	20 - 260	100
Arena y terreno arenoso	50 - 3.000	200 (húmedo)
Turba	> 1.200	200
Grava (húmeda)	50 - 3.000	1.000 (húmedo)
Terreno pedregoso y rocoso	100 - 8.000	2.000
Hormigón: 1 parte de cemento + 3 partes de arena	50 - 300	150
1 parte de cemento + 5 partes de grava	100 - 8.000	400

Tabla 2: Scientia et technica. Universidad Pereira, Colombia

El terreno sobre el cual se instala la ampliación de la subestación para el segundo compensador síncrono presenta una resistividad de 200 [Ωm].

El terreno superficial de gravilla tendrá una resistividad de 2000 [Ωm].

3.3.2. CÁLCULO DE LOS VALORES MÁXIMOS DE TENSIÓN DE PASO Y DE CONTACTO.

En los problemas de seguridad intervienen siempre tensiones entre puntos físicamente bastante más cercanos como para que se pueda acceder a ellos y que este acceso se de manera simultánea.

La tensión de paso, definida por la MIE RAT 01 “Es la parte de la tensión de puesta a tierra que puede ser puenteada por un ser humano entre los dos pies, considerándose el paso de una longitud de 1 metro”. La IEEE Standard 81 la define como “la diferencia de potencial entre dos puntos de la superficie del terreno separados por una distancia de un paso, que se asimila a un metro, en la dirección del gradiente de potencial máximo”.

El mayor peligro para las personas durante la circulación de una corriente de puesta a tierra no suelen ser las tensiones de paso, que son principalmente peligrosas para grandes cuadrúpedos, sino el doble contacto del cuerpo con una parte metálica de la estructura, unida

a los electrodos de tierra. Se define según la MIE RAT “ Es la fracción de la tensión de puesta a tierra que puede ser puenteadada por una persona entre la mano y el pie (considerando un metro) o entre ambas manos” La IEEE Estándar 81 la nombra como “la diferencia de potencial entre una estructura metálica de puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia igual a la distancia horizontal máxima que se puede alcanzar, aproximadamente 1 metro”.

En cuanto a las tomas de tierra de pequeñas dimensiones, esta fracción será una fracción importante. Cuando las tomas de tierra tienen una gran superficie, a la distancia de 1 metro, esta será una fracción más débil de la tensión total.

La norma UNE-IEC/TS 60479-1 da indicaciones sobre los efectos de la corriente que pasa a través del cuerpo humano en función de su magnitud y duración, estableciendo una relación entre los valores admisibles de la corriente que puede circular a través del cuerpo humano y su duración.

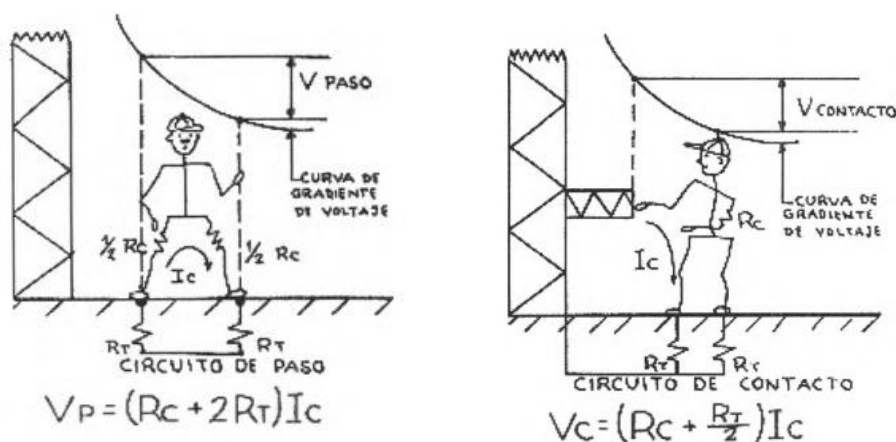


Figura 11: Representación de la tensión de paso

Figura 12: Representación de la tensión de contacto

Se atenderá a la Instrucción técnica complementaria ITC-RAT 13: Instalaciones de puesta a tierra.

Los valores admisibles de la tensión de contacto aplicada, U_{ca} , a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre la mano y los pies, según el Reglamento de condiciones Técnicas

de seguridad y sus instrucciones técnicas complementarias (BOE, lunes 9 de junio de 2014. Sec. I. Pág. 43663), se dan en función de la siguiente curva:

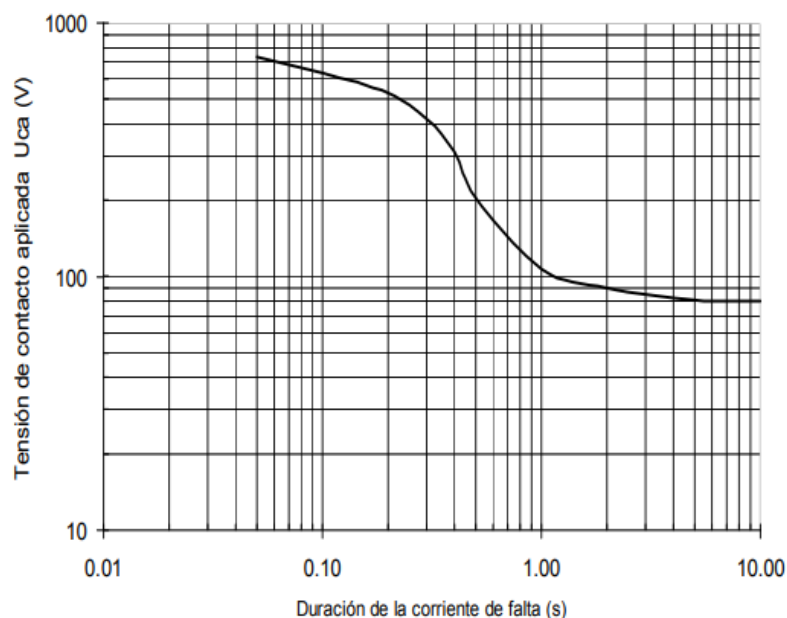


Figura 13: valores admisibles de la tensión de contacto en función de la duración de la corriente de falta

Algunos de los puntos de la curva anterior para cada valor de la duración de la corriente de falta:

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

Tabla 3: valores admisibles de la tensión de contacto aplicada en función de la corriente de falta

El tiempo de despeje de la falta que tomaremos para el cálculo de las tensiones máximas será de 0,5 s.

Los valores admisibles de la tensión de paso aplicada entre los dos pies de una persona, considerando únicamente la propia impedancia del cuerpo humano sin resistencias adicionales como las de contacto con el terreno o las del calzado se define como diez veces el valor admisible de la tensión de contacto aplicada, ($U_{pa} = 10 U_{ca}$)". Estos valores garantizan una óptima seguridad para las personas por la baja probabilidad de que se den simultáneamente una falta a tierra y la persona o un animal que esté tocando un componente conductor de la instalación.

Para un tiempo de duración del defecto de 0,5 s, las tensiones de paso y de contacto admisibles aplicadas serán:

$$U_{CA}: 204 \text{ V}$$

$$U_{PA}: 10 * 204 = 2040 \text{ V}$$

Según el ITC-RAT 13, a efectos de los cálculos para el proyecto, para determinar las tensiones máximas de paso y de contacto admisibles, se pueden emplear las siguientes expresiones, (donde ρ es la resistividad superficial aparente para la cual se escoge un valor de 2000 Ωm).

La tensión máxima de contacto se rige mediante la expresión:

$$U_C = U_{CA} * \left[1 + \frac{\left(\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 * \rho \right)}{1000} \right]$$

$$U_C = 204 * \left[1 + \frac{\left(\frac{2000}{2} + 1,5 * 2000 \right)}{1000} \right]$$

$$U_C = 1.020 \text{ V}$$

La tensión máxima de paso se rige mediante la expresión:

$$U_P = 10 * U_{CA} * \left[1 + \frac{(2 * R_{a1} + 6 * \rho)}{1000} \right]$$

$$U_p = 10 * 204 * \left[1 + \frac{(2*2000+6*2000)}{1000}\right]$$

$$U_p = 34.680V$$

Lo cual según la norma responde al planteamiento:

- U_{ca} es el valor admisible de la tensión de contacto en función de la duración de la corriente de falta.
- Se supone que la resistencia del cuerpo humano son 1000Ω
- Cada pie se asimila a un electrodo en forma de placa de 200 cm^2 , el cual ejerce una fuerza mínima de 250 N, lo que representa una resistencia de contacto con el suelo para cada pie de 3ρ .
- R_{a1} es la resistencia del calzado para la cual se puede emplear $R_{a1} = 2000 \Omega$

3.3.3. CÁLCULO DE LAS RESISTIVIDADES APARENTES SUPERFICIALES:

Siguiendo con la normativa ITC-RAT 13, Para los casos en los cuales el terreno se recubre de una capa adicional de elevada resistividad, se multiplicará el valor de la resistividad de la capa de terreno adicional por un coeficiente reductor.

Siendo C_s el factor de reducción se calculará cómo:

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

Donde:

- C_s es el coeficiente reductor de la resistividad de la capa superficial.
- h_s es el espesor de la capa superficial en metros.
- ρ es la resistividad de terreno natural
- ρ^* es la resistividad de la capa superficial

Como será en el interior de una subestación, el espesor de la capa superficial (h_s) tiene un valor 0.1 m.

La resistividad del terreno, ρ , como ya hemos dicho tendrá un valor igual a $200 [\Omega\text{m}]$

La resistividad de la capa superficial ρ^* que es la resistividad de la gravilla del suelo tendrá un valor de 3000 [Ωm].

Al sustituir los valores nos da un valor de factor de reducción igual a:

$$C_S = 1 - 0,106 * \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho^*}}{2 * h_S + 0,106} \right) = 1 - 0,106 * \left(\frac{1 - \frac{200}{3000}}{2 * 0,1 + 0,106} \right) = 0,67$$

$$C_S = 0,67$$

Tal como se indica en la norma “IEEE-80-2013” los valores máximos de tensión de paso y de contacto se pueden calcular según su peso:

Para un peso del cuerpo de 50 kg:

$$E_{step50} = (1000 + 6\rho C_S) * \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

$$E_{step50} = (1000 + 6 * 200 * 0,67) * \frac{0,116}{\sqrt{0,5}}$$

$$E_{step50} = 295,94 \text{ V}$$

Para el peso de un cuerpo de 70 kg:

$$E_{step70} = (1000 + 6\rho C_S) * \frac{0,157}{\sqrt{t}}$$

$$E_{step70} = (1000 + 6 * 200 * 0,67) * \frac{0,157}{\sqrt{0,5}}$$

$$E_{step70} = 400,54 \text{ V}$$

Las tensiones de contacto se pueden calcular de igual manera según su peso:

Para el peso de un cuerpo de 50 kg:

$$E_{touch50} = (1000 + 1,5C_S\rho) * \frac{0,116}{\sqrt{t}}$$

$$E_{touch50} = (1000 + 1,5 * 200 * 0,67) * \frac{0,116}{\sqrt{0,5}}$$

$$E_{touch50} = 197,022 \text{ V}$$

Para el peso de un cuerpo de 70 kg:

$$E_{touch70} = (1000 + 1,5C_S\rho) * \frac{0,157}{\sqrt{t}}$$

$$E_{touch70} = (1000 + 1,5 * 0,67 * 200) * \frac{0,157}{\sqrt{0,5}}$$

$$E_{touch70} = 266,659 \text{ V}$$

3.3.4. RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA:

Se empleará la siguiente fórmula para el cálculo de la resistencia de la red de tierra:

$$Rg = \rho \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(\frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

Donde:

- L: longitud total del conductor enterrado (m).
- h: profundidad del enterramiento del conductor (m).
- A: Superficie ocupada por la malla.
- ρ : resistividad del terreno.

El área total del terreno que se empleará para la instalación del compensador síncrono será de 90x70 m, es decir, 6300 m². Añadiendo cierto margen para la instalación de la infraestructura que contiene al compensador y la propia caseta de control., también cierto margen para la instalación de la propia malla.

El terreno está al lado del propio parque de 220 kV, por lo tanto, la longitud total del conductor enterrado será de 8000 m.

La profundidad de enterramiento del conductor es de 0,6 m.

La resistividad del terreno es de 200 [Ω m].

$$Rg = \rho \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(\frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right]$$

$$Rg = 200 \left[\frac{1}{1000} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot 6500}} \left(\frac{1}{1+0,6\sqrt{\frac{20}{6500}}} \right) \right] = 0,73$$

$$Rg = 0,73$$

3.3.5. INTENSIDAD DE DEFECTO A TIERRA

Según la ITC RAT 13, ap. 5 “El proyectista deberá tener en cuenta los posibles tipos de defectos a tierra y las intensidades máximas en los distintos niveles de tensión existentes en la instalación, para el cual tomamos el valor más desfavorable”.

El valor máximo de diseño de la corriente de falla a tierra que fluye a través de la malla de la ampliación de la subestación hasta la tierra alrededor es lo que llamamos I_g .

Para el cálculo de dicha intensidad se requiere calcular un factor de corrección que es un factor de reducción, para diseñar la puesta a tierra de la ampliación de la subestación, es de vital importancia calcular correctamente dicho coeficiente.

Según la ITC- RAT 13 se propone una reducción del 30% del valor de la intensidad monofásica de cortocircuito en la ampliación de la subestación, cuando la siguiente subestación tiene el neutro rígido a tierra en la instalación. Se aplica entonces un coeficiente de reducción S_f .

El factor de reducción de la corriente de defecto a tierra hacer referencia a la parte de la corriente que fluye entre la malla y sus alrededores.

Para el cálculo se usa la siguiente ecuación:

$$S_f = \frac{Z_{eq}}{Z_{eq} + R}$$

R, será igual a la resistencia de puesta a tierra.

La impedancia equivalente de todos los hilos de guarda toma un valor: $1,02 \Omega \approx 1,1 \Omega$

$$S_f = \frac{1,1}{1,1 + 0,73} = 0,601 \approx 60\%$$

Se emplea para los cálculos un valor de 12,95 kA como intensidad monofásica de cortocircuito en la ampliación de la subestación.

Por lo tanto, la intensidad total disipada a tierra por la malla será:

$$I_g = 12,95 * 0,7 * 0,601 = 5,439 \text{ kA.}$$

3.3.6. EVALUACIÓN DE LAS TENSIONES DE PASO Y DE CONTACTO:

El estándar IEEE 80-2013 desarrolla las siguientes expresiones para el cálculo de la evaluación de las tensiones de paso y de contacto:

$$E_{contact} = \rho K_m K_i * \frac{I_g}{L}$$

$$E_{step} = \rho K_s K_i * \frac{I_g}{L}$$

Los datos empleados para el cálculo de la evaluación de las tensiones de paso y de contacto son:

- Resistividad del terreno: 200 [Ω m].
- Profundidad del conductor enterrado: 0,6 m.
- Longitud del conductor enterrado: 8000 m.
- Intensidad disipada por la malla: 5,439 kA.
- Diámetro del conductor: 0,0142 m
- Espaciado medio entre conductores (D)= 8m

3.3.6.1. Tensión de contacto:

$$E_{contact} = \frac{\rho * K_m * K_i * I_g}{L}$$

Los valores de las constantes se calculan cómo:

K_m Valor geométrico de espaciamento de la malla.

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[L n \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} L n \left(\frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right]$$

K_{ii} Es un factor de corrección que ajusta los efectos de los conductores sobre la esquina de la malla.

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{2/n}}$$

K_h es un factor de corrección que tiene en cuenta los efectos de la profundidad de la malla dado por:

$$K_h = \sqrt{1 + h/h_0}$$

Con $h_0=1$ m.

n representa el número de conductores paralelos de una malla rectangular equivalente:

$$n = n_a * n_b * n_c * n_d$$

Donde:

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p}$$

$$n_a = \frac{2*8000}{320} = 50$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}}$$

$$n_b = \sqrt{\frac{320}{4\sqrt{6300}}} = 1$$

$$n_c = \left[\frac{L_x * L_y}{A} \right]^{0.7A}$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

Como la malla va a ser una malla rectangular:

$$n = n_a * n_b$$

$$n = 50 * 1 = 50$$

$$n_c = n_d = 1$$

Donde:

- L_c es la longitud total de los conductores de la malla horizontal en m: 8000 m.
- L_p es la longitud máxima del perímetro de la malla en (m): 320 m.
- L_x es la longitud máxima de la malla en dirección X en (m): 90 m.
- L_y es la máxima longitud de la malla en la dirección Y (m): 70 m.
- A área de la malla: 6300 m^2
- D_m es la distancia máxima entre dos puntos cualesquiera de la malla en m: 114,017 m.

$$D_m = \sqrt{90^2 + 70^2} = 114,017 \text{ m.}$$

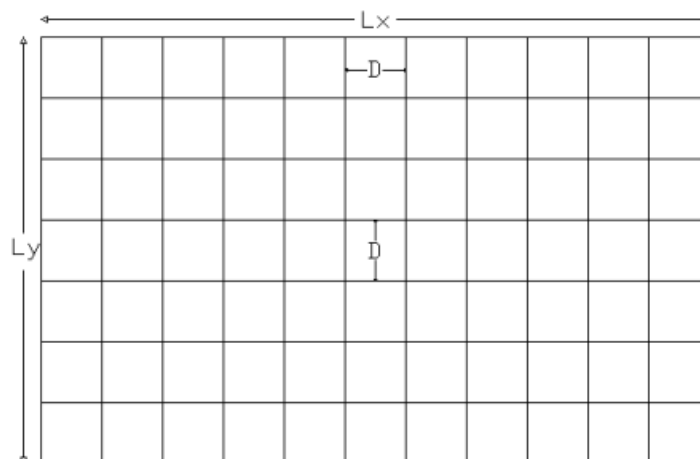


Figura 14: diseño preliminar de la malla rectangular

El valor entonces de la tensión de contacto es:

$$K_h = \sqrt{1 + 0,6/1} = 1,26$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{2/n}} = 0,3981$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right] = 0,82$$

K_i es el factor de irregularidad y se define como

$$K_i = 0,644 + 0,148n = 8,044$$

$$E_{contact} = \frac{\rho * K_m * K_i * I_g}{L}$$

$$E_{contact} = \frac{200 * 0,82 * 8,044 * 5,439}{8000} = 0,8964 \text{ V}$$

3.3.6.2. Tensión de paso:

El valor de la tensión real de paso se calcula mediante:

$E_{step} = \frac{\rho * K_s * K_i * I_g}{L_s}$ Se asume que la tensión de paso máxima “ocurre sobre una distancia de 1m hacia fuera del conductor perimetral en el ángulo bisecta la esquina más extrema de la malla” (Ramírez Castaño, J.M, Cano Plata, Eduardo, 2010, pág. 42)

Vamos a incluir 40 varillas de tierra de 10 m cada una empleando toda el área disponible

Para mallas con o sin varillas de tierra, la longitud efectiva del conductor enterrado L_s :

$$L_s = 0,75L_c + 0,85L_R$$

L_c longitud del conductor sin incluir las picas (m): 1000 m

L_r longitud de cada varilla: 10 m

$$L_s = 0,75 * 1000 + 0,85 * 10$$

$$L_s = 6008,5$$

Los valores de las constantes se calculan como:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+d} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right]$$

$$K_s = 0,345$$

K_i es el factor de irregularidad y se define como

$$K_i = 0,644 + 0,148n$$

$$K_i = 8,044$$

El valor entonces de la tensión de paso es:

$$E_{step} = \frac{\rho * K_s * K_i * I_g}{L_s}$$

$$E_{step} = \frac{200 * 0,345 * 8,044 * 5,439}{8000}$$

$$E_{step} = 0,5022 \text{ V}$$

3.3.6.3. Conclusiones

Los resultados de ambas tensiones son menores a las establecidas como valores límites en el estándar IEEE-80-2013 y en la ITC-RAT 13, por lo tanto, son válidos como valores para la tensión de paso y de contacto.

3.4. RED DE TIERRAS SUPERIORES

3.4.1. OBJETO:

El cometido de la red de tierras superiores es la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla de red inferior, la cual en este proyecto está enterrada a las descargas a una profundidad de 0,6 m, con el fin de que sean disipadas a tierra para evitar el peligro de la seguridad del personal de la subestación.

El sistema de tierras superiores, o instalación captadora, consiste en un conjunto de hilos de guarda y/o puntas Franklin, paralelos a la calle y las cuales se sitúan sobre los pórticos. Estas puntas se unen a la malla de tierra de la instalación a través de la estructura metálica que los soporta. Los hilos de guarda deben instalarse a una cierta altura para proteger a los conductores y los equipos bajo tensión, son diseñadas para prevenir las descargas incontroladas de rayo en la estructura objeto de protección.

Mediante una instalación captadora correctamente dimensionada se reducen, de manera controlada, las consecuencias de una descarga de rayo en la ampliación. La norma IEC 62305 proporciona los principios generales a seguir para la protección contra el rayo de las estructuras, incluyendo sus instalaciones y su contenido, y de las personas; El criterio de

seguridad que sigue la red de tierras superiores es aquel que establece que todas las descargas que puedan ser peligrosas y superiores al nivel de aislamiento de la instalación deben ser captadas por el sistema de tierras superiores, atraídas por las puntas Franklin. Cuando se fija el emplazamiento y la posición de los dispositivos captadores, se debe cuidar la protección de las esquinas de la instalación que se desea proteger. Para determinar la posición de los dispositivos captadores, es decir, para determinar la posición de los hilos de guarda se pueden usar diferentes procedimientos. El método de la esfera rodante es el método de planificación más universal y es el que se empleará para la ampliación y es el más recomendado para los casos complicados.

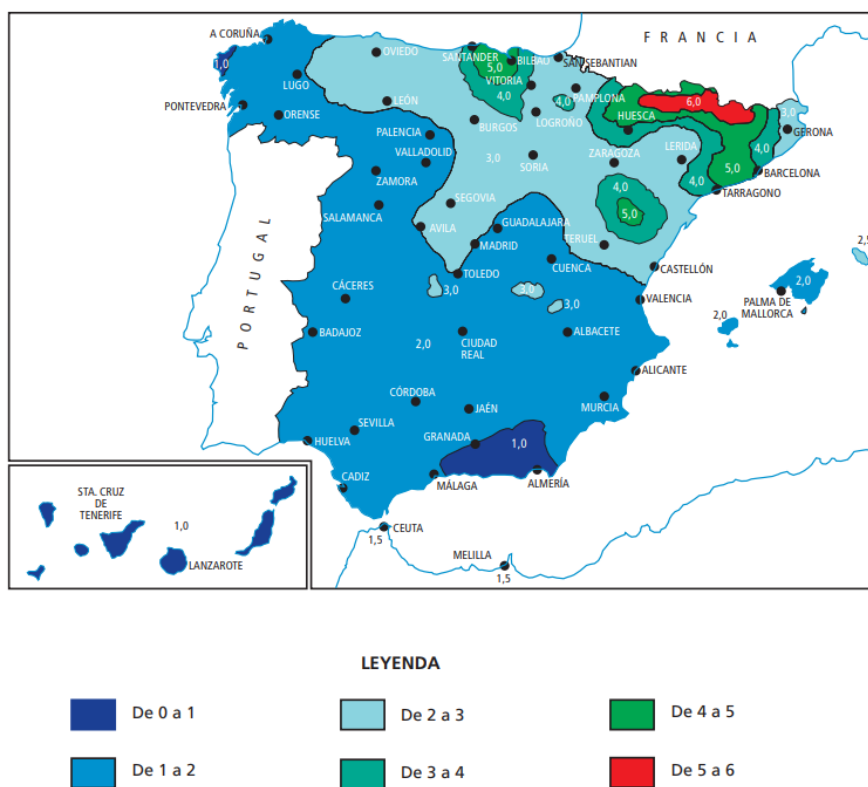


Figura 15: densidad de impactos de rayos sobre el terreno

Fuente: BLITZPLANER “Manual de protección contra rayos” pág. 29.

3.4.2. MÉTODO DE LA ESFERA RODANTE- “MODELO GEOMÉTRICO- ELÉCTRICO”

“En el caso de los rayos nube-tierra, la descarga descendente de rayo va creciendo, escalonadamente desde la nube en dirección a la tierra. Cuando la descarga descendente se

ha aproximado entre 10 y 100 metros a tierra, se sobrepasa la capacidad de aislamiento eléctrico del aire próximo a la misma. En ese momento empieza a crecer otra descarga similar a la descendiente en dirección a esta: la descarga ascendente de malla. Con ello se determina el lugar de descarga del rayo” (Fuente: BLITZPLANER pág.48)

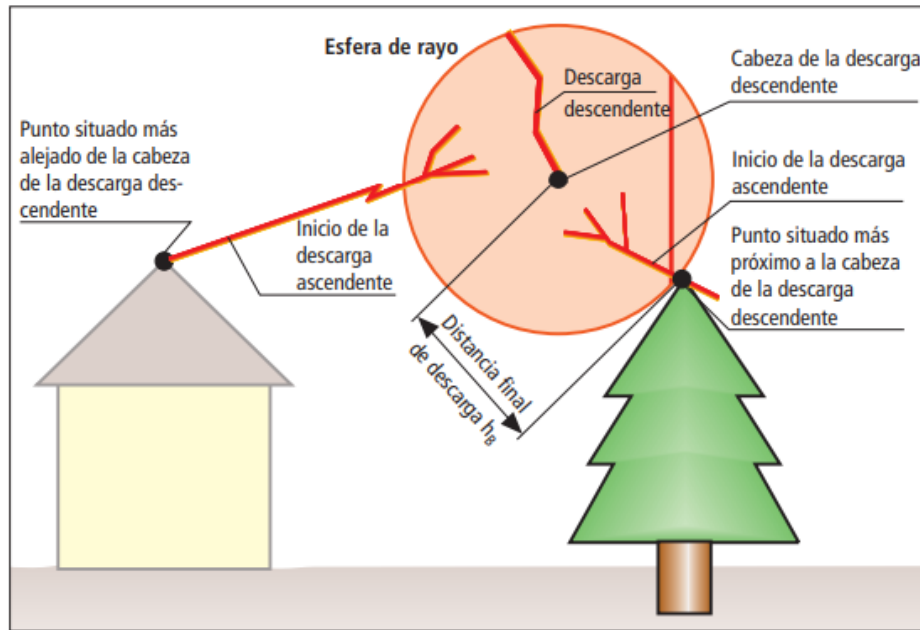


Figura 16: Descarga inicial ascendente que determina donde caerá el rayo

Fuente: BLITZPLANER pág. 49

El punto donde la carga descendente se encuentra con la ascendente determina el lugar donde el rayo impacta contra la instalación. Es decir, depende de la intensidad de campo eléctrico en el suelo y de la distancia desde el punto de inicio.

Existe una relación de proporcionalidad entre el valor cresta de la corriente de rayo y la carga eléctrica acumulada en la descarga descendente. Así como el campo eléctrico depende de la carga acumulada de la descarga descendente.

La zona de captura se establece a partir del radio crítico de cebado (r):

$$r = 10 * I^{0.65}$$

Donde:

- I es el valor de la cresta de la corriente

Este valor se puede obtener a partir de la tabla proporcionada por la norma UNE EN 62305-1 (IEC 62305-1)

Nivel de riesgo LPL	Probabilidades para los valores límite de la corriente de rayo		Radio de la esfera rodante (Distancia final de descarga h_g) – r en m	Valor cresta mínimo de la corriente – I en kA
	<Valores máximos según tabla 5 UNE EN 62305-1	>Valores mínimos según tabla 6 UNE EN 62305-1		
IV	0.84	0.97	60	16
III	0.91	0.97	45	10
II	0.97	0.98	30	5
I	0.99	0.99	20	3

Tabla 4: norma UNE EN 62305-1

El nivel de riesgo de la ampliación es tipo I, por lo tanto, el radio de la esfera rodante (distancia final de descarga) en m son 20.

Por otra parte, si aplicamos la fórmula para el cálculo del radio crítico de cebado:

Para el cálculo de I aplicamos que:

$$I = 1,1 * \frac{U * n}{Z}$$

Donde:

- U es la tensión soportada por los impulsos tipo rayo: U=650 kV.
- n es el número de líneas conectadas a la subestación, n=2.
- Z es la impedancia característica de la línea que toma un valor típico de Z=400 Ω.

Si hacemos el cálculo:

$$I = 1,1 * \frac{650 * 2}{400} = 3,575 \text{ kA}$$

Por lo tanto, el radio crítico de cebado tiene un valor de:

$$r = 10 * 3,575^{0.65}$$

$$r = 22,88 \text{ m}$$

Valor muy cercano al valor obtenido por medio de la tabla. ($20 \text{ m} \approx 22,88 \text{ m}$).

Por lo tanto, el apantallamiento de la ampliación de la subestación queda garantizado con un radio crítico de 22,88 m.

DOCUMENTO 4:

ESTUDIO ECONÓMICO

4. ESTUDIO ECONÓMICO

La instalación de compensadores síncronos en la red de transporte de Mallorca pretende maximizar la potencia de intercambio por el enlace de HVCD. Este dispositivo es crucial para la estabilidad y eficiencia del sistema.

La instalación de un compensador síncrono es una inversión en la calidad del suministro y la estabilidad de la red eléctrica. Aunque los beneficios económicos no los podemos ver reflejados de manera directa, en un compensador síncrono los beneficios son indirectos y se pueden obtener de manera cualitativa. Beneficios indirectos en estabilidad, eficiencia y reducción de emisiones. La instalación de más compensadores síncronos permiten el cierre de centrales de carbón y reducción de emisiones de CO₂. Asimismo, otro beneficio indirecto por la implantación de un compensador síncrono es el aumento de la capacidad de intercambio de potencia entre diferentes áreas de la red.

El estudio económico que haremos será el cálculo de la instalación, pero no podremos hacer un estudio de los beneficios económicos con los que esperamos contar.

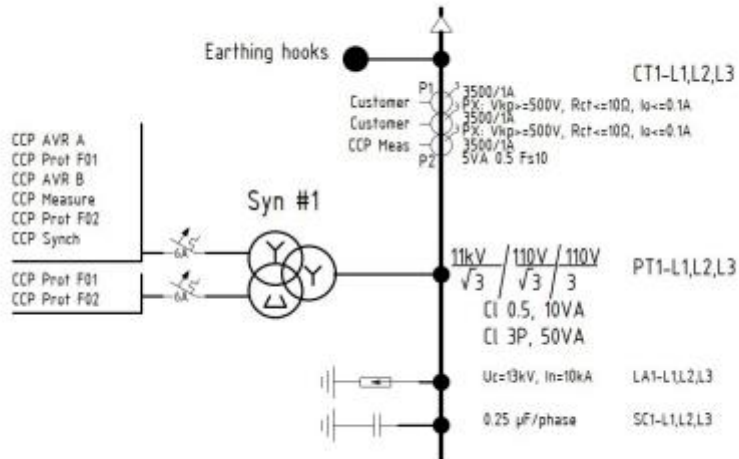
DOCUMENTO 5:

ANEJOS

5. ANEJOS

5.1. COMPENSADOR SÍNCRONO

REACTIVE POWER / MODULE	UP TO 60 MVAR*
Short circuit power	Custom designed
Overload capabilities	Custom designed
Voltage	1 - 15 kV
Frequency	50 or 60 Hz
Standards	IEC, NEMA, CSA etc.
Ambient temperature	-50°C to +60°C -58°F to +140°F
Cooling methods	Open duct ventilated with WP filter Air-water heat exchanger Air-air heat exchanger
Starting methods	Pony motor Reactor Capacitor Auto-transformer Direct On Line Others on request



5.2. TRANSFORMADOR DE TENSIÓN DE CONEXIÓN A LA RED

Capacidad nominal (Qué)	Relación de voltaje		Grupo vectorial	Pérdida de carga sin carga (KW)	pérdida de carga (KW)	Corriente sin carga (%)	Impedancia de cortocircuito (%)
	Cual	Lv					
31500	220±2×2.5% 242±2×2.5%	6.3	YNd11	28.0	128	0.56	12-14
40000		6.6		32.0	149	0.56	
50000		10.5		39.0	179	0.52	
63000				46.0	209	0.52	
75000		10.5		53.0	237	0.48	
90000		13.8		64.0	273	0.44	
120000				75.0	338	0.44	
150000		10.5、13.8		89.0	400	0.40	
160000		15.75		93.0	420	0.39	
180000		18、20		102	459	0.36	
240000				128	538	0.33	
300000				154	641	0.30	
360000		15.75		173	735	0.30	
370000		18		176	750	0.30	
400000		20		187	795	0.28	
420000				193	824	0.28	

El parámetro mencionado anteriormente es solo como referencia, Rockwell puede diseñar productos de acuerdo con los requisitos específicos de los usuarios finales.

5.3. TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD



1. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD > Aislamiento papel-aceite, gas y seco

INTRODUCCIÓN

Los transformadores de intensidad están diseñados para reducir la intensidad a valores manejables y proporcionales a la primaria original. Separa del circuito de alta tensión los instrumentos de medida, contadores, relés, etc.



Aislamiento papel-aceite:
modelo CA hasta 800 kV.
modelo LB hasta 362 kV.



Aislamiento gas:
modelo CG hasta 550 kV.



Aislamiento seco:
modelo CX hasta 72,5 kV.



> Modelo CA
> Modelo LB
> Modelo CG
> Modelo CX

Transformadores de medida | Alta tensión

Aislamiento seco » Modelo CX

Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo		Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones		Peso (kg)
		Frecuencia industrial (kV)	Impulso (BIL) (kVp)		A (mm)	H (mm)	
CXD-24	24	50	125	744	210	462	45
CXE-24	24	50	125	744	250	480	72
CXE-36	36	70	170	900	250	532	80
CXG-36	36	70	170	900	250	670	150
CXE-52	52	95	250	1440	250	712	111
CXG-52	52	95	250	1560	250	798	186
CXH-52	52	95	250	1560	330	800	263
CXG-72	72,5	140	325	1860	250	918	190
CXH-72	72,5	140	325	1860	330	920	305

5.4. INTERRUPTOR:

Interruptores para Generador (GMCB)

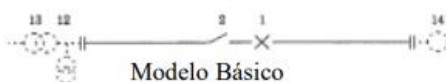
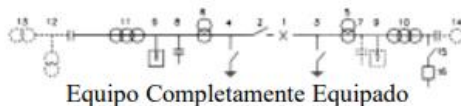
Interruptor en Línea

Es un interruptor independiente integrado en línea de enfriado natural, que se conecta directamente al generador. Este sistema trifásico con el interruptor de potencia en envolventes monofásicas está completamente ensamblado en un soporte común incluyendo los mecanismos de operación, equipos de control y de supervisión.

Tensión Máxima: 27.5kV
Corriente Nominal Máxima: 24,000A
Corriente de Corto Circuito Max. 125kA

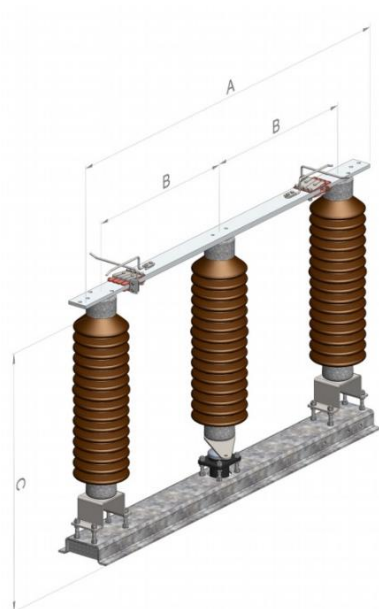


Los Interruptores para Generador o de Máquina tienen diseño simplificado, que minimiza el número de componentes. El sistema puede variar desde el modelo básico que consiste en el interruptor de potencia y un seccionador, hasta un modelo completamente equipado. Como se muestra en los diagramas:



- 1 Interruptor de Potencia
- 2 Seccionador
- 3,4 Seccionador de Puesta a Tierra
- 5,6 Transformador de Potencial (Tensión)
- 7,8 Capacitor
- 9 Apartarrayos
- 10,11 Transformadores de Corriente (Intensidad)
- 13 Transformador del Generador
- 14 Generador (Máquina)
- 15 Seccionador Estático
- 16 Fusible

5.5. SECCIONADOR DE LÍNEA



Seccionador trifásico de doble apertura - GTMS-DAS

El GTMS-DAS es un seccionador trifásico de doble apertura central en un solo movimiento. El seccionador consta de dos aisladores fijos y un aislador giratorio por fase.

VOLTAJE (kV)	VALORES NOMINALES			DIMENSIONES (mm)		
	NBAI (kV)	CORRIENTE (A)	1 sec (kA)	A	B	C
15	110	800	25	1045	385	460
		1250	31.5	1045	385	460
		1600		1065	385	470
		2000	40	1045	385	460
		2500		1045	385	560
25	150	800	25	1045	385	560
		1250	31.5	1045	385	560
		1600		1065	385	570
		2000	40	1075	400	560
		2500		1045	385	665
38	200	800	25	1045	385	665
		1250	31.5	1045	385	665
		1600		1065	385	675
		2000	40	1190	460	665
		2500		1110	420	780
48	250	800	25	1110	420	780
		1250	31.5	1110	420	780
		1600		1130	420	790
		2000	40	1300	515	780
		2500		1630	680	980
72.5	350	800	25	1630	680	980
		1250	31.5	1630	680	980
		1600		1650	680	990
		2000	40	1630	680	980
		2500		2260	940	1330
145	550	800	25	2260	940	1330
		1250	31.5	2260	940	1330
		1600		2240	940	1340
		2000	40	2500	1070	1560
		2500		2500	1070	1560
145	550	800	25	2480	1070	1570
		1250	31.5	2480	1070	1570
		1600				
		2000	40			
		2500				

5.6. SECCIONADOR DE PUESTA A TIERRA :

ELECTRO TAZ®

ElectroTAZ / Seccionador de puesta a tierra EJ



Generalidades

Seccionador de puesta a tierra unipolar o tripolar para servicio interior, de apertura vertical, en montaje horizontal o vertical.
Aplicaciones desde 12 hasta 52 kv.
Accionamiento por palanca, pértiga o mando de tracción, manual o motorizado.

Observaciones

Admiten la posibilidad de incorporar nuestro sistema FS para conexión y desconexión bruscas lo que le dotan de poder de cierre en cortocircuito (CLASE E1 y E2).

Con este sistema FS de conexión brusca, la maniobra de cierre es independiente del operador.

Otras ejecuciones especiales, bajo demanda.

Construcción

Bastidor de acero laminado en frío pintado con aisladores de resina epoxi s/normas UNE 21110 y cuchillas de cobre electrolítico protegido.

5.7. PARARRAYOS

► funcionamiento

El diseño del pararrayos **INGESCO® PDC** permite producir una ionización de las partículas de aire alrededor de la punta del captador, que genera un trazador ascendente dirigido hacia la nube. Esta corriente de iones intercepta y canaliza desde su origen la descarga eléctrica del rayo.

Entre el conjunto excitador (que se encuentra al mismo potencial que el aire circundante) y la punta y el conjunto deflector (que se hallan a igual potencial que la tierra) se

establece una diferencia de potencial que es tanto más elevada cuanto más alto es el gradiente de potencial atmosférico, es decir, cuanto más inminente es la formación del rayo.

La obtención, mediante ensayos de laboratorio, del valor Δt (incremento del tiempo de cebado) permite establecer una correlación entre la velocidad de propagación de la corriente de iones y la distancia de impacto del rayo, a partir de la cual se calcula el radio de protección para

cada modelo de pararrayos (ver cuadro adjunto).

El conocimiento de estos radios de protección nos permite seleccionar el modelo de pararrayos más adecuado a las características de la estructura a proteger, de acuerdo con la normativa reguladora del CTE (Código Técnico de la Edificación).

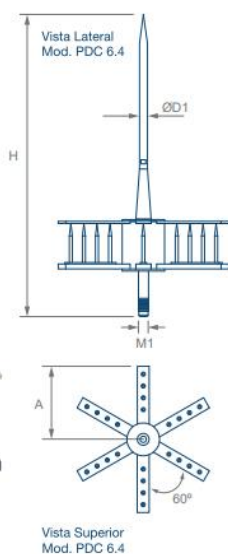
► niveles de protección

Modelo	PDC 3.1	PDC 3.3	PDC 4.3	PDC 5.3	PDC 6.3	PDC 6.4
Ref.	101000	101001	101003	101005	101008	101009
Δt	15 μs	25 μs	34 μs	43 μs	54 μs	60 μs
NIVEL I	35 m	45 m	54 m	63 m	74 m	80 m
NIVEL II	45 m	55 m	64 m	73 m	84 m	90 m
NIVEL III	60 m	70 m	79 m	88 m	99 m	105 m
NIVEL IV	75 m	85 m	94 m	103 m	114 m	120 m

Radio de protección calculados según el Código Técnico de la Edificación.

► especificaciones técnicas

Mod.	Ref.	Mat.	H (mm)	D1 (mm)	M1	A (mm)	Peso (g)
PDC 3.1	101000	Inox	380	16	M 20	95	2.280
PDC 3.3	101001	Inox	554	16	M 20	156	3.060
PDC 4.3	101003	Inox	554	16	M 20	156	3.250
PDC 5.3	101005	Inox	554	16	M 20	156	3.460
PDC 6.3	101008	Inox	554	16	M 20	156	3.660
PDC 6.4	101009	Inox	554	16	M 20	156	4.030



► PARARRAYOS **INGESCO®** PDC

Pararrayos con dispositivo de cebado no electrónico, normalizado según normas UNE 21.186:2011 NFC17-102:2011 NP4426:2013

► características y beneficios

- 100% de eficacia en descarga.
 - Nivel de protección clasificado de muy alto.
 - Garantía de continuidad eléctrica. No ofrece resistencia al paso de la descarga.
 - Pararrayos no electrónico; garantía de máxima durabilidad.
 - Corriente máxima soportada de 200kA (10/350).
 - Conserva todas sus propiedades técnicas iniciales después de cada descarga.
 - Al no incorporar ningún elemento electrónico, no es fungible.
 - No precisa de fuente de alimentación externa.
 - Garantía de funcionamiento en cualquier condición atmosférica.
 - Alta resistencia a la temperatura.
 - Alta resistencia a la intemperie y atmósferas corrosivas.
 - Sistema de autenticación mediante código Qr.
 - Grabación de la información en el cabezal mediante laser.
- El terminal aéreo de captación **INGESCO® PDC**, cumple las siguientes especificaciones técnicas:
- Dispone de un doble dispositivo de cebado:
 - Un dispositivo de anticipación del trazador ascendente
 - Un condensador electroatmosférico
 - Un acelerador atmosférico
 - Un sistema de aislamiento certificado por el **Laboratorio de Alta Tensión LABELEC**.
 - Su estructura está fabricada en Acero Inoxidable AISI316L.
 - Dispositivo de cebado fabricado en Acero Inoxidable AISI 316L y poliamida (PA 66).
- Queda así garantizado su efectivo funcionamiento en cualquier condición atmosférica y ambiental.

► instalación

La instalación de un pararrayos **INGESCO® PDC** debe seguir las prescripciones de las normas UNE 21.186:2011, NFC 17-102:2011, NP 4426:2013 y IEC 62.305, y debe tener en cuenta las recomendaciones siguientes:

- La punta del pararrayos debe estar situada, como mínimo, dos metros por encima del punto más alto de la edificación que protege.
- Para su instalación sobre el mástil, el pararrayos precisará de la correspondiente pieza de adaptación.
- Se deberá proteger el cableado de las cubiertas contra las sobretensiones y conectar a los bajantes las masas metálicas presentes dentro de la zona de seguridad.
- El pararrayos debe conectarse a una toma de tierra mediante uno o varios cables conductores que bajarán, siempre que sea posible, por el exterior de la construcción, con la trayectoria más corta y rectilínea posible.
- La toma o tomas de tierra, cuya resistencia no puede superar los 10 ohmios, deben garantizar una dispersión lo más rápida posible de la descarga del rayo.

► normativas | ensayos | certificados

INGESCO® PDC, cumple los requerimientos contenidos en las normativas siguientes:

- C.T.E.(Código Técnico de la Edificación)
- NF C 17-102:2011
- UNE 21186:2011
- IEC 62561-1
- IEC 62305
- NP 4426:2013

Además de todas las especificaciones descritas para este tipo de componentes en el Reglamento de Alta Tensión por el Ministerio de Industria y Energía. Registro industrial nº150.032, (Ministerio de Industria y Energía). Fabricado desde 1984, es el primer pararrayos con dispositivo de cebado no electrónico en cumplir con la Norma UNE 21186.

El pararrayos **INGESCO® PDC** ha superado con éxito los ensayos y pruebas de certificación siguientes:

- Ensayo de evaluación del tiempo de cebado de pararrayos PDC (Anexo C UNE 21186:2011), en el **Laboratorio de Alta Tensión LABELEC**.
- Certificado de corriente soportada según IEC 62561-1, emitido por el **Laboratorio de Alta Tensión LABELEC**.
- Certificado de aislamiento en condiciones de lluvia, emitido por el **Laboratorio de Alta Tensión LABELEC**.

5.8.BAY CONTROL REC670



Bay control REC670 Relion® 670 series Ver. 2.2

Application

- Bay control for single breaker to 1 1/2 CB diameter using single REC670
- Advanced control & monitoring functionality including automatic voltage control, phasor monitoring, circuit breaker & transformer monitoring
- Integrated back-up protection
- Easy integration to conventional or digital substations

Features

- Fully IEC 61850 compliant, Edition 1 and Edition 2
- Extensive I/O capability
- Protection, monitoring and control of several primary objects integrated in one IED
- Extensive self-supervision including analog channels
- Six independent parameter setting groups
- Ethernet interface for fast and easy communication with PC and SA system
- Large number of Ethernet ports to support several system topologies and redundancy methods
- Large HMI for visualization of single line diagrams
- Settings via IEC 61850 for some protections
- Cyber security support for compliance to NERC CIP and IEC 62351-8 with Centralized Account Management

Pre-configured solutions

- Pre-configured and type-tested solutions including default settings for:
 - Single breaker
 - Double breaker
 - 1 1/2 breaker for complete diameter
 - Single breaker with PMU functionality

Most important protection functions

- Voltage functions
 - Two step phase- and residual overvoltage protection with definite and inverse time characteristics
 - Two step undervoltage protection with definite and inverse time characteristics
 - Voltage three-phase differential for capacitor banks
 - Loss of voltage check
- Current functions
 - Instantaneous phase- and residual overcurrent protection
 - Four step phase- and residual directional overcurrent protection

- Four step directional negative sequence overcurrent protection
- Sensitive directional earth-fault protection
- Broken conductor check
- Thermal overload protection
- Breaker failure protection
- Stub protection
- Pole discordance protection
- Capacitor bank protection
- Voltage controlled/restraint overcurrent protection
- Power functions
 - Directional under- and overpower protection
- Secondary system supervision
 - Fuse failure supervision
 - Fuse supervision based on voltage differential
 - Current circuit supervision
- Frequency functions
 - Under- and overfrequency protection
 - Rate-of-change frequency protection
 - Frequency time accumulation protection
- Multi-purpose function
 - Multi-purpose filter with possibility to detect, alarm, and trip for special operating conditions, e.g. Sub-Synchronous Resonance (SSR)
 - General current and voltage protection
- Scheme communication
 - Scheme communication logic
 - Current reversal and weak-end infeed logic
 - Local acceleration logic

Control functions

- Function instances included to cover a complete diameter with one REC670
- Control and interlocking for up to 30 switching devices
- Ready to use interlocking for different switchgear arrangements
- Several alternatives for reservation functionality
- Automatic voltage control for a single transformer
- Automatic voltage control for up to 8 parallel transformers in a group based on the minimum circulating current principle or master-follower principle
- Setpoint voltage can be controlled via IEC 61850
- Tap position reading via mA or BCD code
- Autorecloser for single or multiple breakers
- Synchronizing, synchrocheck and energizing check
- Selectable operator place allocation
- Software based multi-position selector switches

Logic

- Tripping and trip matrix logic
- Extensive logic block library for application customization

Monitoring

- Phasor monitoring for up to 8 phasor values
- Adjustable breaker monitoring with capability to handle multiple breaker types
- Estimation of transformer insulation loss of life based on top oil measurement or calculation
- Monitor mechanical stresses on transformer via advanced transformer through fault monitoring and reporting functionality
- Disturbance recorder with disturbance report
 - 100 disturbances
 - 40 analog channels (30 physical and 10 derived)
 - 352 binary channels
 - All protection settings during a disturbance
- Event list for 1000 events
- Event and trip value recorders
- Fault locator
- Event counters
- Running hour meter
- Supervision of AC and mA input quantities
- Large HMI with virtual keyboard, function push buttons, and three color LED indications with alarm descriptions

Measurements

- U, I, P, Q, S, f and cos ϕ
- Frequency measurement with accuracy of ± 2 mHz
 - Inputs for mA measuring

Metering

- Energy metering function for energy statistics
- Pulse counting support for energy metering

Communication

- IEC 61850-8-1 including GOOSE messaging
- IEC 62439-3 Parallel Redundancy Protocol (PRP)
- IEC 62439-3 High-availability Seamless Redundancy (HSR)
- IEC/ISA 61850-9-2 LE Process bus for up to 8 MUs
- Phasor monitoring reporting via IEEE 1344 and C37.118
- IEC 60870-5-103, DNP 3.0, SPA, LON protocols
- Remote end communication for signal transfer
 - 64 kbps: 3 analogs & 8 binary or 192 binary
 - 2 Mbps: 9 analogs & 192 binary

Engineering, testing, commissioning and maintenance

- Protection and control IED manager, PCM600, for configuration, parameterization, Ethernet port/protocol configuration, online debugging and disturbance handling

- Forcing of binary inputs and outputs for faster and easier test and commissioning
- Flexible product naming by mapping utility IEC 61850 model to that of 670 series model

Hardware

- 1/1 x 19", 3/4 x 19" or 1/2 x 19" 6U height case selected according to the number of required I/O modules
- Power supply modules from 24 to 250 V DC $\pm 20\%$
- TRM modules each with 12 analog inputs protection class and optionally measurement
- Up to 14 I/O modules in 1/1 x 19" case
- Binary input module with 16 inputs
- Binary output module with 24 outputs
- Static binary output module with 6 static and 6 change-over outputs
- Binary input/output module with 8 inputs and 12 outputs
- mA input module with 6 transducer channels
- Connector types: compression or ring-lug
- Accurate time-synchronization through PTP (IEC/IEEE 61850-9-3), GPS, SNTP, DNP 3.0, IEC 60870-5-103 or IRIG-B
- Remote end data communication modules for C37.94, galvanic X.21 up to 10 m, fiber for direct connection up to 130 km or via multiplexer
- Up to six Ethernet ports (optical LC or RJ45) that can be freely configured as single or redundant pairs

Accessories

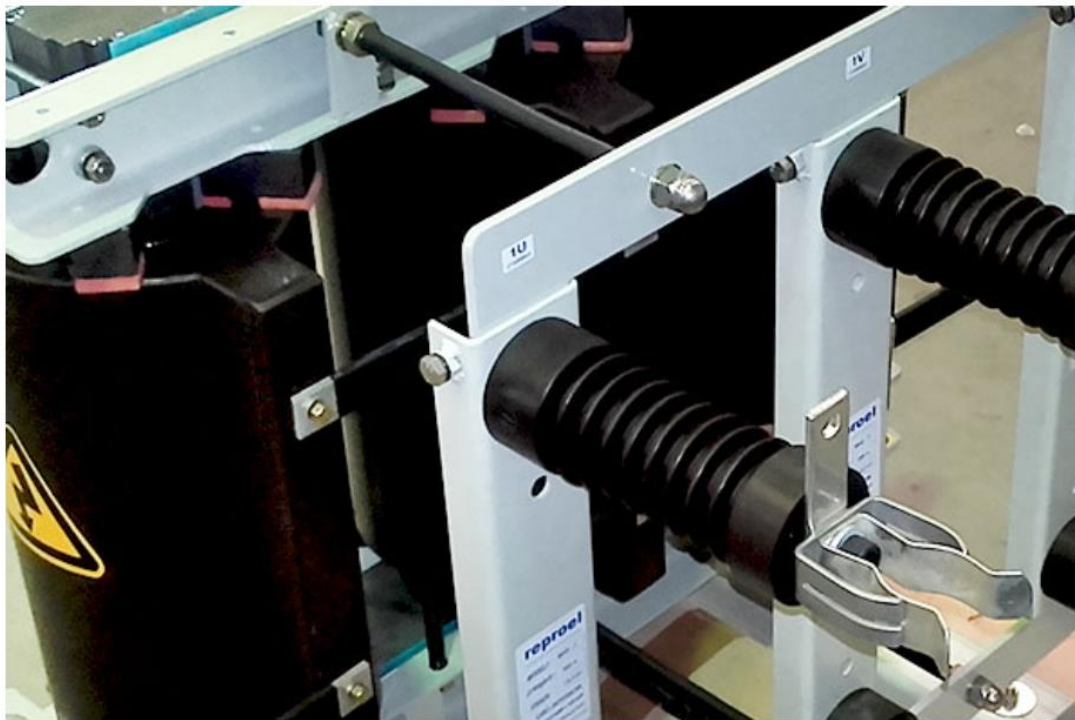
- COMBITEST test system
- COMBIFLEX auxiliary relays
- Mounting kits

Documentation

- Role based documentation for high efficiency in engineering, commissioning, operations and maintenance

Technical details are available in the REC670 Product Guide.

5.9. TRANSFORMADOR DE TENSIÓN PARA EL SISTEMA DE EXCITACIÓN



TRANSFORMADORES DE EXCITACIÓN

Es un transformador trifásico con entrada en media tensión y un secundario que alimenta rectificadores para la excitación de generadores eléctricos. El transformador está diseñado para que pueda conectarse en el lado secundario equipos rectificadores de 6 o 12 pulsos.

La bobina de alta tensión se encuentra encapsulada en resina epoxi y la baja tensión puede ser encapsulada o impregnada en resina epoxi bajo vacío.

El núcleo magnético es fabricado con chapa de acero silicio de grano orientado con pérdidas reducidas y corte a 45°.

5.10. TRANSFORMADOR DE TENSIÓN PARA SERVICIOS AUXILIARES



VRL-17

15 kV VOLTAGE TRANSFORMER



**OUTDOOR
60 Hertz**

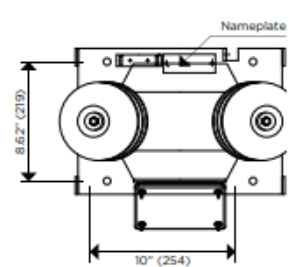
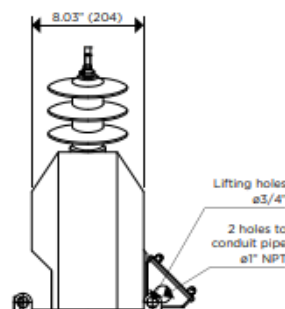
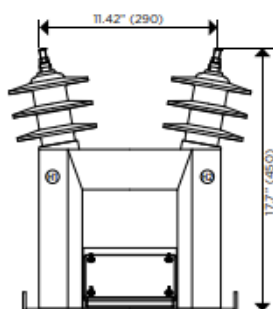
ARTECHE UR/VR series are dry type outdoor service voltage transformers. The core is encapsulated with Type B epoxy resin which provides excellent internal dielectric properties and mechanical strength. The external layer of Cycloaliphatic Epoxy Resin (CEP) provides resistance to ultraviolet rays and the effects of tracking and erosion on the exterior of the transformer ensuring a long mechanical and electrical life. The transformer is maintenance free.

The external layer can be manufactured with Hydrophobic Cycloaliphatic Epoxy Resin (HCEP) which improves service life expectancy due to its improved tracking and erosion resistance. HCEP additionally increases the transformer's weatherability and offers better performance in heavily polluted environments.

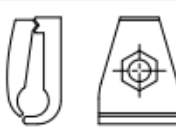
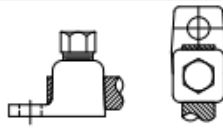
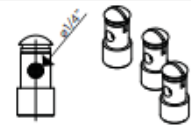
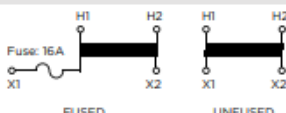
The core is built with high permeability grain oriented silicon steel laminations for low losses. The windings are copper wire with copper plate double isolation. The concentric distribution of the coils prevents magnetic flux leakage, achieving greater accuracy and higher capacity to withstand mechanical stresses in adverse operating conditions.

Partial Discharge measurements exceed the IEEE, CAN/CSA and IEC requirements.

Mechanical characteristics		Weight (lbs.)	Creepage distance (in)	Strike distance (in)
Insulation Material	Colors			
Resin	Gray*	83.7	21.2	10.23



Drawing number:
Fused: 4286569 | Unfused: 4286774

CONNECTIONS	PRIMARY TERMINAL	GROUND TERMINAL	SECONDARY TERMINAL
	 Type: TE-4T Material: Copper Range: 850L-4TRE	 Type: TE-12-250 Material: Copper Range: 4TRE-250MCM	 Type: Quick Connector Material: Brass
MARKING (Single Primary Ratio)	SINGLE SECONDARY		
	 FUSED UNFUSED		

Approximate dimensions in inches (mm).
* Brown color available upon request.



VRL-17

15 kV VOLTAGE TRANSFORMER

Electrical characteristics													
Code (CEP)	Code (HCEP)	Ratio	Primary (V)	Secondary (V)	IEEE Metering Accuracy	Continuous Rated Voltage Factor (Un)	Rated Voltage Factor 30 s (Un)	Thermal Burden (VA)	Nominal Voltage System (kV)	BIL (kV)	Power-Frequency Withstand Voltage (1 min)		
											Primary & Secondary (kV _{ins})	Secondary Winding (kV _{ins})	
With FUSE in the secondary box													
757021020	757020000-H	20:1	2400/4160Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	750	15	110	34	2.5	
757021035	757020001-H	35:1	4200/4200Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	750	15	110	34	2.5	
757021040	757020002-H	40:1	4800/4800Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	750	15	110	34	2.5	
757021042	757020003-H	42:1	5040/5040Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	750	15	110	34	2.5	
757021060	757020004-H	60:1	7200/12470Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	750	15	110	34	2.5	
757021063	757020005-H	63.5:1	7620/13200Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	750	15	110	34	2.5	
757021066	757020006-H	66:1	7920/13700Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	750	15	110	34	2.5	
757021070	757020007-H	70:1	8400/14550Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	750	15	110	34	2.5	
757021100	757020008-H	100:1	12000/12000Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	750	15	110	34	2.5	
757021110	757020009-H	110:1	13200/13200Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	750	15	110	34	2.5	
757021115	757020010-H	115:1	13800/13800Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	750	15	110	34	2.5	
757021120	757020011-H	120:1	14400/14400Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	750	15	110	34	2.5	
757025020	757020130-H	20:1	2400/4160Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	1000	15	110	34	2.5	
757025035	757020131-H	35:1	4200/4200Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	1000	15	110	34	2.5	
757025040	757020132-H	40:1	4800/4800Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	1000	15	110	34	2.5	
757025042	757020133-H	42:1	5040/5040Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	1000	15	110	34	2.5	
757025060	757020134-H	60:1	7200/12470Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	1000	15	110	34	2.5	
757025063	757020135-H	63.5:1	7620/13200Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	1000	15	110	34	2.5	
757025066	757020136-H	66:1	7920/13700Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	1000	15	110	34	2.5	
757025070	757020137-H	70:1	8400/14550Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	1000	15	110	34	2.5	
757025100	757020138-H	100:1	12000/12000Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	1000	15	110	34	2.5	
757025110	757020139-H	110:1	13200/13200Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	1000	15	110	34	2.5	
757025115	757020140-H	115:1	13800/13800Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	1000	15	110	34	2.5	
757025120	757020141-H	120:1	14400/14400Y	120	0.3 W,X,M,Y	1.1	1.25	1000	15	110	34	2.5	

DOCUMENTO 6:

PLANOS

6. PLANOS

LISTA DE PLANOS:

Plano del emplazamiento: 5.1

Plano de la situación: 5.2

Plano de la parcela: 5.3

Plano del unifilar: 5.4

Plano del alzado: 5.5

Plano de la planta: 5.6

Plano del edificio secundario (edificio de control y servicios auxiliares): 5.7

6.1. PLANO DEL EMPLAZAMIENTO:



MATERIAL				
TOLERANCIA				
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA	Emplazamiento Proyecto técnico administrativo Instalación de un compensador síncrono	
COMPROBADO				
ESCALA:	FIRMA		I.C.A.I.	
1:1			Nº DE LAMINA: 1	

6.2. PLANO DE LA SITUACIÓN:



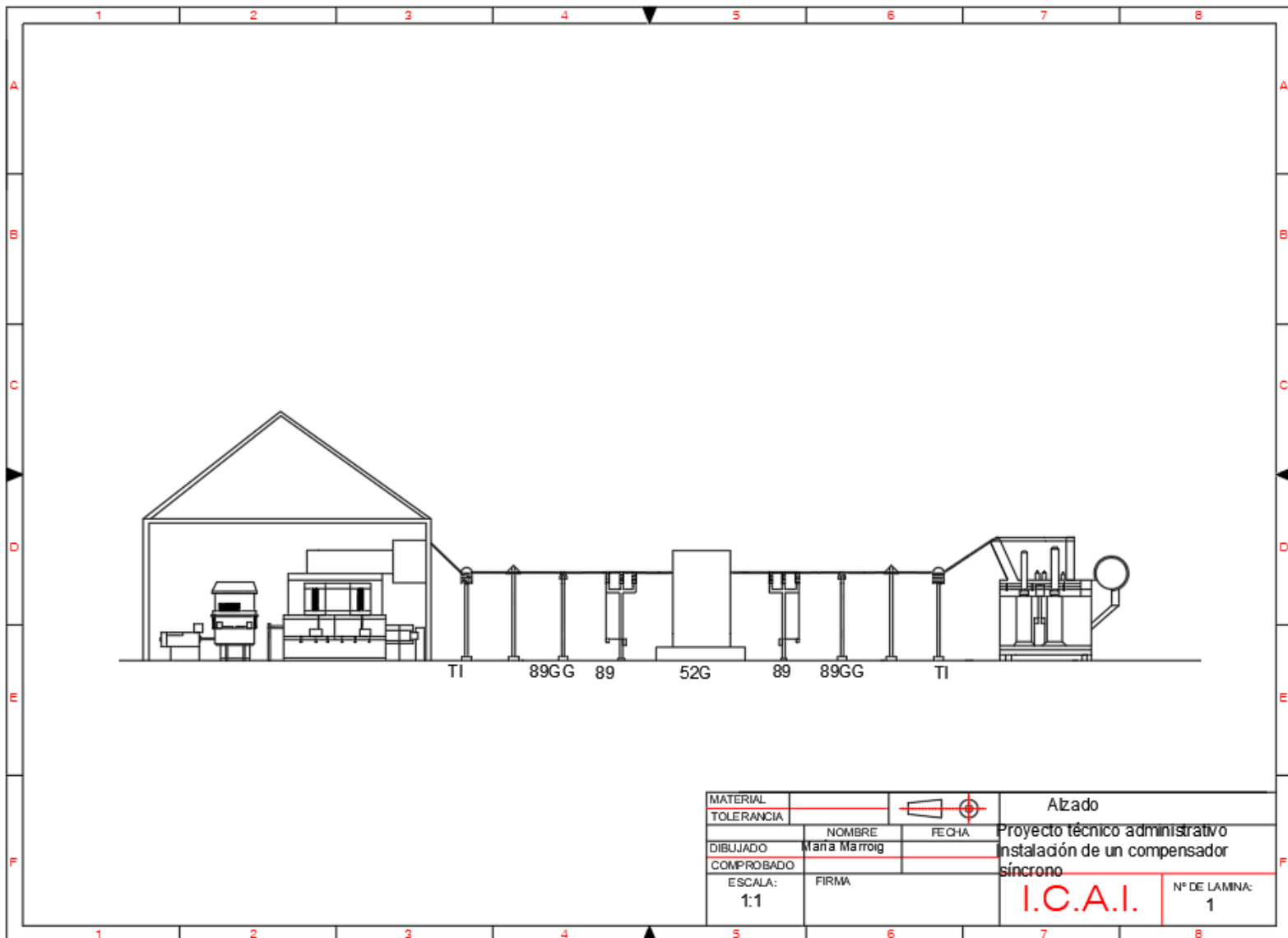
MATERIAL			Emplazamiento
TOLERANCIA			Proyecto técnico administrativo
	NOMBRE	FECHA	Instalación de un compensador
DIBUJADO	Maria Marroig		síncrono
COMPROBADO			
ESCALA: 1:1	FIRMA		I.C.A.I.
			Nº DE LAMINA: 1

6.3. PLANO DE LA PARCELA:

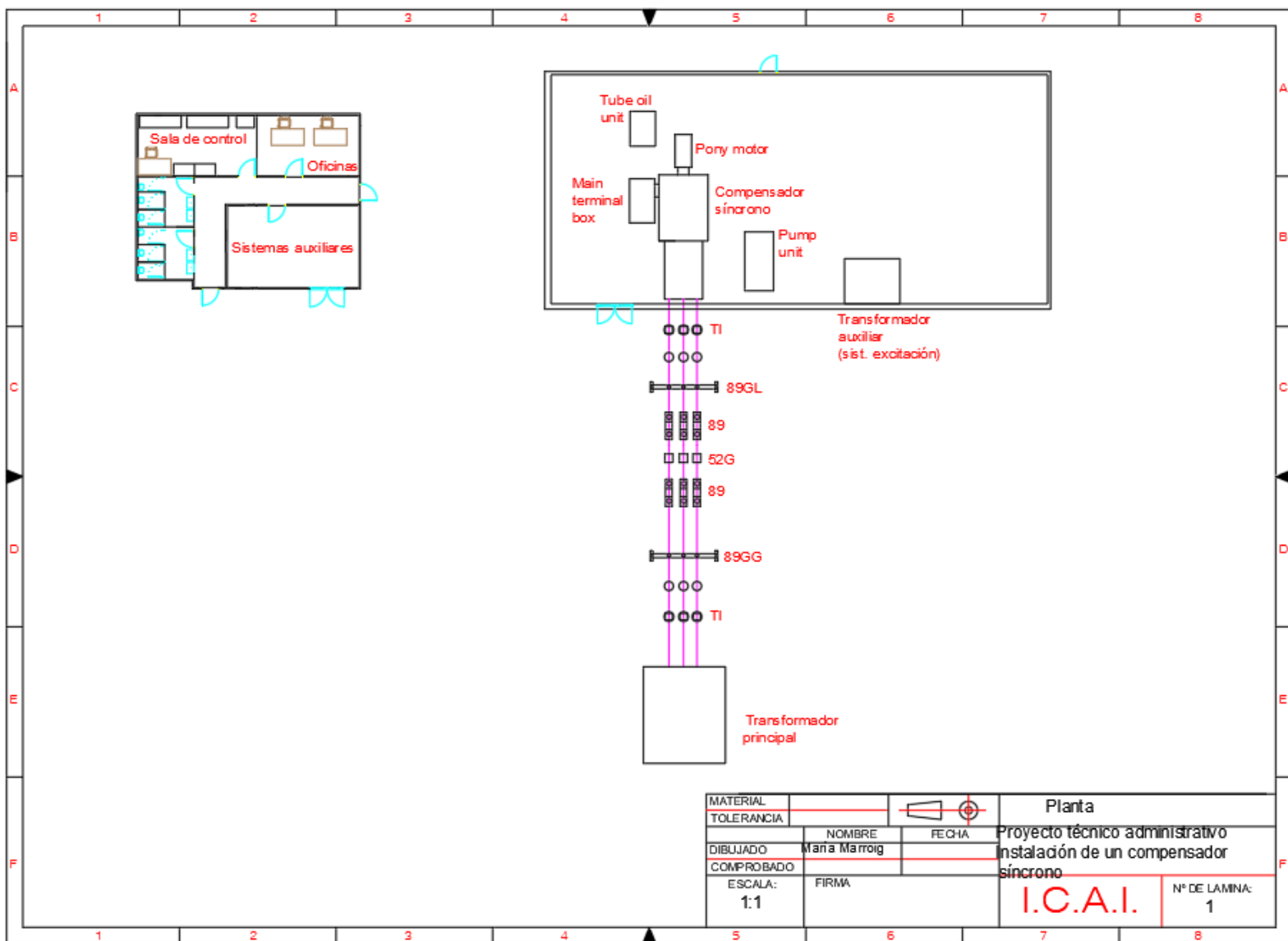


MATERIAL			EMPLAZAMIENTO
TOLERANCIA			
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA	Proyecto técnico administrativo instalación de un compensador síncrono
COMPROBADO			
ESCALA:	FIRMA		I.C.A.I.
1:1			
			Nº DE LAMINA:
			1

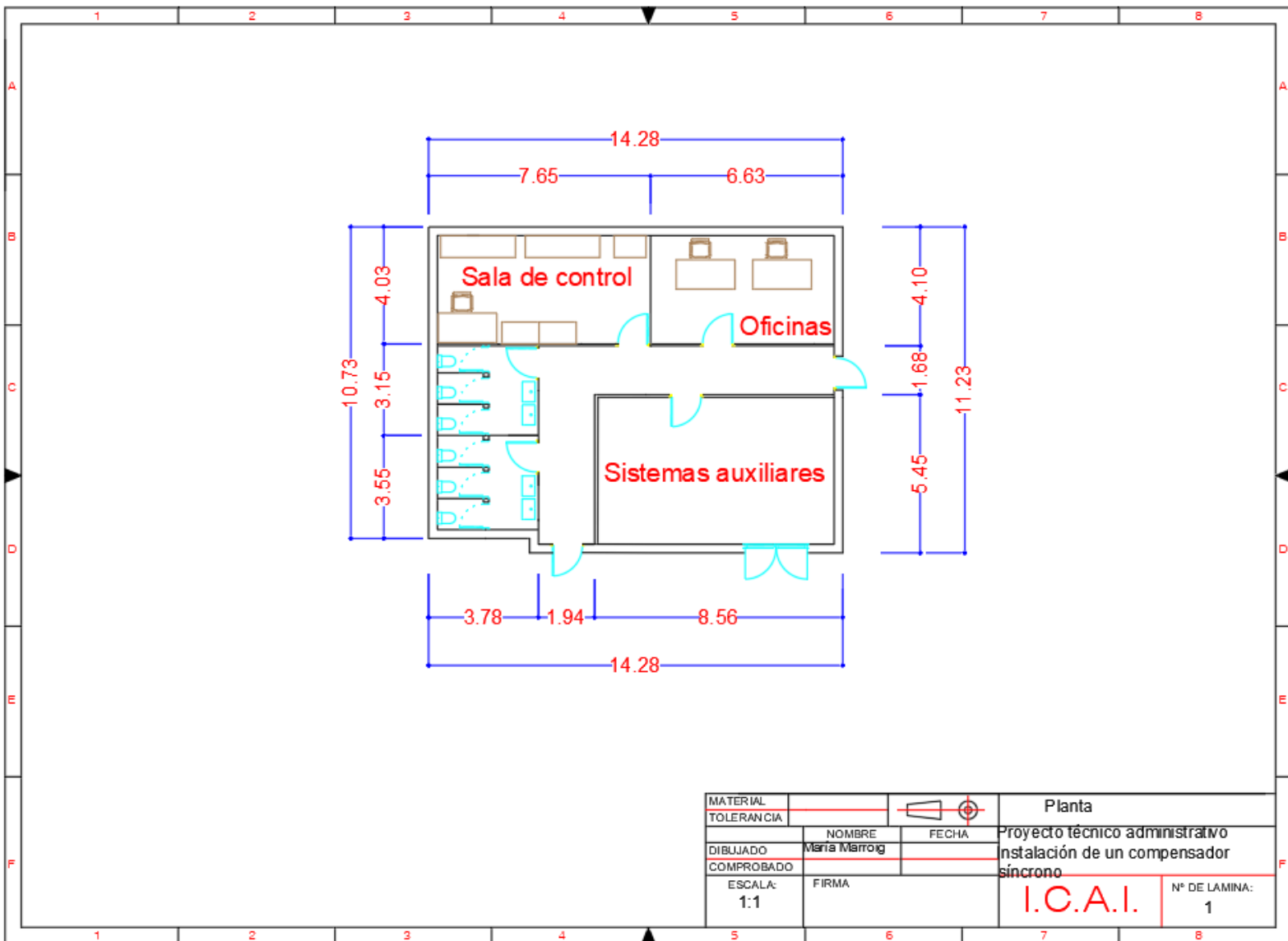
6.5. ALZADO:



6.6. PLANTA GENERAL



6.7. EDIFICIO DE CONTROL Y SERVICIOS AUXILIARES:



DOCUMENTO 7:

PLIEGO DE CONDICIONES

TÉCNICAS

7. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

7.1. OBJETO

El objeto del pliego de condiciones técnicas es aportar la información que define los materiales, equipos y sus respectivos montajes. Para ello se consideran los siguientes aspectos para tener en cuenta:

- 1- Normativa: Los equipos y el montaje de estos debe ser conforme a la normativa legal y de referencia vigente.
- 2- Gestión de calidad: Las especificaciones y características de los equipos, además de su respectivo montaje, quedarán recogidas en el Plan de Calidad. Además, la certificación ISO- 9000 asegurará la calidad de la instalación.
- 3- Gestión medioambiental: Con el objetivo de reducir los impactos que pudiera causar la instalación de la subestación y su funcionamiento.
- 4- Seguridad laboral: Con el objetivo de asegurar el cumplimiento de las medidas de seguridad requeridas por parte de la explotación y el montaje de los elementos de la instalación.

Sistemas de gestión de la calidad conformes a ISO 9000:2015 y ISO 9001:2015 que son estándar para la evaluación comparativa de los sistemas de gestión de calidad en el mundo que va dirigido a mejorar la calidad de productos y servicios. Permite detectar problemas de calidad antes de que el producto llegue a sus clientes.

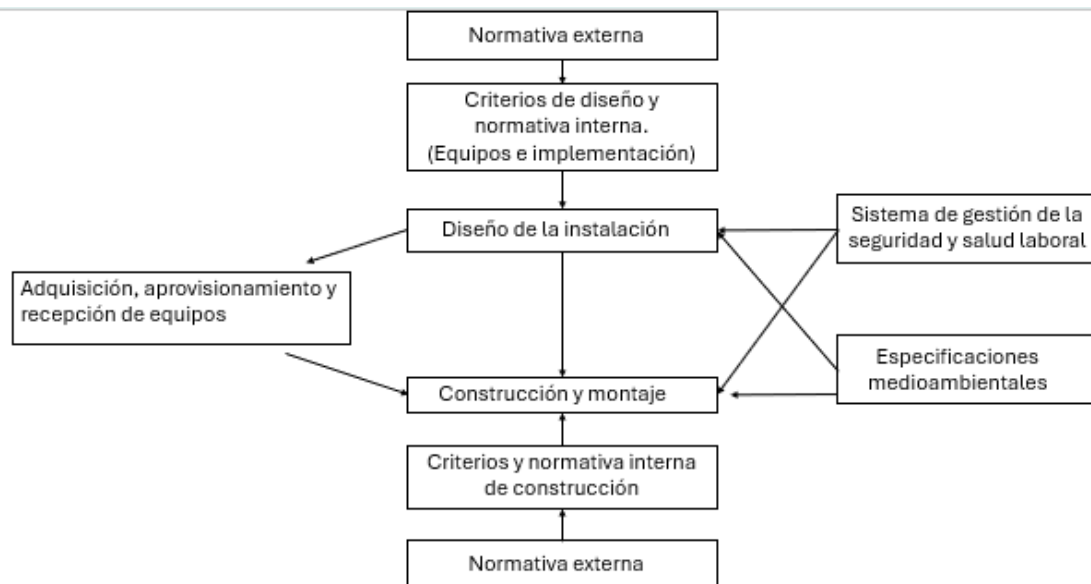


Figura 17: Sistemas gestión de calidad ISO.

7.2. NORMATIVA APLICABLE.

7.2.1. NORMATIVA SOBRE EL SECTOR ELÉCTRICO, CALIDAD Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

- Ley 24/2013 de 26 de diciembre del Sector eléctrico.
- Real Decreto 337/2014 de 9 de mayo que recoge el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión. En este reglamento establece las condiciones a las que deben someterse las instalaciones de corriente alterna trifásica de frecuencia de servicio inferior a 100 Hz, cuya tensión nominal eficaz entre fases sea superior a 1 Kv. Contiene las Instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 223/2008 que contiene el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02)

- Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 542/2020, de 26 de mayo, por el que se modifican y derogan diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial.
- Real Decreto 298/2021, de 27 de abril, por el que se modifica diversas normas reglamentarias en materia de seguridad industrial.
- Ley balear 6/1997, de 8 de julio de Suelo rústico de les Illes Balears.
- Ley balear 3/2019, de 31 de enero, agraria de las Illes Balears.
- Real Decreto 1955/2000 sobre actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, establece las condiciones de acceso a la red para los nuevos generadores que se instalen, facilita el acceso al sector de nuevas inversiones e introduce una mayor competencia.
- Real Decreto 1183/2020 de 29 de diciembre de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Orden ITC/2906/2010, de 8 de noviembre, por la que se aprueba el programa anual de instalaciones y actuaciones de carácter excepcional de las redes de transporte de energía eléctrica y gas natural.

7.2.2. NORMATIVA SOBRE CONDICIÓN DE LOS TRABAJADORES, RIESGOS LABORALES Y MEDIOAMBIENTE

- Convenio Organización Internacional del Trabajo (OIT) núm. 155 de 22 de junio de 1981 sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre de evaluación ambiental. Esta ley incorpora criterios de sostenibilidad en las decisiones estratégicas para prevenir, corregir o compensar el impacto sobre el medioambiente de la actuación humana

- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo que aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- 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 1627/1997, de 24 de octubre, por donde se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción
- Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo español de especies amenazadas.

7.2.3. NORMAS Y ESTÁNDARES TÉCNICOS

- ISO 9000:2015 y ISO90001:2015 Sistemas de gestión de calidad: fundamentos y requisitos.
- UNE 21. 186:2011 Protección contra el rayo: pararrayos con dispositivo de cebado. CTN 207 Transporte y distribución de energía eléctrica AELEC.
- UNE-EN 62305-1 (IEC 62305-1) Protección contra el rayo. Parte 1 Principios generales. AENOR, 2011.
- UNE-IEC standard 60479-1 Efectos de la corriente sobre el hombre y el ganado. Parte 1 Aspectos generales. AENOR, CTN 202 AFME
 - IEEE Std 80-2013m "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding," (Revision of IEEE Std 80-2000/ Incorporates IEEE Std 80-2013/Cor 1-2015) , vol., no., pp.1-226, 15 May 2015. Status inactive reserved (el 21 de marzo de 2024)

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10563513>

7.2.4. RESOLUCIONES ADMINISTRATIVAS

- Resolución de 11 de febrero de 2005, de la Secretaría General de la Energía, por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, por la que se aprueba un conjunto de procedimientos de carácter técnico e instrumentar necesarios para realizar la adecuada gestión técnica del Sistema Eléctrico.

7.3.GESTIÓN DE LA CALIDAD

La gestión de la calidad afecta a los procesos de: ingeniería, construcción, calificación de proveedores, compras, transferencias de instalaciones, gestión de proyectos y también a los recursos cómo lo son la cualificación de las personas, equipos de inspección, medida y ensayo y homologación de equipos.

Además, el sistema de calidad debe estar certificado y con ello satisfacer lo establecido en la norma ISO 9000.

7.4.GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Todas las instalaciones y obras del proyecto son realizadas acorde al cumplimiento de la reglamentación y legislación vigente. Los factores medioambientales que influyen en este proyecto se encuentran en el siguiente capítulo donde se detallan.

7.5.SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

El estudio de Seguridad y Salud correspondiente a la ejecución del proyecto se rige según lo establecido en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por donde se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, bajo la Ley 31/1995, de 9 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

7.6.VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN.

Se garantizará el correcto montaje verificado y se validará la instalación y los equipos mediante:

- **Pruebas en vacío:**

Cuando se finalicen las instalaciones de obra civil y los montajes electromagnéticos se procederá a la realización de estas pruebas, según las instrucciones técnicas correspondientes recogidas bajo la norma interna.

- **Pruebas de tensión:**

El objetivo de las pruebas de tensión será el comprobar la adecuación al uso de la instalación conforme a los criterios funcionales establecidos en el proyecto. Los protocolos de las pruebas y los criterios de ejecución serán redactados conforme a lo especificado en la documentación técnica.

7.7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

7.7.1. MEMORIA:

El siguiente estudio de Seguridad y Salud establece las medidas de seguridad que deben realizarse en los trabajos de obra civil y montaje electromagnético que se dan con la instalación del compensador síncrono y su correspondiente ampliación, en el parque de 220 kV. La Dirección Facultativa debe realizar tales medidas conforme a lo que establece el Real Decreto 1627/97 por el cual se establecen disposiciones mínimas de Seguridad en las Obras de Construcción.

Este estudio es de carácter obligatorio para todas las empresas implicadas en la construcción y desarrollo de la obra. Se incluye como anexo a todos los contratos firmados entre Red Eléctrica de España, S.A y resto de empresas que participen también en la obra. La empresa contratista está obligada a elaborar su propio Plan de Seguridad y Salud en el cual se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, las previsiones contenidas en este mismo documento.

Red Eléctrica se reserva el derecho de la interpretación última del Plan de seguridad que se apruebe.

7.7.2. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA OBRA:

La ampliación para la instalación del compensador síncrono se realizará en la subestación de Santa Ponsa en el parque de 220 kV, situada en el término municipal de Calviá, provincia de las Islas Baleares.

Las condiciones ambientales del emplazamiento son:

- Altura media sobre el nivel del mar: 57 m.
- Temperaturas extremas: +40°C/ - 20°C.
- Velocidad máxima del viento: 140 km/h.
- Contaminación ambiental: baja.
- Nivel de niebla: baja.

Para la instalación del compensador síncrono se lleva a cabo las siguientes tareas:

- Montaje del compensador síncrono y sus sistemas auxiliares.
- Las cimentaciones de las estructuras que harán de soporte de la aparamenta y la instalación de la aparamenta.
- La construcción de los edificios y la sala de control.
- Se modificará la red de tierras y el resto de los sistemas tales como sistemas contra incendios, anti-intrusismo, de alumbrado y fuerza.
- Ampliación de los servicios de corriente alterna y corriente continua de Servicios Auxiliares.

7.7.3. CONTROL DE ACCESOS:

La parcela contará con un vallado para evitar el acceso de las personas ajenas al personal y el portón de acceso estará dispuesto de señales que advierten de posible riesgo.

7.7.4. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Para preparar el terreno para la instalación, se usará maquinaria pesada de explanación y retirada de tierras.

· Acopio:

Los materiales y equipos por instalar se descargarán mediante medios mecánicos.

Se almacenarán en la campa situada en la propia instalación, una ubicación donde se encuentren alejadas de la construcción y donde no interfieran con el desarrollo de los posteriores trabajos.

· Drenajes y saneamientos:

La red deberá cubrir el parque de 220 kV. Se realizará con un tubo drenante, el cual no produzca un efluente significativo, la zanja principal tendrá una profundidad máxima estimada de 1,5 m.

7.7.5. OBRA CIVIL

Construcción de cimentaciones, canales de cables y drenajes. Construcción del edificio que acogerá la aparamenta para el compensador síncrono.

Se dispone de una campa de almacenaje ubicada donde no interfiera con los restantes trabajos y vías de circulación de los vehículos.

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

· Cimentaciones de soporte:

Las cimentaciones para el compensador síncrono y estructuras de la nueva aparamenta serán dados de hormigón armado.

· Canales de cables:

Los canales de cables estarán diseñados para proteger los cables de control y fuerza, desde los mandos de cada equipo a las casetas de relés y desde estas últimas hasta el edificio de control. La prefabricación de los canales de cables a base de hormigón.

· Edificio de control:

El edificio de control contiene la sala de control y comunicaciones, la sala de servicios auxiliares y los aseos.

Dentro del edificio de control se encuentran los equipos de comunicaciones, unidad central y monitores del sistema de control digital, equipos cargador-batería, cuadros

de servicios auxiliares de c.c/ c.a. y centralitas de alarmas de los sistemas de seguridad y anti-intrusismo.

7.7.6. MONTAJE DE ESTRUCTURAS Y EQUIPO

Se planificarán las actividades de montaje de forma que no interfieran entre sí, de manera que se cuidará que no afecten a las de obra civiles que continúen en construcción.

Los perfiles de las estructuras metálicas y soportes serán de alma llena.

· Trabajos de cableado y trabajos en baja tensión (b.t):

Se realiza el tendido de los cables de fuerza y de control de manera manual según el trazado de 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.

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

7.7.7. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Las empresas encargadas de realizar las obras deben evaluar los riesgos asociados a cada una de las actividades de construcción de subestaciones. Lo cual requiere un análisis previo de:

- Las condiciones generales de trabajo, máquinas, instalaciones próximas existentes y agentes físicos, químicos y biológicos que puedan existir.
- Las características de organización y control de 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.

Las empresas contratistas deben tener una lista con una evaluación de riesgos genérica la cual concierne a sus trabajadores.

Se prevé que los riesgos que se pueden presentar sean los siguientes:

A) Situaciones pormenorizadas de riesgo:

- Caídas de personas al mismo nivel:

Caídas 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, nieves, agua, etc.)

- Caídas de personas a distinto nivel:

Caída desde escaleras portátiles, desde andamios y plataformas temporales, desniveles, huecos, zanjas, taludes, desde estructuras pórticos.

- Caída 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 y 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/ frías.

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.

- Tráfico:

Choques entre vehículos o contra objetos finos.

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.

B) 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 en algún momento interferir entre sí, por ello sobre la base del Art. 3 del Real Decreto 1627, RED ELÉCTRICA en su calidad de promotor procederá a nombrar un coordinador en materia de seguridad.

- **Jefes de trabajo de las empresas contratistas**

Las personas que ejerzan in situ las funciones de jefe de trabajo, dirigiendo y planificando las actividades de los operarios, garantizarán que los trabajadores conozcan 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.

C) Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra:

Conforme a la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 serán aplicados durante la ejecución de la obra y en particular:

- Garantizar que solo los trabajadores con formación suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave o específico.
- Se deben dar instrucciones claras a los empleados.
- El mantenimiento de la obra debe estar en buen estado de orden y limpieza
- La manipulación de los distintos materiales y medios auxiliares.
- Mantenimiento de los medios y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra.
- La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de trabajo

- La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- La adaptación del tiempo efectivo que deberá dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- La cooperación entre RED ELÉCTRICA y el contratista.

D) Formación:

El personal de la empresa contratista que sea habitual en estos trabajos debe estar instruido en seguridad. En las fechas inmediatas a la incorporación recibirá información 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 Real Decreto 614/2001.

E) Medicina preventiva:

La empresa contratista queda obligada a aportar trabajadores con reconocimiento médico. En cualquier momento RED ELÉCTRICA podrá solicitar los certificados de estos reconocimientos.

F) Medios de protección:

Antes del inicio de los trabajos todo el material de seguridad debe estar disponible en la obra. Asimismo, todos los equipos de protección individual se ajustarán a lo indicado en el Real Decreto 773/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

7.7.8. : LOCALES DE DESCANSO Y SERVICIOS HIGIÉNICOS

Según lo establecido en el Real Decreto 486/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad, el contratista dispondrá de los locales y servicios higiénicos necesarios.

Si se usaran instalaciones permanentes existentes en la instalación, no será preciso dotar a la obra de instalaciones temporales.

7.7.9. DISPOSICIONES DE EMERGENCIA

A) Vías de evacuación

En casetas y edificios de pequeñas dimensiones no es necesario la definición de vías o salidas de emergencia para una posible evacuación.

Si en el edificio de control se estiman más de 20 personas, entonces será necesario la elaboración de 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.

Se instalarán señalizaciones indicando las diferentes vías de emergencia.

Cuando sea necesario, la decisión de evacuación del lugar será tomada por el coordinador de seguridad, y si este no está presente, será un supervisor de RED ELÉCTRICA. Siendo el punto de reunión el mismo que el resto de la subestación, es decir, el portón principal a la entrada de la subestación.

B) Iluminación

Los trabajos se realizarán a la intemperie y en horario diurno, no será por ello necesaria la instalación de alumbrado.

En el caso de que los trabajos se realicen en horario nocturno, se instalará un sistema de alumbrado adecuado al trabajo que se va a realizar y que incluirá las vías de acceso a 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 fijo).

C) Instalaciones de suministro y reparto de energía:

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

El suministro eléctrico se tomará de la red existente.

Las instalaciones de suministro y reparto de energía de la obra deberán instalarse y utilizarse de manera que no entrañen peligro de incendio ni de explosión y que de esta manera todo el personal esté protegido contra riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

Si son instalaciones eléctricas, el acceso a las partes activas quedará completamente restringido para los trabajadores autorizados o cualificados.

D) Ventilación

No se consideran necesarios los controles de ventilación dado el tipo de obra.

Los trabajos para realizar en este tipo de recintos deberán en todo momento tener vigilancia desde el exterior, con una comunicación constante entre los trabajadores que se encuentren en el exterior y el interior del recinto. Se deberán tener en cuenta todas las precauciones para que se pueda prestar auxilio inmediato en caso de algún fallo o circunstancia.

Debido a que será necesario el uso de maquinaria que producen gases o vapores que reducen de forma peligrosa la concentración de oxígeno, se instalará un sistema de ventilación de aire limpio.

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

E) Ambientes nocivos y factores atmosféricos

El trabajo será a la intemperie, la planificación de tareas que requieran un consumo metabólico alto se planificará para que no coincidan con periodos de temperatura extremos.

Si se diera una tormenta eléctrica se suspenderían los trabajos.

Debido a la existencia de contaminantes inflamables, las herramientas a utilizar serán compatibles con el riesgo, es decir, herramientas antideflagrantes.

Los trabajadores no deberán tampoco estar expuestos a niveles sonoros nocivos ni factores nocivos sin protección.

F) Detección y lucha contra incendios:

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

Se deberá contar con los suficientes extintores, que deberán situarse en lugares de fácil acceso.

No existirán bocas de extinción de incendios al no disponer de recinto de acometida de aguas.

El sistema de detección de incendios en casetas y edificio se instalará en cuanto se pueda.

G) Primeros auxilios

Todos los trabajadores deberán conocer el número de ayuda de primeros auxilios (112). La administración dispondrá de ayuda técnica o sanitaria que se solicite en dicho número.

La empresa contratista deberá proveer de un botiquín de obra para presentar primeros auxilios y medio de primeros auxilios (camilla, elementos de cura, etc). También se debe disponer en la obra un vehículo para evacuar a un posible accidentado.

También se deberá exponer para conocimiento de todos los trabajadores los centros de asistencia más próximo.

7.8.PLAN DE SEGURIDAD

El Plan de Seguridad que elabore la empresa contratista debe establecer también la forma de ejecutarlo, según las situaciones de riesgos previsibles en la obra.

El Plan de Seguridad, una vez aprobado, debe ser el documento aplicable en obra, y debe ser de conocimiento del jefe de trabajo y del coordinador de seguridad.

7.9.REQUISITOS AMBIENTALES, TÉCNICOS Y PARTICULARES

7.9.1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El siguiente capítulo recoge la descripción de los requisitos de carácter ambiental que se deben cumplir en los trabajos de obra civil y montaje electromecánico que se van a realizar en la ampliación. Todo ello a fin de minimizar los posibles impactos ambientales

que puede conllevar el desarrollo de los trabajos de construcción. El alcance de este capítulo son los trabajos de obra civil y montaje electromecánico.

7.9.2. REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL

Se debe realizar un estricto cumplimiento de los requisitos ambientales legales vigentes, el europeo, estatal, autonómico y municipal.

Las especificaciones ambientales de construcción de la ampliación indicarán todos los requisitos a cumplir.

7.9.3. CONDICIONADOS DE LOS ORGANISMOS DE LA ADMINISTRACIÓN

Los organismos públicos y entidades que puedan verse afectadas por el desarrollo del proyecto deberán emitir condicionados, los cuales serán aplicados en el desarrollo de la ejecución de la obra.

7.9.4. 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 el suelo desnudo o sin mecanismos de retención, se pondrá una bandeja metálica sobre la que se colocarán los recipientes que contengan combustible.

La bandeja tendrá una capacidad igual o mayor que la del mayor de los recipientes que se ubiquen en ella. Será necesario tapar la bandeja con una lona para evitar que en caso de lluvia se llene de agua, a no ser que esta bandeja y los recipientes se ubiquen en el interior de algún edificio o cubierta.

Para los grupos electrógenos de la instalación del compensador síncrono, su tanque de almacenamiento principal deberá tener doble pared y todas las tuberías irán encamisadas. Si no es así se colocarán también en una bandeja como la descrita para el combustible.

7.9.5. CAMBIOS DE ACEITES Y GRASAS

Es necesario tomar medidas preventivas para evitar el derrame de aceites y grasas al suelo. El cambio de aceites de la maquinaria se realizará en un taller autorizado. Si ello no fuera posible se efectuará sobre el terreno utilizado una bandeja, un recipiente de recogida de aceite y superficie impermeable, con ello se previene los posibles vertidos al suelo.

7.9.6. CAMPAMENTO DE LA OBRA

El campamento de la obra dispondrá de los contenedores necesarios para los depósitos sólidos urbanos que generen los trabajadores.

No se pueden usar fosas sépticas ni pozos filtrantes en la instalación sin la expresa autorización de la confederación hidrográfica correspondiente, se usarán depósitos estancos que luego se quitarán.

Es necesario un riguroso mantenimiento de estos sistemas para evitar olores y molestias.

7.9.7. ESTUDIO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

La gestión de residuos ayuda a minimizar los impactos derivados de la generación de residuos mediante el desarrollo de medidas y criterios.

El estudio de la gestión de residuos se debe llevar a cabo en cumplimiento del Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, redactados según el artículo 4: “Producción y gestión de los residuos de construcción y demolición”

Las actividades que generan residuos son:

- Obras para la preparación del terreno para la instalación del compensador síncrono.
- Acopios, campamento de obra e instalación de medios auxiliares.
- Movimiento de tierras.
- Obra civil.
- Montaje electromecánico.
- Limpieza de obra y restauración

A) Estimación de los residuos a generar

Se pueden clasificar los residuos según: residuos no peligrosos, residuos peligrosos.

Residuos no peligrosos:

- Excedentes de excavación.
- Restos de hormigón.
- Papel y cartón.
- Maderas.

- Plásticos.
- Chatarras metálicas.
- Restos urbanos.
- Residuos vegetales.

Residuos peligrosos:

- Trapos impregnados.
- Tierras contaminadas.
- Envases que han contenido sustancias peligrosas.

B) Medidas de prevención de generación de residuos

Siguiendo un plan de reutilización sostenible, será importante separar los residuos que puedan ser reutilizables de los que no. También separar los residuos desde el origen, de esta manera reducimos el impacto de la contaminación y facilitamos su reciclaje.

Algunas de las prácticas para minimizar la generación de residuos:

- Tierras de excavación:

Que consiste en separar y almacenar la tierra vegetal, para luego usarla en labores de restauración de la vegetación. Se almacenará en una zona segura donde no quede afectada por el movimiento de tierras hasta su uso. La altura máxima de los acopios será de dos metros para que no pierda sus características.

Con esto se consigue minimizar los movimientos de tierras.

- Cerámicas mortero y hormigón:

Consiste en la reutilización de la propia obra.

- Medios auxiliares, envases y embalajes:

Consiste en emplear materiales cuyos embalajes procedan de material también reciclado.

No separar el embalaje hasta no usar el material para no extraviar el mismo y evitarnos daños en el material, y guardarlo cuando pueda ser este reutilizado, o incluso devolvérselo al proveedor como en el caso de las botellas de SF6 vacías o medio vacías.

- **Residuos metálicos:**

Con los residuos metálicos lo mejor es separarlos y almacenarlos de manera que se facilite su reciclado.

- **Aceites y grasas:**

Los cambios de aceite se deben hacer en talleres autorizados, si por cualquier razón fuera imprescindible hacer el cambio en la propia obra se deben emplear los accesorios necesarios para evitar que los vertidos caigan al suelo.

Por ello se debe controlar exhaustivamente la operación para evitar que se produzca cualquier vertido.

- **Tierras contaminadas:**

Para evitar el derrame de sustancias peligrosas se debe disponer de una bandeja metálica que almacene el combustible y usar boquillas antigoteo. Para evitar que estas bandejas dejen de cumplir su función debemos resguardarlas de la lluvia para que no se llenen de agua.

También podemos disponer de grupos electrógenos cuyo tanque de almacenamiento principal tenga doble pared y cuyas tuberías vayan encamisadas.

- **Residuos vegetales:**

La gestión de residuos vegetales consistirá en respetar los ejemplares que no sean incompatibles. No talar los árboles que no dificulten la instalación de la obra o la talla de las ramas que no interfieran en el terreno.

B) Medidas de gestión de los residuos en obra

Los requisitos de segregación, almacenamiento, manejo y gestión de los residuos en obra están incluidos en este apartado. Para que se pueda desarrollar adecuadamente todo el personal debe estar correctamente formado sobre cómo separar y almacenar los residuos.

- **Segregación:**

Para evaluar los residuos de manera correcta debemos clasificarlos según su no peligrosidad y por su cantidad. Entonces según estos dos parámetros se tiran a contenedores específicos colocados por el ayuntamiento. Para la segregación se emplean bolsas o contenedores y se deben etiquetar para poder entender las características de cada agrupación.

La segregación debe ser máxima, para así poder facilitar la reutilización y ver qué proceso de tratamiento final encaja más según el tipo de residuo. No se pueden mezclar residuos peligrosos con residuos no peligrosos.

Si por alguna razón no es técnicamente viable la segregación, el contratista podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos externo.

- Almacenamiento:

En muchos casos serán necesarios el almacenaje de los residuos para así poder facilitar su posterior desecho.

Las zonas de almacenamiento deben regirse por los siguientes criterios:

- No deben poder verse desde carreteras, suelos, etc., pero deben ser de fácil acceso.
- Deben estar correctamente señaladas para que los trabajadores supieran su ubicación.
- Los residuos peligrosos deben estar protegidos de las condiciones ambientales y con sistemas de retención de vertidos como lo son las bandejas.
- Los contenedores de residuos peligrosos deben estar etiquetados según la legislación vigente, en un lugar visible y con la correcta descripción del tipo de residuo del cual se trata. De esta manera se procederá a su correcto tratamiento de desecho. La información debe ser: descripción del residuo, el icono de riesgos, código del residuo, datos del productor y fecha de inicio del depósito del residuo.
- Los residuos que puedan ser arrastrados por el viento deben estar encerrados en contenedores con tapa y cerrados para que no se vuelen.

- Se debe delimitar correctamente la zona para evitar los vertidos de los contenedores. La zona será regenerada una vez finalizada la obra y los residuos serán gestionados a través del Gestor autorizado.
- No se almacenarán los excedentes de la excavación.

C) Destinos finales de los residuos generados

Habrà de cumplirse la legislación vigente específica para la gestión final de los residuos. En todo caso, antes de desecharlos se le dará prioridad a la reutilización y valoración de los residuos. No obstante, si al final estos son desechados, el destino final dependerà de si son residuos peligrosos o no peligrosos:

- **Residuos no peligrosos:**

- **RSU:**

RSU son las siglas de residuos sólidos urbanos y aquellos semejantes. Serán recogidos por un gestor autorizado y como última opción depositados en el vertedero. En el caso de que sean escasos se podrán tirar a los contenedores que existan en el Ayuntamiento más cercano.

- **Restos vegetales**

Deben hacerse simultáneamente a los trabajos de talas y desbroce para evitar así la acumulación que como son restos vegetales puede darse que se conviertan en un foco de infección por hongos o incrementen el riesgo a que se dé un incendio. Los residuos forestales se gestionarán según la autoridad ambiental competente y preferiblemente se les dará a los propietarios. Si ninguno de estos casos fuera posible estos residuos se llevarán a una planta de compostaje.

- **Excedentes de excavación, escombros y excedentes de hormigón:**

Estos residuos, se tratarà primero de reutilizarlos en la obra, pero si no es posible con el permiso del Ayuntamiento y de la autoridad ambiental se pueden reutilizar para hacer por ejemplo firmes de caminos, rellenos, etc. Y si no de nuevo será

gestionado por el Gestor autorizado. Como última opción se tirará en el vertedero autorizado.

- **Chatarra**

Se entregarán a un gestor autorizado para que recicle las distintas fracciones.

• **Residuos peligrosos:**

Los residuos peligrosos por necesidad deben estar controlados por el Gestor y tramitados por este profesional. Irán primero los gestores que ofrezcan la posibilidad de valorización como destino final frente al desecho.

En caso de residuos peligrosos por el desmontaje de equipos se llevará a cabo directamente por RED ELÉCTRICA, siendo estos gestionado por gestores autorizados.

7.9.8. INCIDENTES CON CONSECUENCIAS AMBIENTALES

Se consideran incidencias medioambientales a aquellas situaciones que requieren actuaciones rápidas de emergencia.

Consideraremos principales incidentes a los incendios, fugas y derrames de material contaminante.

El riesgo de incendio proviene del almacenamiento y manipulación de productos inflamables, para evitar este riesgo se tomarán las medidas de prevención de incendios y se prestará atención a los productos inflamables, para que estos no prendan, es decir, evitaremos el contacto con trabajos de soldaduras, recalentamiento de máquinas, cigarrillos, etc.

Se contarán también con los medios de extinción adecuados y con la autorización pertinente para realizar trabajos en épocas de riesgo.

También se usarán las medidas de prevención de fugas y derrames y se contará en la obra con los materiales necesarios para la actuación por derrames de sustancias contaminantes.

7.9.9. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL

A) Limpieza de cubas de hormigonado

Será de vital importancia la prevención de vertidos de este tipo en las proximidades de la subestación, para ello se delimitará la zona y una vez terminado el trabajo se llevarán los residuos a un vertedero controlado.

El encargado de gestionar los residuos debe ser un Gestor autorizado y la zona debe ser regenerada.

B) Requisitos específicos para el montaje mecánico

- Llenado de equipos con aceite

Durante el llenado se tomarán las máximas precauciones para evitar accidentes.

No se empezará el trabajo hasta que no estén preparados los fosos para la recogida de residuos, para evitar así consecuencias medioambientales en caso de fallo. Además, se colocarán recipientes preparados para posibles fugas.

- Llenado de equipos con SF₆

El gas hexafluoruro de azufre actúa como gas aislante, en condiciones normales de presión y temperatura el gas es incoloro, inodoro, no tóxico, estable y no inflamable.

No obstante, al exponer el gas a elevadas temperaturas, se descompone dando lugar a productos tóxicos que pueden ser corrosivos, si se producen estas pérdidas en zonas confinadas, el aire se satura totalmente y esto puede provocar un grave riesgo de asfixia y efectos de congelación. También en caso de falla contribuye potencialmente al calentamiento global al ser liberado. Es por ello por lo que el manejo de este gas debe estar controlado y llevado a cabo por personal especializado, lo cual minimizará posibles situaciones de falta. Las botellas con los residuos serán retirados por el propio proveedor.

7.9.10. ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA

Una vez finalizados los trabajos se realizará una limpieza y una revisión de la conservación del entorno de la subestación.

Se procederá a la rehabilitación de todos los daños ocasionados sobre las propiedades derivadas 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 aspectos originales del terreno.

De forma inmediata a la finalización de la obra se volverán a cultivar las superficies de vegetación, y así se integrará la ampliación de la subestación en el paisaje.

DOCUMENTO 8: PRESUPUESTO

8. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO APARAMENTA		Precio	Coste total/€
Compensador síncrono			4150000
	Fabricación y transporte	4100000	
	Instalación	50000	
Transformador de conexión a la red			3300000
	Fabricación y transporte	3250000	
	Instalación	50000	
Red de tierras y pararrayos			6500
	Puntas Franklin	6000	
	Instalación	500	
Estructura metálica	Fabricación e instalación	600000	600000
Aparamenta y materiales de alta tensión:			125000
	Seccionadores de puesta a tierra	25000	
	Seccionadores de línea	21000	
	Interruptores de generador	28000	
	Transformadores de intensidad	23000	
	Pararrayos	28000	
Sistemas auxiliares:			1096960
	Transformador de servicios auxiliares	250000	
	Grupo electrógeno INMESOL	21960	
	Batería Ni Cd 48 Vcc	15000	
	Batería Ni Cd 125 Vcc	15000	
	Sistema de control REC 670 de Hitachi	795000	
Sistema de excitación	Transformador sistema excitación		300000
	SUMA TOTAL		9578460

<i>PRESUPUESTO OBRA CIVIL Y MONTAJE</i>		<i>Precio</i>	<i>Coste total/€</i>
Obra civil			506360
	Terreno	62000	
	Accesos	36000	
	Movimientos de tierra	90000	
	Drenajes y saneamientos	25000	
	Cimentaciones	139400	
	Edificio estructura	126960	
	Albañilería	11000	
	Vallado	16000	
Montaje	Montaje apartamenta	135000	135000
	Montaje de la estructura	80000	80000
Pruebas y puesta a punto			155000
	Medida de tensiones	25000	
	Pruebas aparallaje	80000	
	Pruebas vacío	50000	
Sistemas de alumbrado y anti-intrusismo			29750
	Alumbrados	11000	
	Alumbrado emergencia	9750	
	Sistema anti-intrusismo	9000	
TOTAL			906110

PRESUPUESTO DE SEGURIDAD	Precio	Unidades	Coste total/€
Cascos de seguridad (obra)	15	10	150
Cascos con pantalla	89,84	5	449,2
Vestimenta obrero	50	10	500
Gafas de protección	21,56	75	1617
Botas dieléctricas	55,62	75	4171,5
Guantes dielectricos (paquetes de 10 unidades rajapac	156,09	3	468,27
Guantes de trabajo	5	500	2500
Arnés de seguridad (equipo anticaidas)	109,67	5	548,35
Ropa nomex contra riesgos industriales y fuego estructural.	59,45	10	594,5
Buzo para soldador	88,39	2	176,78
Cuerdas	15,16	5	75,8
Cintas	21,99	5	109,95
Dispositivos anticaidas	208	5	1040
Extintores	44,4	4	177,6
Comprobador de tensión	141	2	282
Sensor capacitivo	220,46	2	440,92
Tapetes dieléctricos (alfombra antiestática con cable de puesta a tierra)	825	3	2475
señal de seguridad (adhesiva riesgo eléctrico)	5	4	20
Señal advertencia general ISO alumnio	67,28	1	67,28
Botiquin	24,5	3	73,5
Camilla de emergencias	150	1	150
Cinturón de dos piezas para fijación en tablero	31	1	31
TOTALES SEGURIDAD			16118,65

Concepto	Presupuesto	Unidad
Aparamenta, red tierras, sist. auxiliares	9578460	€
Obra civil y montaje	906110	€
Presupuesto de seguridad	16118,65	€
Presupuesto total sin IVA	10500688,65	€
IVA	2205144,617	€
Presupuesto total final	12705833,27	€

El presupuesto total del compensador conectado a la subestación de santa Ponsa es de **doce millones setecientos cinco mil ochocientos treinta y tres euros con veintisiete céntimos.**

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ramón M. Mual. *Cálculo de líneas y redes eléctricas*. Edicions UPC, Politècnica de Catalunya, Tecnología eléctrica i electrónica, 2002. Accesible en <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.3/36744/9788498800340.pdf>
- [2] Abdulahovic, Tarik y Teleke, Sercan, “Modeling and comparison of synchronous Condenser and SVC”, Chalmers University of Technology, (TFG examiner Torbjorn Thiringer) Chalmers University of Technology, (Goteborg, Sweden, 2006)
- [3] Raull-Martín, J, “Diseño de redes de tierra en subestaciones eléctricas. Materiales y fórmulas más utilizadas”, Revista Ingeniería Investigación y Tecnología, 2000 <https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/2000/v01n4-02.pdf>
- [4] Sanz A., Jorge Humberto; Duque C., Edison; Gómez Estrada, Santiago, “La resistividad del suelo en función de la frecuencia” Revista tecnológica, Scientia et Technica. Abril, 2010, núm. 44. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Accesible en <https://www.redalyc.org/pdf/849/84917316001.pdf>
- [5] Ramezani, Nabiollah y Shahrtash, S. Mohamed. ““Computation of the Split factor of earth fault currents by considering the proximity effects” Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B: Engineering, Vol.34, No. B3, 2010 https://www.researchgate.net/profile/Nabiollah-Ramezani/publication/234816619_Computation_of_the_split_factor_of_earth_fault_currents_by_considering_the_proximity_effects/links/5b0506bd0f7e9be94bdbc475/Computation-of-the-split-factor-of-earth-fault-currents-by-considering-the-proximity-effects.pdf
- [6] Ramírez Castaño; José Samuel y Cano Plata, Eduardo Antonio “Sistemas de puesta a tierra: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF” Universidad Nacional de Colombia, 2010. Accesible en <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8215/eduardoantonioacanoplata.2010.pdf>

- [7] García Márquez, Rogelio “La puesta a tierra de instalaciones eléctricas”.Alfaomega-Macombo. Accesible en:
https://www.academia.edu/22026944/Puesta_a_Tierra_de_Instalaciones_El%C3%A9ctricasen
- [8] Instituto Schneider Electric de Formación, *Protecciones eléctricas en MT*”, Publicación Técnica Schneider PT 071 Robert Capella. Mayo 2003Accesible en
https://politecnicodesantiago.es/sites/default/files/docs-xerais-centro/0201protecciones_mt.pdf

CATÁLOGOS:

Las imágenes recogidas en el documento Anejo se han obtenido de los catálogos respectivos:

Hitachi- match control

<https://www.hitachienergy.com/es/es/products-and-solutions/hvdc/mach-control-and-protection-system>

https://library.e.abb.com/public/85b33f70c0b79c70c125791a003b232b/1TXA007105G0701_CT7.pdf

Unidad de posición

<https://library.e.abb.com/public/5ff2486e96741d51c125784100367341/1MRK511192-BES A es Unidad de control de posicion REC670 Preconfigurado Guia del producto.pdf>

Transformador de tensión

<https://www.cnrockwill.com/es/power-transformer/220kv-power-transformer>

Marca del transformador de intensidad

https://www.discarel.com/wp-content/uploads/2019/01/ARTECHE_CT_trafAT_ES.pdf

Interruptor

<https://library.e.abb.com/public/08de08aba00d4710c1257b130057b82e/Guia%20para%20el%20comprador%20Interruptores%20de%20Tanque%20Vivo%20Ed4%20es.pdf>

Seccionador trifásico de línea:

<https://hubbellpowersystems.cld.bz/CA10188S-GTMS-Catalog-Spanish/9/#zoom=z>

Pararrayos:

https://www.ingesco.com/sites/default/files/productos/pdf/ft-pararrayos_pdc_es_cte.pdf

DOCUMENTACIÓN ADICIONAL

- Información pública para una solicitud de autorización administrativa previa de una instalación eléctrica en la subestación de Santa Ponsa. (Expediente TR 7/2022)
https://www.caib.es/sites/energiaicanviclimatic/es/_subestacia_santa_ponsa_220akv_i_132akv_/
- IEEE standard 80-2000 “IEEE Guide for Safety in AC Substation grounding”. (Standard anulado por IEEE 80-2013)
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8215/eduardoantonioacanoplata.2010.pdf>
- IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding," in *IEEE Std 80-2013 (Revision of IEEE Std 80-2000/ Incorporates IEEE Std 80-2013/Cor 1-2015)* , vol., no., pp.1-226, 15 May 2015. Status inactive reserved (inactivo-retirado el 21 de marzo de 2024)
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10563513>
- BLITZPLANER
“Manual de protección contra rayos”
<https://ie2mmo.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/10/manual-de-proteccion-contra-rayos-dehn.pdf>