



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

INSTALACIÓN DE UN STATCOM 150 MVAR EN LA
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE VITORIA

Autor: David Puellas Sánchez

Director: Matías Juan Sánchez Mingarro

Madrid

Septiembre de 2022

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
INSTALACIÓN DE UN STATCOM 150 MVAR EN LA SUBESTACIÓN DE
VITORIA

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2021/2022 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.: David Puelles Sánchez

Fecha: 08/ 09/ 22



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Matías Juan Sánchez Mingarro

Fecha: 08/ 09/ 22

INSTALACIÓN DE UN STATCOM 150MVAR EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE VITORIA

Autor: Puelles Sánchez, David.

Director: Sánchez Mingarro, Matías Juan.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas.

RESUMEN DEL PROYECTO

En este proyecto se llevará a cabo la instalación de un STATCOM 150Mvar en una subestación eléctrica. La instalación de dicho dispositivo será efectuada en la subestación eléctrica de Vitoria 220kV, localizada en la provincia de Álava en el País Vasco.

Con la instalación del STATCOM se busca minimizar las oscilaciones inter-aéreas de potencia reactiva mal amortiguadas (amortiguamiento mínimo del 5% según el P0 13.1) que podrían perjudicar el sistema eléctrico peninsular español. Además, se busca un menor consumo de potencia reactiva con el fin de evitar penalizaciones económicas y que equipos generadores queden perjudicados.

El objetivo principal de este proyecto es la tramitación oficial del mismo por medio de diversos procesos (cálculos, planos, diseños, presupuestos...) que son requeridos por las administraciones públicas.

El STATCOM que se procederá a instalar es el modelo SVC Light-Second Generation de la empresa fabricante HITACHI. La aparamenta necesaria para llevar a cabo su instalación es la siguiente:

Aparamenta	Modelo	Empresa
Semiconductores IGBTs	StakPak	ABB
Transformador de conexión a la red	SFZ11	Daelim
Interruptor	LTB D1	ABB
Condensadores	DryDCap	ABB
Reactores de línea	RL-150003	MTE

Seccionadores de barras	DI	ELECTROTAZ
Seccionadores de línea con cuchilla de puesta a tierra	EJ	ELECTROTAZ
Transformador de intensidad	CXG-72	ARTECHE

En cuanto a la red de tierras del STATCOM, será conectada a la red de tierras ya existente en la subestación, caracterizada por estar compuesta de cobre, estar enterrada y formando retículas. La malla que forma la red de tierras será de una sección de 14x36 m² y se enterrará a una profundidad de 0,8 m, siendo el valor de la resistividad del terreno 200 Ω *m.

En lo referente a la obra civil, se tendrán en cuenta las cimentaciones necesarias para la instalación de la aparamenta, así como el sistema de drenaje con el fin de evitar una acumulación de agua en caso de lluvia.

El nuevo edificio que albergará el STATCOM deberá cumplir con la normativa vigente presente en la ITC-RAT y en el código técnico de edificación. Estará compuesto de diferentes salas: sala de aparamenta, sala del transformador de conexión a red, sala de servicios auxiliares, sala de control y aseo.

En cuanto a los servicios auxiliares, el STATCOM tendrá unos servicios auxiliares que trabajarán de forma autónoma respecto a los ya presentes con el fin de no perjudicar los servicios ya existentes en la subestación. Por lo tanto, será necesario un transformador conectado al parque de 66 kV previo al cuadro principal de alterna, apoyado por el grupo electrógeno diésel GEN5,5K del fabricante GENESAL ENERGY. Además, contará con dos sistemas compuestos por rectificador (modelo ZGR TPS 120 de ZIGOR) y batería (aleación níquel-cadmio, modelo SBM de SAFT INDUSTRIAL BATTERY GROUP) previo al cuadro principal de continua.

El sistema de control estará formado por cuadros de control de modelo REC 670 además del sistema de control y protección digital MACH; ambos de la empresa ABB.

Para el sistema de protección se ha optado por el relé SEL-T401L para la protección de la línea eléctrica y por el relé SEL-487B para la protección de barras, ambos de la empresa SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES. Además, este sistema debe cumplir con los principios de obediencia, seguridad y fiabilidad.

Para la instalación se contará también con un sistema anti-intrusismo, un sistema de alumbrado y un sistema contra incendios.

En lo referente al presupuesto, la instalación tendrá un coste total de 16.329.713,51 €, incluyendo el IVA. Sin embargo, gracias a la retribución económica de 16.850.000 €, por ser una instalación de carácter singular, se obtiene un beneficio de 520.286,50 €; derivando esto en una rentabilidad de 3,2%.

INSTALLATION OF A 150MVAR STATCOM AT THE VITORIA ELECTRICAL SUBSTATION

In this project a STATCOM 150Mvar will be installed in an electrical substation. The installation of this device will be carried out in the Vitoria 220kV electrical substation, located in the province of Alava in the Basque Country.

The installation of the STATCOM is intended to minimize poorly damped inter-area reactive power oscillations (minimum damping of 5% according to P0 13.1). In addition, the aim is to reduce reactive power consumption in order to avoid economic penalties and to prevent generating equipment from being adversely affected.

The main objective of this project is the official processing of the project through various processes (calculations, plans, designs, budgets...) that are required by public organizations.

The STATCOM to be installed is the SVC Light-Second Generation model from the manufacturer ABB. The switchgear required for its installation is the following:

Switchgear	Model	Company
IGBTs Semiconductors	StakPak	ABB
Grid connection transformer	SFZ11	Daelim
Circuit breaker	LTB D1	ABB
Capacitors	DryDCap	ABB
Line reactors	RL-150003	MTE

Busbar disconnectors	DI	ELECTROTAZ
Line disconnectors with grounding blade	EJ	ELECTROTAZ
Current transformer	CXG-72	ARTECHE

As for the STATCOM grounding network, it will be connected to the existing grounding network in the substation, characterized by being composed of copper, buried, and forming grids. The mesh that forms the ground grid will have a section of 14x36 m² and will be buried at a depth of 0.8 m, with a soil resistivity value of 200 Ω*m.

Regarding civil works, the necessary foundations for the switchgear installation will be considered, as well as the drainage system in order to avoid water accumulation in case of rain.

The new building that will house the STATCOM will have to comply with the current regulations present in the ITC-RAT and in the technical building code. It will consist of different rooms: switchgear room, grid connection transformer room, auxiliary services room, control room and toilet.

As for auxiliary services, the STATCOM will have auxiliary services that will work autonomously from those already present so as not to affect the substation's existing services. Therefore, a transformer connected to the 66 kV park upstream of the main AC switchboard will be necessary, supported by the GEN5.5K diesel generator set from the manufacturer GENESAL ENERGY. It will also have two systems consisting of a rectifier (model ZGR TPS 120 from ZIGOR) and a battery (nickel-cadmium alloy, model SBM from SAFT INDUSTRIAL BATTERY GROUP) upstream of the main DC switchboard.

The control system will consist of REC 670 control panels in addition to the MACH digital control and protection system, both from ABB.

For the protection system, the SEL-T401L relay for power line protection and the SEL-487B relay for busbar protection, both from SCHWEITZER ENGINEERING LABORATORIES, have been chosen. In addition, this system must comply with the principles of obedience, safety and reliability.

The installation will also include an anti-intrusion system, a lighting system and a fire protection system.

Regarding the budget, the installation will have a total cost of €16,329,713.51, including VAT. However, thanks to the economic retribution of €16,850,000, being a singular installation, a profit of €520,286.50 is obtained, resulting in a profitability of 3.2%.

ÍNDICE

DOCUMENTO N^o1: MEMORIA: pág.7

1.1 Memoria Descriptiva

1.2 Cálculos

1.3 Estudio Económico

1.4 Anejos

DOCUMENTO N^o2: PLANOS: pág. 81

2.1 Lista de Planos

2.2 Planos

DOCUMENTO N^o3: PLIEGO DE CONDICIONES: pág. 85

3.1 Generales y Económicas

3.2 Técnicas y Particulares

DOCUMENTO N^o4: PRESUPUESTO: pág. 117

4.1 Mediciones

4.2 Precios Unitarios

4.3 Sumas Parciales

4.4 Presupuesto General

DOCUMENTO N^o1: MEMORIA

CAPÍTULO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1. GENERALIDADES: pág. 10
 - 1.1 Antecedentes
 - 1.2 Alcance
 - 1.3 Objeto
 - 1.4 Normativa
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SUBESTACIÓN: pág. 13
 - 2.1 Emplazamiento
 - 2.2 Condiciones Medioambientales
 - 2.3 Características Eléctricas Generales de la Subestación
 - 2.4 Disposición General de la Instalación
 - 2.5 Estado del Arte
 - 2.6 Planificación
3. SISTEMA ELÉCTRICO PRIMARIO: pág.22
 - 3.1 Descripción General
 - 3.2 Esquema Unifilar
 - 3.3 Aparamenta
 - 3.4 Características de la Aparamenta
 - 3.5 Embarrados
4. RED DE TIERRAS: pág.26
5. OBRA CIVIL: pág. 27
 - 5.1 Descripción General
 - 5.2 Cimentaciones
 - 5.3 Drenajes y Saneamientos
 - 5.4 Edificaciones
6. ESTRUCTURAS METÁLICAS: pág. 29
7. SISTEMAS SECUNDARIOS: pág.30
 - 7.1 Sistemas de Protección
 - 7.2 Servicios Auxiliares
 - 7.3 Sistemas de Control, Medidas y Telecontrol
 - 7.4 Sistema de Alumbrado y Fuerza
 - 7.5 Sistema Contra Incendios
 - 7.6 Sistema Anti-Intrusismo

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

En este proyecto se lleva a cabo el diseño de la ampliación de la subestación eléctrica de Vitoria 220kV para la instalación de un STATCOM 150Mvar. La localización del parque se encuentra en el término municipal de Vitoria-Gasteiz, capital de la provincia de Álava, en la Comunidad Autónoma del País Vasco.

La finalidad de este documento es llevar a cabo el diseño, la implantación y la construcción de dicho dispositivo en la subestación de Vitoria. El objetivo principal del STATCOM es la amortiguación de oscilaciones inter-aéreas de potencia reactiva mal amortiguadas (amortiguamiento mínimo del 5% según el PO 13.1) para evitar situaciones como la que ocurrió el 01/12/2016 a las 11:10h, día en el que se registró el peor amortiguamiento en la red de transporte de energía eléctrica española, con oscilaciones de reactiva de 0,15Hz mal amortiguadas.

Otro objetivo de este dispositivo es el control de la tensión en barras de 220kV de la subestación, exigido por las alteraciones de flujo que ocurren en las líneas de interconexión entre Francia y el País Vasco.

Para la realización de este diseño serán evaluados varios factores entre los que destacan la temperatura media, las condiciones ambientales, el terreno y la seguridad entre otros. Dichos factores recogidos en este proyecto son de carácter eléctrico, económico, científico-técnico, ambiental y social.

1.2 Alcance

Para el diseño de la subestación se seleccionará la parcela en la que se va a instalar el STATCOM. Se realizará un estudio de las condiciones medioambientales.

En segundo lugar, se escogerá la configuración que mejor se adapte a las condiciones de la subestación. Se definirán, sin entrar mucho en detalle debido a la confidencialidad por parte de las empresas distribuidoras de este tipo de compensador, los dispositivos que forman el STATCOM. En cuanto a la elección de la aparamenta, se escogerán los elementos para conectar el STATCOM a la red eléctrica a través de los catálogos publicados por las empresas fabricantes de este tipo de dispositivos (ABB, Siemens, Hitachi...).

Seguidamente, se llevarán a cabo los cálculos pertinentes para la red de tierras. Por último, se realizarán un listado de los planos y se calcularán los presupuestos totales de la instalación del STATCOM.

1.3 Objeto

El objetivo principal de este proyecto es la tramitación oficial del mismo. Para ello, será necesario el cumplimiento de las normativas vigentes y el cumplimiento de unos requisitos a efectos administrativos, atendiendo especialmente a la seguridad.

También serán necesarias autorizaciones administrativas para la ampliación de la subestación en el parque de 220kV, con una nueva posición y el dispositivo STATCOM.

Se buscará una adecuación correcta de la instalación con el entorno, así como que no suponga un gran impacto medioambiental, es decir, que el paisaje, la flora y la fauna locales se vean mínimamente afectados.

Por último, se intentará conseguir una rentabilidad económica siempre respetando la consecución de los objetivos previamente mencionados. Sin embargo, también se tratará de minimizar las pérdidas de potencia. Por lo tanto, habrá que lograr un equilibrio entre costes y pérdidas.

1.4 Normativa

La normativa legal vigente será tenida en cuenta a lo largo del proyecto:

- Normativa UNE, llevada a cabo por los Comités Técnicos de Normalización (CTN) y aprobada por AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación).
- Estándar IEC 61850, para la automatización de subestaciones primando la seguridad física de personas e instalaciones y la ciberseguridad. Forma parte del Comité Técnico 57 (TC57) de la IEC (International Electrotechnical Commission).
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico; por la que se refuerza el principio de competencia efectiva en el sector eléctrico, fomentando los principios de objetividad, transparencia y no discriminación en el acceso y conexión a la red, definiendo niveles y denegando en base a criterios técnicos específicos.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

- Real Decreto 542/2020, de 26 de mayo, por el que se modifican y derogan diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial.

- BOE-A-2021-13757, resolución de 29 de Julio de 2021, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se otorga el carácter singular del "Statcom de la subestación eléctrica de Vitoria 220 Kv" solicitada por Red Eléctrica de España, SAU y su inclusión en el régimen retributivo de las inversiones singulares de características técnicas especiales.

- 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.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.

- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

- Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) EA-01 a EA-07

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SUBESTACIÓN

2.1 Emplazamiento

La subestación eléctrica de Vitoria 220 kV se encuentra en el término municipal de Vitoria-Gasteiz, capital de la provincia de Álava, en la Comunidad Autónoma del País Vasco.

En el documento nº2 (Planos) queda reflejada la ubicación de la subestación.

Las coordenadas de la subestación de Vitoria son las siguientes:

	Notación sexagesimal	Notación decimal
Longitud	2° 36' 13.201" W	-2,603667
Latitud	42° 53' 0.208" N	42,883391

2.2 Condiciones Ambientales

En cuanto al análisis de las condiciones ambientales del emplazamiento de la subestación, se han interpretado los datos de la región de Ullívarri-Arrozua, perteneciente a la Zona Rural Este de Vitoria. Esta región del País Vasco se caracteriza por tener un clima de tipo oceánico que conlleva un microclima que combina veranos no muy calurosos con inviernos húmedos y fríos.

En lo referente a las temperaturas, se puede observar en la siguiente gráfica las temperaturas máximas y mínimas promedio mensuales de la zona previamente mencionada:

En esta gráfica se puede observar que la temperatura media más elevada es de 25°C y se da en el mes de agosto, y la temperatura media mínima es de 1°C registrada en el mes de enero. La temperatura media es de 10,88°C. Ambas temperaturas se encuentran dentro del rango necesario para un funcionamiento seguro de la aparamenta (temperatura máxima de 40°C y temperatura mínima de -5°C).

En lo referente a la altitud de la subestación, se encuentra a 527 metros sobre el nivel del mar. Por lo tanto, al ser la altitud inferior a 1000 metros (ITC-RAT 12 del Real Decreto 337/2014), se utilizarán los valores de distancias en el aire de la tabla 3 de dicho documento.

Las precipitaciones anuales medias son de 82mm y la humedad relativa media anual es del 75%, la cual se encuentra por debajo del valor medio máximo permitido (95%).

La radiación solar media durante el mediodía en esta región del País Vasco, en ningún caso alcanza los 1000 W/m^2 que se recogen en el estándar europeo IEC 721-2-4. Por lo tanto, no se tendrá en cuenta los efectos de la radiación solar.

Acorde a los datos del Instituto Geográfico Nacional, la aceleración sísmica básica en esta región es inferior a 0,04g. Por lo tanto, no se tendrán en cuenta las acciones sísmicas recogidas en la norma NCSR-02 (Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre).

Al instalarse la aparatada en el interior de un edificio, no se tendrán en cuenta otros factores ambientales como la contaminación ambiental o la velocidad del viento.

2.3 Características Eléctricas Generales de la Subestación

El parque de 220kV de la subestación de Vitoria dispone de una tensión nominal de 220kV. Acorde al ITC-RAT 04, su tensión más elevada para el material es de 245kV.

Sin embargo, la conexión e instalación del STATCOM se llevará a cabo en el parque, llevando a cabo una ampliación, de 66kV de la misma subestación. Por ello, según lo establecido en el ITC-RAT 04, la tensión más elevada para el material que se debe tener en cuenta para la aparatada es de 72,5 kV.

Se trata de una subestación cuyo nivel de aislamiento es de tipo B al ser su tensión más elevada para el material superior a 52 kV e inferior a 300kV, según lo establecido en la normativa ITC-RAT 12. Por lo tanto, acorde a esta misma normativa, las tensiones soportadas a impulso tipo rayo y a frecuencia industrial son 460 kV cresta y 1050 kV eficaces, respectivamente.

Siguiendo lo establecido en la normativa anterior, a partir del valor de la tensión soportada a impulso tipo rayo (460 kV) se conocen las distancias mínimas adoptadas en el aire entre

elementos en tensión y entre estos dispositivos y las estructuras metálicas de puesta a tierra. La distancia mínima adoptada fase-tierra en el aire para configuraciones desfavorables de las partes en tensión y de las partes puestas a tierra es de 90 cm.

La intensidad de cortocircuito de corta duración es de 40kA y su configuración es de doble barra. Con este tipo de configuración se consigue una mayor flexibilidad y el posible aislamiento de una de las barras por necesidad de mantención sin que deje de funcionar la subestación.

La tecnología de la subestación está basada en tecnología AIS, es decir, los elementos ya existentes en la subestación se encuentran aislados en aire. Con esta tecnología se consigue ahorrar costes por adelantado ya que, la inversión necesaria inicial es inferior a la de un sistema GIS (aislado en gas).

En cuanto a la frecuencia, la frecuencia nominal es la correspondiente a la de la Red Eléctrica Española y a Europa y es de 50Hz. Las características principales se encuentran recogidas en la siguiente tabla.

Tensión nominal	66 kV
Tensión más elevada para el material	72,5 kV
Intensidad de cortocircuito de corta duración	40 kA
Frecuencia	50 Hz
Configuración	Doble barra
Tecnología	AIS
Tiempo de extinción de la falta	0,5 s
Tensión soportada a impulso tipo rayo	460 kV (cresta)
Tensión soportada a frecuencia industrial	1050 kV (eficaces)

2.4 Disposición General de la Subestación

La disposición general de la actual subestación de Vitoria es la siguiente:

La subestación consta de 14 posiciones, de las cuales una de ellas es de reserva por lo que no dispone de interruptor. De las otras 13 posiciones, se dispone de un interruptor por posición.

Para la instalación será necesario ampliar la subestación en una posición (posición 15) que dispondrá de su interruptor.

La nueva posición estará dotada de la siguiente aparamenta:

- **BARRA 1: 220kV**

Aparamenta	Nomenclatura	Cantidad
Transformador de potencia	TR	1
Seccionador de barras	89	1

- **BARRA 2: 66kV**

Aparamenta	Nomenclatura	Cantidad
Transformador de servicios auxiliares		1
Seccionadores de barras	89	3
Seccionadores de línea con cuchilla de puesta a tierra	89B	1
Interruptores automáticos	52	2
Reactores de línea	REA 1	3
Transformadores de intensidad	TI	1
STATCOM		1

2.5 Estado del Arte

FACTS

Los sistemas flexibles para redes de transmisión de corriente alterna, también conocidos como FACTS (Flexible AC Transmission System), son dispositivos de electrónica de

potencia que evitan o minimizan diversos problemas asociados a la red eléctrica. Estos problemas están relacionados con el control de flujos de potencia a través de las líneas, el amortiguamiento de oscilaciones de potencia reactiva o con el control las tensiones de los diferentes nudos de la red.

La configuración de este tipo de aparatos puede ser en paralelo, serie o una combinación de ambas.

En cuanto a la conexión en paralelo, existen dos dispositivos más comunes y son el STATCOM (Static Synchronous Compensator) y el SVC (Static Var Compensator).

Ambos dispositivos detectan y amortiguan las oscilaciones de potencia con la inyección de potencia reactiva (POD-Q); además de regular y controlar el voltaje tanto en condiciones normales como en caso de problema imprevisto, mejorando así tanto el régimen permanente como el transitorio. Sin embargo, el STATCOM puede poseer una batería, BESS (Batería Energy Storage System), que le permite amortiguar las oscilaciones regulando no solo potencia reactiva (POD-Q) sino también potencia activa (POD-P). Además, el hecho de tener un tiempo de respuesta más corto, una menor emisión armónica y un mejor soporte de potencia reactiva para bajos voltajes de corriente alterna compensa la diferencia de precio y pérdidas con respecto al SVC.

Por otro lado, los dispositivos FACTS más conocidos de la configuración en serie son los TCSC (Thyristor Controlled Series Capacitor) y los SSSC (Static Synchronous Series Compensator). Lo más común es encontrar TCSC con el objetivo de amortiguar oscilaciones, además de un mejoramiento en la estabilidad y una influencia en el flujo de potencia. Los TCSC son los dispositivos FACTS más utilizados debido a que cumplen los requerimientos mencionados y, asimismo, su precio es más económico que el de los SSSC.

La principal y más notable mejoría del STATCOM frente a un dispositivo FACTS de configuración en serie se puede resumir diciendo que el STATCOM marca la diferencia a la hora de operar cerca del límite y en sobrecarga. Además, la actuación del STATCOM en casos de bajas tensiones en la red es óptima con respecto a la que ejecutarían este tipo de dispositivos.

STATCOM

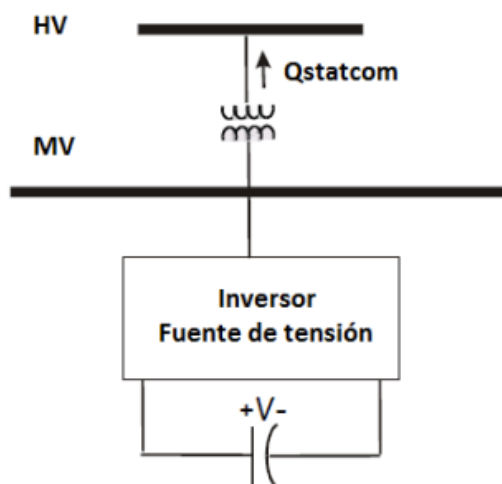
El STATCOM o compensador síncrono estático es un dispositivo de maniobra cuyo principal objetivo es la disminución de potencia reactiva no deseada. Para conseguirlo, este compensador de reactiva puede tanto generar como consumir este tipo de potencia según se requiera.

Otro objetivo importante es el de estabilizar la tensión de la red eléctrica, es decir, reducir las variaciones de tensión. Esto se consigue mediante un apoyo de potencia reactiva a la red eléctrica.

Además, este dispositivo es utilizado para apoyar aquellas redes eléctricas cuyo factor de potencia sea pobre. Valores reducidos del factor de potencia no convienen debido al incremento de las pérdidas por efecto Joule en los cables de distribución, así como el aumento del valor de la corriente. Esta compensación del factor de potencia minimizaría estos problemas y se alcanzaría a suministrar toda la potencia útil requerida con un valor inferior de la corriente de distribución.

El STATCOM se basa en un convertidor DC-AC de fuente de tensión (VSC), también llamado inversor, el cual puede actuar de dos formas: como generador de potencia reactiva o como una carga absorbiendo potencia reactiva. La forma de actuar dependerá de si la tensión en los terminales del convertidor es mayor (generará reactiva) o menor (consumirá reactiva) que la tensión de la red.

El esquema básico de implementación de este dispositivo se presenta a continuación:



Para la realización del convertidor de fuente de tensión existen varias opciones. Los más utilizados hoy en día están basados en un modulador por ancho de pulsos (PWM) o en un convertidor modular multinivel.

Los elementos principales que componen el VSC son los siguientes:

- La parte de electrónica de potencia que se basa en **semiconductores** de tipo **IGBTs**. La rápida velocidad de conmutación de estos semiconductores es utilizada con el fin de sintetizar cualquier forma de onda de intensidad a la salida del STATCOM.
- Un banco de **condensadores** de DC de alta capacidad.

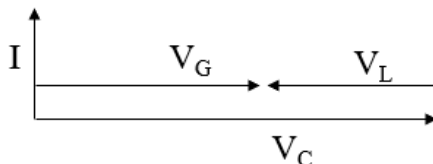
Para conectar el STATCOM a la red es necesario un transformador, el cual sea capaz de dividir eléctricamente la tensión de la red de la tensión del inversor por medio de su impedancia interna.

El STATCOM también dispone de un sistema de control. La función de este sistema es ajustar la tensión a la salida del convertidor con el fin de que la disposición de la intensidad inyectada en la red con respecto a la tensión de la misma esté en cuadratura.

Los principios básicos de operación de un STATCOM son los siguientes:

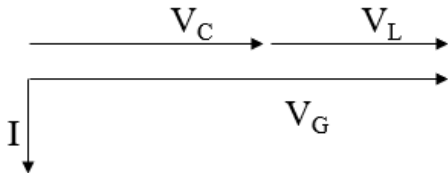
- **Modo de operación capacitivo**

En este modo de funcionamiento, la operación del STATCOM se corresponde con la de un condensador cuya reactancia capacitiva varía. A continuación, se puede observar el diagrama fasorial de este modo de operación (siendo V_G la tensión de red, V_C la tensión del STATCOM y V_L la tensión de la línea):



- **Modo de operación inductivo**

En este modo, la operación del STATCOM se corresponde con la de una inductancia cuya reactancia inductiva es variable. A continuación, se puede observar el diagrama fasorial de este modo de operación (siendo V_G la tensión de red, V_C la tensión del STATCOM y V_L la tensión de la línea):



La intensidad está en ambos casos en cuadratura con respecto a la tensión, adelantada en el primer modo de funcionamiento y retrasada cuando opera de forma inductiva, gracias a la función del sistema de control. Además, entre las tres tensiones no existe desfase para ambos casos modos de funcionamiento. La principal diferencia es que en el modo de operación capacitivo la tensión de la red es inferior a la del STATCOM y se encuentra en contrafase con respecto a la tensión de la línea mientras que, en el otro caso, la tensión de la red es superior a la del STATCOM y se encuentra en fase con la de la línea.

En lo referente a la capacidad transitoria, ésta posee una dependencia de las características de los semiconductores de potencia (IGBTs) utilizados. Para cumplir el objetivo de mejorar la estabilidad transitoria, el STATCOM debe disponer de un potencial capaz de general a la salida una intensidad capacitiva elevada acompañada de una tensión de la red baja.

Para la instalación de un STATCOM, existen soluciones híbridas, es decir, instalar el STATCOM acompañado de otros dispositivos. Estas soluciones consisten en instalar este dispositivo junto a bancos de condensadores o reactancias, según la tendencia de requerimiento de compensación de potencia reactiva sea de valores inductivos (se utilizarán reactancias) o capacitivos (se utilizarán condensadores).

Las ventajas que aporta el STATCOM a la red eléctrica se resumen a continuación:

- Mejoramiento de:
 - El amortiguamiento de las oscilaciones de potencia reactiva mal amortiguadas.
 - La estabilidad transitoria.

- El control dinámico de la tensión (estabilizándola) en sistemas eléctricos de distribución y transporte.
- La compensación del factor de potencia.
- Posibilidad de amortiguar las oscilaciones regulando potencia activa en el caso de conectar una batería al dispositivo (factor determinante para la elección del STATCOM frente al SVC).
- Baja emisión armónica.
- Reduce las penalizaciones económicas por consumo excesivo de potencia reactiva.
- Tiempo de respuesta menor al del SVC.

2.6 Planificación

Los plazos de ejecución previstos para este proyecto se presentan en el siguiente cronograma:

	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	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Trámites	■	■	■															
Obra Civil				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Montaje													■	■				
Conexión																■	■	
Pruebas																		■

3. SISTEMA ELÉCTRICO

3.1 Esquema Unifilar

El esquema unifilar de la instalación se encuentra en el documento n°3 del proyecto (Planos).

3.2 Aparamenta

El STATCOM que se va a instalar en la subestación es el SVC Light-Second Generation de la empresa ABB. Este STATCOM 150Mvar está compuesto de un sistema de control, módulos semiconductores IGBT's que necesitarán ser alojados en un edificio, condensadores y, a parte, un transformador de servicios auxiliares con apoyo de grupo electrógeno. No será necesario instalar filtros en el diseño del SVC Light.

Además, este dispositivo necesitará de un transformador de conexión a la red de transporte.

Por último, será necesario instalar seccionadores, interruptores y transformadores de intensidad con el fin de conexionar el STATCOM a la red de 66kV.

La aparamenta escogida para la instalación del STATCOM se puede resumir en la siguiente tabla:

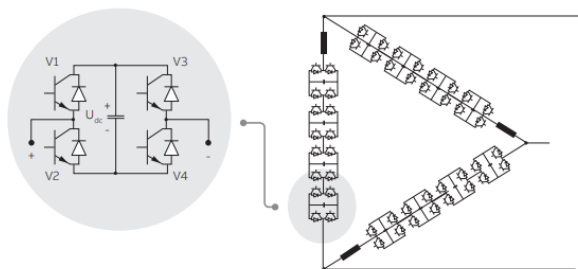
Aparamenta	Modelo	Empresa
Semiconductores IGBTs	StakPak	ABB
Transformador de conexión a la red	SFZ11	Daelim
Interruptor	LTB D1	ABB
Condensadores	DryDCap	ABB
Reactores de línea	RL-150003	MTE
Seccionador de barras	DI	ELECTROTAZ

Seccionador de línea con cuchilla de puesta a tierra	EJ	ELECTROTAZ
Transformador de intensidad	CXG-72	ARTECHE

3.3 Características de la Aparamenta

En esta sección se presentarán las características de los elementos que componen la aparamenta seleccionada, acordes a los datos aportados por los fabricantes, para la instalación del STATCOM.

- Transformador de conexión a red (ITC-RAT 07):** se ha escogido el transformador de potencia **SFZ11** de la compañía Daelim. Este modelo presenta las siguientes características:
 - YNd11
 - Potencia: 150MVA
 - Frecuencia: 50Hz
 - Tensión primario/secundario: 220kV/66kV
 - Impedancia de cortocircuito: 10%
 - Método de refrigeración: ONAN
 - Aislamiento: Aceite
- Módulo de semiconductores IGBT's (Convertidores Multimodulares):** se ha seleccionado el módulo de válvulas tipo IGBTs **StakPak** de la empresa ABB, que cumplen con lo establecido en la ITC-RAT 09. Estos semiconductores se encuentran agrupados en submódulos en disposición puente completo que se conectarán en serie entre ellos para formar una cadena de topología *Multi Chain-link*. En concreto se necesitarán 40 submódulos por cada fase. A continuación, se puede observar la configuración que se acaba de mencionar:



Este modelo presenta las siguientes características, acordes a la norma IEC 60747:

- Denominación de fabricante: 5SNA3000K452300
 - Número de submódulos: 40
 - Tensión nominal colector-emisor: 4,5kV
 - Frecuencia: 50Hz
 - Corriente nominal en el colector: 3kA
 - Corriente de cresta en el colector: 6kA
 - Corriente de cortocircuito: 7,8kA
 - Temperatura de unión: 125°C
-
- **Interruptor automático (ITC-RAT 06):** se ha escogido el interruptor de tanque vivo con soporte de dos columnas y operación tripolar, modelo **LTB D1** de la empresa ABB. La especificación técnica se muestra a continuación:
 - Tensión nominal: 52kV
 - Tensión de aislamiento: 72,5 kV
 - Frecuencia: 50Hz
 - Tensión soportada a impulso tipo rayo: 325kV
 - Intensidad nominal de servicio: 3150A
 - Intensidad de cortocircuito: 40kA
 - Ciclo nominal de operación: O-0,3 s-CO-3 min-CO o CO-15 s-CO
 - Rango de temperatura: -30 - +40°C
-
- **Seccionador de barras (ITC-RAT 06):** se ha escogido el seccionador tripolar de apertura y montaje vertical, modelo DI de la empresa ELECTROTAZ. Las características de este modelo se presentan a continuación:
 - Tensión nominal: 52kV
 - Tensión de aislamiento: 72,5 kV
 - Frecuencia: 50Hz
 - Tensión soportada a impulso tipo rayo: 325kV
 - Intensidad nominal de servicio: 2000-2500A
 - Intensidad de cortocircuito: 40kA
-
- **Seccionador de línea con cuchilla de puesta a tierra (ITC-RAT 06):** se dispondrá del seccionador de puesta a tierra de apertura vertical, modelo **EJ** de la compañía ELECTROTAZ. La especificación técnica de este modelo se presenta a continuación:
 - Tensión nominal: 52kV
 - Tensión de aislamiento: 72,5 kV

- Frecuencia: 50Hz
 - Tensión soportada a impulso tipo rayo: 325kV
 - Intensidad nominal de servicio: 3150A
 - Intensidad de cortocircuito: 40kA
- **Transformador de intensidad (ITC-RAT 08):** se ha escogido el transformador de intensidad de aislamiento seco, modelo **CXG-72** de la empresa ARTECHE. A continuación, se puede observar la especificación técnica de este modelo:
 - Tensión nominal: 66kV
 - Tensión máxima de servicio/aislamiento: 72,5kV
 - Frecuencia: 50Hz
 - Tensión soportada a impulso tipo rayo: 325kV
 - Aislamiento: seco
- **Condensadores:** se ha optado por la elección condensadores CC de aluminio de modelo **DryDCap** de la compañía ABB. Su capacitancia máxima es de 9,6mF y la mínima de 4mF.
- **Reactores de línea:** Son esenciales para compensar los armónicos y el modelo que se ha escogido es el modelo **RL-150003** de la empresa MTE Corporation. La especificación técnica se muestra a continuación:
 - Corriente: 1500A
 - Inductancia: 0,025mH
 - Potencia: 1815 W

3.4 Embarrados

Para la conexión del STATCOM a la red se utilizarán los embarrados del parque de 66kV, el cuál será parte de la ampliación de la subestación necesaria para la instalación del STATCOM; siendo éste otro proyecto distinto.

En resumen, el parque de 66kV constará de conductores de aluminio, cuya sección será de 1772 mm², como embarrados principales. Su diámetro exterior/interior será de 100/88 mm.

4. RED DE TIERRAS

Acorde al cumplimiento de la ITC-RAT 13, la instalación deberá disponer de un sistema de protección y puesta a tierra de manera que las personas queden sujetas como máximo a las tensiones de contacto y paso en cualquier punto al que puedan acceder.

En lo referente a la red de tierras inferiores, su finalidad será la de establecer un potencial de referente permanente para evitar diferencias de potencial entre distintos puntos originadas por las corrientes que circulan.

Las partes metálicas de la subestación que no suelen estar en tensión pero que, debido a accidentes, averías o sobretensiones atmosféricas, pueden estarlo; deberán ser conexas a tierra.

Las conexiones recientemente mencionadas serán fijadas a la estructura y carcasas del aparellaje con tornillos y grapas, que garantizan que la unión sea duradera, utilizando soldaduras aluminotérmicas de alto poder de fusión bajo tierra debido a la alta resistencia a la corrosión galvánica que caracteriza sus propiedades.

La subestación de Vitoria dispone de una malla de tierras inferiores compuesta por cable de cobre, enterrada y formando retículas. Esta red de tierras de la subestación se conectará a la red de tierras del STATCOM.

Teniendo siempre como objetivos principales la seguridad del personal y la protección de la instalación, la red de tierras del sistema STATCOM dispondrá de una malla formada por cable de cobre, enterrada en el terreno y formando retículas con el fin de que la conexión con la malla ya existente sea más sencilla.

Los cálculos relacionados con la instalación de la malla se encuentran en el capítulo 2: Cálculos, de este documento nº1: Memoria.

El terreno donde se encuentra ubicada la subestación presenta una resistividad de, aproximadamente, $200 \Omega \cdot m$, debido a su composición arcillosa. Este valor ha sido obtenido de la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 13.

La sección de la malla será de $14 \times 36 \text{ m}^2$ y, la profundidad a la que se enterrará la malla será de 0,8 m.

Como se ha mencionado anteriormente, los conductores serán de cobre y su respectiva sección será de 120 mm².

5. OBRA CIVIL

5.1 Descripción General

Acorde a la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 15, el vallado exterior del parque deberá tener una altura mínima de 2,20 metros. Además, deberá contar con señales de advertencia por peligro de alta tensión y su construcción debe ser adecuada para evitar su escalada. Como el vallado actual de la subestación de Vitoria cumple con estos requisitos, no será necesaria una modificación.

Lo mismo ocurre con los accesos, cuyas puertas están ajustadas a la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 14. Es decir, son abatibles y se abren hacia el exterior del recinto. Además, el recinto donde se realizará la instalación dispondrá de accesos diferentes para personal y equipos.

En cuanto al cerramiento, se dispondrá del ya existente en la subestación, es decir, no sufrirá modificaciones.

En lo referente a los viales interiores, se dispondrán de viales compuestos de firme rígido de 15 centímetros de concreto de tipo HA-200. Además, la base que constituirá el material será de zahorra compactada. Este material deberá cumplir con lo establecido en Prescripciones Técnicas para obras de Carreteras y Puentes.

5.2 Cimentaciones

En cuanto a las cimentaciones, no será necesario una modificación de las mismas. No obstante, serán necesarias nuevas cimentaciones para la apartamentación del STATCOM y para el nuevo edificio.

Para el nuevo edificio se utilizarán cimentaciones directas o superficiales. Concretamente, se utilizarán losas de cimentación con el fin de soportar las cargas del edificio. Se trata de una losa de hormigón que cubre la superficie de debajo del edificio. Las principales

ventajas de este tipo de cimentación son su bajo presupuesto en comparación con los cimientos planos y el poco tiempo necesario de ejecución.

Las cimentaciones necesarias para la instalación de la aparamenta del STATCOM serán también superficiales, más en concreto, zapatas cuadradas aisladas de hormigón armado.

Por último, para el caso del transformador de potencia que conecta el STATCOM a la red, se dispondrá de una bancada ya que se necesita una resistencia alta capaz de soportar los esfuerzos de este dispositivo. Se utilizará una bancada metálica de plataforma.

5.3 Drenajes y Saneamientos

Para el sistema de drenaje, se dispondrán de tubos drenantes que cumplirán las especificaciones del apartado 5 de la instrucción complementaria ITC-RAT 05. El objetivo de este sistema es el de evitar una acumulación de agua en caso de lluvia mediante la evacuación de las aguas lo más rápido posible.

Los tubos del sistema de drenaje desembocarán en el pozo de evacuación y desde ahí las aguas serán vertidas al exterior. Cabe mencionar que estos elementos estarán suficientemente alejados de los dispositivos en tensión por si, en el caso de existir una rotura de éstos, los elementos en tensión no se vean afectados.

En lo referente al agua residual, se instalará un sistema de saneamiento con el objetivo de evacuarla. Este sistema estará compuesto de un pozo filtrante al que llegan las aguas residuales tras pasar por la arqueta, situada en el final de la fosa séptica.

El vertido de las aguas residuales y las aguas de drenaje se realizará de manera independiente.

5.4 Edificaciones

La principal variación de las edificaciones, con respecto a las ya existentes en la subestación, será la construcción de un nuevo edificio que albergará el STATCOM, cuya sección será de 50X30 m², que deberá cumplir no solo con los requisitos del Código técnico de edificación sino también con las especificaciones de la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 14, acerca de las instalaciones eléctricas de interior.

Acorde a esta instrucción, la nueva edificación deberá cumplir con que todas las áreas de paso puedan ser accesibles fácil y cómodamente.

El nuevo edificio albergará, además del STATCOM, las siguientes salas:

- **Sala de aparamenta interior** (Superficie: 25X9,4 m²)

Esta sala albergará la aparamenta interior. No se detallará esta aparamenta ya que no se encuentra dentro del alcance de este proyecto.

- **Sala de Servicios Auxiliares** (Superficie: 18,8X10,2 m²)

Donde se alojará el transformador utilizado para los Servicios Auxiliares.

- **Sala de control** (Superficie: 10X10,1 m²)

Dentro de esta sala estarán ubicados los armarios de protección, medida y control.

- **Aseo** (Superficie: 5,6X9,55 m²)

Dispondrá de dos lavabos y dos retretes.

- **Oficina** (Superficie: 14,2X5,2 m²)

Dispondrá de un escritorio y una mesa de reuniones.

El plano de la planta del edificio acotado está representado en el documento n°2 Planos, concretamente, el plano n° 4. En el plano n° 5 está representada la misma planta del edificio, pero indicando la zona exterior donde se instalará el transformador de conexión a red, así como la aparamenta exterior.

6. ESTRUCTURAS METÁLICAS

El perfil de acero será el seleccionado para el diseño de las estructuras metálicas y de los soportes de la aparamenta. Con el fin de proteger contra la corrosión, estas estructuras y soportes serán galvanizados en caliente.

Se utilizarán cimentaciones superficiales, capaces de soportar los esfuerzos correspondientes, que servirán de anclaje de las estructuras metálicas. Además, las cimentaciones estarán compuestas de hormigón.

7. SISTEMAS SECUNDARIOS

7.1 Sistemas de Protección

Los sistemas de protección utilizados deberán cumplir las normativas establecidas en la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 09.

Además, los sistemas de protección seleccionados deberán caracterizarse por cumplir con la obediencia (actuación del sistema cuando debe), la seguridad (no actuación del sistema cuando no se debe) y la fiabilidad (compromiso entre las dos características anteriores).

Además de las propiedades anteriormente mencionadas, un sistema de protección debe caracterizarse por ser rápido, a la hora de detectar faltas con el fin de que ésta no dañe los componentes del sistema, y selectivo, debe ser capaz de detectar si la falta se ha dado dentro de su área de detección.

Para el sistema de protección de la línea eléctrica, se utilizará el relé de línea ultrarrápido **SEL-T401L**, de la compañía Schweitzer Engineering Laboratories. Este relé tiene la ventaja de que puede utilizarse como parte de un sistema de protección redundante, es decir, que podrá actuar en caso de fallo de otro de los dispositivos de protección de la subestación. Además, también dispone de funciones de protección fiables, como elementos direccionales, de conmutación por falla, de sobrecorriente, de sobrevoltaje y subvoltaje.

Para el sistema de protección de barras se ha optado por el relé de diferencial de barras y de falla de interruptor **SEL-487B**, de la empresa Schweitzer Engineering Laboratories. Este dispositivo destaca por una detección optimizada de fallas del diferencial de barras de baja impedancia.

7.2 Servicios Auxiliares

Los servicios auxiliares de la subestación de Vitoria están compuestos por dos sistemas diferenciados. Por un lado, el sistema de corriente alterna (tensión de distribución 400/230

V, frecuencia 50Hz) y, el segundo es el sistema de corriente continua (dos subsistemas de 125 Vcc y de 48 Vcc).

En cuanto a los Servicios Auxiliares de Corriente Alterna, serán utilizados los ya existentes en la subestación. Sin embargo, en el caso de que fuese necesario, se realizaría una ampliación del sistema.

El principal objetivo del sistema auxiliar del STATCOM es no perjudicar los servicios auxiliares ya existentes en la subestación. Para ello, el sistema auxiliar del STATCOM trabajará de manera autónoma respecto al servicio ya presente en la subestación.

Como se ha mencionado previamente, será necesario un transformador de servicios auxiliares que estará conectado al parque de 66kV. El transformador escogido ha sido un transformador trifásico en baño de aceite con refrigeración natural. Este transformador presenta las siguientes características:

- Grupo de conexión: Dyn11
- Frecuencia: 50Hz
- Tensión primaria/secundario: 66kV/420V
- Tensión de ensayo a impulso tipo rayo: 325 kV
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial: 140kV

Seguido al transformador se instalará el cuadro principal de alterna.

Por último, se instalarán dos sistemas compuestos por un rectificador y una batería cada uno anteriores 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 que la otra batería no funcione por algún fallo o por estar en mantenimiento. El modelo escogido ha sido el **SBM** de la empresa SAFT INDUSTRIAL BATTERY GROUP.

En cuanto a los sistemas rectificadores, se instalará el modelo **ZGR TPS 120** de la empresa fabricante de este tipo de dispositivos ZIGOR. Estos equipos están integrados por las funciones principales de este tipo de dispositivo: gestión de carga, desconector de batería, protecciones etc.

7.3 Sistema de Control, Medidas y Telecontrol

Acorde a la segunda versión del estándar IEC 61850, será posible integrar diferentes dispositivos de distintos fabricantes al sistema de control ya existente en la subestación.

Por ello, se procederá a la instalación del sistema de control y protección digital MACH de la empresa HITACHI. La función principal de este sistema es la protección, monitorización y control del hardware de la instalación. Además, su diseño permite que el funcionamiento de este sistema pueda ser llevado a cabo sin interrupción durante un largo período de tiempo (superior a una década). Otra función importante es la protección de línea ante situaciones de cortes imprevistos, debido a los originados por rayos, por ejemplo.

Se ha seleccionado el modelo REC670 de la empresa ABB para los cuadros de control de la instalación.

La subestación cuenta con una red de fibra óptica, con el objetivo de establecer una comunicación entre la compañía y el sistema de telecomunicaciones.

Por último, la subestación actual dispone de una red de telefonía que se extiende en la subestación a través del empleo de terminales y dispositivos que permiten establecer comunicaciones de voz.

7.4 Sistema de Alumbrado y Fuerza

El sistema de alumbrado general del recinto de la instalación, alimentado a través de la red procedente del cuadro de los servicios auxiliares de corriente alterna, se dividirá en sistema de alumbrado interior (para el interior de las salas del edificio) y sistema alumbrado exterior (accesos, valla que rodea el parque, etc.).

En lo referente al alumbrado exterior, se deberá atender al Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) EA-01 a EA-07. Para la iluminación de las calles y posiciones se dispondrán de luminarias de 150W que proyectan la luz hacia el suelo. Estas luminarias, siguiendo la normativa vigente, deberán ser instaladas a menos de 3 metros de alturas. Además, de esta manera, se podrá obtener un nivel de iluminación medio de 50 lux. Por lo tanto, acorde a la

instrucción técnica complementaria ITC-EA 01, la eficiencia energética mínima de esta instalación deberá ser de $9 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}$.

En cuanto al alumbrado interior, la sala de control dispondrá de un nivel de iluminación distinto al de la sala de servicios auxiliares y la caseta de relés. Por lo tanto, el nivel de iluminación mínima de las primeras será de 500 lux, mientras que el de las otras será de 300 lux.

Por último, se dispondrá de un sistema de alumbrado de emergencia que actuará en caso de fallo del alumbrado general si hay personal acreditado trabajando en la instalación. Las luminarias que forman este sistema serán instaladas en las zonas de paso de personal, en salidas, accesos y pasillos de evacuación. Este sistema se encenderá de forma automática en cuanto se detecte un fallo en el alumbrado general, y deberá disponer de una duración de encendido de una hora.

7.5 Sistema Contra Incendios

El sistema contra incendios debe cumplir con lo establecido en la normativa ITC-RAT 14. Esta instrucción establece que se deberá colocar, como mínimo, un extintor móvil de eficacia 89B, a poder ser en el exterior, y a una distancia máxima de 15 metros del lugar donde se procederá a la instalación.

Por ello, atendiendo a esta instrucción y velando por la seguridad de la instalación, se contará con un extintor móvil 89B.

Además, se dispondrán de detectores de incendio en las casetas y el edificio de la instalación; siguiendo la normativa vigente del Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. Los detectores serán de humo de tipo ópticos.

Por último, y para velar por una seguridad plena de la instalación frente a incendios, se dispondrá del sistema AVIOTEC de Bosch Security, que está compuesto de cámaras de seguridad IP (las mismas que serán utilizadas como sistema anti-intrusismo) que predicen el comportamiento del fuego con el fin de no crear falsas alarmas y para que el tiempo de reacción sea menor de lo usual.

7.6 Sistema Anti-Intrusismo

El principal objetivo de este sistema es el de proteger la instalación del paso de personal ajeno a la subestación. Por ello, cada empleado tendrá en su poder una acreditación que le permitirá el acceso a la zona donde se realizará la instalación.

Además de contar con señales de advertencia por peligro de alta tensión ubicadas en el exterior de la valla que rodea el recinto, se colocarán cámaras de seguridad tanto en el exterior (puerta de acceso y rodeando el recinto) como en el interior del edificio. Algunas de estas cámaras de seguridad formarán parte del sistema AVIOTEC, que forma parte también del sistema contra incendios.

Se aprovechará la centralita ya existente en la subestación, a la que llegarán las notificaciones en caso de incendio, allanamiento o intrusión; con el fin de que ésta notifique a las autoridades competentes. Es decir, esta centralita controlará ambos sistemas.

Por último, se instalará también detectores de movimiento y una sirena exterior.

CAPÍTULO 2: CÁLCULOS

ÍNDICE

1. OBJETO: pág. 37
2. RED DE TIERRAS INFERIORES: pág.38
 - 2.1 Criterios de cálculo
 - 2.2 Conclusiones
3. RED DE TIERRAS SUPERIORES: pág. 44
4. CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS: pág. 46
 - 4.1 Hipótesis de diseño
 - 4.2 Condiciones de la instalación
 - 4.3 Normativa aplicable
 - 4.4 Características de los materiales/equipos a instalar
 - 4.5 Cálculo mecánico del embarrado PRINCIPAL

1. OBJETO

El objetivo principal de este capítulo es la justificación de los cálculos necesarios para llevar a cabo el diseño de la instalación del STATCOM en la subestación.

En este apartado se incluyen tres secciones principales: red de tierras inferiores, red de tierras superiores y cálculo mecánico de embarrados rígidos.

Además, cada apartado incluirá la hipótesis de diseño, la normativa aplicable, los cálculos necesarios y las pautas de aprobación.

2. RED DE TIERRAS INFERIORES

El cálculo de la red de tierras se realizará en base a lo expuesto en la normativa IEEE-80-2000: “IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding” y acorde a los valores máximos de tensiones de paso y contacto establecidos en el reglamento de Centros de Transformación (artículo ITC-RAT 13).

Tal y como se ha indicado previamente en la memoria, la red de tierras que se va a instalar en el área de ampliación se conectará a la red de tierras ya existente en la subestación de 200 kV. Por lo tanto, para el desempeño del cálculo de la malla, se considera que la retícula de la red de tierras ya existente coincide con la de la zona de ampliación.

2.1 Criterios de cálculo

Valor de la resistividad del terreno

Acorde a lo establecido en la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 13 y, atendiendo a las características del terreno donde se encuentra ubicada la subestación, la resistividad del terreno presenta un valor $200 \Omega \cdot m$.

Tensiones de paso y contacto máximas admisibles

El cálculo de la red de tierras de la subestación VITORIA 220 kV, se realizará en referencia a los siguientes datos:

- Tiempo de despeje de la falta: $t = 0,5 \text{ s}$
- Intensidad de falta monofásica a tierra: $27,25 \text{ kA}$
- Resistividad de la capa superficial (grava): $\rho_s = 3000 \Omega \cdot m$

Conforme a la norma ITC-RAT 13 ($K = 72$ y $n = 1$ cuando $t \leq 0,9$), las tensiones de paso y contacto máximas admisibles se presentan a continuación:

$$\text{Tensión de paso: } V_p = \frac{10K}{t^n} \left(1 + \frac{6\rho_s}{1000} \right) = 27360 \text{ V}$$

$$\text{Tensión de contacto: } V_p = \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{1,5\rho_s}{1000} \right) = 792 \text{ V}$$

Los valores anteriores, para una persona de 50 kg, son los que se presentan a continuación (en base a IEEE-80-2000):

$$\text{Tensión de paso: } E_{\text{step}} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

$$\text{Tensión de contacto: } E_{\text{touch}} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,116}{\sqrt{t_s}}$$

De manera que C_s es el factor de reducción, cuya expresión es la siguiente:

$$C_s = 1 - \left(\frac{0,09(1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 \cdot h_s + 0,09} \right)$$

Donde:

- ρ es la resistividad del terreno: $\rho = 200 \Omega \cdot \text{m}$
- ρ_s es la resistividad de la gravilla: $\rho_s = 3000 \Omega \cdot \text{m}$
- h_s es el espesor de capa de gravilla: $h_s = 0,1 \text{ m}$

Por lo tanto, tras sustituir los valores correspondientes, se obtiene:

$$C_s = 0,71$$

$$E_{\text{step}} = 2260,6 \text{ V}$$

$$E_{\text{touch}} = 688,2 \text{ V}$$

Resistencia de puesta a tierra

La fórmula para hallar el valor de la resistencia de puesta a tierra (R_g) es la siguiente:

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

- Donde:
- ρ es la resistividad del terreno: $\rho = 200 \Omega \cdot m$
 - L es la longitud total de conductor enterrado: $L = 420 m$
 - h es la profundidad de enterramiento del conductor: $h = 0,8 m$
 - A es la superficie ocupada por la malla: $A = 36 \times 14 = 504 m^2$

Además, se ha contemplado que los cables que componen la malla sean de Cu, con una sección de $120 mm^2$ y un diámetro de $0,014 m$.

Tras sustituir, se obtiene que la resistencia de puesta a tierra es: $R_g = 1870,5 \Omega$

Intensidad de defecto a tierra

Se ha tomado el valor de $27,25 kA$ para la intensidad monofásica de cortocircuito en la subestación.

Debido a que en la instalación el neutro rígido está conectado a tierra, acorde a la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 13, se establece una disminución de la intensidad monofásica de cortocircuito. Además, en base a lo establecido en la IEEE-80-2000, cabe la posibilidad de aplicación de un factor de reducción S_f , cuyo valor depende de los caminos de retorno adicionales entre los que se encuentran los hilos de guarda de las líneas de transmisión y de distribución.

Sabiendo que el valor de la resistencia de puesta a tierra es $R_g = 1870,5 \Omega$ y, teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la intensidad de defecto a tierra será la siguiente:

$$I_g = 16,95 kA$$

Evaluación de tensiones de paso y contacto

Conforme al estándar IEEE 80, según el nivel de falta y para un primer diseño de la malla, se pueden hallar unos valores previstos de tensiones de contacto y paso.

A continuación, se presentan los datos utilizados al comienzo de los cálculos:

- Resistividad del terreno: $\rho = 200 \Omega \cdot m$
- Espacio medio entre conductores: $D = 2 m$
- Profundidad del conductor enterrado: $h = 0,8 m$
- Diámetro del conductor ($120 mm^2$): $d = 0,014 m$
- Longitud del conductor enterrado: $L = 420 m$
- Intensidad de defecto: $I_g = 16,95 kA$

Acorde a las expresiones presentes en la norma IEEE 80 y, en base a los datos iniciales previamente indicados, se obtienen los siguientes valores intermedios:

$$K_h = \sqrt{1 + h} = 1,34$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n = 1,94$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{\frac{2}{n}}} = 0,52$$

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d = 8,73$$

$$n_a = \frac{2 \cdot L_c}{L_p} = 8,4$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{A}}} = 1,05$$

$$n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{0,7 \cdot A} = 1$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} = 0,99$$

Donde:

- L_c es la longitud del conductor de la malla: $L_c = 420$ m
- L_p es la longitud del perímetro de la malla: $L_p = 100$ m
- L_x es la longitud máxima de la malla en la dirección x: $L_x = 36$ m
- L_y es la longitud máxima de la malla en la dirección y: $L_y = 14$ m
- D_m es la máxima distancia entre dos puntos de la malla: $D_m = 38,6$ m

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right] = 0,55$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right] = 0,47$$

En base a las expresiones desarrolladas en la norma IEEE-80-2000, se obtienen las siguientes tensiones de contacto y de paso:

$$E_{\text{contacto}} = \rho K m K i \frac{I g}{L} = 8612 \text{ V}$$

$$E_{\text{paso}} = \rho K s K i \frac{I g}{L} = 7360 \text{ V}$$

Los resultados de ambas tensiones son menores a los establecidos como valores límites en el estándar IEEE-80-2000 y en la ITC-RAT 13.

Conductor

La expresión para hallar la sección mínima del conductor (A), desarrollada en el estándar IEEE 80, es la siguiente:

$$A = I \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\text{TCAP} \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}}$$

- Donde:
- I representa la mitad de la corriente de falta a tierra: $I = 8,48 \text{ kA}$
 - t_c es el tiempo máximo de falta: $t_c = 0,5 \text{ s}$
 - T_m es la temperatura máxima alcanzable por el conductor y las uniones:
 $T_m = 300 \text{ }^\circ\text{C}$
 - T_a representa la temperatura ambiente: $T_a = 40 \text{ }^\circ\text{C}$
 - TCAP es la Capacidad Térmica del conductor: $\text{TCAP} = 3,42 \text{ J/cm}^3 \cdot ^\circ\text{C}$
 - α_r es el coeficiente térmico de resistividad a $20 \text{ }^\circ\text{C}$: $\alpha_r = 0,0381 \text{ 1/}^\circ\text{C}$
 - ρ_r es la resistencia del conductor a $20 \text{ }^\circ\text{C}$: $\rho_r = 1,78 \text{ } \mu\Omega \cdot \text{cm}$
 - K_0 es la inversa del coeficiente térmico de resistividad a $0 \text{ }^\circ\text{C}$: $K_0 = 242$

Los cuatro últimos valores son los correspondientes al cobre comercial (material del conductor) y se encuentran en la tabla 1 de la norma IEEE-80-2000.

Sustituyendo estos valores en la expresión anterior se obtiene la siguiente sección mínima del conductor:

$$A = 104,5 \text{ mm}^2$$

Se puede observar que la sección que se va a utilizar (120 mm^2) es superior a la sección mínima ($104,5 \text{ mm}^2$). Por lo tanto, el cable conductor escogido, normalizado de Red Eléctrica, es válido.

Por último, queda hallar la corriente máxima que pueda circular por el cable conductor elegido. Para ello, será necesario conocer la densidad de corriente máxima soportable por el conductor de cobre: 192 A/mm^2 .

Por o tanto, la intensidad máxima que circula por el cable es:

$$I_{\max} = 2 \cdot 192 \cdot 120 = 46 \text{ kA}$$

Este valor se debe comparar con la mitad de la corriente de falta a tierra, debido al diseño de la malla, el cual está diseñado de manera que llegan mínimo dos conductores a cada punto de puesta a tierra.

Consecuentemente, se observa que el valor de la corriente máxima es superior a la mitad de la intensidad de falta a tierra ($8,48 \text{ kA}$).

2.2 Conclusiones

Teniendo presentes los resultados obtenidos, la validez del diseño de la malla para la red de tierras inferiores queda justificado por el hecho que los valores hallados de las tensiones de paso y contacto son inferiores a los máximos permitidos por las normativas vigentes ITC-RAT 13 y IEEE-80-2000.

Sin embargo, como medida de protección, se hallarán de nuevo estos valores experimentalmente una vez finalizada la instalación.

3. RED DE TIERRAS SUPERIORES

El sistema de red de tierras superiores tiene el objetivo de capturar las descargas atmosféricas y conducirlas a la malla enterrada con el fin de que sean disipadas a tierra garantizando siempre la seguridad tanto del personal como de los equipos de la subestación.

Dicho sistema está compuesto por un juego de puntas Franklin instalado sobre columnas. Además, un conjunto de hilos de guarda también conforma este sistema. Este tipo de elementos se encuentran conectados a la malla de tierra mediante la estructura metálica que los aguanta.

El modelo electro geométrico de las descargas atmosféricas ha sido el modelo seleccionado para el diseño del sistema de protección, el cuál es comúnmente utilizado para este fin.

El criterio de apantallamiento total de los embarrados y de los equipos que forman parte de la aparamenta es el criterio de seguridad que se ha establecido. Dicho criterio indica que las descargas atmosféricas mayores al nivel de aislamiento de la instalación y posibles causantes de tensiones peligrosas deben ser atraídas por los hilos de guarda.

Para alcanzar el apantallamiento total habrá que asegurarse de que el área donde se lleva a cabo la captación de descargas atmosféricas contenga completamente a la zona pertinente a las partes bajo tensión.

Para calcular el radio crítico de cebado (r), valor necesario para hallar el área de captura, se utiliza la siguiente expresión:

$$r = 8 \cdot I^{0,65}$$

Donde: $- I = \frac{1,1 \cdot U \cdot N}{Z}$

- U es la tensión soportada a impulsos tipo rayo: $U = 1050 \text{ kV}$

- N es el número de líneas conectadas a la subestación: $N = 2$

- Z es la impedancia característica de las líneas: $Z = 400 \Omega$

Sustituyendo estos valores y operando se obtiene la siguiente corriente:

$$I = \frac{1,1 \cdot 1050 \cdot 2}{400} = 5,78 \text{ kA}$$

Finalmente, sustituyendo este valor en la expresión del radio crítico de cebado, se obtiene la siguiente zona de captura:

$$r = 8 \cdot 5,78^{0,65} = 25,02 \text{ m}$$

Por lo tanto, el apantallamiento completo de la instalación queda garantizado por el radio crítico de 25 m.

4. CÁLCULO MECÁNICO DE EMBARRADOS RÍGIDOS

4.1 Hipótesis de diseño

Para que la instalación tenga una evolución de su sistema eléctrico en el futuro, se tomarán en cuenta los siguientes valores en el parque de 66 kV para el diseño:

$$I_{cc3} \text{ (simétrica)} = 40 \text{ kA}$$

$$R/X \text{ (sistema)} = 0,07$$

Duración del cortocircuito; 0,5 s.

Para el conductor rígido, las interconexiones se realizarán con tubos de Al con diámetro exterior/interior 100/88 mm.

A continuación, se presenta la geometría y condiciones de anclaje del vano en las situaciones menos favorables:

Longitud del vano: 12 m

Distancia entre fases: 4 m

Anclajes: fijo-elástico

4.2 Condiciones de la instalación

Acorde a la instrucción técnica complementaria ITC-LAT, la subestación pertenece a la zona B, es decir, la parcela de la instalación se encuentra a más de 500 m, pero a menos de 1.000 m sobre el nivel del mar. Por esta razón, las condiciones climatológicas que se mencionan a continuación deben ser consideradas:

Hielo: Manguito de $180 \sqrt{d}$ g/m (con d en mm)

Viento: Presión de viento a 140 km/h = 95,3 DaN/m

4.3 Normativa aplicable

La normativa vigente en cuanto a este tipo de instalación es acatada por los cálculos realizados en los siguientes apartados, basados en los Reglamentos y Normas que se presentan a continuación:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 3275/1982 de 12 de noviembre y sus modificaciones posteriores, la última por O. M. de 10/03/00.
- Instrucciones Técnicas Complementarias en Subestaciones. DECRETO nº 842/02 de 2-AGO en B.O.E.: 18-SEPT-02.
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero de 2008.
- Norma CEI 865 de 1986, “Cálculo de los efectos de las corrientes de cortocircuito”.
- Norma UNE EN 60865-1, “Corrientes de cortocircuito, cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo”.
- Norma CEI 909-1988, “Cálculo de corrientes de cortocircuito en redes de corriente alterna trifásica”.
- Norma VDE 0102.
- Norma DIN 43670.

Por criterios de seguridad, si por algún caso los resultados obtenidos al aplicar la norma previamente citada carecen de concordancia con otros posibles resultados obtenidos por métodos diferentes, se seleccionará el resultado menos favorable.

4.4 Características de los materiales / equipos a instalar

Tubo 100/88

Aleación: E-AlMgSi0,7, T6

Diámetro exterior (D) / interior (d): 100/88 mm

Espesor de la pared (e): 6 mm

Peso propio unitario (Pint): 4,784 kg/m

Sección (A): 1.772 mm²

Carga de rotura del material (a_R): 215 N/mm²

Momento de inercia (J): 200 cm⁴

Momento resistente (W): 40 cm³

Módulo de elasticidad (E): 70.000 N/mm²

Límite de fluencia mínimo del material (R_{p02}): 170 N/mm²

Coefficiente de dilatación lineal (s): 0,023 mm/m°C

Intensidad máxima: 2.300 A

En lo referente a los aisladores soporte, se llevará a cabo la instalación de soportes de tipo C10-1050, cuyas propiedades mecánicas son las siguientes:

Carga de rotura a flexión: 10.000 N

Carga de rotura a torsión: 4.000 N

Altura del aislador: 2.300 mm

Altura de la pieza soporte: 170 mm

4.5 Cálculo mecánico del embarrado principal

Corriente de cortocircuito

Tal y como se ha mencionado previamente, el valor de la corriente simétrica de cortocircuito trifásico (I_{cc}), en cuanto al diseño se refiere, es de 40 kA.

Acorde al S/ CEI 909 la intensidad de pico se halla mediante la siguiente expresión:

$$I_p = \chi \times \sqrt{2} \times I_{cc}$$

Con:

$$\chi = 1,02 + 0,98 \times e^{-3R/X}$$

De esta manera, se obtiene: $\chi = 1,814$ y, seguidamente para $I_{cc}=40$ kA, $I_p = 102,62$ kA.

Tensión en el tubo

Esfuerzos por viento:

$$F_v = 953 * 100 * 10^{-3} = 95,3 \text{ N/m}$$

Esfuerzos por peso propio:

$$F_{pp} = 61,43 \text{ N/m}$$

Esfuerzos por hielo:

$$F_h = 180 \sqrt{150} * 9,81/1000 = 21,62 \text{ N/m}$$

Esfuerzos por cortocircuito:

La siguiente fórmula expresa como hallar la fuerza por unidad de longitud entre dos conductores paralelos por los que conduce la misma corriente.

$$F_s = 0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_p^2}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

- Donde:
- I_p es la corriente cresta de cortocircuito trifásico.
 - μ_0 es la permeabilidad magnética del vacío ($4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$).
 - a es la distancia media entre fases

Se sustituyen estos valores y se obtiene:

$$F_s = 456 \text{ N/m}$$

El esfuerzo dinámico de cortocircuito sobre el conductor se halla mediante dos coeficientes que dependen de la frecuencia de vibración.

V_σ : factor que tiene en cuenta el efecto dinámico

V_r : factor que tiene en cuenta el reenganche

La siguiente expresión (S/ CEI 865) se utiliza para calcular la frecuencia la frecuencia de vibración de un tubo:

$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \times \sqrt{EI/m}$$

- Donde:
- I es la inercia de la sección del tubo
 - m es la masa unitaria del tubo
 - E es el Módulo de Young del material
 - l es la longitud del vano
 - γ coeficiente del tubo y los apoyos: 1,57 en nuestro caso.

Tras sustituir los valores, se opera y se obtiene:

$$f_c = 1,87 \text{ Hz}$$

Los valores de los factores anteriores (V_σ y V_r) son hallados mediante la relación entre la frecuencia de oscilación y la frecuencia nominal del sistema:

$$f_c/50 = 0,04$$

Por lo tanto:

$$V_\sigma = 0,31$$

$$V_r = 1,8$$

La tensión de trabajo en el tubo por esfuerzo dinámico de cortocircuito se calcula así:

$$\sigma_m = V_\sigma \times V_r \times \beta \times \frac{F_s \times l^2}{8 \times z}$$

Donde: - $\beta = 1$

- z es el módulo resistente de la sección del tubo

Se obtiene:

$$\sigma_m = 56,34 \text{ N/mm}^2$$

La tensión total de trabajo se halla mediante la suma geométrica del resto de tensiones provocadas por los diferentes esfuerzos.

$$\sigma_i = \frac{1}{8} \times \frac{P \times l^2}{z}$$

Donde:

- l es la longitud del vano
- z es el módulo resistente del material
- P es la carga repartida que produce el esfuerzo

Por viento: $\sigma_v = 21,38 \text{ N/mm}^2$

Por peso propio: $\sigma_p = 17,25 \text{ N/mm}^2$

Por hielo: $\sigma_h = 3,23 \text{ N/mm}^2$

Por lo tanto, el valor de la tensión máxima es el siguiente: $\sigma_{to} = 80,37 \text{ N/mm}^2$

El coeficiente de seguridad del tubo frente al límite de fluencia vale:

$$160/\sigma_{to} = 1,99$$

Por último, se debe verificar que el esfuerzo por cortocircuito se encuentre lejos de su límite. Para ello, acorde con la norma CEI 865, se comprobará la siguiente expresión:

$$\sigma_{to} \leq q \times R_{p0,2}$$

Donde q es el factor de resistencia del conductor, que vale 1,344 para tubo Ø 100/88, y $R_{p0,2} = 170 \text{ N/mm}^2$.

Por lo tanto, $80,37 \leq 228,5$

Es decir, para esfuerzos en cortocircuitos, el tubo se encuentra lejos del límite.

Flecha en el tubo

La siguiente fórmula se utiliza para obtener la flecha máxima del tubo:

$$f = \alpha_f \cdot \frac{P \cdot l^4}{E \cdot J} \cdot 100 \text{ (cm)}$$

Donde: - P es la fuerza vertical por unidad de longitud. (incluyendo el peso propio y los amortiguadores)

- l es la longitud del vano (m)

- E es el módulo de elasticidad del material (N/mm^2)

- J es el momento de inercia de la sección (cm^4)

- α_f es el factor que depende del tipo de apoyo y que toma el valor 1,3.

Tras sustituir se obtiene: $f = 12 \text{ cm}$

Elongación del embarrado

La siguiente expresión la dilatación del tubo por efectos relacionados con la temperatura:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

Donde:

- l_0 es la longitud inicial del tubo (m)
- α es el coeficiente de dilatación lineal del tubo = 0,023 mm/m°C
- $\Delta\theta$ es el incremento de temperatura entre la de montaje (35°) y la de servicio (80°).

Sustituyendo se obtiene: $\Delta l = 12 * 0,023 * 45 = 12,42$ mm

Se procederá a la instalación de piezas de carácter especial que sean capaces de captar la elongación obtenida.

Esfuerzo térmico en cortocircuito

Acorde al CEI 865, la siguiente fórmula representa la intensidad térmica en cortocircuito:

$$I_{\theta} = I_{cc} \times \sqrt{(m + n)}$$

Donde m y n (0,097 y 0,758) son los coeficientes térmicos de disipación.

Tras sustituir: $I_{\theta} = 36,98$ kA

Se debe cumplir que el valor anterior debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, cuya densidad de corriente en cortocircuito ρ vale 116 A/mm² (proceso adiabático).

La capacidad térmica obtendrá un valor de: $S * \rho = 1.772 * 116 = 205,5$ kA, valor superior a la corriente térmica de cortocircuito.

Intensidad nominal de las barras

El valor de la corriente nominal de las barras es, atendiendo a las especificaciones del fabricante, 2.705 A a 65 °C de temperatura de trabajo en el tubo.

Se tendrá que llevar a cabo una corrección de esta intensidad, según dice la norma DIN 43670, por medio de factores de corrección que dependerán de la temperatura máxima, la altitud y la composición del tubo (según ITC-RAT 04).

Factores:

$k_1 = 0,925$ por la aleación elegida

$k_2 = 1,25$ para temperatura final de $80\text{ }^\circ\text{C}$

$k_3 = 1$ por ser tubo

$k_4 = 0,98$ para instalación a menos de 1000 m.s.n.m.

Acorde a la norma recientemente nombrada:

$$I_{\max} = I_n * k_1 * k_2 * k_3 * k_4 = 2.705 * 0,925 * 1,25 * 1 * 0,98 = 3.065,1 \text{ A}$$

Este valor corresponde a 202,3 MVA, valor muy superior al necesario (66 kV).

CAPÍTULO 3: ESTUDIO ECONÓMICO

ÍNDICE

1. OBJETO: pág. 57
2. RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN: pág. 58

1. OBJETO

La finalidad de este capítulo es el estudio de la rentabilidad de la instalación. Debido a que el proyecto se lleva a cabo con capital privado, la obtención de unos beneficios es indispensable.

Para que la rentabilidad total del proyecto pueda ser analizada, tras justificar la singularidad de la instalación, será necesario estudiar la retribución acorde a lo establecido en la Circular 5/2019, de 5 de diciembre, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se establecen los criterios y el método para calcular la retribución de la actividad de transporte de energía eléctrica.

2. RENTABILIDAD DE LA INSTALACIÓN

En el documento nº4 de este proyecto se han calculado los costes que dan pie a la inversión necesaria para poder llevar a cabo la instalación. La cifra inicial es de 13.495.631 €, la cual asciende a 16.329.713,51 € tras aplicar el IVA.

Los costes que se han tenido en cuenta se han subdividido en los siguientes apartados:

- Aparamenta
- Red de tierras
- Obra civil
- Sistemas auxiliares y de control
- Sistemas de alumbrado y anti-intrusismo
- Pruebas
- Otros

El proyecto de instalación del STATCOM, excluyendo la ampliación necesaria para la conexión del STATCOM en el parque de 220kV (se trata de otro proyecto y, además, existirían valores unitarios para la retribución recogidos en el BOE del 12 de diciembre de 2015), está reconocido como instalación de carácter singular por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC).

Teniendo en cuenta lo mencionado previamente, así como la similitud con otros proyectos como puede ser “La instalación del STATCOM de Begues 220kV” de Red Eléctrica (con una retribución estimada en 12.000.000 €), se estima una retribución superior debido a la diferencia de costes. Por lo tanto, el valor de inversión o retribución que se propone en este proyecto es de 16.850.000 €.

En el caso en el que se apruebe la propuesta, la retribución total ascendería a 16.850.000 €. Seguidamente se hallaría el beneficio, que alcanzaría la siguiente cifra:

$$\text{Beneficio} = 16.850.000 - 16.329.713,51 = 520.286,50 \text{ €}$$

Por último, se calcula la rentabilidad de la instalación:

$$\text{Rentabilidad} = (520.286,50 / 16.329.713,51) * 100 = \mathbf{3,2 \%}$$

En lo referente a la rentabilidad del mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, se estiman unos costes aproximados de 470.000 €; cifra que se ha estimado por la similitud del mantenimiento de este proyecto con otros de subestaciones convertoras. Por lo tanto, se propone una retribución anual de 470.500 € para la rentabilidad del mantenimiento de la instalación.

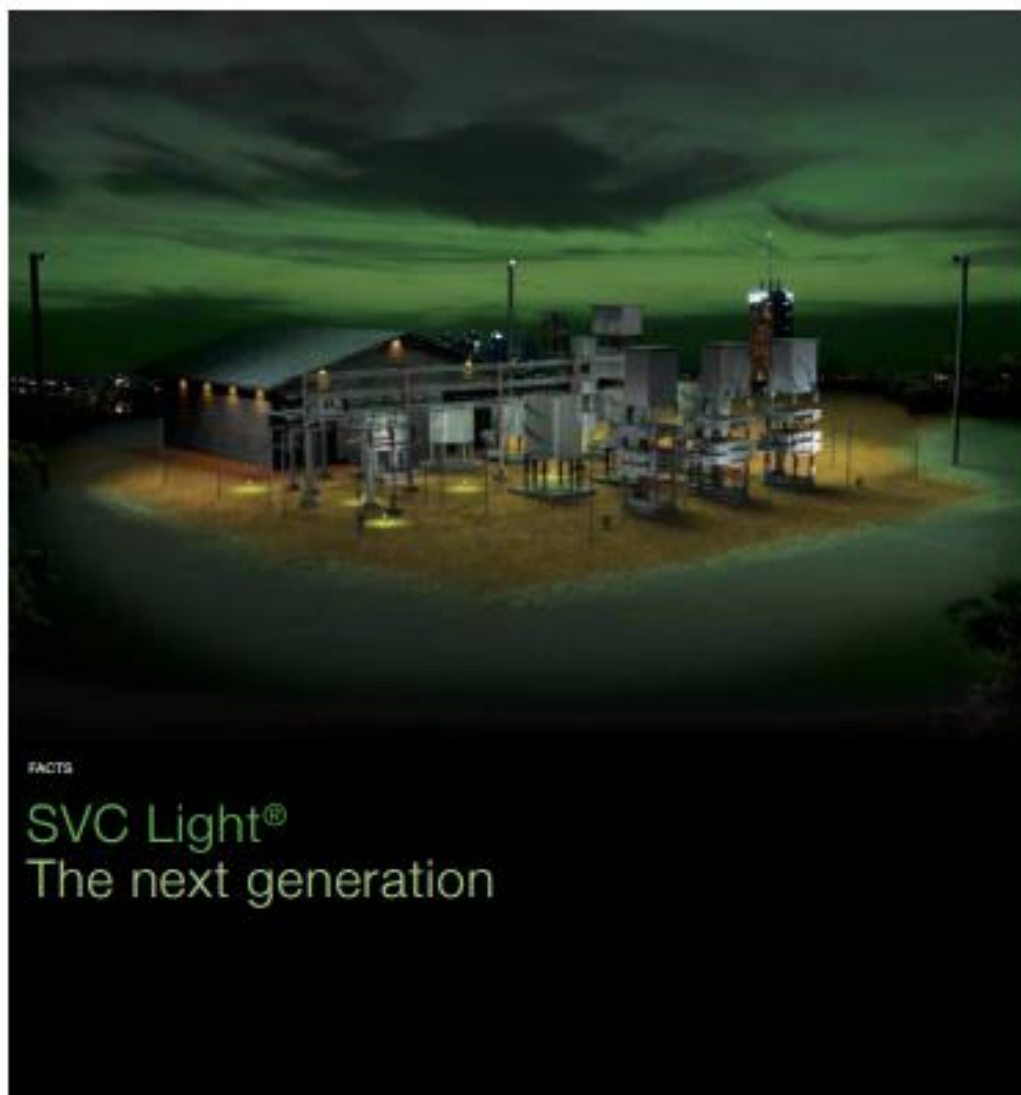
CAPÍTULO 4: ANEJOS

ÍNDICE

1. SVC LIGH NEXT GENERATION: pág. 62
2. TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD: pág. 73
3. INTERRUPTOR: pág. 77
4. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE: pág. 80

1. SVC LIGHT NEXT GENERATION

Cabe mencionar que este producto pertenece actualmente a la empresa HITACHI, sin embargo, no se ha cambiado el catálogo.

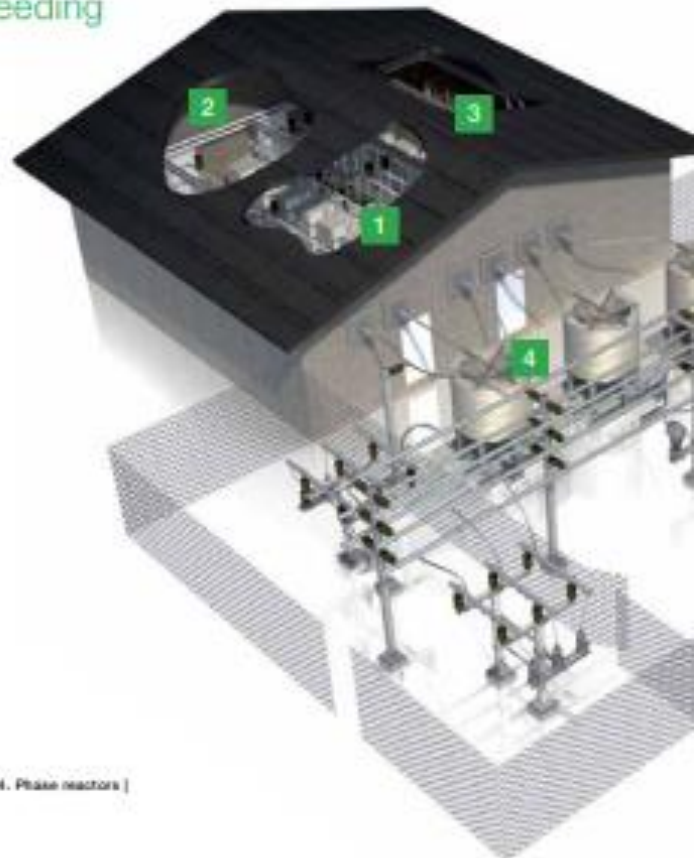


Proven superiority
and leading edge technology

SVC Light® solves the troublesome problem of electric arc furnace generated flicker. SVC Light also improves arc furnace economy by supplying high quality power to the furnace. The heart of SVC Light is the high power Insulated Gate Bipolar Transistor, IGBT. With SVC Light there are no limitations. You can build your melt shop where it suits you the best, even where the strength of the feeding grid is limited.

With ABB SVC Light you get:

- World class flicker mitigation
- Direct connection
- Unlimited range
- Excellent process economy
- Unrivalled experience

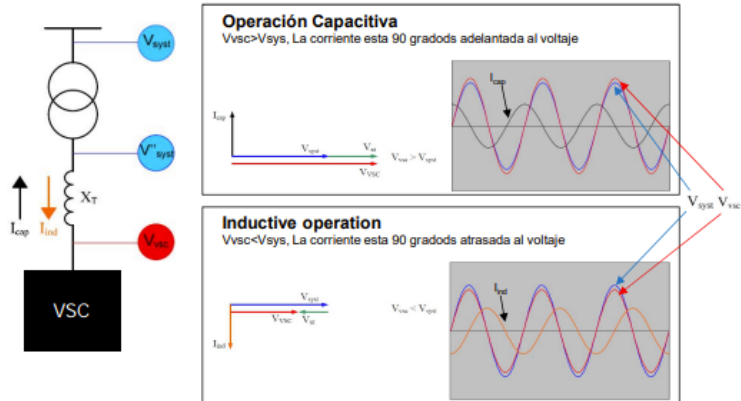


1. VSC | 2. Control and protection system | 3. Cooling system | 4. Phase reactors |
5. High pass filter | 6. Harmonic filter (optional)

ABB FACTS | SVC Light®

STATCOM – STATIC Synchronous COMPensator

- Control continuo de potencia reactiva en ambos rangos: capacitivo e inductivo (rango simétrico)
- Control de potencia reactiva sin la necesidad de grandes componentes pasivos
- Convertidor Fuente de Voltaje (VSC) – actúa como una fuente de tensión variable
- La operación de la corriente a los límites de convertidor se convierte en una fuente de corriente constante.



STATCOM - SVC Light® para sistemas de transmisión

	SVC Light First generation	SVC Light Second generation
Introduced	1997	2014
VSC technology	3-level NPC	Multi-level chain link
Need for filters	Yes, high-pass	No (depending on design)
Active filtering	Yes, up to 9 th harm.	Yes, up to 9 th harm.
DC capacitor	Common	Distributed
Losses	Medium	Low
IGBT	ABB StakPak, 2.5 kV, 1600 A	ABB StakPak, 4.5 kV, 2000 A
Converter voltage	Up to 35 kV	Up to 69 kV
Power range per block	Up to +/- 100 Mvar	Up to +/- 360 Mvar

SVC Light® para sistemas de transmisión – Second Generation

- Basada en SVC Light introducido en 1997 por ABB
- Rango dinámico más largo con el mismo tipo de IGBT
- IGBT en módulos para mayor flexibilidad
- Modo de falla segura
- La calidad del desempeño es mayor (bajas armónicas, bajas pérdidas)
- La estructura de la válvula y la sala se simplifica
- El convertidor es diseñado en sub-módulos IGBT conectados en puente H
- Utiliza menos superficie
- Conexión directa (sin transformador) hasta 69 kV

©ABB

April 18, 2017

Slide 21

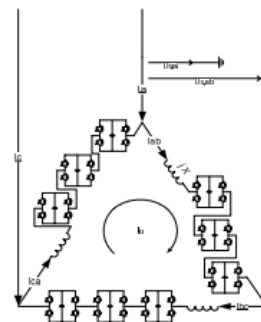
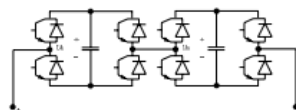
X Jornadas Técnicas ABB en Chile 2017

ABB

SVC Light® para sistemas de transmisión

Performance

- Conectado en Delta
- Topología Chain-link
- Se incrementa la tensión a la que se puede conectar.
- Mayor rango de potencia
- Mejor desempeño y pérdidas
- Espectro de armónicas mejorado.
- Simplifica la optimización del desempeño, superficie y costos



©ABB

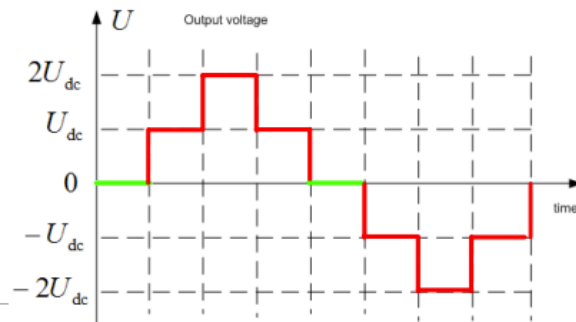
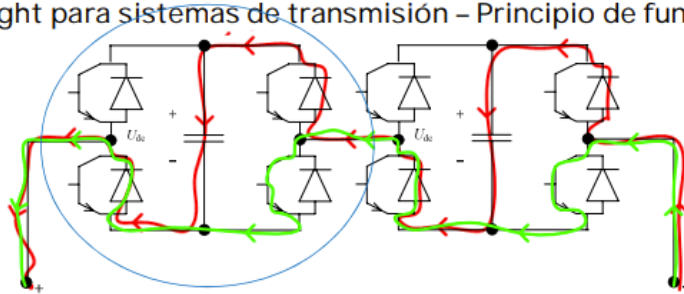
April 18, 2017

Slide 22

X Jornadas Técnicas ABB en Chile 2017

ABB

SVC Light para sistemas de transmisión – Principio de funcionamiento



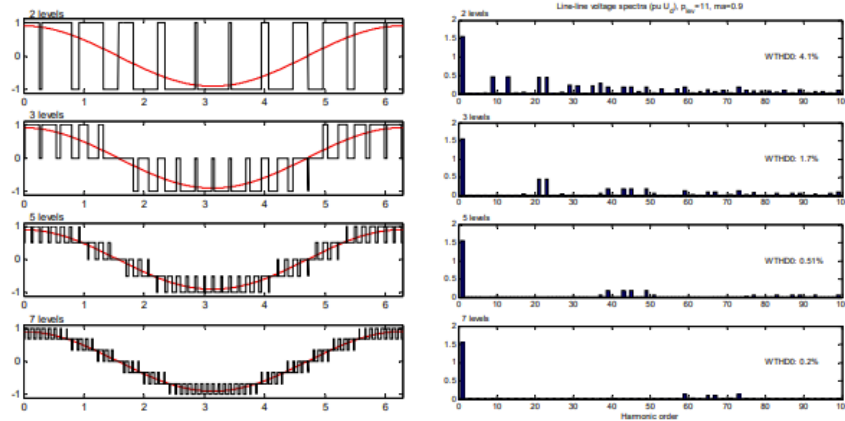
©ABB
April 18, 2017

Slide 23

X Jornadas Técnicas ABB en Chile 2017

ABB

SVC Light para sistemas de transmisión – Generación de Harmónicas



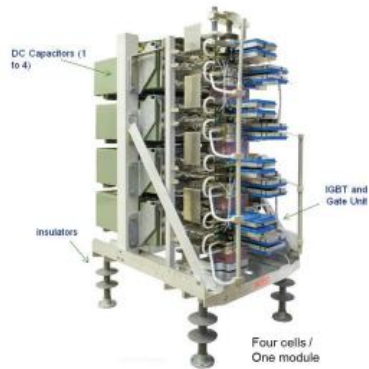
©ABB
April 18, 2017

Slide 24

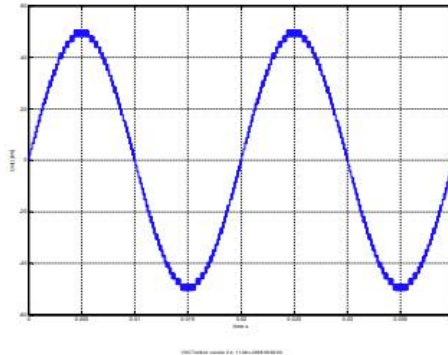
X Jornadas Técnicas ABB en Chile 2017

ABB

Modulo de convertidor Multinivel = 4 Puentes H Completos



Ejemplo de tensión con 24 módulos en serie



©ABB

April 18, 2017

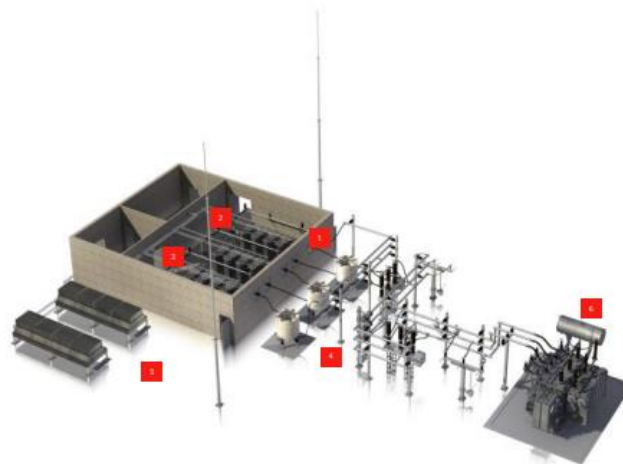
Slide 25

X Jornadas Técnicas ABB en Chile 2017

ABB

SVC Light® para sistemas de transmisión: Layout

1. VSC Sala de la válvula
2. Sala de Control & Protección
3. Sala de bombas
4. Reactores de línea
5. Radiadores
6. Transformador de poder



©ABB

April 18, 2017

Slide 26

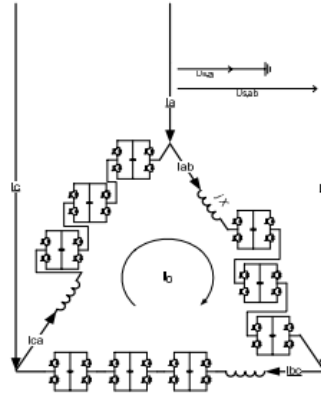
X Jornadas Técnicas ABB en Chile 2017

ABB

SVC Light para sistemas de transmisión: Confiabilidad

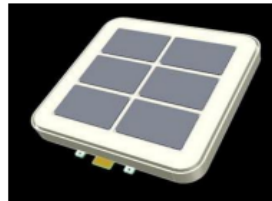
SVC Light Next generation utiliza muchos módulos operados en serie. Un número de módulos redundantes permitirá fallas sin necesidad de sacar el convertidor de servicio inmediatamente.

La capacidad total puede ser mantenida incluso cuando algunos IGBTs fallan.

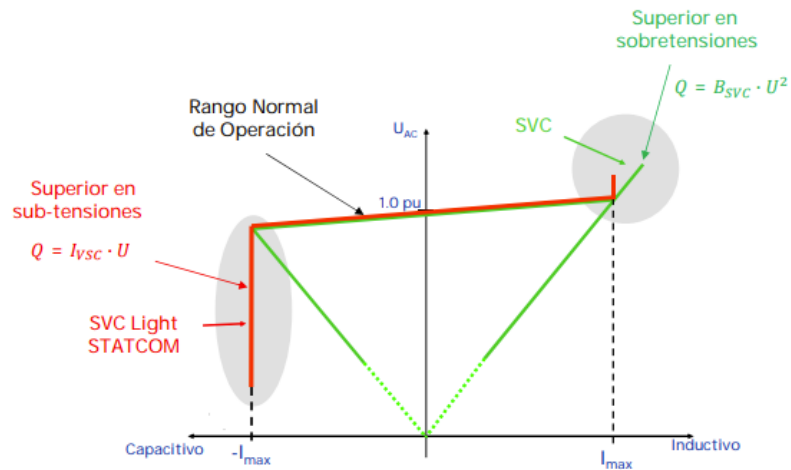


SVC Light para sistemas de transmisión: Seguridad

ABB 4.5 kV 2000 A StakPak IGBT
Utilizado en HVDC y FACTS
Descarga de los links en CC (DC)
activados automáticamente durante la
desconexión
Menor agrupación de conductores
incrementa robustez en el ciclo térmico
Sin riesgo de explosión
Refrigeración en cada lado



Característica VI - STATCOM x SVC



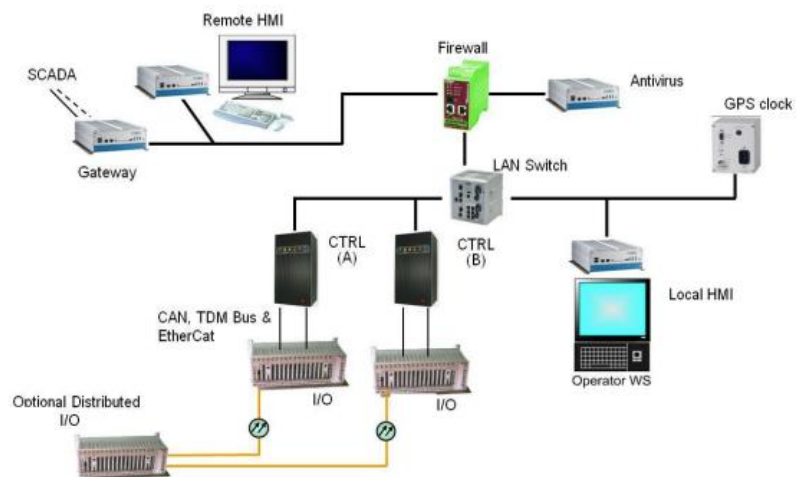
©ABB
April 18, 2017

Slide 29

X Jornadas Técnicas ABB en Chile 2017

ABB

SVC Light / SVC Clásico – Sistema de control MACH™



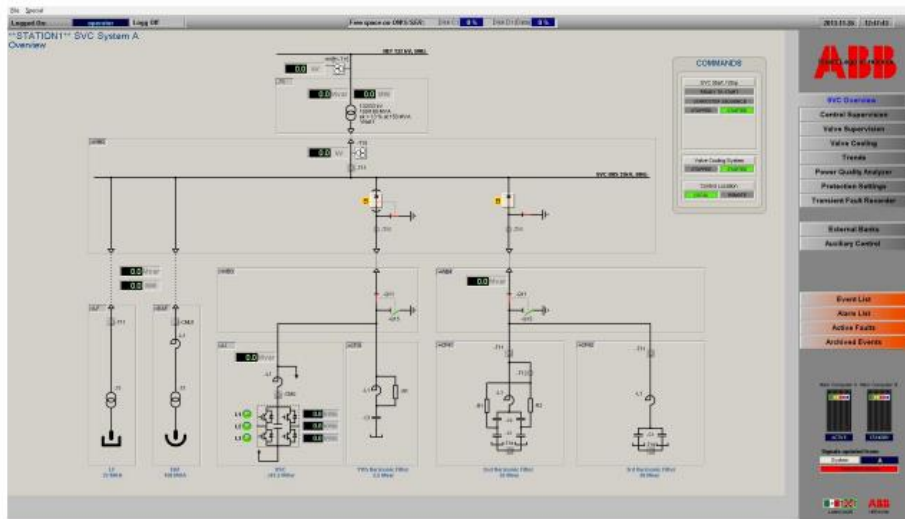
©ABB
April 18, 2017

Slide 33

X Jornadas Técnicas ABB en Chile 2017

ABB

SVC Light / SVC Classic – Sistema de control MACH™



SEMICONDUCTORES IGBTs

Data Sheet, Doc. No. 5SYA 1430-02 11-2017

5SNA 2000K451300 StakPak IGBT Module

$V_{CE} = 4500 \text{ V}$
 $I_C = 2000 \text{ A}$

Low-loss, rugged SPT+ chip-set
Smooth switching SPT+ chip-set for good EMC
High tolerance to uneven mounting pressure
Explosion resistant package



Maximum rated values ¹⁾

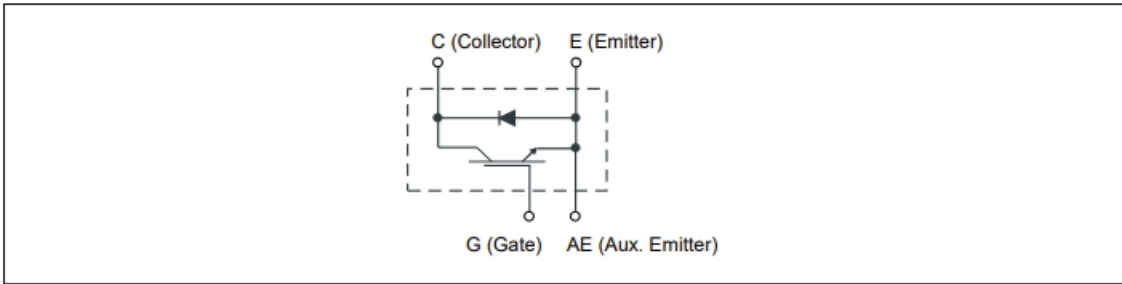
Parameter	Symbol	Conditions	min	max	Unit
Collector-emitter voltage	V_{CES}	$V_{GE} = 0 \text{ V}$, $T_{VJ} \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$		4500	V
DC collector current	I_C	$T_C = 85 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{VJ} = 125 \text{ }^\circ\text{C}$		2000	A
Peak collector current	I_{CM}	$t_p = 1 \text{ ms}$		4000	A
Gate-emitter voltage	V_{GES}		-20	20	V
Total power dissipation	P_{tot}	$T_C = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_{VJ} = 125 \text{ }^\circ\text{C}$		20800	W
DC forward current	I_F			2000	A
Peak forward current	I_{FM}	$t_p = 1 \text{ ms}$		4000	A
Surge current	I_{FSM}	$V_R = 0 \text{ V}$, $T_{VJ} = 125 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_p = 10 \text{ ms}$, half-sinewave		14000	A
IGBT short circuit SOA	t_{SC}	$V_{CE} = 3400 \text{ V}$, $V_{CEM \text{ CHIP}} \leq 4500 \text{ V}$ $V_{GE} \leq 15 \text{ V}$, $T_{VJ} \leq 125 \text{ }^\circ\text{C}$		10	μs
Junction temperature	T_{VJ}		-50	150	$^\circ\text{C}$
Junction operating temperature	$T_{VJ(OP)}$		-50	125	$^\circ\text{C}$
Case temperature	T_C		-50	125	$^\circ\text{C}$
Storage temperature	T_{stg}		-50	70	$^\circ\text{C}$
Mounting force ²⁾	F_M		60	90	kN

¹⁾ Maximum rated values indicate limits beyond which damage to the device may occur per IEC 60747

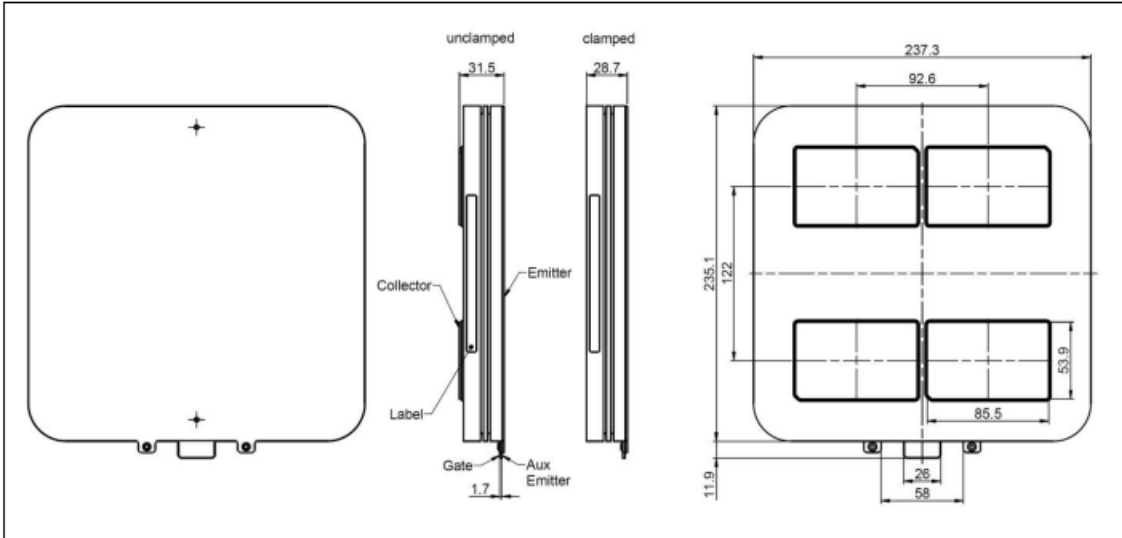
²⁾ For detailed mounting instructions refer to ABB document no. 5SYA 2037-02

³⁾ All electrical characteristics are valid only when the module is clamped

Electrical configuration



Outline drawing ²⁾



Note: all dimensions are shown in millimeters

²⁾ For detailed mounting instructions refer to ABB Document No. 55YA 2039

This is an electrostatic sensitive device; please observe the international standard IEC 60747-1, chap. VIII.
This product has been designed and qualified for Industrial Level.

2. TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD



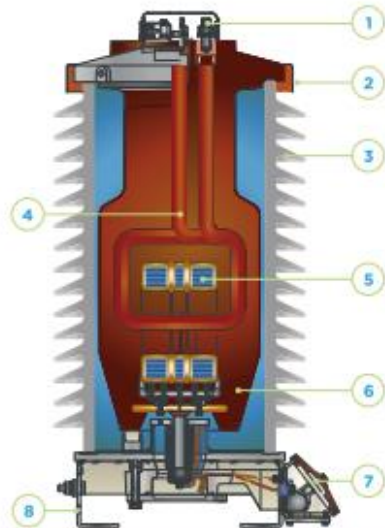
TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD > Serie CX

SERIE CX

Aislamiento seco:
modelo CX hasta 72,5 kV.



1. Terminal primario
2. Anillo equipotencial
3. Aislador
4. Arrollamiento primario
5. Núcleos y arrollamientos secundarios
6. Aislamiento de resina
7. Caja de terminales secundarios
8. Terminal de puesta a tierra



Transformadores de Medida | Alta Tensión

DISEÑO Y FABRICACIÓN

El transformador de intensidad consta de uno o varios núcleos con sus correspondientes arrollamientos secundarios (partes activas).

Las partes activas se encuentran aproximadamente en la parte central, dentro de un cuerpo de resina fundido bajo vacío con resina epoxy que las fija, separa y aísla, formando un cuerpo rígido con excelentes propiedades eléctricas, térmicas y mecánicas.

Este cuerpo de resina está situado dentro de un aislador hueco de porcelana o sílica. La cámara entre el cuerpo de resina y el aislador se sella herméticamente mediante juntas de caucho nitrílico; para niveles de aislamiento de más 36 kV, este espacio se rellena con aceite.

CARACTERÍSTICAS

- > Gran precisión (hasta 0,1%), invariable a lo largo de la vida del aparato, con la máxima fiabilidad.
- > Todo tipo de núcleos de medición y protección: multiratio, lineales...
- > Amplia gama de corrientes primarias: de 1 a 2.400 A.
- > Reconexión primaria y/o secundaria.
- > Gran robustez mecánica.
- > Excelente respuesta en condiciones ambientales extremas: Temperaturas de -60°C a +60°C, grandes altitudes, zonas de peligro sísmico, vientos fuertes, etc.
- > Sin necesidad de mantenimiento durante toda su vida útil de más de 30 años. Sólo se recomienda la monitorización periódica.
- > Disponibilidad de laboratorios propios homologados oficialmente.
- > Certificaciones del sistema de gestión de la calidad: ISO9001, ISO14001 y OHSAS 18001.
- > Cada unidad pasa ensayo de rutina siguiendo la normas aplicables.
- > Informes completos de ensayos tipo en conformidad con las normas internacionales.
- > Cumplimiento de todas las normas a nivel internacional y nacional.
- > Respeto al medio ambiente. Los materiales empleados en su construcción son reciclables y resistentes a la intemperie. Su avanzado diseño respeta la normativa medioambiental.
- > Tamaño reducido gracias a un diseño compacto que facilita el transporte, almacenamiento y montaje, y reduce el impacto visual.

OPCIONES:

- > Aisladores de porcelana o poliméricos.
- > Terminales secundarios precintables.
- > Diferentes prensaestopas y accesorios disponibles.
- > Amplia variedad de terminales primarios y secundarios.
- > Dispositivos de protección secundaria dentro de la caja de terminales (explosores...).



GAMA

Esta serie se denomina con las letras CX seguidas de 2 o 3 números que indican la tensión máxima de servicio para la que han sido diseñados.

La tabla de la siguiente página muestra la gama fabricada por ARTECHE. Las características son orientativas; ARTECHE puede fabricar transformadores en conformidad con cualquier norma nacional o internacional.

Ratio: Múltiples combinaciones posibles en un solo dispositivo.

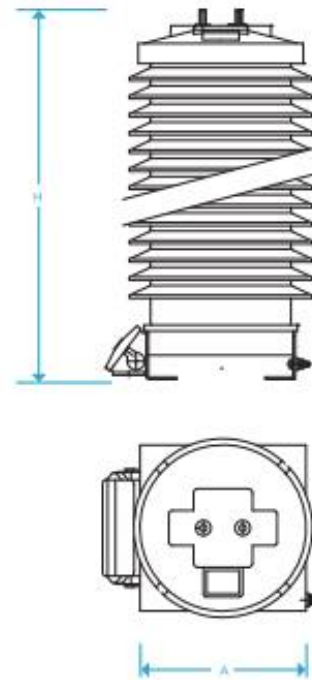
Arrollamientos secundarios para:

- > Protección: todos los tipos posibles, incluyendo núcleos lineales, baja inducción, etc.
- > Medición: clases de precisión para cualquier necesidad de medición o facturación (incluyendo la clase de alta precisión 0,1 / 0,5 con gama extendida en corriente).

Número de arrollamientos secundarios: según las necesidades, puede haber hasta 4 secundarios o más en un solo dispositivo.

Corrientes primarias: de 1 A a 5.000 A.

Corriente de cortocircuito: hasta 120 kA/1s.



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	43
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

Estas dimensiones y pesos son aproximados y se basan en los requisitos estándar. Para obtener valores detallados, por favor consulte con Arteche.

Características de diseño y ventajas del LTB

Introducción

La familia de interruptores LTB de ABB, con tensión nominal de 72 - 800 kV y corriente de corte de hasta 50 kA, satisface las exigencias más elevadas. Se basa en los últimos avances de dimensionamiento dieléctrico e investigación de la física de arcos.

ABB fabricó los primeros interruptores de SF₆ con interruptores asistidos por arco a mediados de la década de los ochenta - Auto-Puffer™.

El principio de Auto-Puffer™ se describe en el capítulo C-1.



La energía requerida para interrumpir corrientes de cortocircuito se obtiene en parte del arco en sí, reduciendo significativamente la energía requerida del mecanismo de operación.

La energía de operación inferior reduce intrínsecamente los esfuerzos mecánicos, tanto en el interruptor en sí como en los cimientos, aumentando la fiabilidad del interruptor.

Durante muchos años, ABB ha utilizado mecanismos de operación con energía mecánicamente almacenada en resortes. Esta solución ofrece ventajas considerables dado que la energía está siempre disponible en los resortes tensados.

Nuestros mecanismos de operación a resorte BLK, BLG y FSA1 se describen en capítulos separados de esta Guía del usuario.

En el año 2001, ABB introdujo a Motor Drive, un sistema servomotor digital capaz de accionar directamente los contactos del interruptor con alta precisión y fiabilidad. El número de piezas móviles en el accionamiento se reduce a una sola - el árbol motor rotativo.

El Motor Drive se describe en capítulos separados de esta Guía del usuario.

El diseño del LTB es una tecnología bien probada (hay en servicio más de 25.000 unidades).

Características de diseño

El LTB está disponible para operación monopolar o tripolar.

Para interruptores con un elemento de interrupción por polo, son posibles ambos modos de operación. Para interruptores de doble o cuádruple cámara, sólo rige la operación monopolar.

Para la operación tripolar, los polos del interruptor y el mecanismo de operación están conectados mediante barras de tracción. Cada polo tiene un resorte de apertura individual controlado por la barra de tracción.

Pero existe una excepción. En el caso de la operación tripolar del LTB D, sólo existe un resorte de apertura que controla los tres polos, y está montado sobre el polo más alejado del mecanismo de operación.

Cada polo del interruptor constituye una unidad llena de SF₆ sellada, que incluye la unidad de interrupción, el aislador tubular y el gabinete del mecanismo.

Los tres polos del interruptor se pueden montar sobre soportes de polo individuales o, en el caso del LTB D, sobre un bastidor de soporte común.

Mecanismo de operación

El BLK se utiliza para:
LTB D 72,5 - 170 kV
LTB E 72,5 - 245 kV operación monopolar
El FSA se utiliza para:
LTB D 72,5 - 170 kV
El BLG se utiliza para:
LTB E 72,5 - 245 kV operación tripolar
LTB E 362 - 800 kV operación monopolar
Motor Drive™ se utiliza para:
LTB D 72,5 - 170 kV

Características de diseño y ventajas del LTB

La fiabilidad operativa y la vida de servicio de un interruptor de SF₆ depende en gran medida de la capacidad de garantizar el sellado del volumen de gas SF₆ y de neutralizar los efectos de la humedad y los productos de descomposición en el gas.

- El riesgo de fuga de gas es insignificante; se utilizan anillos dobles de caucho nitrilo de forma tórica y forma X con excelentes resultados.
- Cada unidad de interrupción se suministra con un desecante que absorbe la humedad y los productos de descomposición del proceso de interrupción.

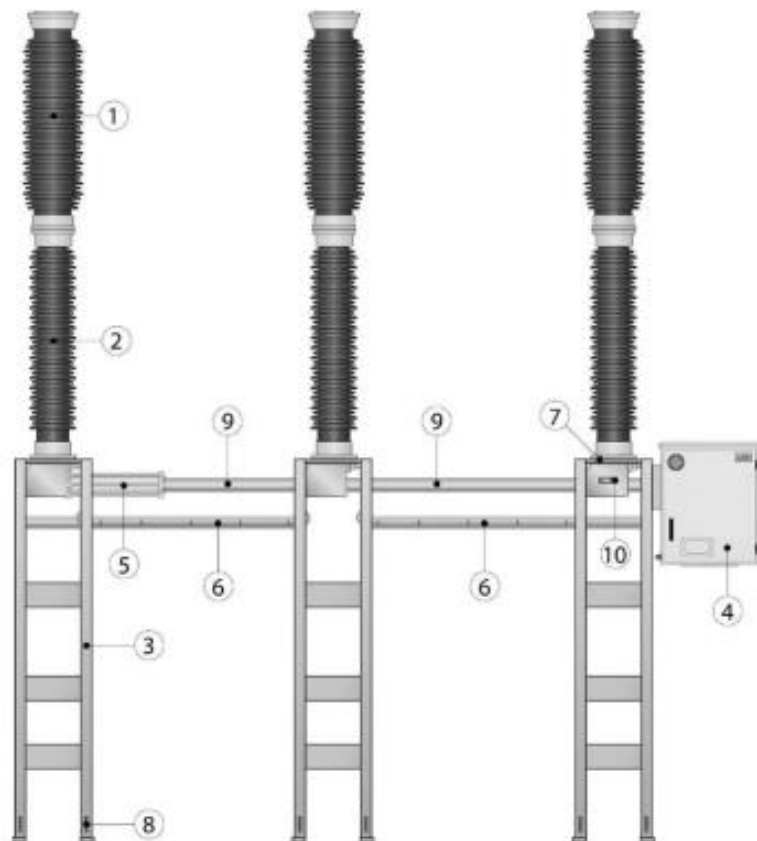
- Dado que la capacidad de interrupción depende de la densidad del gas SF₆, el interruptor LTB se suministra con un monitor de densidad.

El monitor de densidad consiste en un presostato compensado por temperatura. Por lo tanto, la señal de alarma y la función de bloqueo son activadas únicamente si la presión cae debido a una fuga.

El diseño corresponde a las exigencias tanto de las normas IEC como ANSI. También se pueden suministrar soluciones de diseño especiales para ajustarse a otras normas y especificaciones.

Interruptor tipo LTB D

1. Cámara de interrupción
2. Aislador soporte
3. Estructura soporte
4. Mecanismo de operación tipo BLK
5. Resorte de disparo
6. Tubo de gas con viga protectora
7. Supervisión de gas (En el lado opuesto)
8. Orificios perforados para conexión a tierra
9. Barra de tracción con tubo protector
10. Indicador de posición



Capacidad de conmutación de corriente

Todos los interruptores LTB son capaces de interrumpir corrientes de cortocircuito en 40 ms como máximo. Para el LTB D con FSA1 el tiempo de corte máximo es de 60 ms. También podemos garantizar una interrupción libre de rebote de corrientes capacitivas debido a un diseño y movimiento optimizado de los contactos.

Para la conmutación de corrientes inductivas, las sobretensiones son bajas como resultado de una extinción óptima en corriente cero.

Rigidez dieléctrica

El LTB tiene una rigidez dieléctrica elevada incluso con presión atmosférica de SF₆, gracias a una distancia óptima entre los contactos.

Conmutación controlada

Como opción, los interruptores LTB se pueden utilizar para conmutación controlada aplicando nuestro dispositivo de control tipo Switchsync™.

Para más información, consultar el capítulo Q-1, "Conmutación controlada".

Tiempos de operación estables

Para una conmutación controlada, es sumamente importante que los tiempos funcionales para operaciones de cierre y disparo sean constantes. Podemos garantizar ±1 ms entre operaciones consecutivas para todos los interruptores LTB.

Resistencia a las condiciones climáticas

Los interruptores LTB están diseñados para ser instalados en una amplia variedad de condiciones climáticas, desde zonas polares a desiertos por todo el mundo.

Para los interruptores instalados en zonas con temperaturas bajas extremas existe un riesgo de condensación del gas SF₆.

Para evitar las consecuencias de la condensación, se utiliza una de las siguientes mezclas de gases:

- SF₆ y N₂
- SF₆ y CF₄

Resistencia a la corrosión

Los componentes de aluminio seleccionados (gabinetes de mecanismos, terminales de alta

tensión, armarios) proporcionan un alto grado de resistencia a la corrosión, sin necesidad de protección adicional. Para uso en ambientes de exposición extrema, los interruptores LTB se pueden suministrar con una pintura de protección.

La estructura soporte y los tubos protectores para las barras de tracción son de acero galvanizado en caliente.

Rigidez sísmica

Todos los interruptores LTB tienen son mecánicamente robustos debido a una construcción optimizada del polo y de la estructura de soporte, diseñados para resistir aceleraciones sísmicas de 3 m/s² (0,3 g) sin precauciones adicionales.

Con una estructura soporte reforzada, aisladores reforzados o amortiguadores sísmicos, o una combinación de ellos, los interruptores pueden resistir aceleraciones sísmicas considerablemente superiores a 5 m/s² (0,5 g).

Lea más sobre "Capacidad de resistencia sísmica" en el capítulo S-1.

Instalación sencilla

Cada LTB es probado previamente en nuestra fábrica y transportado al emplazamiento como unas pocas unidades premontadas.

Los interruptores se pueden instalar fácilmente y poner en servicio en 1-4 días según el tipo y tamaño.

Necesidad de mantenimiento reducida

La fiabilidad operativa y la vida de servicio de un interruptor de SF₆ depende en gran medida de la capacidad de garantizar el sellado del volumen de gas SF₆ y de neutralizar los efectos de la humedad y productos de descomposición en el gas.

No obstante, el LTB está destinado a una vida de servicio de más de 30 años o 10.000 operaciones mecánicas (sin carga). Para conmutación de corriente, el número de operaciones antes del mantenimiento depende de la corriente interrumpida.

Monitoreo de condición

Como una opción, podemos ofrecer control de supervisión mediante nuestro sistema de monitoreo de condición. Para más información, consultar el capítulo "Monitoreo" R-1.

4. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Con respecto a la contribución de este proyecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) llevados a cabo por la organización Naciones Unidas, se puede decir que el proyecto se alinea con los siguientes apartados:

- **ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructuras**

Este objetivo es el que más relacionado está con el proyecto ya que con la instalación se busca evitar penalizaciones económicas y amortiguar oscilaciones de reactiva, mejorando así no solo el desarrollo económico del país sino también el bienestar humano al mejorar la calidad de la electricidad.

Además, también contribuye al empleo, así como al Producto Interior Bruto (PIB) nacional.

- **ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles**

Aunque no sea el objetivo que mejor se alinea con el proyecto también tiene influencia sobre este. Debido al incremento de la calidad de la electricidad se estaría mejorando el acceso de los ciudadanos a este servicio básico de manera segura.

- **ODS 12: Producción y Consumo Responsables**

Este último objetivo está presente ya que se utiliza un alto porcentaje de fuentes de energía locales. Además, se tendrá en cuenta siempre que se pueda la sostenibilidad. Por ejemplo, en los sistemas de drenaje se vierten por separado las aguas residuales y las aguas de drenaje.

DOCUMENTO N^o2: PLANOS

CAPÍTULO 1: LISTA DE PLANOS

Plano de situación: 1

Plano de emplazamiento: 2

Plano del esquema unifilar: 3

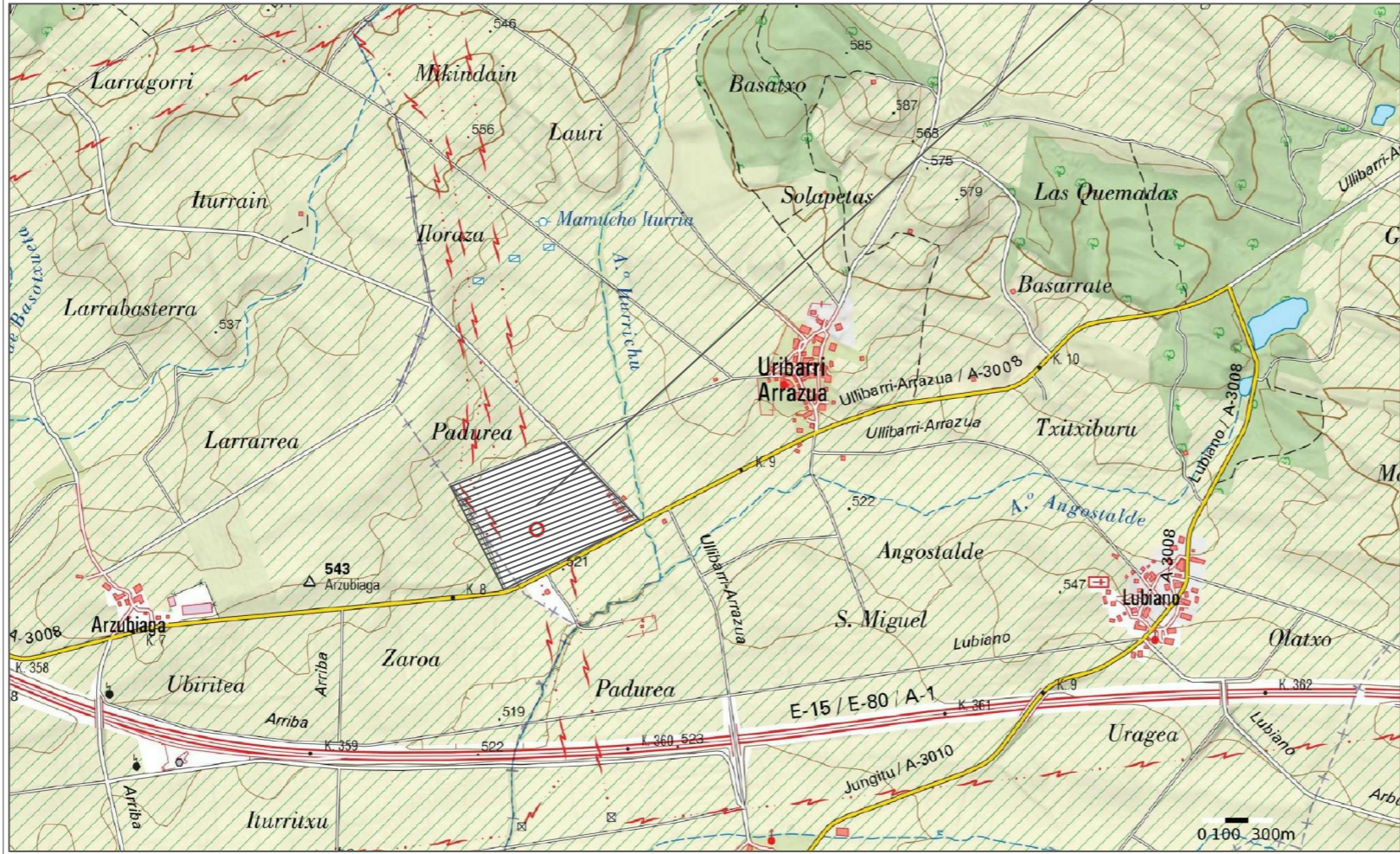
Plano de planta del edificio acotada: 4

Plano de planta del edificio junto a las áreas de aparcamiento exterior: 5

Plano de alzado de la aparcamiento exterior: 6

CAPÍTULO 2: PLANOS

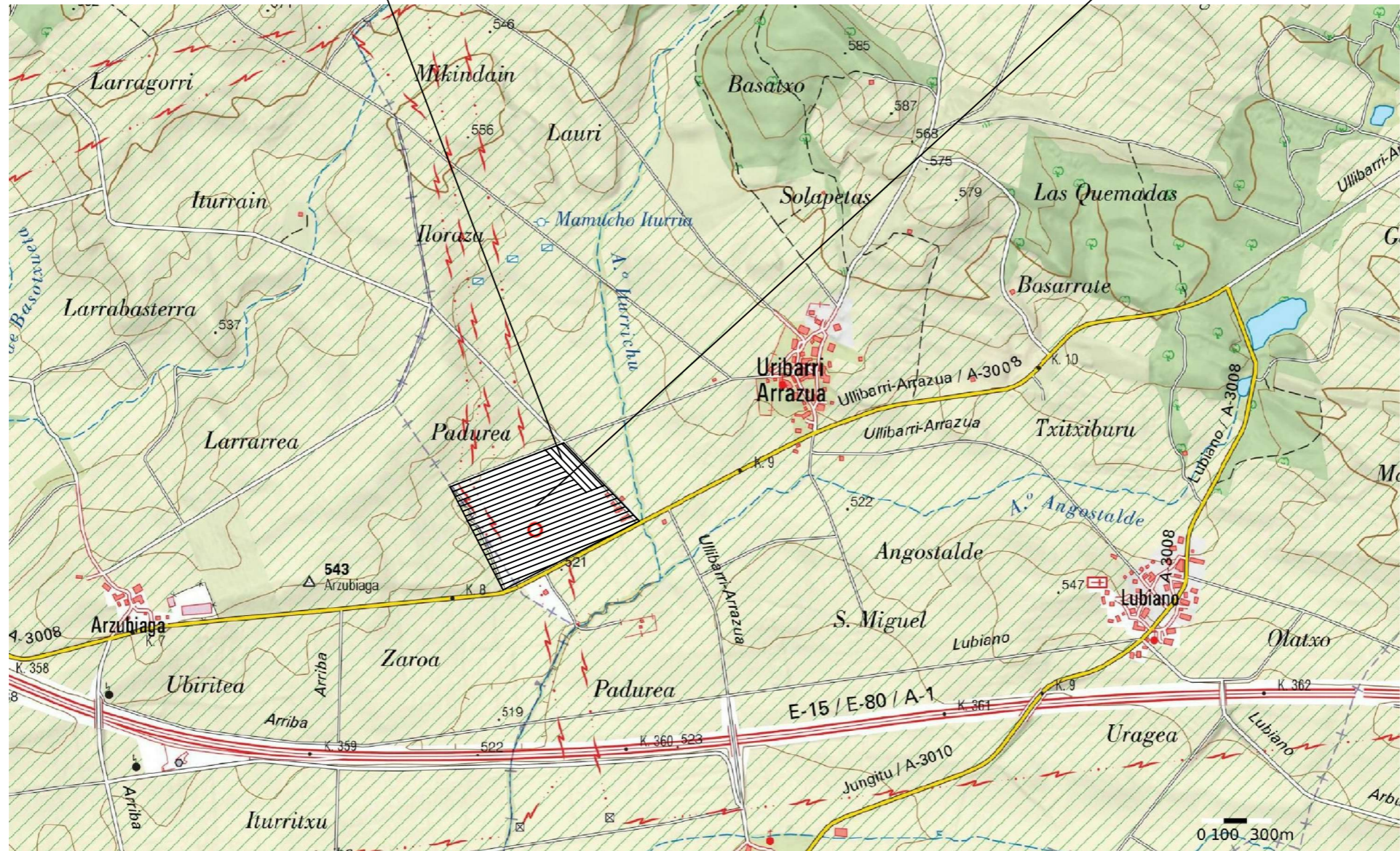
SUBESTACIÓN DE VITORIA



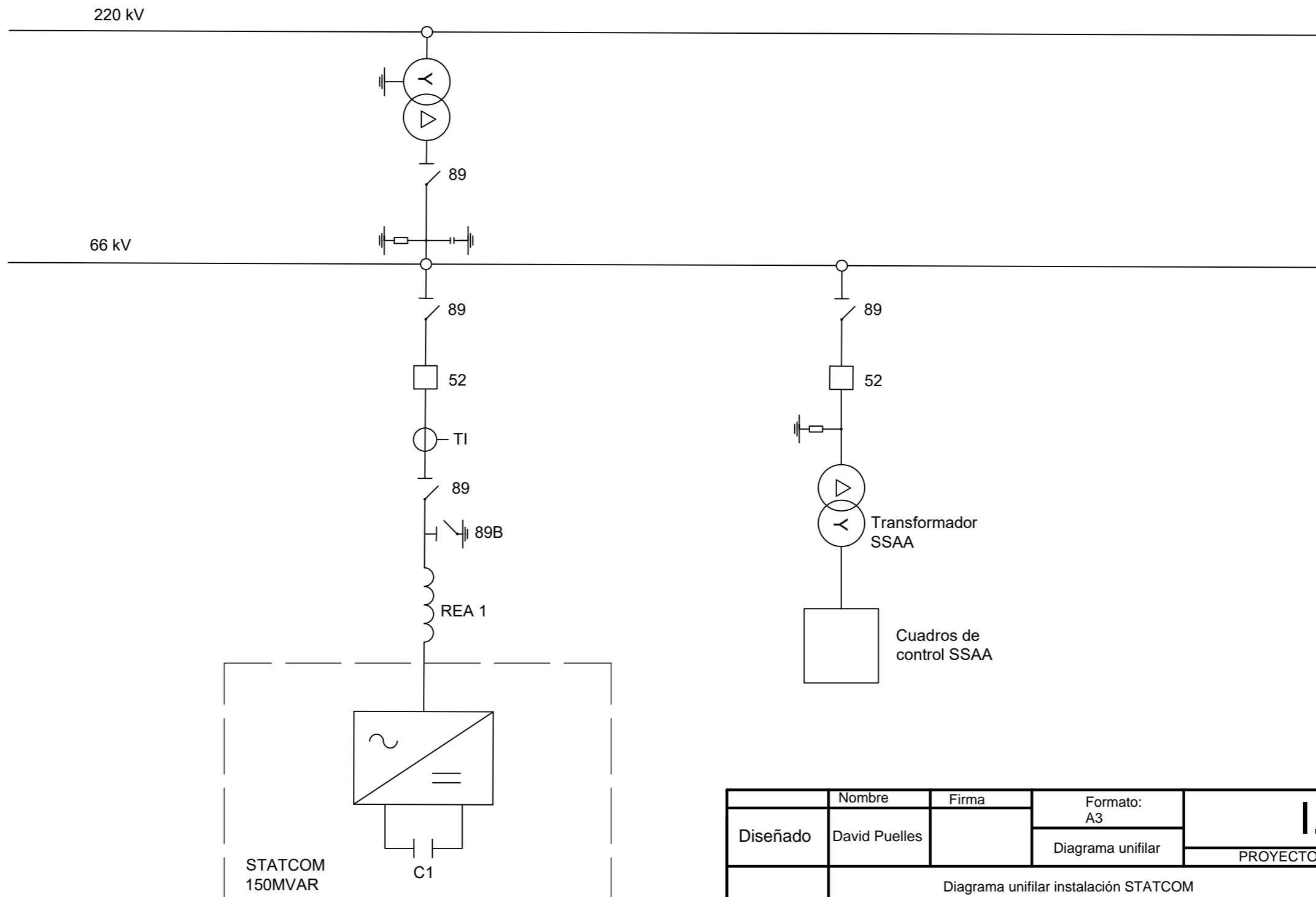
	Nombre	Firma	Formato: A3	I.C.A.I
Diseñado	David Puelles		SITUACIÓN	
Escala	PLANO DE SITUACIÓN			Índice de revisión: 1
	PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO PARA LA INSTALACIÓN DE UN STATCOM 150MVAR EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE VITORIA			Fecha de edición: 09/07/2022
				Plano número: 1
				Hoja 1 de 1

ÁREA DE LA INSTALACIÓN

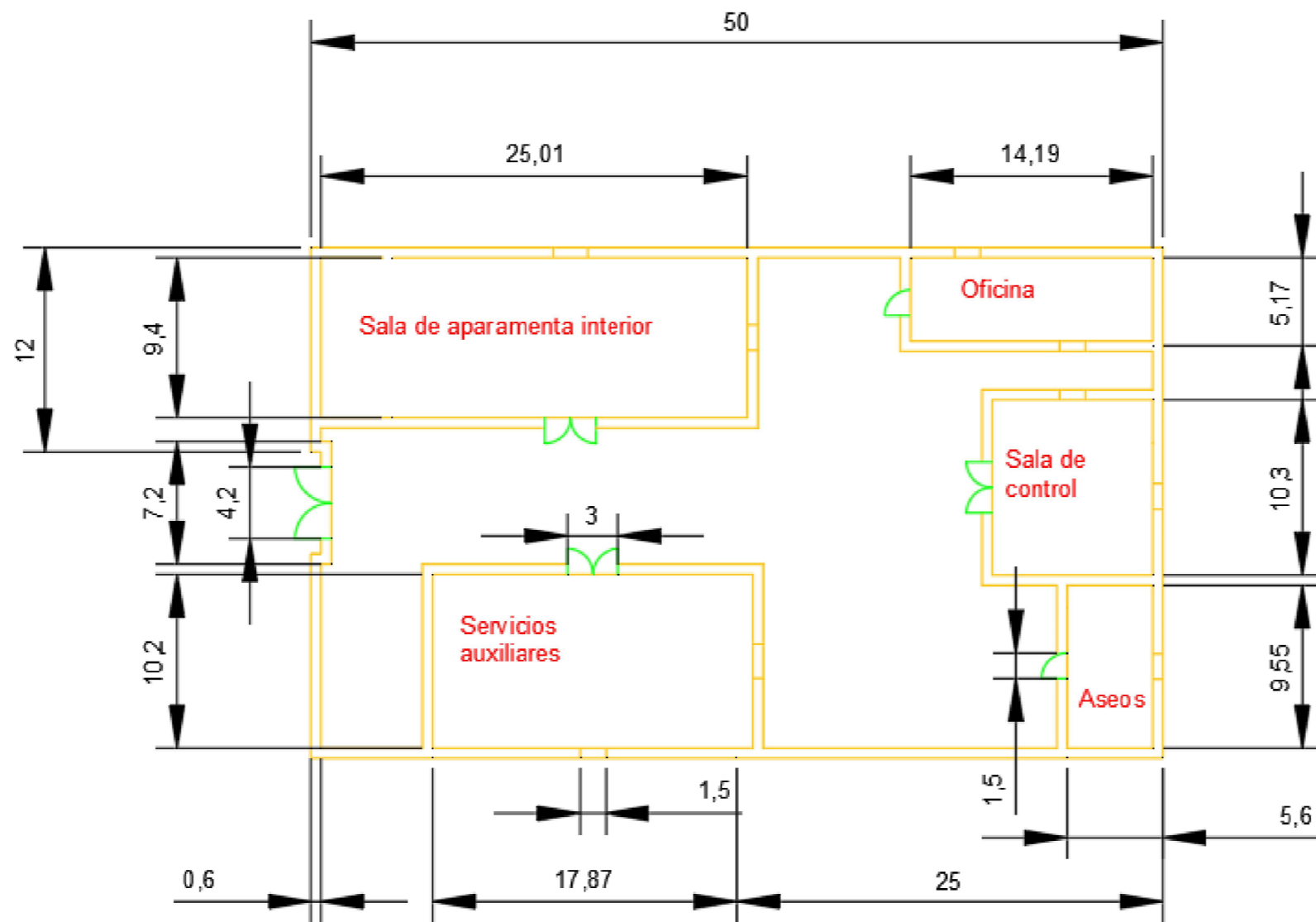
SUBESTACIÓN DE VITORIA



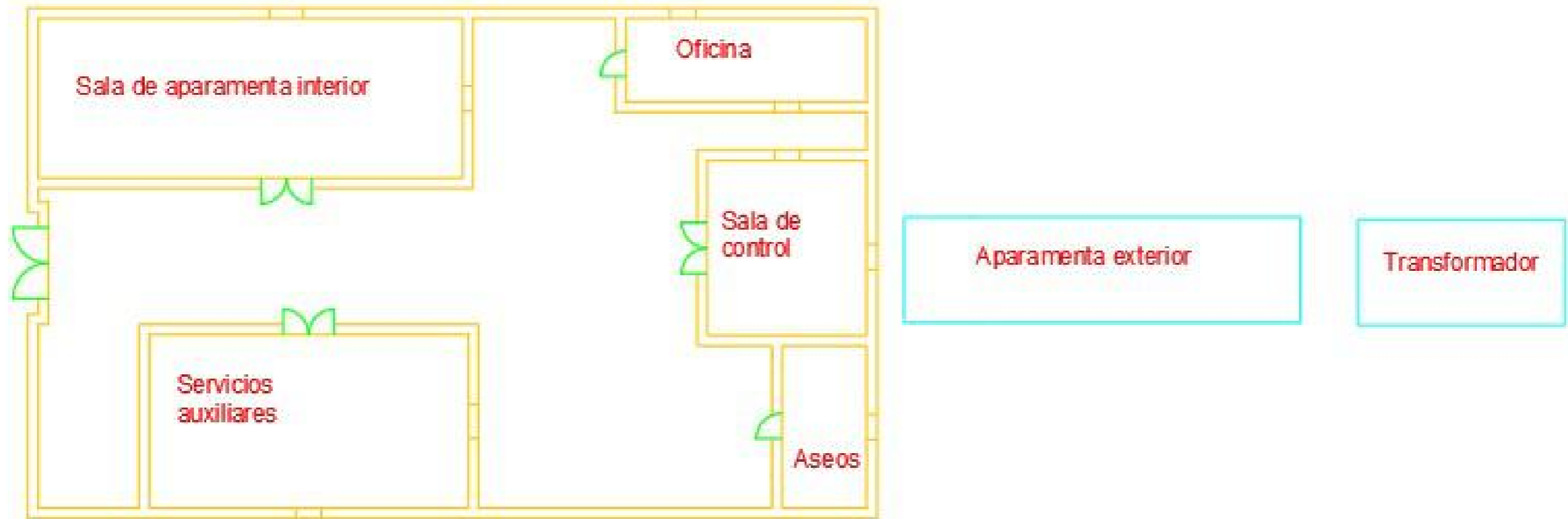
	Nombre	Firma	Formato: A3	I.C.A.I
Diseñado	David Puelles		EMPLAZAMIENTO	
Escala	PLANO DE EMPLAZAMIENTO			Índice de revisión: 1
	PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO PARA LA INSTALACIÓN DE UN STATCOM 150 MVAR EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE VITORIA			Fecha de edición: 30/08/2022
				Plano número: 2
				Hoja 1 de 1



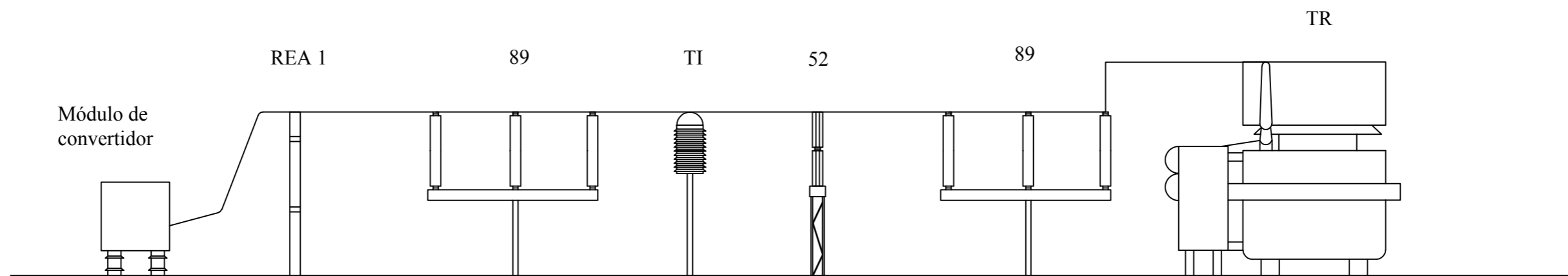
	Nombre	Firma	Formato: A3	I.C.A.I
Diseñado	David Puelles		Diagrama unifilar	
Escala	Diagrama unifilar instalación STATCOM			Índice de revisión: 1
	PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO PARA LA INSTALACIÓN DE UN STATCOM 150 MVAR EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE VITORIA			Fecha de edición: 17/08/2022
				Plano número: 3
				Hoja 1 de 1



	Nombre	Firma	Formato: A3	I.C.A.I
Diseñado	David Puelles		PLANTA DEL EDIFICIO	
Escala	PLANO DE LA PLANTA ACOTADA DEL EDIFICIO			Índice de revisión: 1
	PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO PARA LA INSTALACIÓN DE UN STATCOM 150MVAR EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE VITORIA			Fecha de edición: 30/08/2022
				Plano número: 4
				Hoja 1 de 1



	Nombre	Firma	Formato: A3	I.C.A.I
Diseñado	David Puelles		PLANTA EDIFICIO Y EXTERIORES	
Escala	PLANO DE LA PLANTA DEL EDIFICIO Y APARAMENTA EXTERIOR			Índice de revisión: 1
	PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO PARA LA INSTALACIÓN DE UN STATCOM 150MVAR EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE VITORIA			Fecha de edición: 30/08/2022
				Plano número: 5
				Hoja 1 de 1



	Nombre	Firma	Formato: A3	I.C.A.I
Diseñado	David Puelles		Plano de alzado	
Escala	Plano del alzado de la aparamenta exterior			Índice de revisión: 1
	PROYECTO TÉCNICO ADMINISTRATIVO PARA LA INSTALACIÓN DE UN STATCOM 150 MVAR EN LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE VITORIA			Fecha de edición: 01/09/2022
				Plano número: 6
				Hoja 1 de 1

DOCUMENTO N^o3: PLIEGO DE CONDICIONES

CAPÍTULO 1: GENERALES Y ECONÓMICAS

ÍNDICE

1. OBJETO: pág. 88
2. NORMATIVA APLICABLE: pág. 89
 - 2.1 Equipamiento y Montaje
 - 2.2 Obra Civil
3. GESTIÓN DE CALIDAD: pág. 95
4. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL pág. 95
5. SEGURIDAD EN EL TRABAJO pág. 96
6. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN: pág. 96
7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD: pág. 97
 - 7.1 Memoria
 - 7.2 Características de la Obra
 - 7.3 Pliego de Condiciones

1. OBJETO

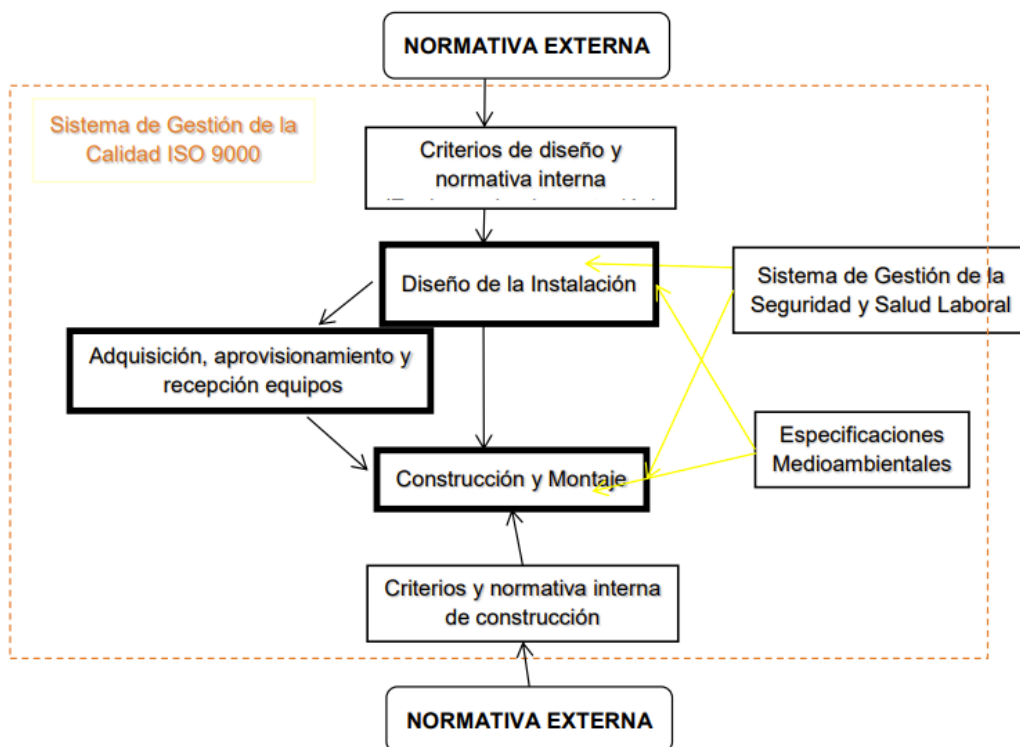
El fin de este capítulo es presentar la información y los datos imprescindibles para el preciso montaje e instalación de los diferentes equipos y materiales. Para ello, los siguientes se han tenido en cuenta:

1º Normativa: La utilización de los equipos y su respectivo montaje será acorde a la normativa legal vigente.

2º Gestión de Calidad: Las especificaciones y características de los equipos, además de su montaje, quedan recogidas en el Plan de Calidad. Cabe añadir que la instalación queda asegurada por la certificación ISO-9000.

3º Gestión Medioambiental: Este apartado tiene el objetivo de reducir al mínimo los posibles impactos que esta instalación y su funcionamiento puedan generar en el medioambiente.

4º Seguridad Laboral: Con el fin de asegurar el cumplimiento de las medidas de seguridad requeridas por parte de la explotación y el montaje de los diferentes equipos de la instalación.



2. NORMATIVA APLICABLE

Las siguientes normativas serán aplicadas por el orden el que se relacionan siempre que no existas contradicciones legales:

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

2.1 Equipamiento y Montaje

El presente proyecto se ha realizado considerando la normativa anterior, pero más en concreto, las siguientes, que deberán ser cumplidas obligatoriamente:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo.
Más en concreto las siguientes instrucciones técnicas:
 - ITC-MIE-RAT-09: "PROTECCIONES".
 - ITC-MIE-RAT-12: "AISLAMIENTO".
 - ITC-MIE-RAT-13: "INSTALACION DE PUESTA A TIERRA".
 - ITC-MIE-RAT-15: "INSTALACIONES ELECTRICAS DE EXTERIOR".
- Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT). Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología. BOE 18 de septiembre de 2002, e Instrucciones Técnicas Complementarias y sus modificaciones posteriores.

- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.
- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 614/01 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 1215/97 de 18 de julio sobre Equipos de trabajo.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ley 32/2006 de 18 de octubre Reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.
- Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- R.D. 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

Cabe mencionar que, en el caso de que existiesen discrepancias entre las diferentes normas, se considerará la más restrictiva.

2.2 Obra Civil

Estructuras

- Acciones en la edificación

Documento Básico de Seguridad Estructural SE-AE “Acciones en la Edificación” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Norma de construcción sismo resistente: parte general y edificación (NCSR-02). REAL DECRETO 997/2002, de 27-Septiembre, del Ministerio de Fomento B.O.E.: 11-OCT-02.

- Acero

Documento Básico de Seguridad Estructural SE-A “Acero” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- Fábrica de ladrillo

Documento Básico de Seguridad Estructural SE-F “Fábrica” del Código Técnico de la Edificación . REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- Hormigón

Instrucción de Hormigón Estructural "EHE-08". REAL DECRETO 1247/2008 de 18 de julio, del Ministerio de Fomento B.O.E.: 22-AGO-08.

- Forjados

Actualización de las fichas de autorización de uso de sistemas de forjados RESOLUCIÓN de 30-ENE-97, del Ministerio de Fomento B.O.E.: 6-MAR-97.

Real Decreto 1247/2008 de 5 de julio, por el que se aprueba la " Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados (EFHE)".

Instalaciones

- Calefacción, Climatización y Agua caliente sanitaria

Documento Básico de Salubridad HS "Salubridad" del Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para Instalaciones Térmicas de los Edificios. Real Decreto 1027/2007.

Real Decreto 140/03 de 7 de febrero sobre Criterios Sanitarios de la Calidad del Agua de consumo humano. B.O.E.: 21 de febrero de 2003.

- Electricidad

Reglamento electrotécnico para baja tensión "REBT" e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51.

REAL DECRETO 842/2002, de 2-AGOSTO, del Ministerio de Industria y Energía B.O.E.: 18-SEPT-2002.

Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales de cables protectores de material plástico. RESOLUCIÓN de 18-ENE-88, de la Dirección General de Innovación Industrial. B.O.E.: 19-FEB-88.

- Instalaciones de Protecciones Contra Incendios

Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios. Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, del Ministerio de Industria y Energía. B.O.E.: 14 de diciembre de 1993. Corrección de errores: 7 de mayo de 1994.

Normas de Procedimiento y Desarrollo del Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios y se revisa el anexo I y los Apéndices del mismo. Orden de 16 de abril de 1998, del Ministerio de Industria y Energía. B.O.E.: 28 de abril de 1998.

Reglamento de Seguridad contra incendios en los Establecimientos Industriales. REAL DECRETO 786/2001, de 6-JUL, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, B.O.E.: 30-JUL-01, y sus correcciones posteriores.

Documento Básico SI “Seguridad en caso de Incendio” del Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Protección

- Aislamiento Acústico

Documento Básico HR “Protección frente al ruido” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 1371/2007 de 19-October, del Ministerio de la Vivienda.

- Aislamiento Térmico

Documento Básico HE “Ahorro de energía” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

- Protección Contra Incendios

Documento Básico SI “Seguridad en caso de incendio” del Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Varios

Código Técnico de la Edificación. REAL DECRETO 314/2006 de 17-Marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Normas tecnológicas de la edificación. DECRETO del ministerio de la vivienda nº 3655/72, de 23-DIC B.O.E. 15-ENE-73.

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación. R. D. 3275/1982 de 12 de noviembre y sus modificaciones posteriores, la última por O. M. de 10/03/00.

Instrucciones Técnicas Complementarias en Subestaciones. DECRETO nº 842/02 de 2-AGO en B.O.E.: 18-SEPT-02.

Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.

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

R.D. 614/01 de 8 de Junio sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

R.D. 1215/97 de 18 de Julio sobre EQUIPOS DE TRABAJO.

R.D. 486/97 de 14 de Abril sobre Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.

R.D. 487/97 de 14 de Abril sobre Manipulación manual de cargas.

R.D. 773/97 de 30 de Mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Ley 32/2006 de 18 de Octubre Reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción.

Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.

Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE) tanto en cuanto a la ejecución de los trabajos, como en lo relativo a mediciones.

Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

3. GESTIÓN DE CALIDAD

Los recursos (cualificación de las personas, equipos de inspección, medida y ensayo y homologación de equipos) y los procesos (ingeniería, construcción, calificación de proveedores, compras, transferencia de instalaciones y gestión de proyectos) se ven afectados por esta gestión.

Además, el sistema de calidad está certificado y satisface lo establecido en la normativa ISO 9000.

4. GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Las obras del proyecto son realizadas acorde al cumplimiento de la reglamentación y legislación aplicable. Los factores medioambientales que rigen la realización del proyecto se encuentran recogidos en el Anexo “Especificaciones técnicas de carácter ambiental”, presente en este documento.

5. SEGURIDAD EN EL TRABAJO

El Estudio de Seguridad y Salud correspondiente a la ejecución del proyecto se encuentra incluido en el mismo, acorde a lo establecido en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, al amparo de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

6. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

El correcto montaje, según los sistemas de gestión certificados, es garantizado mediante la verificación y validación de la instalación y equipos. Se procede de la siguiente forma:

Pruebas en Vacío

La realización de estas pruebas, acorde a las instrucciones técnicas correspondientes recogida en la normativa interna, será llevada a cabo una vez finalizados los trabajos de obra civil y montaje electromecánico.

Pruebas en Tensión

El objeto de estas pruebas será la comprobación de la adecuación al uso de la instalación según los criterios funcionales descritos en el proyecto.

Los protocolos de las pruebas a realizar, así como los criterios para su ejecución, serán redactados conforme a lo especificado en la documentación técnica aplicable.

7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

7.1 Memoria

Objeto de estudio

Este Estudio de Seguridad y Salud establece las medidas de Seguridad que deben adoptarse en los trabajos de obra civil y montaje electromecánico a realizar en la ampliación de la subestación VITORIA 220 kV. Facilitando la aplicación que la Dirección Facultativa debe realizar de tales medidas, conforme establece el R.D. 1627/97 por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad en las Obras de Construcción.

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

Este Estudio se incluye como anexo a todos los contratos firmados entre Red Eléctrica de España, S. A. (en adelante, RED ELÉCTRICA) y las empresas contratistas que intervengan en la obra.

La empresa contratista quedará obligada a elaborar un Plan de seguridad y salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen, en función de su propio sistema de ejecución de la obra, las previsiones contenidas en este Estudio.

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

7.2 Características de la obra

7.2.1 Situación y Descripción de la Obra

La subestación eléctrica de Vitoria se encuentra en la Zona Rural Este del término municipal de Vitoria-Gasteiz, capital de la provincia de Álava, en la Comunidad Autónoma del País Vasco (España).

La ubicación de la subestación queda reflejada en el documento n°2 (Planos).

Las condiciones climáticas y geotécnicas que rigen el punto donde se llevará a cabo la instalación son las siguientes:

Altura media del terreno	525 m
Tipo de Zona	B
Temperaturas extremas	+ 42°C / -18 °C
Velocidad máxima del viento	140 km/h
Contaminación ambiental	Baja
Nivel de niebla	Baja

La obra consiste, básicamente, en la instalación del STATCOM junto a su aparamenta (detallada en la memoria descriptiva) acompañada de la ampliación de la subestación para hacer posible la instalación.

Para ello, las actividades que componen la obra se presentan a continuación:

- Se construirá un edificio para alojar la aparamenta necesaria para conectar el STATCOM (por su lado de baja).
- Se modificará la red de tierras, los sistemas contra incendios, anti-intrusismo, de alumbrado y fuerza.
- Los Sistemas de Protección y de Control y Medidas sufrirán también una modificación, instalando los BR's en su respectiva caseta de relés.
- Se ampliará los servicios tanto de corriente alterna como de continua de los Servicios Auxiliares.
- Realización de las cimentaciones para el soporte de la aparamenta y del nuevo edificio.
- Montaje de los embarrados principales, secundarios y tendidos altos.
- Montaje de las estructuras metálicas que soportan el aparellaje.
- Montaje de la aparamenta.

7.2.2 Control de accesos

Debido a que la subestación se encuentra apartada de zonas urbanas o de paso, la presencia de personal ajeno a la instalación resulta poco probable. Aún teniendo esto en cuenta, la parcela consta de una valla a su alrededor por lo que este campo no requiere de ninguna actuación.

Además, el portón de acceso estará dispuesto de señales que advierten de posible riesgo.

7.2.3 Trabajos previos, interferencias y servicios afectados

No se prevén interferencias de la ampliación de la calle externa al resto del parque con los trabajos de explotación de este, excepto en el caso de la ampliación de los embarrados principales.

No existirá interferencia de los trabajos de obra civil con ningún otro (en su mayor parte), aunque su fase final si interferirá con la inicial de los trabajos de montaje.

Los elementos en tensión serán un gran condicionante de las maniobras y desplazamientos por parte de la maquinaria y el personal. Por último, la planificación acerca de como actuar en cuanto a las vías de paso autorizado se ejecutará evitando la interferencia de éstas con la instalación.

7.2.4 Unidades constructivas que componen la Obra

Movimiento de tierras

Las obras a realizar en este proyecto no requieren de movimiento de tierras.

Obra civil

La obra civil consiste en la realización del edificio que acogerá la aparamenta del STATCOM, así como el resto de las estancias.

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

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

- Cimentaciones de soporte

Las cimentaciones para el STATCOM y estructuras soportantes de la nueva apartamentación serán realizadas en dados de hormigón armado.

- Canales de cables

Diseñados con el fin de proteger los cables de control y fuerza en su recorrido desde los mandos de cada equipo a las casetas de relés y desde estas últimas hasta el edificio de control. La prefabricación de los canales de cables se realizará a base de hormigón.

Montaje de estructuras y equipo

Esta fase está constituida por la instalación de los embarrados altos y de conexión, las estructuras que soportan a los equipos y los propios equipos.

Las actividades de montaje serán planificadas de manera que no exista una interferencia entre ellas y, concretamente, se prestará especial atención a que no afecten a las de obra civil que aún persistan.

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

- Trabajos de cableado y trabajos en baja tensión

El tendido de cables de fuerza y control desde los equipos del parque a las casetas de relés se realizará manualmente siguiendo el trazado marcado por los canales.

El montaje de los equipos de control, protecciones, comunicaciones y medidas se realizará simultáneamente a los trabajos de cableado.

- Puesta en servicio

Se prevé que la puesta en servicio se realice por fases terminadas conectando eléctricamente la nueva posición a la red de transporte de electricidad.

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

7.2.5 Identificación de riesgos

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

- Las condiciones generales de trabajo, a las máquinas y equipos que se manejen, a las instalaciones próximas existentes y a los agentes físicos, químicos y biológicos que puedan existir.
- Las características de organización y control 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 especialmente sensibles a ciertos riesgos.

Por esa razón, las empresas Contratistas adjudicatarias de los trabajos deben disponer de una evaluación de riesgos genérica concerniente a sus trabajos.

Sin embargo, se prevé que los riesgos que se pueden presentar son los siguientes:

Situaciones pormenorizadas de riesgo

Caídas de personas al mismo nivel	Caída por deficiencias en el suelo, por pisar o tropezar con objetos, por existencia de vertidos o líquidos, por superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.).
--	---

Caídas de personas a distinto nivel	Caída desde escaleras portátiles, desde andamios y plataformas temporales, desniveles, huecos, zanjas, taludes, desde estructuras pórticos.
--	---

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 en mecanismos en movimiento	Atrapamientos por herramientas manuales, portátiles eléctricas. Atrapamientos por mecanismos en movimiento.
Cortes	Cortes por herramientas portátiles eléctricas o manuales y cortes por objetos superficiales o punzantes
Proyecciones	Impacto por fragmentos, partículas sólidas o líquidas.
Contactos térmicos	Contactos con fluidos o sustancias calientes / fríos. Contacto con proyecciones.
Contactos químicos	Contacto con sustancias corrosivas, irritantes/ alergizantes u otras.
Contactos eléctricos	Contactos directos, indirectos o descargas eléctricas.
Arcos eléctricos	Calor, proyecciones o radiaciones no ionizantes
Sobreesfuerzos	Esfuerzos al empujar, tirar de objetos. Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.
Explosiones	Máquinas, equipos y botellas de gases.
Incendios	Acumulación de material combustible. Almacenamiento y trasvase de productos inflamables. Focos de ignición, proyecciones de chispas o partículas calientes.
Confinamiento	Golpes, choques, cortes o atrapamientos por espacio reducido. Dificultades para rescate.
Tráfico	Choques entre vehículos o contra objetos fijos. Atropello de peatones o en situaciones de trabajo. Vuelco de vehículos por accidente de tráfico.
Agresión de animales	Picadura de insectos, ataque de perros o agresión por otros animales.
Estrés térmico	Exposición prolongada al calor o al frío. Cambios bruscos de temperatura.
Radiaciones no ionizantes	Exposición a radiación ultravioleta, infrarroja o visible.
Carga física	Movimientos repetitivos. Carga estática o postural (espacios de trabajo) o dinámica (actividad física). Condiciones climáticas exteriores.
Carga mental	Distribución de tiempos. Horario de trabajo

7.2.6 Organización de la Seguridad

Coordinador en materia de seguridad y salud

Las tareas de obra civil y montaje electromecánico si bien estarán programadas en su mayor parte en periodos distintos, pueden que en algún momento interfieran entre sí, por lo que si así fuera sobre la base del Art. 3 del R.D. 1627, RED ELÉCTRICA en su calidad de promotor procederá a nombrar coordinador en materia de seguridad.

Jefes de trabajo de las empresas contratistas

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

Vigilante de seguridad de la empresa contratista

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

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

Principios Generales aplicables durante la Ejecución de la Obra

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

- a) Garantizar que solo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada pueden acceder a las zonas de riesgo grave o específico.
- b) Dar las debidas instrucciones a los empleados.
- c) El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- d) La manipulación de los distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
- e) El mantenimiento de los medios y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra.
- f) La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de trabajo.

- g) La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- h) La adaptación, en función de la evolución de la obra, del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- i) La cooperación entre RED ELÉCTRICA y el contratista.

Formación

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

La empresa contratista garantizará que el personal de sus empresas subcontratadas será informado del contenido del Plan de seguridad.

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

Medicina preventiva

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

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

Medios de protección

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

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

7.2.7 Locales de descanso y servicios higiénicos

A tenor de lo establecido en el R.D. 486/1997 sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo y particularmente en su Anexo V, el contratista dispondrá de los locales y servicios higiénicos necesarios.

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

7.2.8 Disposiciones de emergencia

Vías de evacuación

Dadas las características de la obra, trabajos en exterior, casetas y edificios de pequeñas dimensiones no es necesario la definición de vías o salidas de emergencia para una posible evacuación.

Si en la construcción del edificio de control estima la presencia de más de 20 trabajadores, se realizará un plano con las distintas vías de evacuación que serán definidas teniendo en cuenta el número de los posibles usuarios, que deberá instalarse en un lugar visible a la entrada del edificio. Además, se instalará señalización indicando las diferentes vías de emergencia con la mayor prontitud posible.

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

Iluminación

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

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

alternativa de emergencia de suficiente intensidad (linternas o cualquier otro sistema portátil o fijo).

Instalaciones de suministro y reparto de energía

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

El suministro eléctrico se tomará de la red existente.

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

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

Ventilación

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

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

Los trabajos a realizar en este tipo de recintos deberán en todo momento tener vigilancia desde el exterior, con una comunicación continua entre los trabajadores que permanezcan en el interior y exterior del recinto confinado. Tomándose todas las debidas precauciones para que se le pueda prestar auxilio eficaz e inmediato.

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

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

Ambientes nocivos y factores atmosféricos

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

En caso de tormenta eléctrica se suspenderán los trabajos.

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

Detección y lucha contra incendios

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

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

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

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

Primeros auxilios

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

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

El contratista expondrá, para conocimiento de todos sus trabajadores, la dirección de los centros de asistencia más próximos.

7.2.9 Plan de seguridad

El Plan de Seguridad que elabore la empresa adjudicataria de los trabajos debe establecer su forma particular de ejecutarlos, debe ser un documento ajustado a las situaciones de riesgos previsible en la obra.

El Plan de Seguridad una vez aprobado debe ser el documento aplicable en obra, para lo cual debe permanecer en poder del jefe de trabajo y del coordinador de seguridad.

7.3 Pliego de Condiciones

Normativa legal de aplicación

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

- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/03 de 12 de diciembre de Reforma del Marco Normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 1627/97 de 24 de octubre sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- R.D. 171/04 de 30 enero, por el que desarrolla el Art. 24 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- R.D. 614/2001 de 8 de junio sobre Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre Manipulación manual de cargas.

- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- R.D. 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

Normativa interna de Red Eléctrica

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

- TM-001. Organización de la seguridad en los trabajos en instalaciones de AT.
- IM-002. Medidas de seguridad en instalaciones de AT. Para trabajos sin tensión.
- IM-013. Medidas de seguridad en trabajos en instalaciones de BT.
- AM-004. Aplicación de la línea de seguridad para trabajos en alturas.
- AM-005. Trabajos de manutención manual y mecánica.
- IC-003. Subcontratación por proveedores de RED ELÉCTRICA a terceros.

CAPÍTULO 2: TÉCNICAS Y PARTICULARES

ÍNDICE

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN: pág. 112
2. REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL: pág. 112
 - 2.1 Condicionados de los organismos de la Administración
 - 2.2 Áreas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible
 - 2.3 Cambios de aceites y grasas
 - 2.4 Campamento de obra
 - 2.5 Gestión de residuos
 - 2.6 Incidentes con consecuencias ambientales
3. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL: pág. 115
4. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO: pág. 115
 - 4.1 Llenado de equipos con aceite
 - 4.2 Llenado de equipos con SF₆
5. ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA: pág. 116

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

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

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

2. REQUISITOS DE CARÁCTER GENERAL

Se contemplará un estricto cumplimiento de los requisitos medioambientales legales que en cada momento establecidos en los distintos ámbitos: europeo, estatal, autonómico y municipal.

Las Especificaciones Ambientales de Construcción de Subestaciones que regirán la ejecución de la obra indicarán todos los requisitos a cumplir en relación a los trabajos.

2.1 Condicionados de los organismos de la Administración

Durante el procedimiento de Autorización Administrativa los organismos públicos y entidades que puedan ser afectadas por el desarrollo del proyecto emitirán los condicionados correspondientes que serán tenidos en cuenta y aplicados cuando procedan, durante la fase de ejecución de la obra.

2.2 Áreas de almacenamiento temporal o de trasiego de combustible

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

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

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

2.3 Cambios de aceites y grasas

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

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

2.4 Campamento de obra

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

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

2.5 Gestión de residuos

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

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

2.6 Incidentes con consecuencias ambientales

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

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

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

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

3. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA LA OBRA CIVIL

Limpieza de cubas de hormigonado

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

4. REQUISITOS ESPECÍFICOS PARA EL MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

4.6 Llenado de equipos con aceite

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

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

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

4.7 Llenado de equipos con SF₆

El llenado de equipos con SF₆ se llevará a cabo por personal especializado, evitándose así fugas de gas a la atmósfera. Las botellas de SF₆ (vacías y con SF₆ que no se ha utilizado en el llenado) serán retiradas por el proveedor para garantizar la adecuada gestión de las mismas.

5. ACONDICIONAMIENTO FINAL DE LA OBRA

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

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

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

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

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

DOCUMENTO N^o4: PRESUPUESTOS

CAPÍTULO 1: MEDICIONES

Aparamenta de la instalación	Medición	Unidad
Módulo de semiconductores IGBTs StakPak de ABB	20 (60)	Uds/fase (Uds)
Interruptor LTB D1 de ABB	2	Uds
Reactores de línea RL-150003 de MTE	3	Uds
Condensador de continua	60	Uds
Transformador de conexión a red SFZ11 de Daelim	1	Uds
Seccionador de barras DI de Electrotaz	4	Uds
Seccionador de línea con cuchilla de puesta a tierra EJ de Electrotaz	1	Uds
Transformador de intensidad CXG-72 de Artech	1	Uds

Red de tierras	Medición	Unidad
Conductor de cobre de diámetro 120 mm ²	100	m

Obra civil	Medición	Unidad
Terreno	1713	m ²
Accesos	45	m ²
Movimiento de tierras	2000	m ²
Drenajes y saneamientos	1	Uds
Cimentaciones	2000	m ²
Edificio	1500	m ²
Vallado del edificio	168	m

Sistemas Auxiliares y de Control	Medición	Unidad
Transformador de servicios auxiliares	1	Uds
Grupo electrógeno diesel GEN5,5K de GENESAL ENERGY	1	Uds
Batería Ni-Cd modelo SBM de SAFT INDUSTRIAL BATTERY GROUP	2	Uds
Sistema rectificador ZGR TPS 120 de ZIGOR	2	Uds
Sistema de control MACH de HITACHI + cuadro de control	1	Uds

Sistemas de Alumbrado y anti-intrusismo	Medición	Unidad
Alumbrados exterior e interior	1	Uds
Alumbrado de emergencia	1	Uds
Sistema Anti-intrusismo	1	Uds

Pruebas para comprobar el funcionamiento de la instalación	Medición	Unidad
Medida de las tensiones de paso y contacto	1	Uds
Pruebas de comprobación del funcionamiento del aparellaje	1	Uds
Pruebas de vacío	1	Uds

Otros	Medición	Unidad
Licencias	1	Uds
Tasas locales	1	Uds
Seguridad y salud	1	Uds
Adecuación medioambiental	1	Uds

CAPÍTULO 2: PRECIOS UNITARIOS

Aparamenta de la instalación		Precios unitarios	Unidad
Módulo de semiconductores IGBTs StakPak de ABB	Fabricación y transporte	85.000	€/Ud
	Instalación	30.000	€/Ud
Interruptor LTB E1 de ABB	Fabricación y transporte	45.000	€/Ud
	Instalación	6.500	€/Ud
Reactores de línea RL-150003 de MTE	Fabricación y transporte	40.000	€/Ud
	Instalación	9.500	€/Ud
Condensador de continua DryDCap de ABB	Fabricación y transporte	9.500	€/Ud
	Instalación	7.500	€/Ud
Transformador de conexión a red SFZ11 de Daelim	Fabricación y transporte	950.000	€/Ud
	Instalación	58.000	€/Ud
Seccionador de barras DI de Electrotaz	Fabricación y transporte	25.000	€/Ud
	Instalación	5.000	€/Ud
Seccionador de línea con cuchilla de puesta a tierra EJ de Electrotaz	Fabricación y transporte	31.000	€/Ud
	Instalación	5.000	€/Ud
Transformador de intensidad CXG-72 de Artech	Fabricación y transporte	23.000	€/Ud
	Instalación	4.800	€/Ud

Red de tierras		Precios unitarios	Unidad
Conductor de cobre de diámetro 120 mm ²	Fabricación y transporte	30	€/m
	Instalación	3,5	€/m

Obra civil		Precios unitarios	Unidad
Terreno		40	€/m ²
Accesos		25	€/m ²
Movimiento de tierra		40	€/m ²
Drenajes y saneamientos		110.000	€/Ud
Cimentaciones		38	€/m ²
Edificio	Estructura	150	€/m ²
	Albañilería	120	€/m ²
Vallado del edificio		52	€/m

Sistemas Auxiliares y de Control		Precios unitarios	Unidad
Transformador de servicios auxiliares	Fabricación y transporte	250.000	€/Ud
	Instalación	8.500	€/Ud
Grupo electrógeno diésel GEN5,5K de GENESAL ENERGY	Fabricación y transporte	40.000	€/Ud
	Instalación	2.000	€/Ud
Batería Ni-Cd modelo SBM de SAFT INDUSTRIAL BATTERY GROUP	Fabricación y transporte	10.500	€/Ud
	Instalación	3.000	€/Ud
Sistema rectificador ZGR TPS 120 de ZIGOR	Fabricación y transporte	9.200	€/Ud
	Instalación	4.500	€/Ud
Sistema de control MACH de HITACHI + cuadros de control	Fabricación y transporte	780.000	€/Ud
	Instalación	15.000	€/Ud

Sistemas de Alumbrado y anti-intrusismo		Precios unitarios	Unidad
Alumbrados exterior e interior	Fabricación y transporte	8.500	€/Ud
	Instalación	2.000	€/Ud
Alumbrado de emergencia	Fabricación y transporte	5.000	€/Ud
	Instalación	1.200	€/Ud
Sistema Anti-intrusismo (AVIOTEC)	Fabricación y transporte	200.000	€/Ud
	Instalación	23.000	€/Ud

Pruebas para comprobar el funcionamiento de la instalación	Precios unitarios	Unidad
Medida de las tensiones de paso y contacto	50.000	€/Ud
Pruebas de comprobación del funcionamiento del aparellaje	80.000	€/Ud
Pruebas de vacío	55.000	€/Ud

Otros	Precios unitarios	Unidad
Licencias	520.000	€/Ud
Tasas locales y municipales	985.000	€/Ud
Seguridad y salud	100.000	€/Ud

Adecuación medioambiental	200.000	€/Ud
---------------------------	---------	------

CAPÍTULO 3: SUMAS PARCIALES

Aparamenta de la instalación		Sumas parciales	Unidad
Módulo de semiconductores IGBTs StakPak de ABB	Fabricación y transporte	5.100.000	€
	Instalación	1.800.000	€
Interruptor LTB E1 de ABB	Fabricación y transporte	90.000	€
	Instalación	13.000	€
Reactores de línea RL-150003 de MTE	Fabricación y transporte	120.000	€
	Instalación	28.500	€
Condensador de continua	Fabricación y transporte	570.000	€
	Instalación	450.000	€
Transformador de conexión a red SFZ11 de Daelim	Fabricación y transporte	950.000	€
	Instalación	58.000	€
Seccionador de barras DI de Electrotaz	Fabricación y transporte	100.000	€
	Instalación	20.000	€
Seccionador de línea con cuchilla de puesta a tierra EJ de Electrotaz	Fabricación y transporte	31.000	€
	Instalación	5.000	€
Transformador de intensidad CXG-72 de Artech	Fabricación y transporte	23.000	€
	Instalación	4.800	€

Red de tierras		Sumas parciales	Unidad
Conductor de cobre de diámetro 120 mm ²	Fabricación y transporte	3.000	€
	Instalación	350	€

Obra civil		Sumas parciales	Unidad
Terreno		68.520	€
Accesos		1.125	€
Movimiento de tierras		80.000	€
Drenajes y saneamientos		110.000	€
Cimentaciones		76.000	€
Edificio	Estructura	225.000	€
	Albañilería	180.000	€
Vallado del edificio		8.736	€

Sistemas Auxiliares y de Control		Sumas parciales	Unidad
Transformador de servicios auxiliares UTY-72 de ARTECHE	Fabricación y transporte	250.000	€
	Instalación	8.500	€
Grupo electrógeno diesel GEN5,5K de GENESAL ENERGY	Fabricación y transporte	40.000	€
	Instalación	2.000	€
Batería Ni-Cd modelo SBM de SAFT INDUSTRIAL BATTERY GROUP	Fabricación y transporte	21.000	€
	Instalación	6.000	€
Sistema rectificador ZGR TPS 120 de ZIGOR	Fabricación y transporte	18.400	€
	Instalación	9.000	€
Sistema de control MACH de HITACHI + cuadros de control	Fabricación y transporte	780.000	€
	Instalación	15.000	€

Sistemas de Alumbrado y anti-intrusismo		Precios unitarios	Unidad
Alumbrados exterior e interior	Fabricación y transporte	8.500	€
	Instalación	2.000	€
Alumbrado de emergencia	Fabricación y transporte	5.000	€
	Instalación	1.200	€
Sistema Anti-intrusismo (AVIOTEC)	Fabricación y transporte	200.000	€
	Instalación	23.000	€

Pruebas para comprobar el funcionamiento de la instalación	Sumas parciales	Unidad
Medida de las tensiones de paso y contacto	50.000	€
Pruebas de comprobación del funcionamiento del aparellaje	80.000	€
Pruebas de vacío	55.000	€

Otros	Sumas parciales	Unidad
Licencias	520.000	€
Tasas locales	985.000	€
Seguridad y salud	100.000	€

Adecuación medioambiental	200.000	€
---------------------------	---------	---

CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO GENERAL

Concepto	Sumas parciales	Unidad
Aparamenta	9.363.300	€
Red de tierras	3.350	€
Obra civil	749.381	€
Sistemas auxiliares y de control	1.149.900	€
Sistemas de alumbrado y anti-intrusismo	239.700	€
Pruebas	185.000	€
Otros	1.805.000	€
PRESUPUESTO TOTAL (sin IVA)	13.495.631	€
IVA (21%)	2.834.082,51	€
PREPUESTO TOTAL (IVA incluido)	16.329.713,51	€

El presupuesto total para la instalación del STATCOM en la subestación eléctrica de VITORIA, con el IVA incluido, asciende a la cifra de **DIECISÉIS MILLONES TRESCIENTOS VEINTINUEVE MIL SETECIENTOS TRECE EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS.**