

Documento 1

Memoria descriptiva

Índice general

1. Antecedentes	5
2. Objeto y alcance	7
3. Normativa aplicable.....	8
4. Valoración de trámite ambiental	13
5. Disposición general y descripción de las instalaciones	14
5.1 Emplazamiento	14
5.1.1 Coordinadas.....	14
5.1.2 Relación de bienes y derechos afectados	14
5.2 Descripción de la instalación	14
5.2.1 Zona de Media Tensión 30 kV.....	14
5.2.2 Parque Intemperie de Alta Tensión 220 kV	17
5.2.3 Sala de control y Baja Tensión	18
6. Parámetros básicos de diseño	20
7. Niveles de aislamiento y distancias de seguridad.....	21
7.1 Niveles de aislamiento nominales	21
7.2 Distancias horizontales	21
7.3 Distancias verticales.....	22
8. Descripción de las instalaciones y equipos.....	23
8.1 Sistema de 30 kV	23
8.1.1 Características eléctricas.....	23
8.1.2 Aparamenta de 30 kV.....	23
8.1.3 Celdas de Media Tensión de 30 kV.....	24
8.1.4 Transformadores de Tensión Inductivos 30 kV	29
8.1.5 Transformadores de intensidad de 30 kV.....	30
8.1.6 Conductores aislados MT 30 kV	32
8.1.7 Aisladores de apoyo de 30 kV	34
8.2 Sistema 220 kV	34
8.2.1 Características eléctricas.....	34
8.2.2 Aparamenta de 220 kV.....	35
8.2.3 Transformador de Potencia	36
8.2.4 Interruptores 220 kV.....	50
8.2.5 Seccionadores de 220 kV	51
8.2.6 Transformadores de Tensión inductivos 220 kV	52

8.2.7	Transformadores de Intensidad 220 kV.....	54
8.2.8	Pararrayos autovalvulares 220 kV	56
8.2.9	Conductores 220 kV.....	57
8.2.10	Aisladores de apoyo 220 kV.....	58
8.3	Conexión entre subestaciones	59
8.4	Servicios auxiliares.....	60
8.4.1	Transformador de servicios auxiliares.....	61
8.4.2	Grupo Electrónico	62
8.4.3	Armario general de corriente alterna.....	65
8.4.4	Cuadros de distribución	65
8.4.5	Instalación de alumbrado.....	65
8.4.6	Sistema de 125 Vcc y armario de baterías.....	66
8.4.7	Sistema de 48 Vcc	69
8.5	Sistema de Puesta a Tierra	69
8.5.1	Puesta a tierra inferior.....	70
8.5.2	Puesta a tierra superior	71
8.6	Sistema de protecciones	71
8.6.1	Protecciones en 220 kV	76
8.6.2	Protecciones de 30 kV	84
8.7	Equipos de Medida Fiscal.....	85
8.8	Sistema de Control.....	85
8.9	Sistema de Comunicaciones	87
8.10	Sistema de Seguridad.....	88
8.11	Protección contra incendios	89
8.11.1	Detección de incendios	89
8.11.2	Extinción de incendios	89
8.12	Obra Civil	90
8.13	Movimiento de tierras.....	91
8.13.1	Protección de la plataforma frente a escorrentías.....	92
8.13.2	Muros de escollera u hormigón armado	92
8.13.3	Cierre perimetral de la subestación.....	93
8.13.4	Cimentaciones.....	94
8.13.5	Cimentación para transformador y sistema de recuperación y recogida de aceite	94
8.13.6	Abastecimiento de agua y evacuación de aguas residuales	94
8.13.7	Edificio	95
9.	Plazo de ejecución de las obras.....	97

ABENGOA Transmisión e Infraestructuras	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 4 de 98	

10. Resumen del presupuesto 98

1. Antecedentes

De acuerdo a lo dispuesto en el R.D. 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, se solicitó el punto de acceso a REE en el nudo Gabias para 2 (dos) plantas fotovoltaicas, debido al volumen de generación conectada e informada en el nudo de afección.

Un sistema fotovoltaico de conexión a red es aquel que aprovecha la energía del sol para transformarla en energía eléctrica que cede a la red de distribución o de transporte para ser consumida por cualquier usuario conectado a ella. Como consecuencia del desarrollo y expansión que han experimentado este tipo de instalaciones, surge la necesidad de construir una Subestación Eléctrica de evacuación y de desarrollar una ingeniería específica para llevar a cabo la evacuación de la energía de las instalaciones de generación sitas en la zona contemplada en el presente proyecto.

El presente Proyecto de Subestación Eléctrica forma parte de un proyecto global de evacuación hacia la red de transporte de la energía producida por un conjunto de instalaciones fotovoltaicas detalladas a continuación:

IGREs	P. Inst. / P. Nom. (MW)	Municipio	Provincia	Productor
FV Crisadar Gabias	49,99 / 48,5	Las Gabias	Granada	Crisadar Energía, S.L.
FV Solar Gabias 1	50 / 47,5	Las Gabias	Granada	ABY Infraestructuras, S.L.
Total	99,99 / 96			

Tabla 1. Plantas Fotovoltaicas con Evacuación en Subestación 220/30 kV San Saturnino.

El 30 de Octubre de 2019 se recibió por parte de REE documento IVA con código de proceso "RCR_1423_19", en el cual se daba conformidad y viabilidad a la conexión de las infraestructuras de generación fotovoltaicos a la SE de REE Gabias.

Para dar respuesta a dicha carta de punto de conexión, así como para la obtención de las preceptivas autorizaciones, en particular, la Autorización Administrativa Previa y la Autorización Administrativa de Construcción, se redacta el presente proyecto técnico administrativo de la Subestación 220/30 kV San Saturnino.

La empresa Crisadar Energía S.L., actúa como Interlocutor Único del Nudo (IUN).

 Transmisión e Infraestructuras	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 6 de 98	

El titular de la instalación es:

- Nombre del titular: ABY Infraestructuras, S.L.
- NIF/CIF: B-90248832.
- Dirección del titular: Edificio Insur Cartuja, C/ Albert Einstein, s/n. 41092 Sevilla.
- Persona de contacto: Antonio Esteban Garmendia.
- Teléfono de contacto: +34954937111.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 7 de 98	

2. Objeto y alcance

El objeto del presente documento es presentar el Proyecto Solar denominado “Proyecto Técnico Administrativo Subestación 220/30 kV San Saturnino”, situada en el término municipal de Las Gabias, en la provincia de Granada.

El presente documento servirá de base para solicitar, de parte de la Consejería de Innovación Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía, la Autorización Administrativa, según marca en su apartado 2.3 la Instrucción de 21 de enero de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre el procedimiento de puesta en servicio de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.

En este proyecto técnico administrativo se especifican las condiciones técnicas de ejecución de la Subestación 220/30 kV San Saturnino, donde evacuarán las instalaciones fotovoltaicas de dos plantas fotovoltaicas que se desarrollarán en las inmediaciones para poder realizar la evacuación de energía a la red generada en dichas plantas.

Dicha subestación transformará la energía procedente de las dos plantas fotovoltaicas en 30 kV desde los centros de seccionamiento de los correspondientes dos Parques Solares descritos anteriormente mediante sendas Líneas Aéreas de Media Tensión (30 kV). Estas líneas tendrán capacidad para evacuar una potencia de 48,5 MWn y 47,5 MWn respectivamente.

Por encontrarse la nueva Subestación Colectora en parcela adyacente a la SE de REE, se propone la conexión a la Red de Transporte mediante un único vano entre los pórticos de amarre de salida 220 kV de la “Subestación 220/30 kV San Saturnino” y la “Subestación Las Gabias 220 kV” de REE.

3. Normativa aplicable

Para la elaboración del presente proyecto se ha tenido en cuenta toda la normativa y reglamentación aplicable a este tipo de sistemas de aprovechamiento de fuentes de energía de origen renovable, así como la normativa general de aplicación en este tipo de proyectos y todas las actualizaciones que les afecten:

- Real Decreto 413/2014 de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades del transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de energía eléctrica en régimen especial.
- Resolución de 23 de febrero de 2005, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se establecen normas complementarias para la conexión de determinadas instalaciones generadoras de energía eléctrica en régimen especial y agrupaciones de las mismas a las redes de distribución en baja tensión.
- Instrucción de 21 de enero de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre el procedimiento de puesta en servicio de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Orden ITC/688/2011, de 30 de marzo, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de abril de 2011 y determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- Orden ITC/2585/2011, de 29 de septiembre, por la que se revisan los peajes de acceso, se establecen los precios de los peajes de acceso súper valle y se actualizan determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial, a partir de 1 de octubre de 2011.

- Real Decreto 198/2010, de 26 de febrero, por el que se adaptan determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico a lo dispuesto en la Ley 25/2009, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto-Ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- Real Decreto 485/2009, de 3 de abril, por el que se regula la puesta en marcha del suministro de último recurso en el sector de la energía eléctrica.
- Real Decreto-Ley 6/2009, de 30 de abril, donde se establece un registro de pre-asignación de retribución para las instalaciones del régimen especial, dependiente del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. La inscripción en el Registro de pre-asignación de retribución será condición necesaria para el otorgamiento del derecho al régimen económico establecido en el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.
- Real Decreto 1011/2009, de 19 de junio, por el que se regula la Oficina de Cambios de Suministrador. En la citada norma se ha producido una modificación del Real Decreto 1578/2008 que regula la producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica. Según esta modificación, el límite que existía para inscribir proyectos o instalaciones de tipo I (instalaciones sobre tejado), se amplía de los 2 MW fijados hasta 10 MW. Por otra parte, en el citado Real Decreto, se fija como nueva fecha de comienzo de las liquidaciones de prima equivalente de régimen especial por parte de la CNE el día 1 de noviembre de 2009.
- Circular 4/2009, de 9 de julio, de la Comisión Nacional de Energía, que regula la solicitud de información y los procedimientos para implantar el sistema de liquidación de las primas equivalentes, las primas, los incentivos y los complementos a las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto-Ley 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 á BT 51.
- Normas particulares y de normalización de la Cía. Suministradora de Energía Eléctrica.
- ENDESA Norma NGD00200.DOC: Guía Técnica de Condiciones para conexión a Red de Distribución de Media Tensión de Endesa para productores en Régimen Especial
- Decreto 309/1996, de 1 de septiembre, por el cual se establece el procedimiento administrativo para la autorización de instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial en Catalunya DOGC núm. 2257 de 18/09/1996.
- Decreto 352/2001, de 18 de septiembre, sobre procedimiento administrativo aplicable a las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a la red eléctrica.
- Real Decreto 7/198, relativo a las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Modificado por Real Decreto 154/1955, de 3 de febrero, por el cual se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas, de 31 de mayo de 2001, por la que se determina el modelo de contrato tipo y el modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión. BOE núm. 148 de 21/06/01 Anexos: Esquema unifilar, factura modalidad precio fijo, factura modalidad precio valle y punta.
- Real Decreto 1580/2006, de 22 de diciembre, por el cual se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- Resolución de 27 de septiembre de 2007, de la Secretaría General de Energía, por la cual se establece el término de mantenimiento de la tarifa regulada para la tecnología fotovoltaica, de acuerdo con lo que se establece en el artículo 22 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.
- Ley 2/2007, de 27 de marzo, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía.
- Orden de 26 de marzo de 2007, por la que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas [Reglamento de Instalaciones FV].
- Corrección de errores de la Orden de 26 de marzo de 2007, por la que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas (BOJA núm. 80, de 24.11.2007).

- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (BOE 6 de noviembre de 1999).
- Código Técnico de Edificación y Documentos Básicos para su cumplimiento
- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.
- Recomendaciones UNESA y Normalización Nacional. Normas UNE.
- Normas Tecnológicas de la Edificación NTE IER – Red Exterior (B.O.E. 19.6.84). - Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.
- Guía de aplicación de pararrayos Autoválvulas UNESA.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- 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.
- Normas UNE / IEC.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados.
- Ordenanzas municipales del ayuntamiento donde se ejecute la obra.
- Condicionados que puedan ser emitidos por organismos afectados por las instalaciones.
- Normas particulares de la compañía suministradora.
- Cualquier otra normativa y reglamentación de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones.
- Normas y recomendaciones de diseño del edificio
- UNE-EN 62271-202, Centros de Transformación prefabricados.
- NBE-X. Normas básicas de la edificación.

- Normas y recomendaciones de diseño de aparataje eléctrica:
- CEI 62271-1 y UNE-EN 62271-1. Estipulaciones comunes para las normas de aparataje de Alta Tensión.
- CEI 61000-4-X y UNE-EN 61000-4-X. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida.
- CEI 62271-200 y UNE-EN 62271-200. Aparataje bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- CEI 62271-102 y UNE-EN 62271-102. Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.
- CEI 62271-103 y UNE-EN 62271-103. Interruptores de Alta Tensión. Interruptores de Alta Tensión para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores a 52 kV.
- CEI 62271-100 y UNE-EN 62271-100. Interruptores automáticos de corriente alterna para tensiones superiores a 1 kV.
- CEI 60255-X-X y UNE-EN 60255-X-X. Relés eléctricos.
- UNE-EN 60801-2. Compatibilidad electromagnética para los equipos de medida y de control de los procesos industriales. Parte 2: Requisitos relativos a las descargas electrostáticas.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 13 de 98	

4. Valoración de trámite ambiental

La ley 7/2007 de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, tiene como objeto el establecer un marco normativo adecuado para el desarrollo de la política ambiental de la Comunidad Autónoma de Andalucía, a través de instrumentos que garanticen la incorporación de criterios de sostenibilidad en la toma de decisiones sobre planes, programas y proyectos, la prevención de los impactos ambientales concretos que puedan generar y el establecimiento de mecanismos eficaces de corrección o compensación de sus efectos adversos, para alcanzar un elevado nivel de protección del medio ambiente.

En su Anexo I se incluye el listado de las categorías de actuaciones sometidas a los instrumentos de prevención y control ambiental que se desarrollan en la Ley: Autorización Ambiental Integrada (AAI), Autorización Ambiental Unificada (AAU) y Calificación Ambiental (CA).

La instalación que se define en el presente proyecto consiste en la ejecución de la Subestación 220/30 kV San Saturnino. Este tipo de instalaciones se encuentran incluidas en el mencionado Anexo I de la Ley, por lo que se encuentra sometida a procedimiento ambiental.

5. Disposición general y descripción de las instalaciones

La Subestación 220/30 kV San Saturnino será la encargada de evacuar la energía producida por las dos plantas solares hacia la conexión con la RdT en la subestación existente de REE Las Gabias 220 kV. En ella, se realizará la transformación de la tensión de 30 a 220 kV de las dos plantas fotovoltaicas que se relacionan en este proyecto.

5.1 Emplazamiento

5.1.1 Coordenadas

La Subestación se ubicará en el Término Municipal de Las Gabias (Granada). Las coordenadas UTM de la Subestación 220/30 kV San Saturnino, son:

- Zona: 30S
- Coordenadas UTM X: 440489,8 m E.
- Coordenadas UTM Y: 411178,5 m N.

5.1.2 Relación de bienes y derechos afectados

La subestación se ubica en las siguientes parcelas:

- Pol 12, parcela 84: 18083A012000840000KI
- Pol 12, parcela 85: 18083A012000850000KJ
- Pol 12, parcela 86: 18083A012000860000KE

5.2 Descripción de la instalación

La subestación queda dividida en las siguientes zonas:

5.2.1 Zona de Media Tensión 30 kV

Estará compuesta por una sala de celdas de MT, las cuales realizarán las funciones de acometer los conductores procedentes de las instalaciones generadores fotovoltaicas para posteriormente conectarlos al lado del primario del transformador (220/30 kV). Cada planta fotovoltaica tendrá su propia barra de 30 kV que conectará con el transformador ubicado en el parque intemperie.

En cada barra de 30 kV se tendrá al menos, una celda de línea y una celda de acometida de transformador de potencia. Podrá existir también una celda para medida equipada con trafos de tensión. Asimismo, en cada uno de los dos embarrados de 30 kV se instalará una celda de protección para un transformador de servicios auxiliares.

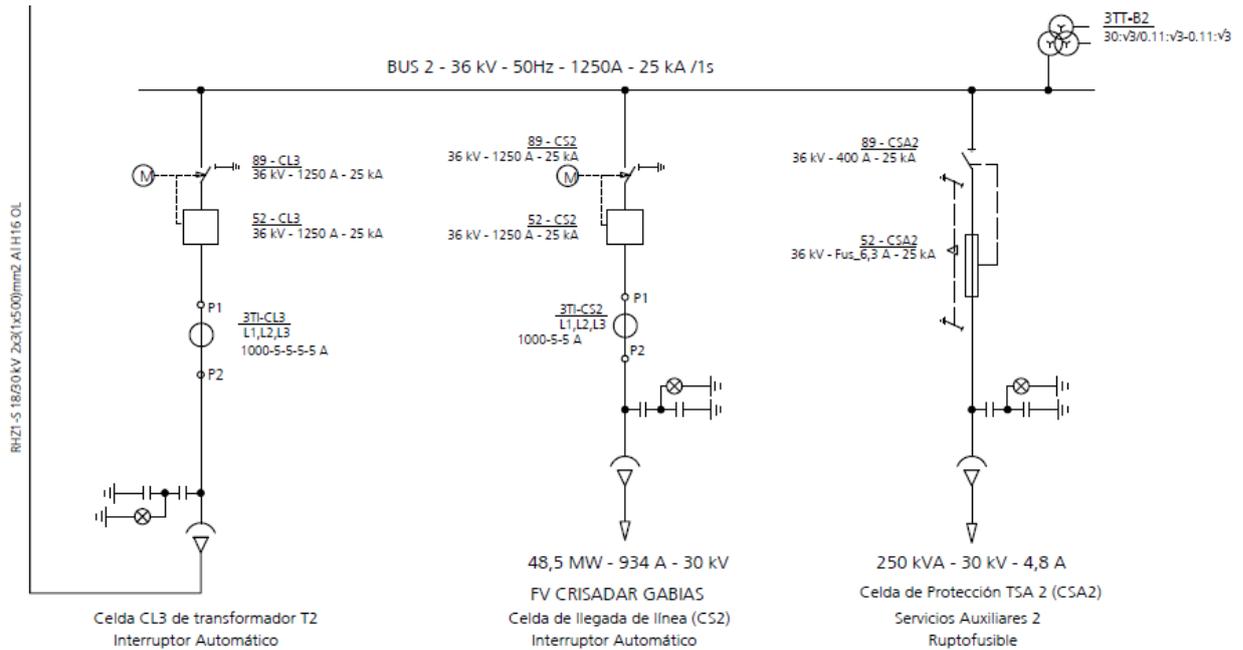


Ilustración 1. Ejemplo de Celdas de MT en el Bus FV Crisadar Gabias.

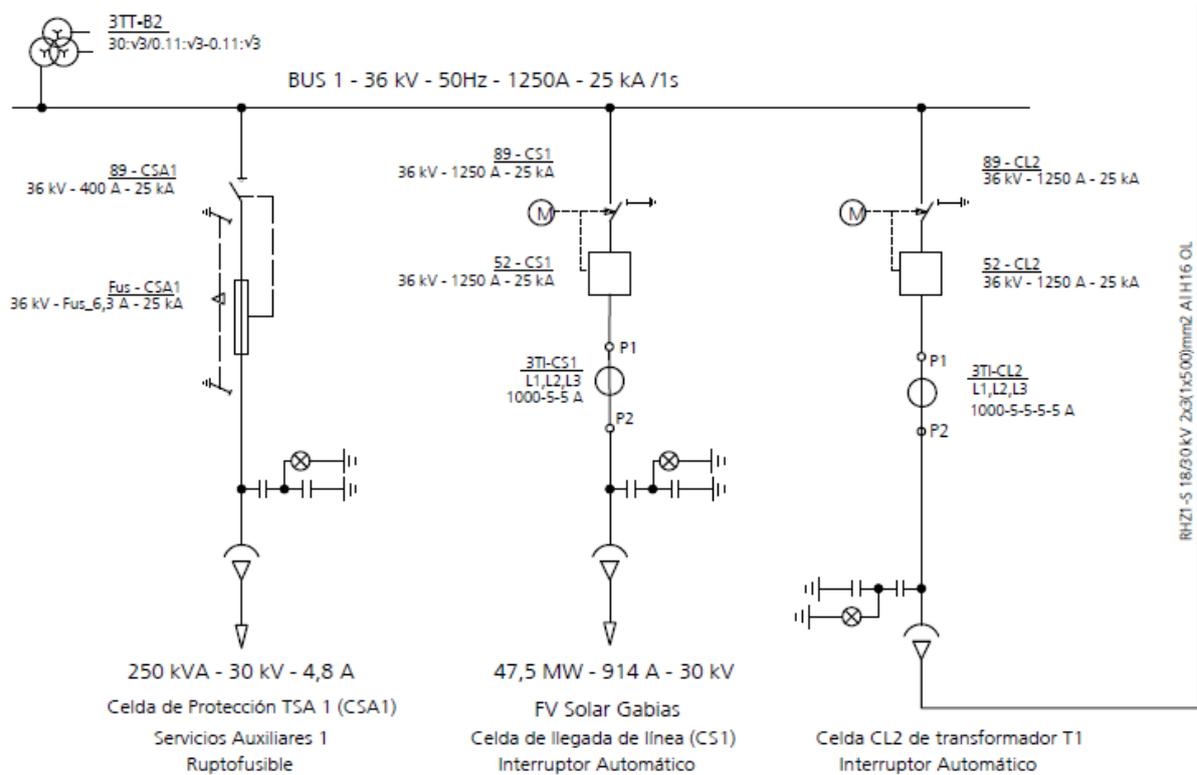


Ilustración 2. Ejemplo de Celdas de MT en el Bus FV Solar Gabias 1.

Cada celda de Media Tensión deberá estar dotada de:

- Celda de Línea:
 - Un (1) Seccionador tripolar de 3 posiciones con P.A.T.
 - Un (1) Interruptor automático de 36 kV.
 - Tres (3) Transformadores de intensidad.
- Celda de Acometida a Transformador de Potencia:
 - Un (1) Seccionador tripolar de 3 posiciones con P.A.T.
 - Un (1) Interruptor automático de 36 kV.
 - Tres (3) Transformadores de intensidad.
- Celda de Medida:
 - Tres (3) Transformadores de Tensión inductivos.

Además, como se ha comentado anteriormente, se tendrán dos celdas de alimentación a los Transformadores de SSAA, donde cada celda estará dotada de:

- Celda de Alimentación a Transformador de SSAA:
 - Un (1) interruptor seccionador con P.A.T. o ruptofusible.
 - Tres (3) fusibles de MT enclavados con el interruptor seccionador.

Estas Celdas alimentarán a dos (2) Transformadores de SSAA 30/0,4 kV – 250 kVA de tipo seco

La sala de celdas deberá de estar dotada con panoplia de maniobra y seguridad:

- Pértigas de AT (pértiga de maniobra, de salvamento, telescópica).
- Banqueta aislante de MT $V_n > 36$ kV.
- Detectores de tensión 30 kV y 220 kV.
- Guantes aislantes 30 kV Clase II.
- Juego de tierras portátiles.

5.2.2 Parque Intemperie de Alta Tensión 220 kV

El parque de 220 kV de la SE será de tipo AIS y estará formado por dos posiciones de transformador y una posición de línea:

- Una (1) posición de línea para la conexión con la Subestación Las Gabias de REE.
- Dos (2) posiciones de transformador 220/30 kV de 50 MVA.

Posiciones de Transformador de 220 kV

Hay dos posiciones en total, cada una de las cuales dispondrá de:

- Un (1) Transformador de Potencia 220 $\pm 10 \times 1,5\%$ / 30 kV, 50 MVA, YNd11, ONAN.
- Tres (3) Pararrayos Autovalvulares, 192 kV, 10 kA, dotados de contador de descarga.
- Tres (3) Transformadores de Intensidad 245 kV.
- Un (1) Interruptor Automático tripolar 245 kV, 3.150/4.000 A.
- Un (1) Seccionador tripolar 245 kV, 1.600/2.000 A de conexión a barras.

Posición de Salida de Línea 220 kV

La posición de salida de línea de evacuación hacia la Subestación Las Gabias 220 kV de REE dispondrá de:

- Tres (3) Transformadores de Intensidad 245 kV.
- Un (1) Interruptor Automático tripolar 245 kV, 3.150A.
- Un (1) Seccionador tripolar 245 kV, 2.000 A dotado de puesta a tierra.
- Un (1) Seccionador tripolar 245 kV, 2.000 A.
- Tres (3) Transformadores de Tensión Inductivos 245 kV.
- Tres (3) Pararrayos Autovalvulares, 192 kV, 10 kA, dotados de contador de descarga.

A su vez, y para el sistema de protecciones de las posiciones de transformador, así como para los equipos de tarificación, se instalarán en las barras de 220 kV tres (3) transformadores de tensión inductivos 245 kV.

5.2.3 Sala de control y Baja Tensión

Se ubicará en una sala aparte a la de MT, contigua a esta, los siguientes armarios:

- Armarios de Protecciones UCP
 - 1 posiciones de línea
 - 2 posiciones de transformador
- Armario de servicios auxiliares (SSAA).
- Armarios de medida, uno por cada planta conectada a la subestación y otro para la posición de línea, con 2 contadores en cada uno de ellos: principal y redundante.
- Armarios de rectificadores de CC 125 Vcc. Se instalarán dos armarios en paralelo.
- Convertidor 48 Vcc para comunicaciones. Se proyectan 2 unidades.
- Armario con UCS y SCADA SET.
- Armario de alumbrado.

Las futuras obras e instalaciones contemplarán:

- Obra Civil:
 - Movimientos de tierra.
 - Urbanización.
 - Cierre perimetral.
 - Accesos y caminos interiores.
 - Canalizaciones para cables.
 - Fundaciones.

- Ingeniería Electromecánica:
 - Estructuras de Pórtico de línea.
 - Estructura de Equipos Principales.
- Ingeniería Eléctrica:
 - Conductores principales de 220kV.
 - Distancias Eléctricas.
 - Red de puesta a tierra principal.
 - Red de tierra aérea.
- Servicios Auxiliares necesarios:
 - Niveles de tensión.
 - Equipos Principales.
- Edificios Civiles y Salas Eléctricas.
- Ingeniería de Control.
- Ingeniería de Protección:
 - Identificación.
 - Medición.
- Ingeniería de Comunicaciones y SCADA.

6. Parámetros básicos de diseño

La instalación proyectada se ubicará en el término municipal de Las Gabias (Granada), a una altura de 700 m.s.n.m. Las características ambientales del emplazamiento serán:

- Temperaturas extremas +45/-20°C
- Contaminación ambiental Baja
- Nivel de niebla Medio

Atendiendo a las características ambientales del emplazamiento se realizará la instalación con tecnología convencional con aislamiento al aire (AIS). Además, teniendo en cuenta el nivel de tensión de la instalación objeto del presente proyecto (220 kV), se considera del Grupo B, según 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, aprobado por Real Decreto 337/2014. De este modo, los niveles de aislamiento a soportar por la aparatación son los siguientes como mínimo:

Nivel de Tensión del parque	220 kV	30 kV
Tensión nominal	220 kV _{ef}	30 kV _{ef}
Tensión más elevada para el material	245 kV _{ef}	36 kV _{ef}
Frecuencia nominal	50 Hz	50 Hz
Tensión soportada a frecuencia industrial	460 kV _{ef}	70 kV _{ef}
Tensión soportada bajo impulso tipo rayo	1.050 kV _{cr}	170kV _{cr}
Conexión del neutro	Rígido a tierra	Neutro artificial a través de reactancia
Intensidad nominal de la aparatación	2.000 A	1.250 A
Intensidad nominal posición de línea	251 A	N.A.
Intensidad nominal posición de transformador	125 A 126 A	934 A 915 A
Intensidad de corta duración	40 kA	25 kA
Duración del defecto trifásico	1 s	1 s

Tabla 2. Parámetros básicos de diseño.

7. Niveles de aislamiento y distancias de seguridad

7.1 Niveles de aislamiento nominales

Como se indica anteriormente, la subestación se considera perteneciente al Grupo B, definido en la ITC-RAT 12 para instalaciones con tensión más elevada del material mayor de 36 kV y menor o igual a 245 kV. Las distancias mínimas de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases se establece, para una tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo de 1.050 kV, en 210 cm.

Distancias mínimas según el RAT	220 kV	30 kV
Distancia fase-tierra y fase-fase	210 cm	32 cm
Altura mínima sobre los pasillos de elementos en tensión no protegidos	460 cm	282 cm
Distancia en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación	360 cm	182 cm
Distancia en pasillos de servicios y zona de protección		
Anchura de los pasillos de maniobra con elementos en tensión a un solo lado	100 cm	100 cm
Anchura de los pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados	120 cm	120 cm
Anchura de los pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado	80 cm	80 cm
Anchura de los pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados	100 cm	100 cm

Tabla 3. Distancias mínimas.

7.2 Distancias horizontales

Las anchuras mínimas de los pasillos de maniobra con elementos de alta tensión a un único lado tendrán una dimensión mínima de 100 cm, incrementándose a un mínimo de 120 cm en el caso de elementos de alta tensión a ambos lados.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 22 de 98	

La anchura mínima de los pasillos de inspección con elementos de alta tensión a un único lado tendrá una dimensión mínima de 80 cm, incrementándose a un mínimo de 100 cm en caso de elementos en alta tensión en ambos lados.

Se establecen las siguientes distancias entre ejes de aparellaje y anchura de calle.

- Distancia entre ejes de aparellaje 4.000 mm
- Anchura de calle 13.500 mm

7.3 Distancias verticales

Los elementos en tensión no protegidos que se encuentren sobre los pasillos se ubicarán a una altura mínima respecto al suelo de 460 cm.

Se asegurará, que en los pasos de conductores desnudos o cualquier otro elemento no protegido sobre los viales de la subestación, se mantendrá una distancia mínima de 210 cm entre el elemento en tensión y el punto más alto del aparato o maquinaria que haga uso del vial. Este cumplimiento se asegurará colocando una señalización de gálibo en el acceso a vehículos al parque de intemperie.

En las zonas accesibles del parque de intemperie, la parte más baja de cualquier elemento aislante, por ejemplo, el borde superior de la base metálica de los aisladores, estará situado a una altura mínima sobre el suelo de 230 cm.

La altura de embarrados de interconexión se establece en 900 cm.

Todas las distancias anteriores son superiores a las exigidas por la normativa de referencia (ITC-RAT 15).

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 23 de 98	

8. Descripción de las instalaciones y equipos

8.1 Sistema de 30 kV

8.1.1 Características eléctricas

El sistema de 30 kV, desde el punto de vista eléctrico, posee las siguientes magnitudes fundamentales:

- Tensión nominal: 30 kV eficaces.
- Frecuencia nominal: 50 Hz.
- Régimen de neutro: neutro artificial a través de reactancia.
- Distancia mínima de fuga: 31 mm/kV
- Intensidad nominal barras: 1250 A
- Intensidad máxima de defecto trifásico: 25 kA.
- Duración del defecto trifásico: 1 s.
- Tensión de servicios auxiliares CA: 400/230 V.
- Tensión de servicios auxiliares CC: 125 V.
- Tensión de servicios auxiliares de comunicaciones: 48 V

En base a los anteriores datos y al objeto de conseguir un alto grado de fiabilidad y garantías de servicios en la instalación, el nivel de aislamiento para esta instalación será, de acuerdo con CEI79, UNE 21.062.80 y Real Decreto 337/2014, al menos el siguiente:

- Tensión nominal más elevada para el material (U_m): 36 kV eficaces.
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo: 170 kV Cr.

Para referir a tierra el sistema de 30 kV y dotar a las protecciones de una misma referencia de tensión para detectar faltas a tierra y disponer de un neutro a tierra artificial, se instalarán por cada transformador de potencia una reactancia trifásica de 300A/10".

8.1.2 Aparamenta de 30 kV

El sistema de 30 kV está compuesto por las celdas de Media Tensión y dos posiciones de transformador en el parque intemperie, donde se dispondrá por cada posición de transformador de la siguiente apartamenta:

- Tres (3) Autoválvulas de 30 kV / 10 kA.
- Tres (3) Aisladores apoyo de 36 kV, C6-170
- Un (1) Seccionador tripolar 36 kV con mando manual.
- Una (1) Reactancia trifásica Zn.
- Un (1) Transformador Toroidal para detección de corrientes de defecto en MT

8.1.3 Celdas de Media Tensión de 30 kV

Como se ha descrito previamente, se instalarán celdas o cabinas de 36 kV, que realizarán la función de conectar con la parte del primario del transformador para que éste eleve la tensión de 30 a 220 kV.

Cada planta fotovoltaica previamente mencionada formará una barra independiente, formada por el siguiente conjunto de celdas:

- Bus 1 – FV Crisadar Gabias (Crisadar Energía S.L.):
 - Una (1) celda de Línea de acometida desde PVs.
 - Una (1) celda de Acometida a Transformador de Potencia.
 - Una (1) celda de Medida.
 - Una (1) celda Alimentación a transformador de SSAA.
- Bus 2 – FV Solar Gabias 1 (ABY Infraestructuras S.L.):
 - Una (1) celda de Línea de acometida desde PVs.
 - Una (1) celda de Acometida a Transformador de Potencia.
 - Una (1) celda de Medida.
 - Una (1) celda Alimentación a transformador de SSAA.

Serán celdas del tipo blindadas aisladas en gas SF6. El modelo escogido es CBGS-2 de MESA o similar, debido a la larga y reconocida trayectoria en el sector eléctrico. Estas celdas tendrán las siguientes funciones:

- Celda de línea: Conectarán los cables procedentes de las instalaciones generadoras con el embarrado de 30 kV.
- Celda de trafo: Conectarán el embarrado de MT con el primario del transformador de potencia.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 25 de 98	

- Celda de SSAA: Conectarán el transformador 30/0,4 kV con el cuadro de SSAA que alimenta a la propia instalación. Existirán dos celdas de este tipo que poseen enclavamiento mecánico para impedir el cierre de ambas de manera simultánea, ya que cortocircuitarían la parte de AT del transformador.

El aparellaje con el que irá dotado, como mínimo, cada celda, será el siguiente:

- Celda de Línea:
 - Un (1) Seccionador tripolar de 3 posiciones con P.A.T.
 - Un (1) Interruptor automático de 36 kV.
 - Tres (3) Transformadores de intensidad.
- Celda de Acometida a Transformador de Potencia:
 - Un (1) Seccionador tripolar de 3 posiciones con P.A.T.
 - Un (1) Interruptor automático de 36 kV.
 - Tres (3) Transformadores de intensidad.
- Celda de Medida:
 - Tres (3) Transformadores de Tensión inductivos.
- Celda de Alimentación a Transformador de SSAA:
 - Un (1) interruptor seccionador con P.A.T. o ruptofusible
 - Tres (3) fusibles de MT enclavados con el interruptor seccionador.

A continuación, se describen las partes principales de las celdas de 36 kV.



Ilustración 3. Celda de MT MESA CBGS-2 52 kV.

La conexión entre celdas, unidades funcionales, se realizará por medio del embarrado superior con aislamiento sólido apantallado, el cual se encuentra fuera de la cuba de gas aislante SF6. Además, cada celda estará compuesta exteriormente por un conjunto de paneles de chapa y bastidor metálico, para su puesta a tierra general.

Como puede observarse en la imagen, en la parte inferior se encuentra el cajón de BT, donde se pueden encontrar los relés y elementos de protección y control de la cabina.

Tras este, se ubicará el embarrado principal, que utilizará aislamiento sólido y apantallado puesto a tierra, se encuentra fuera del compartimento de SF6, y conectará con este mediante conexiones en "T". En esta posición se instalará un juego de transformadores de tensión e intensidad por cada barra. Elementos de medición que serán descritos posteriormente en el punto 8.1.4 del presente documento.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 27 de 98	

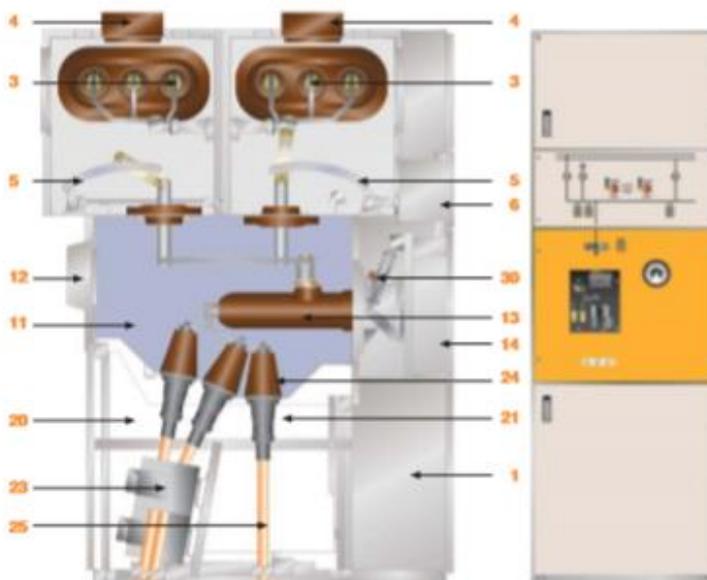
El compartimento de SF6 es el más importante de la celda, ya que es la zona en la que se realiza el cierre o apertura del circuito en MT aguas debajo de la barra. Constará de los siguientes elementos de corte/aislamiento:

- Seccionador de tres posiciones
 - Abierto
 - Cerrado a barra
 - Cerrado a puesta a tierra
- Interruptor automático

En la zona frontal se tendrá la interfaz de maniobra de la cabina, donde se realizarán las maniobras de apertura y cierre de seccionadores e interruptores. Por medidas de seguridad, el seccionador no se podrá maniobrar de manera remota.

En la parte inferior estará situada la conexión de cables, con acceso de la zona frontal. De manera opcional se les podrá colocar transformadores toroidales de intensidad sobre los mismos pasatapas, para obtener una lectura independiente de esa línea.

- 1 Cajón de Baja Tensión
- 2 Relés de protección y control tipo Sepam o similar (opcional)
- 3 Embarrado general en cuba metálica de acero inoxidable de 3 mm de grosor con los pasatapas tripolares adecuados
- 4 Clapetas de expulsión de gases SF6
- 5 Seccionador de dos o tres posiciones (seccionador y seccionador de P. a T.)
- 6 Mando del seccionador
- 7 Accesos para la palanca de accionamiento al mando de los seccionadores
- 8 Pulsadores mando eléctrico del seccionador (opcional)
- 9 Indicadores seccionador: abierto/cerrado
- 10 Indicador P. a T.: abierto/cerrado
- 11 Cuba metálica (3 mm. inox.) sellada de por vida
- 12 Clapeta expulsión de gases SF6
- 13 Interruptor automático
- 14 Mando del interruptor automático
- 15 Acceso para la palanca de carga manual de muelles
- 16 Pulsador de apertura/cierre
- 17 Pulsador mecánico de apertura de emergencia
- 18 Indicador de estado (abierto/cerrado)
- 19 Contador de maniobras
- 20 Compartimiento cables de potencia
- 21 Conectores de cables de potencia (opcional) (más información en Pag. 21)
- 22 Cerradura de bloqueo P. a T. cables de potencia (opcional)
- 23 Transformadores de intensidad (opcional)
- 24 Zócalo para transformadores de tensión, auto-válvula, etc. (opcional)
- 25 Cable de conexión de MT para los transformadores de tensión (opcional)
- 26 Indicadores capacitivos de presencia de tensión en cada fase
- 27 Manómetro indicador de la presión de SF6 en el interior del compartimiento del interruptor automático
- 28 Manómetro indicador de la presión de SF6 en los cubículos de barras (1 por cada sección de barras)
- 29 Placa de características
- 30 Presostato



Detalle del panel frontal de mecanismos y sinóptico

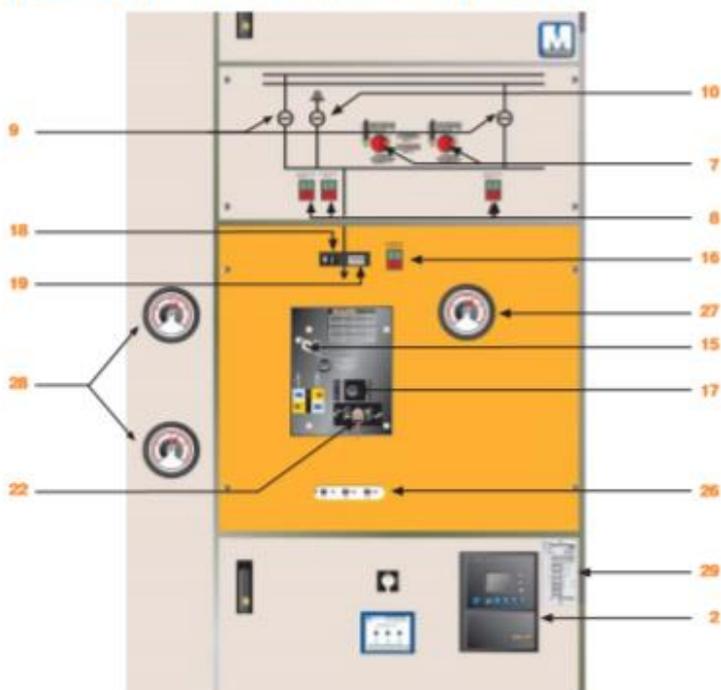


Ilustración 4. Detalle frontal y lateral de una celda de MT.

Las características técnicas de las celdas son:

Tensión nominal (kV)	36
Intensidad nominal (A)	934/915
Intensidad nominal de corte (kA)	25
Capacidad de cierre en cortocircuito (kA)	80 (cresta)
Intensidad nominal de corta duración (kA/s)	Max 25/3
Resistencia frente arcos internos (kA/s)	25
Presión nominal relativa de gas SF6 a 20°C (bar)	0,30
Grado de protección:	
Compartimento MT	IP65
Compartimento BT	IP41
Condiciones de funcionamiento:	
Temperatura ambiente (°C)	-5°/40°
Altitud (m.s.n.m.)	< 1.000
Humedad relativa (%)	< 90
Dimensiones (mm):	
Ancho	600
Altura	2.350
Profundidad	1.250
Peso Aproximado (kg)	650

Tabla 4. Características técnicas de las celdas de MT.

8.1.4 Transformadores de Tensión Inductivos 30 kV

Los transformadores de tensión o TTs nos indicarán a través de su devanado secundario, la tensión existente en el primario, gracias a la relación de transformación.

La lectura de tensión se realizará en paralelo a la línea a medir, ya sea 220 kV mediante los TTs de Alta Tensión o 30 kV en Media Tensión.

Para el caso de los TTs en Media Tensión, estos se ubicarán en las celdas de Medida.

Los transformadores de tensión deberán tener las siguientes características técnicas, o similares:

Instalación:	Interior
Relación de transformación:	30: $\sqrt{3}$ / 0,11: $\sqrt{3}$ -0,11: $\sqrt{3}$ kV
Potencias de precisión simultáneas:	
1º núcleo:	10 VA cl.0,2
2º núcleo:	10 VA cl.0,5-3P
3º núcleo:	----
Factor de tensión:	1,5 Un 30 s
Factor de tensión en servicio continuo:	1,2 Un
Tensión de ensayo a 50 Hz durante 1 min.:	70 kV ef.
Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 μ s:	170 kV cresta

Tabla 5. Características de los Transformadores de Tensión Inductivos 30 kV.

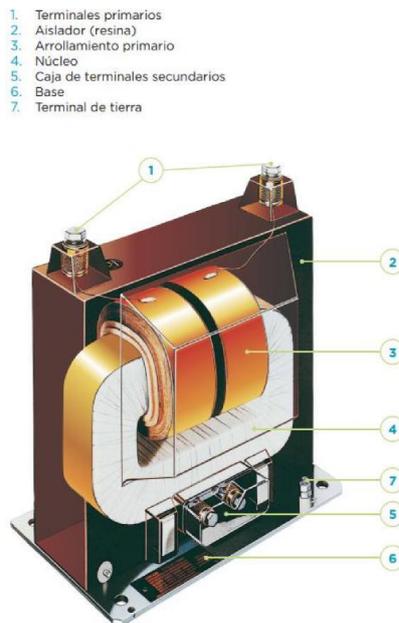


Ilustración 5. Sección del transformador de tensión MT en interior.

8.1.5 Transformadores de intensidad de 30 kV

De manera análoga al transformador de tensión, el transformador de intensidad (o TI) nos indicará la corriente que circula por un determinado circuito a través de su devanado secundario.

A diferencia del TT, el TI realizará la medida conectada en serie con el circuito a medir.

En el caso de los TIs de MT, irán colocados en la barra superior, pegados a la celda de transformador y en la acometida de cada una de las líneas, para medir la intensidad existente en cada una de las plantas fotovoltaicas, leyendo así la totalidad de las líneas que lo componen.

En este caso, los TIs instalados serán de tipo toroidal, como se muestra en la siguiente imagen, aunque el principio de funcionamiento será el mismo.



Ilustración 6. Transformador de intensidad toroidal de MT.

Las características principales de los transformadores de intensidad salida hacia parte transporte serán las siguientes:

Instalación:	Interior
Relación de transformación:	1000/5-5-5-5 A (Celda acometida Trafo 220/30kV) 1000/5-5 A (Celda llegada de línea planta FV)
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min.:	70 kV ef.
Tensión de ensayo con onda de choque 1,2/50 μ s:	170 kV cresta
Sobreintensidad admisible en permanencia	1.2 In primaria

Tabla 6. Características de los Transformadores de Intensidad 30 kV.

8.1.6 Conductores aislados MT 30 kV

Características de los conductores aislados 30 kV

Para la conexión entre las celdas MT 30 kV y los transformadores de potencia 220/30 kV, se empleará conductor unipolar tipo RHZ1 (S) H-16 Al 18/30 kV, de 500 mm² de sección, en composición de dos ternas de cables 2x3x(1x500)mm².

Las características del conductor serán las que se indican a continuación:

Denominación:	RHZ1 (S) H-16 Al 18/30 kV
Material:	Aluminio
Diámetro exterior del cable:	53,5 mm
Sección de aluminio:	500 mm ²
Sección total:	500 mm ²
Intensidad máxima admisible (al aire 40°C):	720 A
Intensidad máxima admisible (enterrados 25°C):	510 A
Peso:	2.982 kg/km

Tabla 7. Características del conductor aislado 30 kV Celda -Trafo.

Para la conexión entre las celdas de media tensión y los transformadores de servicios auxiliares, se empleará conductor tipo RHZ1 H-16 Al 18/30 kV, de 300 mm² de sección total.

Las características del conductor serán las que se indican a continuación:

Denominación:	RHZ1(S) H-16 Al 18/30 kV
Material:	Aluminio
Diámetro exterior del cable:	46,8 mm
Sección de aluminio:	300 mm ²
Sección total:	300 mm ²
Intensidad máxima admisible (al aire 40°C):	485 A
Intensidad máxima admisible (enterrados 25°C):	425 A
Peso:	2.234 kg/km

Tabla 8. Características del conductor aislado 30 kV Celda -SSAA.

El cálculo de estos conductores viene desarrollado en la memoria de cálculo.

Características del embarrado rígido 30 kV

En las posiciones de línea de 30 kV se empleará un embarrado rígido que conectará el seccionador de puesta a tierra con el lado primario de los transformadores de potencia. Las características de este embarrado rígido serán las siguientes:

Aleación:	Almelec AW-6063 T6
Diámetro exterior/interior:	63/47 mm
Sección total del conductor:	1.382,3 mm ²
Intensidad admisible permanente a 85 °C:	1.510,6 A

Tabla 9. Características del embarrado rígido 30 kV.

El cálculo del embarrado rígido 30 kV viene desarrollado en la memoria de cálculo.

Terminales de cable

Se usarán botellas de conexión de MT (30 kV) para las conexiones de los conductores con las celdas de MT.



Ilustración 7. Terminaciones enchufables de MT simples.

Las terminaciones enchufables apantalladas serán premoldeadas de caucho, garantizando así el sellado, aislamiento eléctrico y la conexión entre el cable y la celda de media tensión.

8.1.7 Aisladores de apoyo de 30 kV

Los aisladores de apoyo ejercen un papel estructural en el parque intemperie, ya que soportan elementos en tensión de manera segura debido a su material aislante, en este caso cerámico.

Las principales características de los aisladores de apoyo de 30 kV serán:

Instalación:	Intemperie
Denominación:	C6-170
Tensión de aislamiento:	36 kV
Tensión soportada f.i. bajo lluvia:	70 kV
Tensión soportada al choque:	170 kV
Distancia mínima de fuga:	31 mm/kV
Carga de rotura a flexión:	6 kN

Tabla 10. Características de los aisladores de apoyo 30 kV.

8.2 Sistema 220 kV

8.2.1 Características eléctricas

La red de 220 kV desde el punto de vista eléctrico poseerá las siguientes magnitudes fundamentales:

- Tensión nominal: 220 kV eficaces.
- Frecuencia nominal: 50 Hz
- Régimen de neutro: rígido a tierra.
- Intensidad nominal barras: 2.000 A
- Distancia mínima de fuga: 31 mm/kV.
- Intensidad máxima de defecto trifásico: 40 kA.
- Duración del defecto trifásico: 1 s.
- Tensión de servicios auxiliares CA: 400/230 V.
- Tensión de servicios auxiliares CC: 125 V.
- Tensión de servicios auxiliares de comunicaciones: 48 V.

En base a los anteriores datos y al objeto de conseguir un alto grado de fiabilidad y garantías de servicios en la instalación, el nivel de aislamiento para esta instalación será, de acuerdo con CEI79, UNE 21.062.80 y Real Decreto 337/2014:

- Tensión nominal más elevada para el material (U_m): 245 kV eficaces.
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo: 1,2/50 μ s: 1050 kV Cr.
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo maniobra 50 Hz, 1 min: 460 kV eficaces

8.2.2 Aparamenta de 220 kV

El parque de 220 kV de la SE estará formado por dos posiciones de transformador y una posición de línea.

Posiciones de Transformador de 220 kV

Hay dos posiciones en total, cada una de las cuales dispondrá de:

- Un (1) Transformador de Potencia 220 \pm 10x1,5% / 30 kV, 50 MVA, YNd11, ONAN.
- Tres (3) Pararrayos Autovalvulares, 192 kV, 10 kA, dotados de contador de descarga.
- Tres (3) Transformadores de Intensidad 245 kV.
- Un (1) Interruptor Automático tripolar 245 kV, 3.150 A.
- Un (1) Seccionador tripolar 245 kV, 2.000 A de conexión a barras.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 36 de 98	

Posición de Salida de Línea 220 kV

La posición de salida de línea de evacuación hacia la subestación existente de REE Las Gabias 220 kV dispondrá de:

- Tres (3) Transformadores de Intensidad 245 kV.
- Un (1) Interruptor Automático tripolar 245 kV, 3.150A.
- Un (1) Seccionador tripolar 245 kV, 2.000 A dotado de puesta a tierra.
- Un (1) Seccionador tripolar 245 kV, 2.000 A.
- Tres (3) Transformadores de Tensión Inductivos 245 kV.
- Tres (3) Pararrayos Autovalvulares, 192 kV, 10 kA, dotados de contador de descarga.

A su vez, y para el sistema de protecciones de las posiciones de transformador, así como para los equipos de tarificación, se instalarán en las barras de 220 kV tres (3) transformadores de tensión inductivos 245 kV.

8.2.3 Transformador de Potencia

En el diseño de la Subestación 220/30 kV San Saturnino, como ya se ha mencionado anteriormente se han considerado dos transformadores de potencia nominal 50 MVA, con relación de transformación 220/30 kV. Estos serán trifásicos, con arrollamientos sumergidos en aceite y diseñados para servicio en exterior. Las características principales serán las que siguen:

Tipo:	Transformador de baño de aceite
Numero de fases:	3
Numero de bobinados:	3
Conductor:	Cu
Refrigeración:	ONAN
Relación de transformación:	220± 10x1,5%/30 kV
Potencia:	50 MVA
Grupo de conexión:	YNd11
Cambiador de tomas:	Regulación automática en carga
Intensidad del primario:	962,3 A
Intensidad del secundario:	131,22 A
Capacidad de cortocircuito:	40 kA a 220 kV
Tensión de cortocircuito:	> 12.5 ± 7.5%

Tabla 11. Características de los Transformadores de Potencia 220/30 kV.

Arrollamientos

Los arrollamientos serán conductores de cobre electrolítico, exento de impurezas, aislados en papel, y sin soldaduras.

Las características de disposición relativa de los devanados de la sección de cobre a emplear y el tipo de bote bobinado a emplear serán arrollamientos encadenados y se indicará en fases posteriores del proyecto.

Los materiales a emplear serán insolubles y químicamente inactivos en baño de aceite caliente. Las bobinas y el núcleo, completamente ensamblados, secados al vacío inmediatamente después de impregnarse de aceite dieléctrico para asegurar así la eliminación de humedad y aceite de los materiales aislantes.

Núcleo del transformador

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

La construcción del núcleo asegurará la máxima reducción de las corrientes parásitas. Estará fabricado mediante chapas de acero el silicio de grano orientado, de bajas pérdidas por histéresis y alta permeabilidad magnética. Cada chapa estará cubierta de material aislante resistente al aceite caliente. Asimismo, las chapas estarán exentas de impurezas y perfectamente aplanadas.

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

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

El armazón que soportará el núcleo es una estructura reforzada que reunirá la resistencia mecánica suficiente y no presentará deformaciones permanentes en ninguna de sus partes. Se fabricará de tal manera que quede firmemente sujeto a la cuba en ocho puntos tanto en la parte superior como en la inferior. La estructura de sujeción se realizará de forma que se reduzcan al mínimo las corrientes parásitas.

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

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

Aceite

El aceite será del tipo mineral aislante y deberán cumplir las especificaciones de las siguientes normativas para evitar futuros problemas en el funcionamiento del transformador:

Análisis	Normativa	Límite
Contenido en agua, valoración Karl-Fischer (ppm)	UNE-EN 60814:1999	<20
Tensión de ruptura dieléctrica (kV/2,5 mm)	UNE-EN 60156:97	>50
Índice de neutralización (mg KOH/g)	PT-QUI-25 Ed 02	<0,15
Tangente del ángulo de pérdidas dieléctricas (Tag DELTA) 90°C	UNE 60247:04	<0,20
Aspecto Visual*	ISO 2049:96	LIMPIO
Índice de Color*	ISO 2049:96	<4
Contenido en agua, valoración Karl-Fischer (ppm)	UNE-EN 60814:1999	<20

Tabla 12. Normativa aplicable para análisis en transformadores.

Además, se recomienda realizar análisis periódicos para controlar el nivel de existencia de gases disueltos en el mismo.

Los gases que suelen aparecer en aceites dieléctricos de este tipo, y son recomendados de controlar son: CO₂, C₂H₄, C₂H₆, C₂H₂, H₂, O₂, N₂, CH₄ y CO.

El sistema de preservación de aceite será libre con desecadores.

Depósito de recogida de aceite

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

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

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

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 40 de 98	

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

Cada recinto independiente del depósito conservador dispondrá de un secador de aire con silicagel: uno para el depósito de la cuba, uno para las cajas adaptadores aceite, y otro para el depósito cada del cambio de tomas. Todos ellos incorporarán una mirilla de cristal alargada que permitirá ver todo su contenido, y estarán situados a una altitud máxima de 1,5 m.

Cuba

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

La cuba formará parte de un cuerpo único, indivisible, al cual se le atornillará la tapa. Las juntas de las chapas serán a prueba de aceite caliente.

En el interior de la caja han sido previstas las necesarias guías para mantener el núcleo, con sus arrollamientos, en la justa dirección al ser introducido o extraído.

Asimismo, entre el núcleo arrollado y el fondo de la caja existirá espacio suficiente para recoger los sedimentos.

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

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

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

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

Se emplearán válvulas de sobrepresión, que garanticen la coordinación de actuación, de acuerdo al tarado de las mismas, tanto a presión como gradiente de presión, y considerando tanto su número y ubicación.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 41 de 98	

Las válvulas deberán asimismo abrir ante cualquier sobre presión interna mayor de su presión de tarado causada por perturbaciones internas y volverán a cerrar después de haber actuado. Las válvulas irán equipadas con cuatro contactos de actuación para señalización de alarma.

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

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

Protecciones propias del transformador

Cada transformador dispondrá de las siguientes protecciones:

- Buchholz del transformador.
- Imagen térmica del primario.
- Imagen térmica del secundario.
- Termómetro de contactos.
- Nivel magnético.

Estas protecciones se clasificarán según su causa:

Causas	Tipo Efecto	Protección
Cortocircuito	Mecánico	Protección diferencial Liberador de presión
Sobreintensidad Defectos de refrigeración Defectos de gases en aceite	Térmico	Relé de imagen térmica Relé Buchholz
Sobretensiones Nivel de aceite	Dieléctrico	Protección diferencial Autoválvulas Protección sobreintensidad Relé Buchholz Nivel de aceite

Tabla 13. Medidas de protección del transformador.

- Relé Buchholz

El relé Buchholz irá colocado en la tubería entre la cuba del transformador y el depósito de expansión, rellenándose el interior de este con aceite durante la operación del mismo.

Cuando se detecte presencia de gas en el aceite del transformador, se elevará hacia el depósito de expansión, que estará situado en la parte superior del transformador, pasando por la cámara del relé. Al ocurrir esto, el nivel de aceite decaerá y activará un interruptor que nos proporcionará la alarma propia del transformador: Relé Buchholz.

El gas no deberá pasar desde el interior del relé a la tubería antes de que la alarma se active.



Ilustración 8. Relé Buchholz para transformador de potencia.

Otra función importante del relé Buchholz es regular el flujo de aceite entre la cuba del transformador y el depósito de expansión. En el caso de que el flujo exceda de un límite de velocidad se activará un contacto de disparo en el relé.

- Termómetro y relés de imagen térmica

Se ha de suministrar, además:

- Un termómetro de aceite con cuatro juegos de contactos, con funciones de alarma de nivel 1 y nivel 2 por temperatura de aceite y marcha y parada del equipo de refrigeración
- Un relé de imagen térmica y un transformador de intensidad tipo Bushing, cuatro juegos de contactos, con funciones de alarma de nivel 1 y nivel 2 por temperatura de devanado y marcha y parada del equipo de refrigeración.

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

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

Las sondas de termómetros y relés de imagen térmica estarán protegidas de la intemperie con una envolvente de chapa desmontable.

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

Este armario llevará termostato y resistencia de caldeo. Dispondrá asimismo de circuito monofásico protegido mediante interruptor magnetotérmico, contactos de alarma NC debidamente conectados a bornes, para la alimentación eléctrica del equipo.

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

- Protecciones diferenciales y de sobreintensidad

Las protecciones diferenciales y de sobreintensidad, al tratarse de relés específicos que también protegen otras posiciones, se tratarán más detenidamente en el apartado 0.

- Autoválvulas pararrayos

Las autoválvulas protegerán la parte de alta del transformador ante sobretensiones, debidas a descargas atmosféricas o a defectos en las instalaciones que deriven en una subida de tensión.



Ilustración 9. Autoválvula para la protección de sobretensiones en el transformador.

La autoválvula de sobretensión o pararrayos se conectarán en paralelo con el equipo a proteger para disipar la corriente derivándola a tierra en caso de descarga atmosférica. Suelen estar fabricados con un material de resistencia cerámico altamente alineal, compuesto principalmente por óxido de zinc mezclado con otros óxidos metálicos.

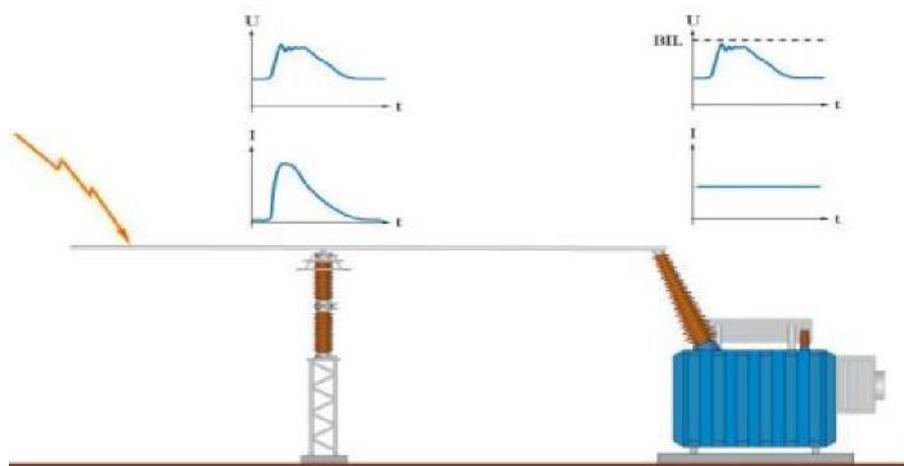


Ilustración 10. Conexión de autoválvula de sobretensiones en paralelo con transformador.

- Relé liberador de presión

Si se origina un rastreo o un cortocircuito en un transformador lleno de aceite, esto va generalmente acompañado por una sobrepresión en la cuba debido al gas originado por la descomposición y la evaporación del aceite.

Si la cuba se provee de un respiradero de apertura instantánea la sobrepresión alcanzada puede ser limitada a una magnitud inofensiva para la cuba.

El liberador de presión consistirá en un cuerpo de brida y un disco en aluminio que será resistente a la corrosión. Sobre la parte central del disco habrá un perno de acero que retendrá el muelle. En la válvula de cierre habrá dos juntas una arriba de forma especial y otra lateral tórica haciendo un anillo.

Cuando la válvula este cerrada, el cierre superior estará presionando contra la brida. Si se mueve el disco de cierre una superficie menor a 2 mm seguirá manteniendo la estanqueidad. Si debido a la presión interna el disco se eleva más de esta medida, dejará de ser estanco en este cierre aumentando la superficie de presión de aceite a todo el disco y con ello la fuerza total contra el muelle.

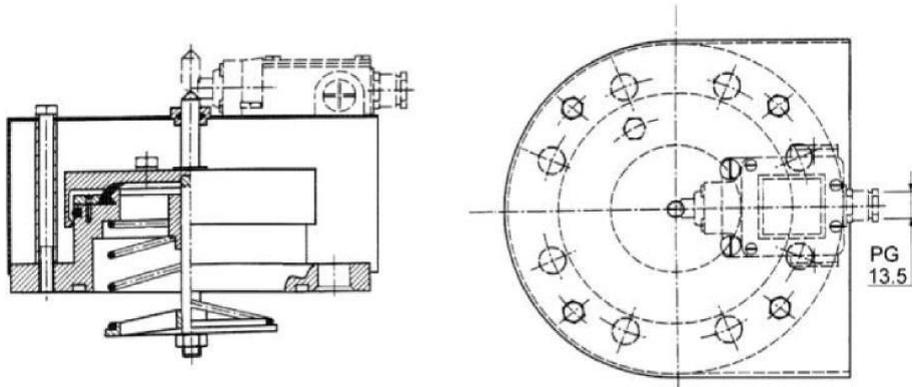


Ilustración 11. Detalle de relé liberador de presión.

Una vez obtenida la presión sobre toda la superficie la apertura de la válvula será instantánea con la consiguiente liberación de la sobrepresión.

Cuando la sobrepresión desaparezca, el cierre se conseguirá por la tensión del muelle primero en la zona lateral y posteriormente por la zona superior y será presionado entre 1~2 mm. De esta forma, la presión eventual que permanecerá atrapada entre los dos cierres y la válvula estará en las condiciones ideales para comenzar otra vez el disparo.

La válvula estará también provista de una señal óptica cuando dispare o se abra. Esta señal la originará una varilla que permanecerá retenida una vez sea proyectada a través del agujero central de la cubierta, cuando la válvula abra. Para dejar la señal en posición normal (reseteo) una vez desaparecida la sobrepresión, habrá que empujar la varilla hacia dentro hasta que apoye de nuevo sobre el cierre.

La válvula estará provista con unos contactos de alarma montados sobre un micro en la cubierta. El micro y caja conexiones será estanco a prueba de agua y podrá ser conectada a una alarma o señalización local o remota para cuando la unidad actúe.

El micro será accionado por el movimiento hacia arriba de la señal óptica. Una vez que el micro esté accionado, mantendrá esta posición y la alarma o señal continuamente hasta que manualmente uno baje la señalización óptica.

- Refrigeración

El transformador estará construido para funcionar en régimen permanente con la siguiente refrigeración:

- **Natural**

Por radiadores desmontables de chapa estampada, galvanizados en caliente, pintados del mismo color que el transformador, unidos a la cuba por medio de válvulas de tipo mariposa (DIN 42560) que permitirán su desmontaje sin necesidad de retirar el aceite. Las válvulas irán montadas entre bridas, no se admitirán válvulas directamente soldadas a la cuba.

Los radiadores estarán diseñados para soportar las mismas condiciones de presión y vacío especificadas para la cuba.

Los radiadores estarán provistos de tapones de purga y vaciado, así como de cáncamos de suspensión para facilitar su manejo.

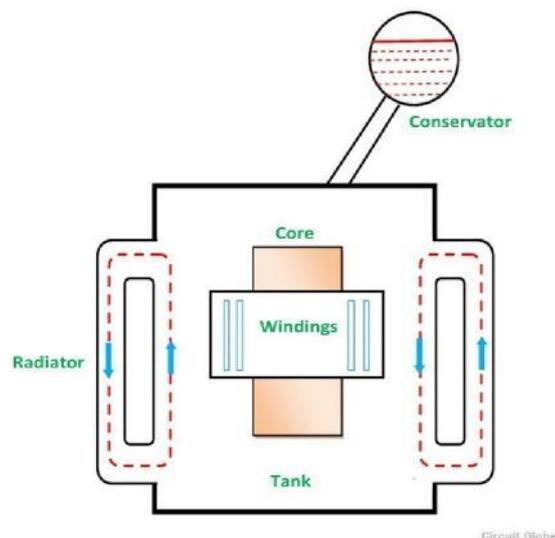


Ilustración 12. Esquema de sistema de refrigeración ONAN.

- **Forzada**

Por medio de ventiladores con motores trifásicos, 400 V, rotor de jaula, protegidos mediante rejillas que impidan la entrada de pájaros y otros animales.

El suministro incluirá un sistema automático para poner en marcha los ventiladores mandados por termómetro y/o termostatos. Este automatismo incluirá la posibilidad de la puesta en marcha manual de los ventiladores mediante conmutador, tanto local como a distancia (remoto).

Los motores de los ventiladores se protegerán mediante interruptores automáticos con características de disparo adecuados para protección de motores. Deberán incorporar contactos auxiliares para señalización y alarma remotas de cualquier defecto de los ventiladores.

Los motores deberán estar provistos de una placa de características de material resistente a la corrosión, fijada a la carcasa en un lugar fácilmente visible. Además, en la placa de características o en otra independiente, deberá venir indicado el sentido de giro del motor, correspondiente a la forma de impulsión/extracción del aire prevista por el fabricante del transformador.

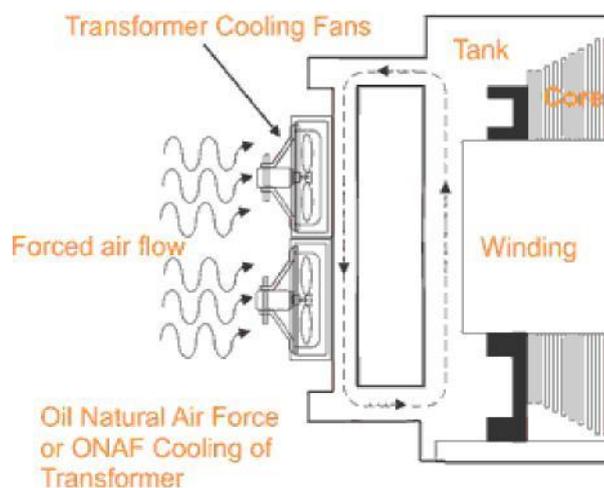


Ilustración 13. Esquema de sistema de refrigeración ONAF.

- Regulador de tomas

El cambiador de tomas, o regulador en carga, será del modelo tipo UCG con mecanismo mecanizado de ABB.



Ilustración 14. Cambiador de tomas en carga.

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

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

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

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

El cambiador de tomas vendrá equipado con finales de carrera de señal de primera y última toma de regulación, y contacto libre de potencial para señalar inserción de manivela. Al alcanzar la toma mínima o máxima del cambiador, se dará una alarma al sistema de supervisión indicándonos en qué toma se encuentra el regulador.

Además de los elementos mencionados anteriormente, los transformadores irán equipados con los siguientes accesorios:

- Depósito de expansión, con indicador visual de nivel, tapones de llenado, válvulas de vaciado y desecador de aire con carga de silicagel.
- Válvulas para vaciado y filtrado. Dispositivo toma de muestras.
- Caja de bornas finales.
- Bornas para conexión a tierra de la cuba.
- Radiadores desmontables con válvulas de independización y tapones para purga y vaciado.
- Anillas para desencubado y arrastre.
- Ganchos para elevación del transformador completo.
- Soportes para elevar por medio de gatos.

8.2.4 Interruptores 220 kV

Se emplearán interruptores automáticos tripolares de las siguientes características

N.º de polos:	3
Instalación:	Intemperie
Tensión nominal:	245 kV
Intensidad nominal:	3.150 A
Poder de corte nominal (rms):	40 kA
Tensión de ensayo a 50 Hz, 1min:	460 kV ef
Tensión de ensayo con onda de choque 1,2/50 µs:	1050 kV cresta
Tensión soportada al impulso tipo maniobra:	850 kV
Duración nominal c.c.:	3 s
Secuencia de maniobra nominal:	0 - 3 s - CO- 1 min - CO
Medio de extinción:	SF6
Mando Tipo:	Resorte

Tabla 14. Características de los interruptores 220 kV.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 51 de 98	

El mando será eléctrico de acumulación de energía a resorte, que se rearmará con un motor accionado en corriente continua. Las bobinas de cierre y disparo se podrán accionar localmente o de manera remota. Dispondrá del suficiente número de contactos auxiliares necesarios para la señalización y enclavamientos. El mando estará alojado en un armario estanco, provisto de resistencia de calefacción para evitar condensaciones.

El interruptor deberá constar con dos bobinas de disparo y bobina de mínima tensión.

8.2.5 Seccionadores de 220 kV

Los seccionadores de AT se colocarán entre los interruptores de 220 kV y la barra. La función principal de este elemento, a diferencia del interruptor, será proporcionar una zona segura para trabajo o aislamiento de manera visual.

Según su función, este podrá llevar consigo una posición que pondrá uno de sus extremos a tierra, el cual se denomina seccionador de Puesta a Tierra, o PAT.

Los seccionadores tendrán las siguientes características:

Nº de polos:	3
Instalación:	Intemperie
Nº de columnas por polo:	3
Apertura:	Horizontal
Tensión nominal:	220 kV
Tensión más elevada para el material:	245 kV
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min. En seco y bajo lluvia:	460 kV ef
Tensión de ensayo con onda de choque 1,2/50 µs:	1.050 kV cresta
Intensidad nominal:	2.000 A
Intensidad límite térmica:	40 kA
Accionamiento de cuchillas principales:	Motorizado
Accionamiento cuchillas puesta a tierra (si aplica):	Motorizado
Aisladores tipo:	C6-1050

Tabla 15. Características de los seccionadores 220 kV.

Seccionador tripolar de tres columnas, con la central giratoria y apertura doble lateral. Para el accionamiento de los tres polos se dispondrá de un motor eléctrico. Se instalará una caja de mando que contendrá los elementos de protección y accionamiento del motor, así como los pulsadores de cierre y apertura, selector local-remoto, lámparas de señalización y contador de maniobras. El seccionador se podrá accionar también manualmente mediante manivela. Los seccionadores dispondrán de cuchillas de puesta. El accionamiento de las cuchillas de puesta a tierra se podrá realizar por motor eléctrico o bien manualmente, para ello tendrá una caja de mando local.

8.2.6 Transformadores de Tensión inductivos 220 kV

Las características principales de los transformadores de tensión inductivos para el parque intemperie 220 kV serán las siguientes:

Instalación:	Intemperie
Relación de transformación:	220: $\sqrt{3}$ / 0,11: $\sqrt{3}$ -0,11: $\sqrt{3}$ -0,11 $\sqrt{3}$ kV
Potencias de precisión simultáneas:	
1º núcleo:	25 VA cl.0,2
2º núcleo:	75 VA cl. 0,5-3P
3º núcleo:	75 VA cl. 3P
4º núcleo:	----
Factor de tensión:	1,5 Un 30 s
Factor de tensión en servicio continuo:	1,2 Un
Tensión de ensayo a 50 Hz durante 1 min.:	460 kV ef.
Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50 μ s:	1050 kV cresta

Tabla 16. Características de los Transformadores de Tensión Inductivos 220 kV.

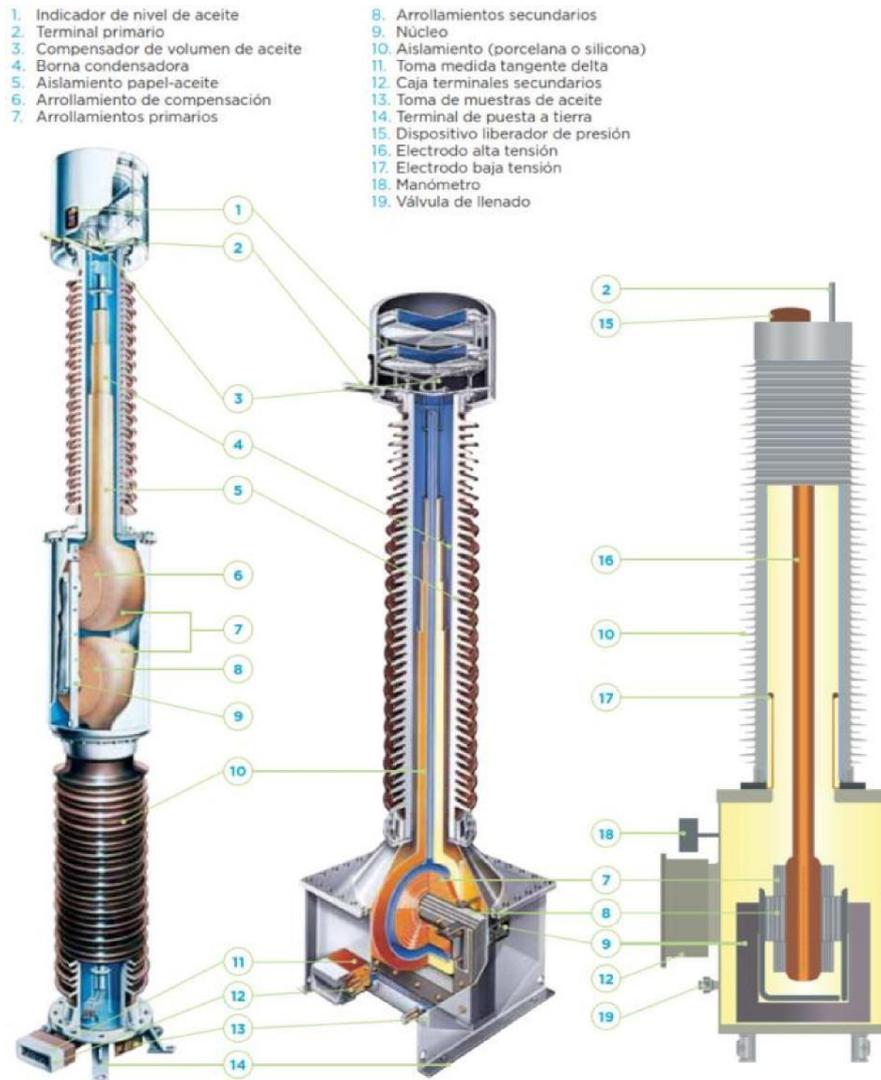


Ilustración 15. Sección de un TT intertemperie.

8.2.7 Transformadores de Intensidad 220 kV

Las características principales de los transformadores de intensidad correspondientes a las posiciones de salida línea LAAT 220 kV hacia SET REE, serán las siguientes:

Instalación:	Intemperie
Relación de transformación:	400-800/5-5-5-5 A (LAAT a Subestación Las Gabias 220 kV de REE)
Potencias de precisión simultáneas:	
1º núcleo:	20 VA cl. 0,2s Fs5
2º núcleo:	50 VA cl. 0,5-5P20
3º núcleo:	50 VA 5P20
4º núcleo:	50 VA 5P20
5º núcleo:	----
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min.:	460 kV ef.
Tensión de ensayo con onda de choque 1,2/50 µs:	1050 kV cresta
Sobreintensidad admisible en permanencia	1.2 In primaria

Tabla 17. Características de los Transformadores de Intensidad 220 kV. posición Salida LAAT 220 kV. RdT

Las características principales de los transformadores de intensidad correspondientes a las posiciones de transformadores de potencia 220/30 kV, 50 MVA, serán las siguientes:

Instalación:	Intemperie
Relación de transformación:	200-400/5-5-5-5 A
Potencias de precisión simultáneas:	
1º núcleo:	10 VA cl. 0,2s Fs5
2º núcleo:	10 VA cl. 0,2s
3º núcleo:	50 VA 5P20
4º núcleo:	50 VA 5P20
5º núcleo:	----
Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min.:	460 kV ef.
Tensión de ensayo con onda de choque 1,2/50 µs:	1050 kV cresta
Sobreintensidad admisible en permanencia	1.2 In primaria

Tabla 18. Características de los Transformadores de Intensidad 220 kV. Salida de línea hacia SET.

8.2.8 Pararrayos autovalvulares 220 kV

Las características principales de los pararrayos autovalvulares serán las siguientes:

Tensión nominal:	220 kV
Tensión más elevada de la red (Um):	245 kV
Tensión asignada (Ur):	192 kV
Tensión de funcionamiento continuo (Uc):	154 kV
Intensidad nominal descarga:	10 kA
Tipo:	Óxido de Zinc
Conexión:	Fase-Tierra
Unidades:	3
Contador de descargas:	Sí

Tabla 19. Características de los pararrayos autovalvulares.

Las autoválvulas estarán constituidas por tres unidades herméticas selladas que contienen los bloques de resistencias de óxido de zinc.

8.2.9 Conductores 220 kV

Características del conductor desnudo 220 kV

Para la interconexión entre la aparamenta 220 kV del parque intemperie y con el embarrado rígido principal 220 kV., se empleará conductor desnudo de aluminio-acero flexible, tipo 767-AL1 (Gladiolus) 765,32 mm² de sección total.

Tanto en la posición de salida línea 220 kV, como en las posiciones de transformador 220 kV, todas las interconexiones entre equipos con este conductor, estarán realizadas en formación simplex.

Las características del conductor serán las que se indican a continuación:

Denominación:	767-AL1 (Gladiolus)
Material	Aleación de aluminio
Diámetro	61x4
Número de conductores por fase:	1 (simplex)
Diámetro de conductor:	36 mm
Sección total:	765,35 mm ²
Intensidad máxima admisible en régimen permanente:	1.295 A
Temperatura admisible del conductor en funcionamiento normal:	80°C
Temperatura admisible del conductor durante cortocircuito:	200°C

Tabla 20. Características del conductor desnudo 220 kV.

Características del embarrado rígido 220 kV

En la posición de barras 220 kV, se empleará tubo de aluminio con las siguientes características:

Aleación:	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior/interior:	150/134 mm
Sección total del conductor:	3.569 mm ²
Intensidad admisible permanente a 85 °C:	3.250 A

Tabla 21. Características del embarrado rígido 220 kV.

En la memoria de cálculo se justifica la elección de estos conductores.

8.2.10 Aisladores de apoyo 220 kV

Las características principales de los aisladores de apoyo serán las siguientes:

Instalación:	Intemperie
Tensión de aislamiento:	245 kV
Tensión soportada al choque:	1050 kV
Tensión soportada al choque de maniobra bajo lluvia:	750 kV
Tensión soportada f.i bajo lluvia:	460 kV
Distancia mínima de fuga:	31 mm/kV
Carga de rotura a flexión	6 kN

Tabla 22. Características de los aisladores de apoyo 220 kV.



Ilustración 16. Aislador de apoyo exterior 245 kV.

8.3 Conexión entre subestaciones

La conexión entre la Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino y la Subestación Las Gabias 220 kV de REE se realizará mediante un único vano entre el pórtico de salida de la Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino y el pórtico de entrada de la Subestación Las Gabias 220 kV de REE.

Las principales características técnicas del conductor flexible empleado en la conexión entre las subestaciones serán:

- Designación: 767-AL1 (Gladiolus).
- Material: aluminio.
- Diámetro: 36 mm.
- Sección: 765,35 mm².
- Formación: simplex.
- Intensidad máxima admisible en régimen permanente: 1295 A.
- Temperatura admisible del conductor en funcionamiento normal: 80 °C.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 60 de 98	

- Temperatura admisible del conductor durante cortocircuito: 200 °C.

8.4 Servicios auxiliares

Se dispondrá de dos alimentaciones en M.T. procedentes de las celdas de servicios auxiliares de 30 kV, con dos transformadores de servicios auxiliares 250 kVA de potencia y relación de tensiones 30/0,420-0,230 kV.

Los Servicios Auxiliares se dividirán en los de corriente continua y los de corriente alterna.

En lo que respecta a la alimentación de 400/230 V en corriente alterna, la disposición será de simple barra con una doble alimentación, por cada transformador de servicios auxiliares mediante los correspondientes interruptores perfectamente enclavados. La alimentación normal será por el transformador de auxiliares TSA-1, mientras que el TSA-2 estará en back-up y solo entrará en servicio antes fallo del TSA-1.

Para incidir en la seguridad de suministro, se instalará un grupo electrógeno de 250 kVA, cuya misión será entrar en servicio ante un fallo de suministro desde TSA-1 y TSA-2. Un PLC instalado en el Cuadro de Conmutación del Grupo Electrógeno se encargará de gobernar tanto la entrada en servicio del trafo en reserva, como de la activación del propio grupo electrógeno cuando ninguno de los 2 trafos funcione, así como realizar la operación inversa cuando se reestablezca el suministro normal

Los sistemas de corriente continua alimentarán los servicios más críticos de la subestación, como la protección y el mando. Los servicios auxiliares de corriente continua se dividirán a su vez en dos:

- Sistema de 125 V c.c. de alimentación a equipos de protecciones, control, señalización, etc. Se basará en el uso de equipos rectificador-batería que alimentarán al cuadro de distribución de 125 V. Estos equipos asegurarán el suministro en caso de pérdida total de la corriente alterna.
- Sistema de 48 V que alimentará los equipos de telecomunicaciones, telecontrol y control digital. Funcionará con el polo positivo puesto a tierra y estará alimentado por convertidores de tensión 125/48 V c.c.

Siguiendo los criterios de REE de doble protección y doble alimentación independientes, habrá dos equipos rectificador-batería de 125 Vcc que viertan sobre el cuadro de distribución de corriente

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 61 de 98	

continua de modo que si un grupo de batería-rectificador falla el otro será capaz de asumir las cargas de corriente continua.

En lo que respecta a los equipos de corriente continua para comunicaciones, se instalarán dos convertidores de corriente continua de 125/48 Vcc y un cuadro de distribución 48 Vcc. El diseño garantizará la alimentación permanente y conmutación de fuentes sin paso por cero, para las salidas de equipos en que esta condición sea esencial (mediante diodos).

El sistema de servicios auxiliares deberá constar además de lo descrito a continuación

- Rectificador.
- Inversor.
- Grupo de baterías de acumulación
- Grupo electrógeno de emergencia (diésel) de 250 kVA.

8.4.1 Transformador de servicios auxiliares

El transformador de Servicios Auxiliares, en adelante SSAA, dará servicio eléctrico a la subestación en baja tensión. Se conectará desde la parte de BT del transformador de potencia, concretamente de uno de los dos embarrados de MT, con enclavamiento mecánico para evitar el cortocircuito del transformador.

El transformador de servicios auxiliares será 30/0,4 kV de 250 kVA del fabricante ORMAZABAL, modelo Bk36, o similar

A continuación, se detallan las características principales del mismo:

Potencia asignada (kVA)	250
Tensión asignada (kVA)	30/0,4
Grupo de conexión	Dyn11
Pérdidas en vacío – Po (W)	320
Pérdidas en carga – Pk (W)	1.950
Impedancia de cortocircuito a 75 °C (%)	4,5
Nivel de potencia acústica LwA (dB)	56
Caída de tensión a plena carga (%)	
Cosφ=1	2,03
Cosφ=0,8	4,08
Rendimiento	97,78
Carga 100%	98,15
Carga 75%	
Características físicas (mm)	
Largo (mm)	1.006
Ancho (mm)	796
Alto a tapa (mm)	889
Alto a entrada MT (mm)	1.342
Alto a entrada BT (mm)	1.039
Volumen aceite (l)	NA
Peso total (kg)	610

Tabla 23. Características del transformador de servicios auxiliares.

8.4.2 Grupo Electrónico

El diseño de la subestación contempla la instalación de un grupo electrónico diésel con capota insonorizada y para instalación en interior, dispuesto sobre bancada, que será capaz de alimentar los

servicios auxiliares en caso de pérdida del suministro. Se empleará un equipo el tipo modelo HRFW-250 T5 del fabricante FPT_IVECO, o similar.

Dispondrá de depósito de combustible para tener una autonomía de 8 horas a máxima capacidad y equipo asociado de trasiego. Este depósito vendrá incorporado en la propia bancada del grupo y dispone de doble pared, por lo que no será necesario disponer de depósito auxiliar para recogida de fugas.

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



Ilustración 17. Grupo electrógeno 250 kVA FPT IVECO HRFW-250 T5.

Las características principales del grupo electrógeno serán las siguientes:

Potencia en emergencia/continuo (kVA)	275/250
Tensión de funcionamiento (V)	400/230
Frecuencia (Hz)	50
Fases	3

Motor	
Marca	FPT_IVECO
Modelo	HRFW-250 T5 S+
Refrigeración	Líquido (agua + 50% glicol)
Combustible	Diésel
Nº de cilindros y disposición	6 en línea
Cilindrada	8,7 L
Aspiración	Turboalimentado y post-enfriado
Sistema de arranque/Circuito eléctrico	Eléctrico/24V
Velocidad	1.500 rpm
Regulador de velocidad	Electrónico
Consumo de combustible ESP (l/h)	67,4
Alternador	
Tipo	Autoexcitado, sin escobillas
Polos	4
Regulación	A.V.R. (Electrónico)
Dimensiones y peso	
Largo (mm)	4.200
Ancho (mm)	1.650
Alto (mm)	2.652
Peso (con líquido) (kg)	5018
Capacidad del depósito (L)	1660
Autonomía (h)	35
Nivel sonoro (dB)	63

Tabla 24. Características generales grupo electrógeno.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 65 de 98	

8.4.3 Armario general de corriente alterna

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

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

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

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

8.4.4 Cuadros de distribución

Los cuadros de distribución serán alimentados desde el cuadro general:

- Cuadro de fuerza y climatización, para los servicios correspondientes, con embarrados separados.
- Cuadro general de alumbrado, para el edificio, accesos y parque intemperie

8.4.5 Instalación de alumbrado

En el interior del edificio, el alumbrado normal se realizará con lámparas de LED, tanto en la sala de MT como en la de control.

Los accesos se alumbrarán con focos de LED en cada una de las puertas del edificio.

En el parque de 220 kV se colocarán báculos repartidos uniformemente a lo largo y ancho del terreno, y que serán gobernados mediante fotocélula. Para trabajos nocturnos en la subestación, se dispondrá de un alumbrado intensivo, que se activará desde el armario de CA de SSAA.

Los proyectores a instalar en el exterior deberán proporcionar una luminosidad adecuada para el acceso y trabajo nocturno en la subestación. Se instalarán sobre báculo de 3 m de altura en el parque de intemperie y directamente en la pared del edificio sobre las puertas de éste.

Dentro del edificio, los niveles de iluminación en las distintas áreas, por tanto, de 500 lúmenes en la sala de celdas y de control.

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

8.4.6 Sistema de 125 Vcc y armario de baterías

El sistema de suministro en corriente continua 125 Vcc se gestionará desde los armarios de rectificadores, en los que se transforma la corriente alterna en continua, y mediante una unidad gestora se cargarán una serie de baterías de níquel-cadmio que darán suministro al sistema de control y protecciones de la subestación y ofrecerán autonomía en caso de corte de suministro eléctrico.

Como se ha mencionado en el punto 8.2, el conjunto de rectificador-batería es redundante de forma que siempre se garantice la alimentación de los cuadros de corriente continua.

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

Este cuadro alimentará los armarios de control local y los armarios de la sala de celdas de MT.



Ilustración 18. Armario de baterías de corriente continua 125 Vcc.

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

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

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

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

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

Pueden recargarse, y son menos propensas que las pilas normales a perder el electrolito. Su resistencia interna es muy inferior al resto de baterías, y los tiempos de carga son menores que en el resto de baterías. Son capaces de mantener la tensión prácticamente constante durante el 90% del ciclo de descarga. Además, admiten sobrecargas y se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga, a pesar de que ya no se almacena. Por último, pueden funcionar en un rango suficientemente amplio de temperaturas (entre -40 °C y 50 °C), si bien la temperatura de funcionamiento óptimo de diseño es de aproximadamente 25 °C. Debido a la ubicación interior de las baterías, se espera que su temperatura de funcionamiento sea próxima a la temperatura óptima de diseño. Por tanto, no se emplearán coeficientes de corrección por temperatura.

La batería seleccionada para alimentar en caso de emergencia el sistema de 125 Vcc será el modelo KPM 105P del fabricante Storage Battery Systems, LLC., o similar.



Ilustración 19. Batería Ni-Cd KPM 105P.

El cargador rectificador a instalar será el modelo RAF Argos del fabricante Recticur.



Ilustración 20. Rectificador RAF Argos ubicado en armario.

8.4.7 Sistema de 48 Vcc

Se instalarán dos equipos de convertidores 125/48 Vcc – batería para 48 V con capacidad de acuerdo a los criterios de diseño normalizados por la Propiedad y un Cuadro General de Corriente Continua de 48 V del tipo normalizado. De este cuadro, partirán todas las alimentaciones a los equipos de comunicaciones. Este cuadro se alimenta en 125 V c.c. desde los bastidores integrados de las posiciones y dispone de un convertidor para transformar la tensión de 125 a 48 Vcc.

8.5 Sistema de Puesta a Tierra

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

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

- Forzar la derivación al terreno de las corrientes de cualquier naturaleza que se puedan originar, proporcionando un circuito de baja impedancia.
- Establecer un potencial de referencia permanente, evitando diferencias de potencial entre diferentes puntos por la circulación de dichas corrientes. Las diferencias de potencial a controlar son la tensión de paso y de contacto, definidas en el apartado de cálculos correspondiente. Como se comprueba en dicho apartado, las tensiones de paso y de contacto serán inferiores a las admisibles según la norma IEC, y, por tanto, el diseño será válido.

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

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

- Se pondrán a tierra los siguientes elementos.
- Los chasis y bastidores de los elementos de maniobra.
- Las envolventes de los conjuntos de armarios metálicos.
- Las puertas metálicas.
- Las pantallas de los cables.
- Las tuberías y conductos metálicos.
- Las carcasas de los motores y transformadores.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra – Las pantallas de separación de los circuitos primario y secundario de los transformadores de medida y protección.
- Las columnas, soportes y pórticos.
- El vallado perimetral de la subestación.

En la memoria de cálculo se justifica la elección del sistema de puesta a tierra escogido.

8.5.1 Puesta a tierra inferior

Para la instalación de puesta a tierra enterrada se propondrá una malla metálica, enterrada como máximo a un metro de profundidad, compuesta por conductor de cobre duro comercial de la sección

adecuada y con una separación media entre los conductores que la forman, que se calcularán de forma que se garantice que en caso de intensidad drenada en el terreno por el hecho de una falta, no se superen en ningún punto de la instalación las tensiones de paso y de contacto admitidas por el Reglamento por lo que, según determina éste, se unirán a la malla de tierra, entre otros elementos, la valla perimetral metálica de la instalación, toda las puertas metálicas, las tuberías metálicas, etc. Para ello se dejarán previstas las correspondientes derivaciones de cable, así como tramos de cable de longitud suficiente para unir directamente a la malla, sin conexiones desmontables, las puestas a tierra de servicio, como son los neutros de los transformadores, las autoválvulas y las cuchillas de puesta a tierra.

En todos los puntos de unión entre diferentes conductores de la malla de tierra, se realizará una soldadura aluminotérmica que es especialmente resistente a la corrosión y que garantiza una mejor unión de las partes.

Rodeando el cerramiento de la subestación, a 1 m de la distancia de este, tanto por el interior como por el exterior, se coloca un cable perimetral, unido al resto de la malla de tierra, con objeto de evitar que se produzcan tensiones de contacto superiores a las permitidas en las cercanías del cerramiento, que son los puntos más conflictivos.

8.5.2 Puesta a tierra superior

La protección frente a descargas de origen atmosférico podrá realizarse mediante la instalación de un sistema de puntas franklin debidamente calculado o bien mediante un pararrayo con dispositivo de cebado que otorgue un área de protección suficiente.

Aprovechando la altura de los pórticos de salida de línea 220 kV., estos sistemas de protección se instalarán en la parte superior de los apoyos altos de dichos pórticos de salida de línea. En nuestro caso, se instalará un sistema de pararrayos con dispositivo de cebado adecuado que cubra toda la aparamenta del parque intemperie de la subestación.

8.6 Sistema de protecciones

El sistema de protección es el conjunto de equipos necesarios para la detección y eliminación de cualquier tipo de faltas mediante el disparo selectivo de los interruptores que permiten aislar la parte del circuito de la red eléctrica donde se haya producido la falta.

El número y duración de las interrupciones en el suministro de energía eléctrica junto con el mantenimiento de la tensión y frecuencia dentro de unos límites es lo que determina la calidad del servicio. Por lo tanto, la calidad del servicio en el suministro y gran parte de la seguridad de todo el sistema dependen del sistema de protección.

Estos se instalarán en todos los elementos que componen el sistema eléctrico provocando la excitación y/o alarma de un dispositivo de apertura cuando detectan una perturbación, por ejemplo, la bobina de disparo de un interruptor.

También se ocuparán tanto de la protección de las personas como de las instalaciones contra los efectos de una perturbación, aislando las faltas tan pronto como sea posible, evitando el deterioro de los materiales y limitando el daño a las instalaciones y los esfuerzos térmicos, dieléctricos y mecánicos en los equipos provocados por cualquier tipo de falta.

Otro de los objetivos principales de un sistema de protección es evitar pérdidas económicas en la explotación de la instalación ya que de por sí esta representa una gran inversión y dependiendo de la importancia de esta dentro de un sistema eléctrico se pueden tener grandes pérdidas económicas tanto para los consumidores como para la empresa responsable de la explotación de la instalación. Además, también permiten preservar la estabilidad y continuidad de la red.

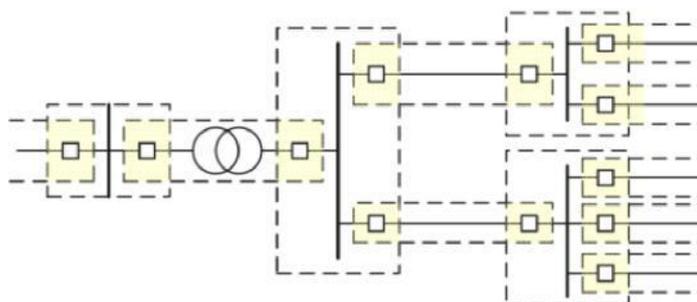


Ilustración 21. Zonas de protección de una subestación.

Para que el sistema de protección sea lo más efectivo posible, todo sistema eléctrico quedará dividido en zonas que puedan ser fácilmente desconectadas de la red en un tiempo muy corto, para que de esta forma se produzca la mínima anormalidad posible en la parte del sistema que permanece en servicio. Estas zonas se conocen como zonas de protección.

Deben estar dispuestas de forma que exista un solape entre ellas, para evitar que haya áreas no protegidas, son los transformadores de intensidad los que marcan realmente los límites de cada zona de protección.

El sistema de protección y control tiene su Unidad Central (UCS) en la sala de control del edificio de la subestación eléctrica, desde la que se examinan el conjunto de equipos de tecnología digital y numérica de los que se compone, estos equipos deben estar debidamente montados y cableados en armarios.

Este sistema incluye desde los relés de señalización dispuestos en los propios aparatos eléctricos, hasta los complejos sistemas para la gestión de redes de orden superior.

Para el control y protección de los sistemas eléctricos es necesario disponer de información de su estado, es decir, conocer el valor de la tensión y la intensidad para lo que utilizamos los transformadores de tensión (TT) y los transformadores de corriente (TI) respectivamente. Esta información se lleva y utiliza en relés de protección, aparatos de medida, contadores, etc.

Si el sistema de protección y control está correctamente diseñado, con márgenes de seguridad razonables y una estudiada selección de equipos, las incidencias pueden reducirse, aunque siempre existirá la posibilidad de que se produzca una falta en alguna parte de la instalación, lo que se garantizará es que será despejada en el menor tiempo posible.

Dentro de una instalación eléctrica se pueden producir diversos tipos de faltas, que, si persisten, pueden ocasionar daños en los equipos eléctricos y electrónicos, inestabilidad en el sistema o daños al personal encargado de la explotación de la instalación.

La zona donde se produce la falta debe ser aislada lo más pronto posible con el fin de que no se vean afectadas las demás partes de la instalación.

Las perturbaciones se definen como todo cambio no deseado de las condiciones normales de funcionamiento del sistema eléctrico y pueden ser originadas tanto por faltas que se pueden originar en la red (como un cortocircuito) como por algún parámetro que la define (como un cambio del nivel de tensión).

A continuación, se definirán y describirán los diferentes tipos de perturbaciones que se pueden presentar en una instalación eléctrica.

Sobrecargas

Las sobrecargas aparecen cuando se sobrepasa la intensidad nominal, cada línea o aparato se diseña con este valor máximo de carga o intensidad para que su funcionamiento sea correcto.

Los circuitos eléctricos se plantean con un determinado margen de seguridad, es decir que son capaces de soportar ciertas sobrecargas sin producirse daños importantes. Esto depende de dos factores, uno es el valor en amperios de la sobrecarga y el otro, el tiempo que dura la sobrecarga.

Los efectos de esta perturbación son calentamientos anormales de los conductores, en los que la cantidad de calor generado es proporcional al cuadrado de la corriente. Una sobrecarga prolongada causa la destrucción de las instalaciones involucradas y si son sucesivas, pueden dar lugar a un envejecimiento prematuro de la instalación.

Cortocircuitos

Consideramos cortocircuito todo contacto accidental entre dos o más conductores y/o tierra. La conexión puede ser directa, aunque normalmente se produce a través de un arco eléctrico.

Este tipo de perturbación puede ocasionar grandes averías en la instalación por la dificultad que supone el corte de un arco eléctrico. Las consecuencias de los cortocircuitos son muy graves debido al rápido y elevado aumento de la corriente eléctrica. El calentamiento excesivo puede provocar destrucción del material, otros de los efectos son la caída de tensión que perturba el sistema eléctrico y esfuerzos electromecánicos elevados que pueden dar lugar a deformaciones por tensiones mecánicas.

Existen cuatro tipos de cortocircuitos según las partes de la instalación que se pongan en contacto:

- Monofásico a tierra: un conductor que entra en contacto con tierra. Es el más frecuente.
- Bifásico: dos fases entran en contacto. Cuando se produce junto al generador es el que provoca mayores corrientes.
- Bifásico a tierra: dos fases entran en contacto con tierra.
- Trifásico: las tres fases entran en contacto. Es el que provoca las corrientes más altas.

Aunque los cortocircuitos tienen cada vez menos posibilidades de producirse en instalaciones modernas bien diseñadas, las serias consecuencias que pueden tener son un estímulo para instalar todos los medios posibles a fin de detectarlos y eliminarlos rápidamente.

Se debe calcular la corriente de cortocircuito en distintos puntos del sistema eléctrico para diseñar los cables, las barras, y todos los dispositivos de conmutación y protección, así como para determinar su configuración.

Sobretensiones

Se producen cuando hay un aumento de la tensión por encima del nivel que se considera el normal. Se puede generar tanto por los equipos que forman las instalaciones como por causas de naturaleza externa (descargas eléctricas).

Las consecuencias más importantes de las sobretensiones son deterioro del aislamiento cuando se supera su tensión dieléctrica, arcos eléctricos que pueden provocar averías más graves y un gran aumento del riesgo para las personas.

Las tensiones a las que están sometidos los aislamientos de los equipos pueden clasificarse en 4 grandes grupos:

- Tensión de servicio: la tensión de servicio eléctrico sufre variaciones frecuentes alrededor de ciertos valores, sin embargo, en lo que se refiere al cálculo de los aislamientos se consideran constantes e iguales a la máxima tensión de servicio.
- Sobretensiones internas temporales: no suelen superar 1,5 veces la tensión de servicio. Su importancia radica en que en función de ellas se definen las características de los pararrayos.
- Sobretensiones internas de maniobra: son de breve duración y fuertemente amortiguadas. Son debidas fundamentalmente a la maniobra de interruptores. Casos típicos de donde se pueden producir sobretensiones de maniobra son maniobras de conexión, desconexión y reenganche de líneas en vacío, corte de pequeñas corrientes inductivas o de magnetización de transformadores y corte de corrientes capacitivas de baterías de condensadores.
- Sobretensiones externas o atmosféricas: son de duración aún más corta que las de maniobra. Son debidas a la caída de un rayo sobre las líneas o en sus proximidades.

Entre otros equipos y medios para la protección contra las sobretensiones se emplean los llamados "descargadores" (un ejemplo serían los pararrayos), cuya misión es precisamente descargar a tierra dichas sobretensiones, evitando que lo hagan a través de los aisladores o perforando el aislamiento, con lo que se pueden producir graves daños a los equipos. Estos equipos se describieron en el capítulo anterior.

Subtensiones

Una subtensión es todo descenso de la tensión por debajo de su valor nominal. El problema que origina este tipo de perturbación es que al no variar la carga conectada se compensa con un aumento de corriente que puede llegar a provocar una sobreintensidad.

Desequilibrio

Un sistema se considera desequilibrado cuando las corrientes de cada fase tienen diferente magnitud y/o ángulo. Las causas de estas asimetrías son por un reparto desigual de las cargas o por averías o incidencias de la propia red de AT.

Retornos de energía

Se considera cuando la energía tiene sentido contrario al establecido, el sentido de la energía se determina de acuerdo a unos criterios generales que son los siguientes:

- Los generadores deben aportar energía a las barras.
- Las líneas de AT deben transportar hacia las distintas subestaciones.
- Las subestaciones deben alimentar la red de distribución.

Las causas por las que esta perturbación puede tener lugar son muy diversas, desde factores atmosféricos y climáticos, hasta envejecimiento del aislamiento, influencia de animales y vegetales, fallos electromecánicos o factores humanos.

8.6.1 Protecciones en 220 kV

Se enumeran y detallan las protecciones que se implementarán en la parte de Alta Tensión 220 kV.

FUNCIONES DE PROTECCIÓN

- 2 Discordancia de polos (2.1 + 2.2 cada uno actuando sobre una bobina de disparo).
- 3 Supervisión de la bobina de disparo (3.1+3.2).
- 50BF Fallo del interruptor.
- 21 Protección de distancia.
- 87T Protección diferencial de transformador (87T1/2-1 + 87T1/2-2 redundantes).
- 67 Protección de sobreintensidad direccional.

- 67N Protección de sobreintensidad direccional de neutro.
- 81M/m Protección de sobre/sub-frecuencia.
- 27 Protección contra mínima tensión.
- 59 Protección contra máxima tensión.
- 25 Protección de sincronismo.
- 79 Protección de reenganche.
- 64 Protección contra faltas a tierra.
- 50/51 Protección de sobreintensidad instantánea/temporizada de fase.
- 51N Protección de sobreintensidad de neutro instantánea/temporizada.
- 63 Relé Buchholz.
- 49 Relé imagen térmica.
- 26 Relé de temperatura.
- 71 Relé de nivel de aceite.
- 86 Disparo y bloqueo de cierre.

Dichas protecciones se clasifican según su ubicación en la subestación:

- Protecciones de barras.
- Protecciones de línea.
- Protección lado 220 kV transformador.

8.6.1.1. Protecciones de barras

Las barras de las subestaciones son elementos críticos en una red eléctrica. Debido a que una falta en una barra requiere desconectar todos los elementos conectados a la misma.

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

8.6.1.2. Protección de sobretensión

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

Las sobretensiones permanentes que soportan los equipos provocan una disminución de su vida útil, por esto es necesario limitar el tiempo de duración de las sobretensiones, considerando que cuanto mayor sea la sobre tensión, su duración permisible.

8.6.1.3. Protección de fallo de interruptor

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

Cuando un relé de protección detecta una falta o una condición anómala de funcionamiento dará orden de disparo al interruptor, existe el riesgo de que no se produzca la apertura del circuito por falta del interruptor al efectuar dicha maniobra. En esta situación, dada la condición de falta, no debe retrasar la apertura del circuito, por lo que es necesaria una protección para prevenir la falta del interruptor.

Cuando la protección da la orden de disparo del interruptor a la vez se inicia el temporizador de fallo de interruptor. Si el interruptor no abre, una vez transcurrido el tiempo suficiente, se dispararán los interruptores necesarios que estén asociados a este circuito.

Esta falta se podrá producir por diferentes fallos en el cableado de control, en las bobinas de apertura, en el mecanismo propio del interruptor o dentro del equipo al extinguir el arco eléctrico.

El principio de detección se basará en la medición de la corriente que circula por el interruptor, después de una orden de apertura por parte de las protecciones la corriente deberá ser cero si la apertura del circuito ha sido correcta.

Al producirse una falta de interruptor se deberá proceder de la siguiente manera:

- En primera instancia se deberá efectuar una orden de apertura a ambas bobinas de apertura del interruptor.
- En segunda instancia se deberá proceder con la apertura de los interruptores vecinos de manera que se pueda obtener la apertura del circuito deseado, al mismo tiempo que se consigue aislar al interruptor que ha fallado.
- La falta de interruptor deberá concluir en una apertura y bloqueo de cierre del interruptor hasta detectar la causa de la falta.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 79 de 98	

El modo de vigilancia será por contactos auxiliares del interruptor.

8.6.1.4. Protección de sincronismo

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

8.6.1.5. Protección de AT (220 kV) del transformador: Protección diferencial

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

8.6.1.6. Protección de AT (220 kV) del transformador: Protección de sobreintensidad 50-50N/51-51N

La protección de sobreintensidad se basará en la medida de las intensidades de fases y neutro en una posición del sistema eléctrico, evitando que se alcancen valores que puedan dañar los equipos instalados. Controlará la intensidad de paso por el equipo protegido y cuando el valor es superior al ajustado en el relé, se producirá el disparo del interruptor, activación de una alarma óptica o acústica, etc.

Dado que la mayoría de las faltas que se producen en el sistema eléctrico van acompañadas de un incremento considerable de la intensidad, esta protección cuenta con un amplio campo de aplicación. Al utilizar sólo la medida de intensidades, los equipos para protección de sobreintensidad son sencillos y económicos.

Antes de continuar con la definición de la protección de sobreintensidad es importante tener en cuenta que la mayoría de los equipos eléctricos, líneas aéreas, cables subterráneos, transformadores, motores, generadores, reactancias y banco de condensadores se caracterizan por tener una curva de daño que se ajusta a la fórmula:

$$I^2t = K$$

Esta fórmula representa la curva de daño que se muestra en la siguiente imagen:

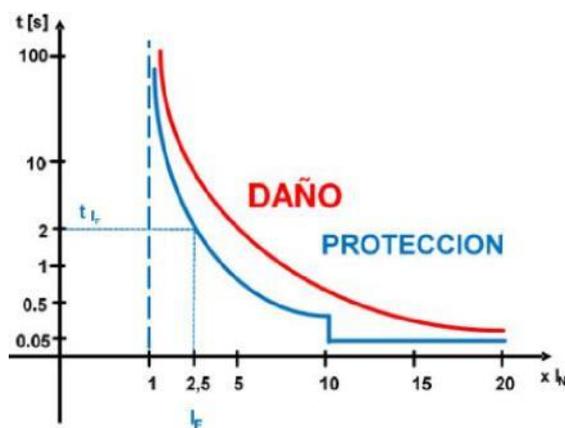


Ilustración 22. Curva de daño (rojo) y disparo por sobreintensidad (azul).

Esta gráfica indica que intensidades ligeramente elevadas pueden ser soportadas bastante más tiempo que intensidades muy elevadas cuyo efecto es perjudicial si se mantiene un poco más del tiempo admisible.

Si al equipo eléctrico considerado se le aplica una intensidad I_F durante un tiempo t_{IF} resultará dañado ya que se alcanza su curva de daño. Debe evitarse, por tanto, que se superen intensidades excesivas durante demasiado tiempo, por lo que el equipo eléctrico debe ser utilizado lejos de su curva de daño.

Es precisamente la misión de la protección de sobreintensidad, impedir que sea superada la curva de daño del equipo protegido, dando orden de disparo al interruptor correspondiente. Esto se consigue dotando a la protección de sobreintensidad de una característica de disparo situada claramente por debajo como podemos observar en la figura anterior.

Así, para una intensidad I_F se disparará la protección en el tiempo t_{IF} se alcance la zona de daño del equipo.

Las protecciones de sobreintensidad se clasifican en función de su característica de disparo en instantáneos y temporizados:

Instantáneos

Los relés instantáneos no tienen dispositivo de retardo, o sea, su actuación se produce en cuanto la magnitud eléctrica controlada alcanza el valor de ajuste.

En la figura siguiente se indica la característica de funcionamiento de un relé de sobre intensidad instantáneo.

Si la intensidad es inferior o igual a $I_{>>}$ el relé no dispara, si la intensidad es mayor que $I_{>>}$ el relé dispara transcurrido un tiempo igual a t , que en relés modernos es del orden de milisegundos, considerándose por lo tanto prácticamente instantáneo.

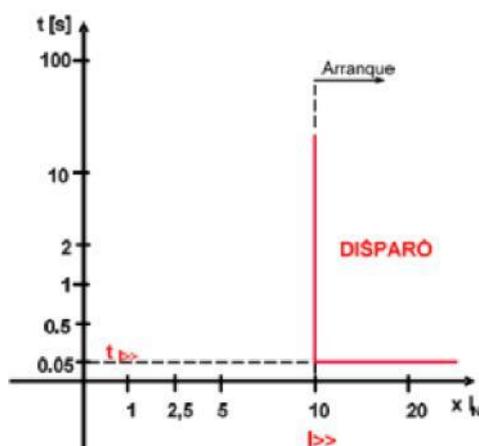


Ilustración 23. Característica de funcionamiento de un relé instantáneo.

Temporizados

En estos relés la actuación se producirá después de un cierto tiempo a partir del instante en que la magnitud controlada alcance el valor ajustado. Pueden ser relés de retardo independiente (de tiempo fijo) o relés de retardo dependientes.

En los relés de disparo independiente o de tiempo fijo, el tiempo de retardo no depende de la magnitud medida. En la figura siguiente se indica la característica de funcionamiento de un relé de sobreintensidad de tiempo independiente con dos niveles:

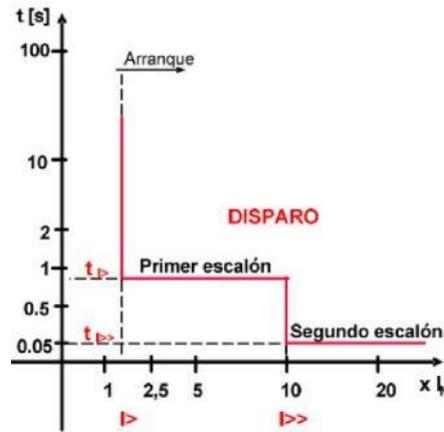


Ilustración 24. Característica de funcionamiento de un relé temporizado.

Si la intensidad es inferior o igual a I_p el relé no dispara, pero si la intensidad es mayor que I_p y menor que $I_p \gg$ el relé dispara transcurrido un tiempo igual a t_p , si la corriente es mayor a $I_p \gg$ el tiempo transcurrido hasta que el relé dispare será $t_p \gg$, estos tiempos tendrán un tiempo mínimo de ajuste que corresponde al tiempo mínimo de actuación del relé.

En los relés de tiempo dependiente o de característica inversa el tiempo de retardo es función de la magnitud medida. En la figura siguiente se indica la característica de funcionamiento de un relé de sobreintensidad de tiempo dependiente con característica inversa en el nivel 2 y con temporización de tiempo independiente en el nivel 1:

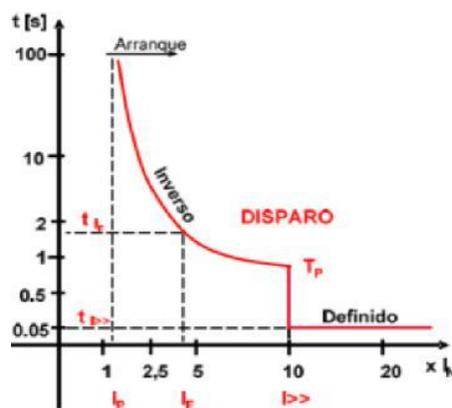


Ilustración 25. Característica de funcionamiento de un relé de dos niveles (tiempo inverso y fijo).

Como se puede observar en la figura para un valor menor de I_p el relé no dispara, cuando el valor de la corriente se encuentra entre los valores I_p e $I_p \gg$, la curva de disparo es inversa, y el disparo se hará transcurrido un tiempo t_{if} que es dependiente del valor de la corriente. En el siguiente periodo cuando

la corriente supera el valor $I \gg$ el relé se comporta como uno de tiempo independiente, es decir el tiempo de operación se reduce a $tI \gg$.

Según la norma IEC existen tres tipos de curvas características de los relés con temporización dependiente normalmente inversa, muy inversa y extremadamente inversa. Se muestran en la siguiente figura.

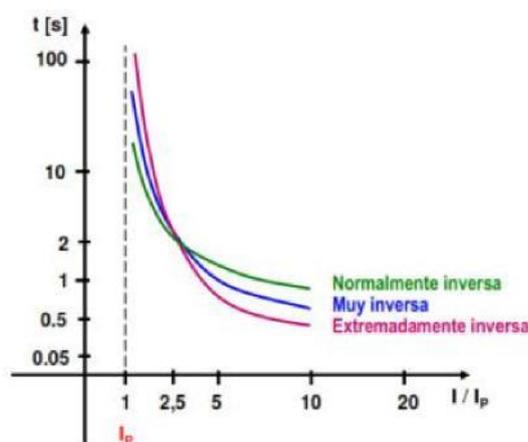


Ilustración 26. Protección de sobrecorriente con característica de tiempo dependiente.

La protección de sobrecorriente actúa ante cortocircuitos, cuando la corriente es muy elevada ($I_{cc} \approx 20I_n$) y es necesario despejarla en un tiempo muy rápido, de forma instantánea, que sólo se temporiza por necesidades de coordinación. El código ANSI de esta protección es el 50/50N. La curva característica de disparo es de tiempo definido.

Esta protección también actúa sobre las corrientes elevadas provocadas por una sobrecarga ($I_{sc} \approx 1,4I_n$), despejando en el tiempo dado por la característica del disparo seleccionada, mediante un elemento temporizado. El código ANSI es 51/51N. La curva característica de disparo puede ser de tiempo definido o de tiempo inverso.

8.6.1.7. Protección en AT (220 kV) del transformador: Protección de fallo del interruptor

La protección de fallo de interruptor de transformador tiene la misma funcionalidad que la de la posición de línea previamente descrita, por lo cual se obvia la explicación.

8.6.1.8. Protección en AT (220 kV) del transformador: Protección de sincronismo

La protección de sincronismo de transformador tiene la misma funcionalidad que la de la posición de línea previamente descrita, por lo cual se obvia la explicación.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 84 de 98	

8.6.1.9. Protección en AT (220 kV) del transformador: Protecciones propias del transformador

- Relé Buchholz.
- Imagen térmica.
- Válvula de alivio.
- Temperatura.
- Cambiador de tomas (sólo alarmas).

8.6.2 Protecciones de 30 kV

Funciones De Protección

- 50/51 Protección de sobreintensidad instantánea/temporizada de fase.
- 50N/51N Protección de sobreintensidad de neutra instantánea/temporizada de fase.
- 67/67N Protección de sobreintensidad direccional de fase/neutro.
- 27 Protección contra mínima tensión.
- 59 Protección contra máxima tensión.
- 81M/m Protección a mínimo y/o máximo de frecuencia.
- 25 Protección de sincronismo.
- 50BF Protección de fallo de interruptor.
- Función Oscilo.

8.6.2.1. Protecciones en MT (30 kV): Sobreintensidad fases y neutro

La protección de sobreintensidad (50-50N y 51-51N) tiene la misma funcionalidad que la de la posición de transformador previamente descrita, por lo cual se obvia la explicación.

8.6.2.2. Protecciones en MT (30 kV): Sobretensión y subtensión

Las protecciones de sobretensión (59) y subtensiones (27) de fase cumplen los mismos principios que en las posiciones de línea, previamente descritas, por lo que se obvia la descripción de las mismas.

La subestación contará con un sistema de control integrado que comprende el alcance descrito en los siguientes apartados:

8.7 Equipos de Medida Fiscal

En conformidad con el esquema de protección y medida que se adjunta en este proyecto y con la aprobación final de SIMEL, se instalarán los armarios necesarios para los equipos de medida, equipados debidamente con lo necesario. Se cumplirá así mismo con lo preceptuado en el Reglamento Unificado de Puntos de Medida y requisitos de REE.

El esquema de medida que se propone y que deberá ser aprobado por SIMEL es el que se muestra en el plano del esquema unifilar de protección y medida, donde se realizará la medida principal y redundante de cada posición de transformador 220/30 kV. en el lado de 220 kV, y la medida comprobante se realizará en la posición de salida de línea AT a la Subestación Las Gabias 220 kV de REE.

Esta configuración se aplicará para las dos plantas FV Crisadar Gabias y FV Solar Gabias 1.

8.8 Sistema de Control

El sistema de control ofrece la posibilidad de maniobrar los equipos y aparatos de la subestación, para esto debe saber en todo momento cómo está cada uno de los equipos (abierto o cerrado) y además debe ser informado antes de que cualquier dispositivo eléctrico sea maniobrado. Al diseñarlo, los principales objetivos son la confianza, seguridad y reducción de costes.

Actualmente, la utilización de la tecnología disponible ofrece nuevas posibilidades tales como autosupervisión, análisis de señales, facilidades computacionales para los algoritmos de protección y control (diagramas lógicos de control), almacenamiento de datos, manejo de eventos y análisis de incidencias. Incluso se han logrado una reducción significativa del espacio físico requerido para estos equipos, así como una significativa reducción en la cantidad de cable utilizado. Esto influye directamente en una reducción del coste del proyecto, mejoras en la operación y planificación del mantenimiento y brindan una serie de beneficios que representan ventajas importantes a la hora de compararlos con los sistemas convencionales.

Dependiendo de las necesidades de operación particulares de cada subestación eléctrica pueden existir varios niveles de control, puede existir una operación local a nivel del propio equipo, como una operación remota desde el edificio de control o despacho de carga de la compañía alejado del parque. Para la operación coordinada de los diferentes niveles de control se emplean redes y medios de comunicación.

Por lo general, desde el punto de vista de control una subestación eléctrica está dividida en tres niveles, en función de las necesidades de operación particulares.

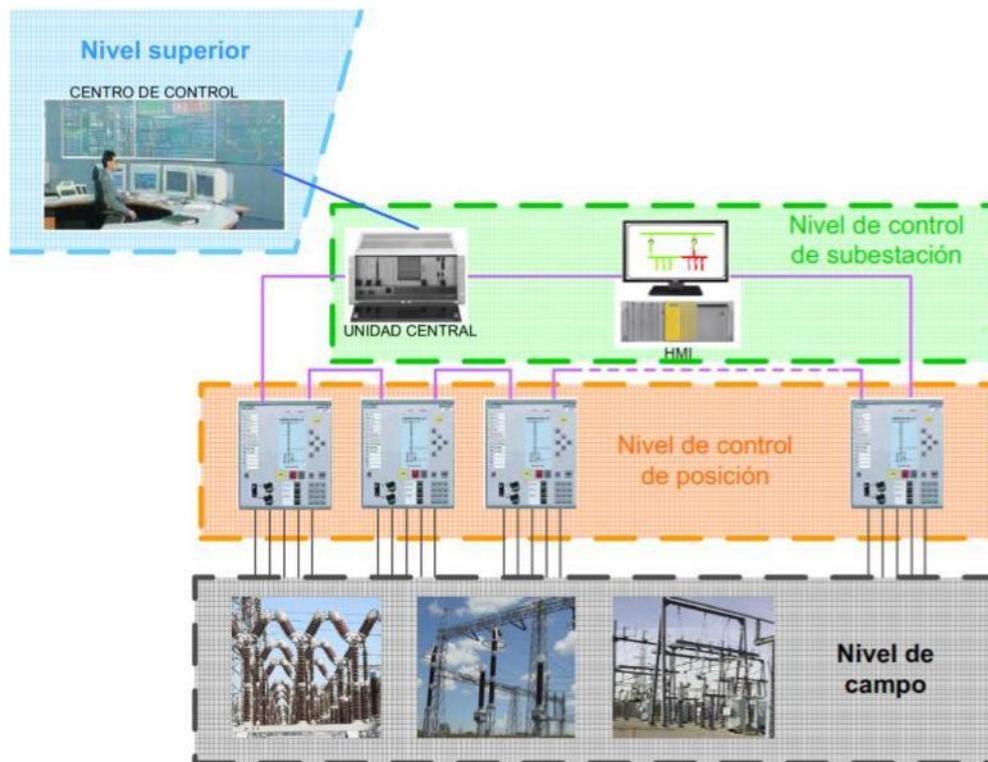


Ilustración 27. Niveles de control de una subestación.

El primer nivel observado en la figura está compuesto por equipos primarios (seccionadores, interruptores, transformadores de corriente y tensión), se denomina nivel de campo.

El control de este nivel reside en el propio mando del interruptor y seccionador y en la lógica de control implementada en el propio cuadro de mando. En este nivel también se encuentran los canales de comunicación encargados de establecer el intercambio de datos y órdenes entre el control digital y los equipos de alta tensión. Estos canales están conformados por cables de cobre multiconductores que deben estar diseñados de manera que establezcan una barrera contra las interferencias electromagnéticas, deben contar con el aislamiento galvánico y el blindaje apropiado. Esto se logra generalmente mediante el uso de cables de baja tensión apantallados.

El segundo nivel se denomina nivel de control de posición, formado por elementos intermedios como lo son las unidades de control de posición (tales como las protecciones) y todos aquellos elementos encargados de las funciones asociadas al conjunto de la posición, tales como: control, supervisión, enclavamientos, regulación de tensión, protección y medida.

Existen casos que los equipos empleados para la posición son equipos independientes de control, de protección, de medida y pantallas de alarma independientes, incluso se emplean uno o varios equipos de protección para cubrir las funciones de protección requeridas en la posición.

En el tercer nivel, tenemos dos unidades claves que recogen todas las señales de los niveles anteriores, éstas son la Unidad Central Subestación (UCS) y la interfaz de usuario, o HMI/SCADA, donde se pueden accionar elementos, ver un resumen de comunicaciones de los equipos de la subestación, histórico de alarmas, entre otras funciones.

Así mismo, este nivel puede realizar las funciones de supervisión y operación de la posición asociada, ante la ausencia del nivel superior, a través de interfaces de usuario en la unidad controladora de posición.

La unidad de control, al igual que los relés de protección o los equipos multifunción (control y protección), cuentan con facilidades de comunicación que permiten implementar redes de comunicación para el intercambio de información entre los elementos del propio nivel de posición y hacia niveles superiores, como el nivel de control de la subestación o el sistema SCADA de la subestación.

El controlador de la posición envía al SCADA de subestación las señales de medición, los estados y los controles para todos los interruptores y seccionadores de la posición controlada. El envío de los estados y cambios de estado en general se hace con un formato que permite al sistema SCADA de la subestación recibir los eventos con un tiempo asociado.

En la posición también se realiza la automatización de los enclavamientos por medio de lógica programada en la propia unidad de control de la posición.

Finalmente, en muchos casos, la unidad de control de la posición dispone de una interfaz mímica local para el control de la posición, a través de despliegues gráficos configurables dispuestos en el frente del terminal de control. Desde dicho interfaz se podrán ejecutar maniobras y se dispondrá de información relevante como señalización, alarmas e incluso medidas.

8.9 Sistema de Comunicaciones

Las necesidades de servicios de telecomunicaciones consisten en servicios de telefonía, canales de comunicación para las protecciones de línea, circuitos de telecontrol y de telegestión. Para la

comunicación de las protecciones se utilizarán enlaces por fibra óptica para las protecciones primarias, secundarias y teledisparo. Se dotará al edificio de control de la subestación de fibra óptica multimodo y red de telefonía con protocolo IP.

En la Subestación se instalará una central telefónica para dar los servicios necesarios. Para la integración de esta central en la red IP se utilizará por un lado un router conectado con 2 tramos de 10 Mbits con la central que se determine y por otro lado con 1 switch. Se instalarán dos estaciones base DECT para la telefonía inalámbrica. Una de ellas en el interior del edificio de mando y otra en la cubierta de este. Esta última será de intemperie y dispondrá de una antena direccionable que proporcione cobertura en la totalidad de la Subestación.

Las alarmas emisión/recepción del equipo terminal de onda portadora y la alarma general de la teleprotección de baja frecuencia se cablearán a relés auxiliares para su supervisión.

La telegestión de equipos se realizará a través de la red IP. Para los servicios de telefonía y datos, en el edificio de mando, se instalará cableado estructurado mediante cables de categoría 5 o superior. Este cableado partirá del armario principal de comunicaciones ubicado en dicha sala, y llegará radialmente a todas las dependencias y casetas donde sea necesario.

Para interconectar el CCS con las miniULC's de las posiciones, al igual que las protecciones primarias con la sala de comunicaciones, se dispondrá de una red doble estrella para la cual se colocarán dos cables dieléctricos antirroedores de 16 fibras ópticas multimodo entre las casetas y la sala de comunicaciones del edificio de control donde se instalará un armario repartidor por dos canalizaciones diferentes, a ser posible. También se tenderán 6 cables de 16 fibras ópticas multimodo entre la sala de comunicaciones y la sala de control.

8.10 Sistema de Seguridad

El sistema de detección de intrusos estará formado por:

- Central de detección general.
- Detectores volumétricos infrarrojos en el interior del edificio.
- Contactos magnéticos en las puertas del edificio.
- Cámaras de circuito cerrado para el visionado íntegro de la subestación

8.11 Protección contra incendios

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

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

8.11.1 Detección de incendios

La instalación de detección estará formada por los siguientes equipos:

- Una central de detección de incendios algorítmica con el número de bucles necesarios, a situar en el interior de un armario metálico en la sala de control y comunicación e interconectada a puesto de control por sistema centralizado con interfaz de comunicaciones con marcador telefónico vía GSM o con red Ethernet vía TCP/IP a central corporativa de la Propiedad.
- Sirenas de interior en la sala GIS y sala de servicios auxiliares (una en cada sala).
- Detectores ópticos de humo, con LEDs de alarma que se activan de tal manera que permiten la visión del detector desde cualquier ángulo, con sistema magnético de prueba. Se instalarán en la sala de control y en las salas GIS.
- Detectores termo-velocimétricos con doble circuito de detección, disparo a 90°C y sistema magnético de prueba. Se instalarán en los cubículos de los transformadores.
- Detectores de llama por barrera de infrarrojos en la sala GIS.
- Pulsadores manuales de alarma. Deben permitir provocar voluntariamente y transmitir una señal a la central de detección de incendio, de tal forma que sea fácilmente identificable la zona en que se ha activado el pulsador.

8.11.2 Extinción de incendios

Los transformadores de potencia son los elementos con mayor riesgo de incendio en toda la instalación, debido a su contenido de aceite, y es donde se centrarán

En la zona de los cubículos de los transformadores y como medida para la extinción de incendios, se instalarán extintores de 25 kg de polvo químico ABC sobre carro móvil con ruedas, para facilitar su desplazamiento y utilización donde sea necesario.

Asimismo, y como medida preventiva para evitar la propagación a otros transformadores cercanos en caso de incendio, se construirán muros cortafuegos entre ellos.

En el resto de la subestación se colocarán también, otros extintores móviles o portátiles de extinción para su uso manual.

En ningún caso se aplicará ningún método ni sistema de extinción automática de incendios para combatir un fuego en la parte de 220 kV.

En el parque intemperie y sala de celdas se ubicarán extintores de polvo ABC para incendios en zonas hasta 30 kV.

Básicamente, los sistemas de extinción de incendios que se proyectan dentro de la subestación, tanto en el recinto exterior del parque intemperie de 220 kV. como en el interior del edificio de celdas MT y control, serán los siguientes:

- Sistemas de extinción manual
 - Extintores portátiles de CO₂ de 5 kg, eficacia mínima 89B.
 - Extintores portátiles de polvo ABC de 6 kg, eficacia 21A-144B.
 - Extintores móviles de 25 kg, de polvo químico ABC, sobre carro móvil con ruedas.

8.12 Obra Civil

La ejecución de la subestación requerirá la realización de los trabajos de obra civil siguientes:

- Movimiento de tierras incluyendo la adecuación del terreno, explanaciones y rellenos necesarios hasta dejar a cota la plataforma sobre la que se construirá la subestación.
- Ejecución de viales de acceso y de viales interiores de la subestación.
- Urbanización del terreno incluida la capa de grava superficial.
- Construcción de un edificio para albergar los equipos de control, sistemas de medida, protección y comunicaciones y los servicios auxiliares de CA y CC; así como las celdas de MT que acometerán las líneas de parque en 30 kV.

- Sistema de drenajes, abastecimiento de agua y saneamiento de la instalación. - Cimentaciones, bancadas para los transformadores y muro cortafuegos. - Arquetas y canalizaciones para el paso de cables.
- Cierre perimetral, puerta de acceso y señalización.
- Se detallan a continuación aspectos principales de la obra civil de la subestación.

8.13 Movimiento de tierras

La plataforma explanada será completamente horizontal.

Se determinará el Nivel de terreno explanado (NTE) de la plataforma en base a:

- La topografía de la parcela.
- Las características del terreno que se describan en el informe geotécnico.
- Los métodos de ejecución y materiales indicados en las prescripciones generales para las obras de carreteras y puentes en vigor.
- Los accesos y drenajes previstos.

Los desmontes o terraplenes no tendrán una altura superior a 2 m. Todas las edificaciones que se requieran deberán separar su línea de fachada de la base o coronación de un desmonte o terraplén una distancia mínima de 3 m.

La pendiente de los taludes no podrá ser superior al 50%.

La categoría de la explanada será E1 (módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga según NLT-357 \geq 60 MPa). Para su formación únicamente se permitirá el empleo de los siguientes suelos definidos según el artículo 330 del PG3:

- Suelos seleccionados: Serán los que se utilicen para la coronación de la plataforma.
- Suelos Adecuados y/o Tolerables: Se utilizarán en cimientos y núcleos de rellenos.

El material clasificado como marginal o inadecuado no podrá ser utilizado en ninguna parte de la obra.

Todas las tierras procedentes de desmontes y excavaciones serán depositadas en vertederos autorizados.

Se extenderá tierra vegetal en los taludes como soporte de una posterior siembra o revegetación de manera que todas las superficies queden integradas en el entorno textural y cromáticamente. El orden de realización de los trabajos será:

- Extendido de tierra vegetal sobre las superficies.
- Preparación del terreno.
- Siembra/revegetación.

8.13.1 Protección de la plataforma frente a escorrentías

Se deberá proteger la plataforma frente a la escorrentía superficial, evacuando esta hacia zonas más bajas. También será necesario proteger las zonas de recepción para evitar la erosión y reducir la velocidad del agua (podrán usarse empedrados o soluciones equivalentes).

En el camino de acceso a la parcela se construirá un sistema similar al de la plataforma, con los drenajes transversales, caños, bajantes, etc. que sean necesarios. El drenaje comprenderá:

- La recogida de las aguas pluviales o de deshielo procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante cunetas y sus imbornales y sumideros. Se tendrá en cuenta la construcción de terraplenes y desmontes que se hayan podido ejecutar junto con la explanada, de manera que en la superficie de recogida de precipitaciones (dato inicial) se considerará, además de la superficie propia de la plataforma, la superficie correspondiente a la proyección horizontal de los terraplenes.
- La evacuación de las aguas recogidas a través de arquetas y colectores longitudinales, preferentemente y siempre que sea posible a sistemas de alcantarillado. En caso de no ser posible la conducción hasta un sistema de alcantarillado, el vertido se podrá realizar por playa de grava, vertido natural o pozo filtrante.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la instalación, mediante su acondicionamiento y la construcción de obras de drenaje transversal.

8.13.2 Muros de escollera u hormigón armado

Si al ejecutarse la explanada, las laderas o taludes presentan problemas de estabilidad, estará justificada la ejecución de muros, que deberán proporcionar un nivel de contención o de sostenimiento adecuado.

Para el proyecto y ejecución de los muros de escollera, se seguirá en todos los casos los criterios de diseño y cálculos establecidos en la Guía para el Proyecto y la ejecución de Muros de Escollera en Obras de Carretera del Ministerio de Fomento.

En el caso de que se decida ejecutar un muro fabricado con hormigón armado, el material a emplear deberá ser el siguiente:

- Hormigón HA-25/P/20/IIa ($f_{ck} > 25$ N/mm² a los 28 días). Coeficiente parcial de seguridad del hormigón de 1,5.
- Acero B500S ($f_y > 500$ N/mm², $f_s > 550$ N/mm²). Coeficiente parcial de seguridad para el acero de 1,15.

8.13.3 Cierre perimetral de la subestación

Se construirá un cerramiento a lo largo de todo el perímetro de la instalación, situado a una adecuada distancia de los taludes de desmonte y de la plataforma en la zona de terraplén.

El cerramiento estará formado por una cimentación de apoyo de hormigón armado, postes metálicos galvanizados de perfil circular y malla de simple torsión con recubrimiento plástico.

A lo largo del trazado de la valla se utilizarán postes intermedios y de tornapuntas en los cambios de dirección, en cada esquina y al principio del cerramiento. Se dispondrán mechinales de desagüe a lo largo de todo el murete de cerramiento.

Las funciones principales de este vallado serán las siguientes:

- Evitar que personas ajenas a la subestación lleguen a estar próximas a elementos en tensión, protegiéndolas de su integridad física.
- Proteger las instalaciones de posibles daños intencionados.
- Evitar posibles robos en las instalaciones y en el edificio de celdas control.
- Para el acceso a la instalación se dispondrá una puerta metálica de al menos 7 m. libres para acceso de maquinaria y vehículos.

La totalidad de los accesos a la subestación, edificio principal y anexos estarán dotados de la señalización reglamentaria para instalaciones de Alta Tensión, compuesta por pictogramas que adviertan del peligro de la instalación.

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 94 de 98	

8.13.4 Cimentaciones

Para soporte y sujeción de los elementos instalados en la subestación, se dispondrá de cimentaciones adecuadas a tal efecto. Las cimentaciones a construir son las de los pórticos de líneas, soportes para embarrado de 220 kV y para apartamento de parque intemperie. Estas serán de hormigón en masa (salvo armaduras para retracciones del hormigón) y llevarán placas de anclaje de las estructuras sobre sus peanas (2ª fase de hormigonado).

Las fundaciones serán definidas de acuerdo a las estructuras a cimentar y a la naturaleza del terreno.

8.13.5 Cimentación para transformador y sistema de recuperación y recogida de aceite

Para la cimentación y movimiento de los transformadores se realizarán unas bancadas de raíles para facilitar su desplazamiento.

Estas bancadas realizarán también el trabajo de recuperación de aceite en el caso de una eventual fuga del mismo desde la cuba del transformador y, por lo tanto, estarán unidas al depósito general de recogida de aceite mediante tuberías.

La bancada de los transformadores se diseñará como una viga elástica apoyada en el terreno y con una carga uniformemente repartida igual a la presión que ejerce sobre el terreno toda la fundación con una acción 1,25 veces el peso del transformador más el peso propio.

El depósito de recogida de aceite, conectado con las bancadas de los transformadores, estará constituido por muretes de hormigón armado sobre solera del mismo material. La parte superior estará formada por un forjado unidireccional formado por viguetas de hormigón pretensado y bovedilla cerámica.

La capacidad del depósito de aceite corresponderá al volumen de dieléctrico de uno de los transformadores, mayorada en previsión de entrada de agua.

8.13.6 Abastecimiento de agua y evacuación de aguas residuales

Para el abastecimiento de agua se realizará mediante depósitos destinados únicamente a este uso. El sistema de abastecimiento contará con equipos destinados al tratamiento antilegionela, según el Real Decreto 865/2003, de 4 julio.

Las aguas fecales pasarán desde el aseo a una fosa séptica estanca. La retirada de los residuos generados será llevada a cabo por un gestor autorizado.

8.13.7 Edificio

El edificio que albergará las instalaciones de interior será del tipo prefabricado de hormigón compuesto por un cerramiento exterior formado por paneles de hormigón armado con malla doble de acero electrosoldada de una sola planta, con una altura máxima de 3,5 m.

El edificio estará constituido por las siguientes salas:

- Sala de Control y servicios auxiliares.
- Sala de Celdas de Media Tensión (donde se ubicarán también los TSA).
- Sala de Promotores.
- Aseos.
- Almacenes.

La sala donde se instalen los armarios de control y protecciones y los cuadros de baja tensión dispondrá de suelo técnico para facilitar la instalación de los cables.

En la sala de cabinas de MT se dispondrá de un foso para la distribución de los cables de potencia.

El acceso al interior del edificio se realizará con puertas metálicas con cerradura antipánico, aislamiento acústico-térmico y con dimensiones adecuadas para el paso de los equipos a montar.

El edificio estará dotado de un sistema de climatización por bomba de calor con termostato situado en la zona de control del edificio que permitirá conservar unas condiciones uniformes de temperatura en el interior del edificio.

También estará dotado de un sistema de detección de incendios a base de detectores termovelocimétricos y ópticos, y en un sistema de alarmas mediante pulsadores manuales localizados en puntos estratégicos con el fin de que el personal que primero localice un incendio pueda dar la alarma sin esperar la actuación del sistema de detección. El edificio también estará dotado de sistema anti-intrusismo con alarma.

Se instalará una central de alarmas y señalización con capacidad para todas las zonas de detección. Esta central de alarmas será común a ambos sistemas (antiincendios y antiintrusismo), tendrá un

	Nombre del Proyecto: Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-309.00.01	Revisión: 00
	Página 96 de 98	

número de zonas suficiente para cubrir las necesidades de ambos, y de ella partirá una señal para la señalización local y otra hacia el sistema de comunicaciones.

Se dotará de equipos de extinción dotado de extintores móviles de 5 kg. de capacidad de CO2 en el interior del edificio.

El sistema de alumbrado permitirá conseguir los niveles de iluminación reglamentarios.

Su distribución será empotrada en falso techo en la zona de control, y de forma uniforme evitándose sombras y zonas de baja luminosidad que dificulten las labores de control y de explotación.

En los puntos que así se requiera se dispondrá de un alumbrado localizado que refuerce al general de la instalación.

Los circuitos de alumbrado se alimentarán desde el cuadro de Servicios Auxiliares donde se dispondrán los interruptores magnetotérmicos de protección de los diferentes circuitos, así como los dispositivos de protección diferencial de los mismos.

El edificio estará dotado de los sistemas de alumbrado de emergencia necesarios de arranque instantáneo ante la ausencia de la tensión principal. Los equipos serán autónomos, de la potencia y rendimiento reglamentario. Además de las funciones propias de alumbrado en emergencia, cumplirán también las de señalización de los diferentes puntos de salida y evacuación del personal.

9. Plazo de ejecución de las obras

El plazo de ejecución de las obras definidas en el presente proyecto de construcción de la nueva subestación Colectora San Saturnino 220/30 kV será de aproximadamente 14 meses. La obra comenzará a partir de la obtención de todos los permisos y licencias administrativas, siendo el programa de construcción y puesta en marcha el que se muestra en el cronograma siguiente:

Programa de Ejecución para la construcción de Subestación San Saturnino y Líneas en nudo Gabias														
Etapas de Proyecto	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
	sep-21	oct-21	nov-21	dic-21	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22	jun-22	jul-22	ago-22	sep-22	oct-22
1. Ingeniería: fase constructiva	■	■	■	■	■									
1.1 Ingeniería: As Built y Puesta en Marcha												■	■	■
2. Autorizaciones Administrativas: fase previa	■	■	■											
2.1 Autorizaciones Administrativas: legalizaciones y gestiones finales en Industria/REE														■
3. Construcción: Obra Civil		■	■	■	■	■	■	■						
4. Suministro de Equipos			■	■	■	■	■	■						
5. Construcción: Montaje					■	■	■	■	■	■	■			
6. Pruebas individuales de los diferentes Sistemas										■	■	■		
7. Pruebas en Tensión con Suministro a Red (1ª Sincronización)												■	■	■
8. Puesta en Servicio Comercial: acta de puesta en marcha														■

Tabla 25. Programa de Ejecución Subestación Eléctrica 220/30 kV San Saturnino.

10. Resumen del presupuesto

El presupuesto de ejecución por contrata del presente proyecto asciende a la cantidad de tres millones ochocientos dos mil seiscientos diecinueve euros con setenta y siete céntimos (3.802.619,77 €)

A continuación, se presenta un resumen de los diferentes capítulos del presupuesto.

Subestación Colectora 220/30 KV San Saturnino - Nudo Gabias		
Ítem	Descripción	Costo Total (€)
1	Obra Civil	297.828,66
2	Suministro de Equipos y Materiales	2.741.714,50
3	Ingeniería, montaje y otros	254.523,05
4	Gestión de residuos	6.834,60
5	Seguridad y Salud	5.725,08
Presupuesto Total de Ejecución Material		3.306.625,89 €
Gastos Generales (9%)		297.596,33 €
Beneficio Industrial (6%)		198.397,55 €
Presupuesto Total de Contrata		3.802.619,77 €

Tabla 26. Resumen de presupuesto.

El Ingeniero Técnico Industrial,
Juan Carlos Cortés Rengel,
Colegiado COPITIMA 3832
Málaga, noviembre de 2020