



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Alumno: Pedro García Parra

Tutor: Prof. D. Manuel Ortega Armenteros
Depto.: Ingeniería Eléctrica

Septiembre, 2016

UNIVERSIDAD DE JAÉN

Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

DISEÑO DE SUBESTACIÓN

TFG realizado por:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Pedro García Parra', with a stylized, cursive script.

Pedro García Parra

VºBº Tutor:

DOCUMENTOS DEL PROYECTO

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA DESCRIPTIVA

DOCUMENTO N° 2: MEMORIA DE CÁLCULO

DOCUMENTO N° 3: PLANOS

DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTO

DOCUMENTO N° 5: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO N° 6: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO N° 7: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

DOCUMENTO N°1:
MEMORIA DESCRIPTIVA

MEMORIA DESCRIPTIVA

1	Resumen.....	6
2	Objeto	7
3	Ubicación	8
4	Normativa aplicada	10
5	Descripción general	11
5.1	Hipótesis de partida	11
5.2	Características generales.....	12
5.3	Parque 220kV	13
5.3.1	Descripción	13
5.3.2	Magnitudes eléctricas	14
5.3.3	Distancias	15
5.3.4	Embarrados	18
5.3.5	Piezas de conexión.....	21
5.3.6	Características de la aparamenta.....	21
5.4	Parque de 66kV	25
5.4.1	Descripción	25
5.4.2	Magnitudes eléctricas	26
5.4.3	Distancias	27
5.4.4	Embarrados	29
5.4.5	Piezas de conexión.....	32
5.4.6	Características de la aparamenta.....	32
5.5	Transformación	36
5.5.1	Descripción	36
5.5.2	Características	36
5.6	Sistemas de puesta a tierra.....	37
5.6.1	Red de tierras inferiores.....	37
5.6.2	Red de tierras aéreas.....	37
5.7	Sistema de control y protección	38

5.7.1	Control	38
5.7.2	Protección	39
6	Instalaciones	40
6.1	Comunicaciones y telecontrol	40
6.2	Equipos de medida	40
6.3	Servicios generales	40
6.3.1	Cuadro de CA y CC	40
6.3.2	Sistemas de mando y protección	40
6.3.3	Rectificador de batería	40
6.3.4	Transformador de servicios auxiliares	40
6.4	Instalación del alumbrado	41
6.5	Sistemas de protección contra el intrusismo e incendios	41
6.5.1	Protección contra el intrusismo	41
6.5.2	Protección contra incendios	42
6.6	Señalización y cerramientos	42
7	Obra civil, estructuras metálicas y edificio	43
7.1	Obra civil	43
7.2	Estructuras metálicas	45
7.3	Edificio	46

1 RESUMEN

Debido al creciente consumo eléctrico y el grado de saturación de la red y con la finalidad de mejorar el transporte energético de España, formado por una parte de sistemas de transporte y por otra de distribución de la red eléctrica e intentando siempre hacerlo de la manera más eficiente y segura, se ha proyectado la construcción de una futura subestación constituida por dos parques, uno de 220 kV y otro de 66kV de doble barra. Este diseño está configurado para que en el caso de fallo de alguna de las barras se asegure la continuidad del suministro.

La finalidad de la subestación descrita tiene como finalidad la de hacer posible la conexión de una red de 220 kV propiedad de Red Eléctrica de España, a una red de líneas de 66 kV, cuyo utilidad está destinada a la distribución de energía.

2 OBJETO

Teniendo en cuenta aspecto técnicos, económicos y de medio ambiente, se requiere diseñar una subestación reductora con dos niveles de tensión, 220 kV y 66 kV, capaz de transformar una potencia total de 240 MVA. Dicha subestación será alimentada por dos puntos mediante dos entradas de línea de 220 kV, cuyos datos técnicos se especifican posteriormente.

Para la salida de la subestación se tienen previstas 5 salidas de línea de 66 kV, 3 de ellas en salida aérea y 2 en salida subterránea.

El sistema de 220 kV adoptara una configuración en interruptor y medio, en el que inicialmente se equiparan dos calles completas con sus debidas posiciones, con la posibilidad de aumentar el número de calles en un futuro.

Además, para dicho parque, se utilizara aparamenta de intemperie híbrida.

El sistema de 66 kV adoptara una configuración de doble barra, en el que se equiparan dos calles completas con sus posiciones. Para este parque también será utilizada aparamenta de intemperie hibrida.

3 UBICACIÓN

La subestación proyectada está prevista para su construcción en la provincia de Jaén, más concretamente en las proximidades de la localidad de Marmolejo, situada entre Andújar y Montoro. Debido a la proximidad con una central hidroeléctrica que se encuentra ubicada cercana al puente romano de Marmolejo, junto al antiguo balneario parte un carril asfaltado de 0.5 Km de longitud. Al final se encuentra la central.

La central, actualmente en funcionamiento, es del tipo de presa de pequeño embalse. El edificio de la central está a pie de presa. El edificio está en perfecto estado y se encuentra en su interior todo el equipamiento electro-mecánico necesario. Está construido a base de mampostería de piedra ordinaria recibida con mortero de hormigón.



Debido a las líneas de 220 kV que hay en la zona se situara dicha subestación en una parcela cercana situada entre la carretera A-420 y la central

hidroeléctrica y que tiene el tamaño suficiente para

albergar la subestación proyectada.



Las características del lugar de emplazamiento son las siguientes:

- Zona tipo: A (según RLAT)
- Altura sobre el nivel del mar: 245m
- Temperaturas extremas: -15oC/+50oC
- Contaminación ambiental: Media
- Nivel de niebla: Bajo-Medio
- Coeficiente sísmico básico: <0,04 g

El tamaño de ocupación será de unos 11.500 m², superficie necesaria para su construcción. Las dimensiones de la parcela a ocupar serán 100 x 120 m.

4 NORMATIVA APLICADA

Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación O.M. de 18 de Octubre de 1994, e instrucciones técnicas complementarias ITC MIE - RAT.

- En especial las ITC del “Reglamento sobre Centrales eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación:

- ITC-MIE-RAT-04: tensiones nominales.
- ITC-MIE-RAT-09: protecciones.
- ITC-MIE-RAT-12: aislamiento.
- ITC-MIE-RAT-13: instalación de puesta a tierra.
- ITC-MIE-RAT-15: instalaciones eléctricas de exterior.

- Reglamento electrotécnico para baja tensión (RBT) y disposiciones complementarias (Instrucciones MIBT, Ministerio de Industria).

- Normativa Europea EN.

- Normativa CEI.

- Normativa UNE.

- Reglamento de líneas eléctricas aéreas de alta tensión (RLAT).

5 DESCRIPCIÓN GENERAL

Los elementos y magnitudes que se muestran en este apartado tienen su justificación en el Documento nº 2: Memoria de cálculo.

5.1 Hipótesis de partida

La subestación proyectada está diseñada para ser construida en una zona de Jaén, en la que se cumplen con las siguientes características:

- Zona tipo: A (según RLAT)
- Altura sobre el nivel del mar: 245m
- Temperaturas extremas: -15oC/+50oC
- Contaminación ambiental: Media
- Nivel de niebla: Bajo-Medio
- Coeficiente sísmico básico: <0,04 g

Para diseñar la subestación se toman como parámetros de partida las características solicitadas por la entidad demandante del proyecto.

Se manda diseñar una subestación reductora, con una entrada a 220 kV y la salida a 66 kV, con una potencia total de transformación de 240 MVA.

Se necesitan dos entradas de línea que llegan al parque de 220 kV en forma simétrica. El conductor usado en ambas líneas es el LA-455 cuya corriente máxima admisible tiene el valor de 803 A.

También es necesario dotar de cinco salidas de línea el parque de 66 kV. De las cuales, tres serán líneas aéreas y las otras dos serán líneas subterráneas con canalización hasta el exterior de la subestación. Para estas líneas el conductor empleado será el conductor LA-380 que tiene una corriente máxima admisible del valor de 431 A.

Asimismo, la empresa propietaria de las líneas, ha facilitado la corriente de cortocircuito en el punto de unión con la subestación, siendo su valor de 15,3 kA.

La parcela de la cual disponemos para la construcción del proyecto, está constituida en su mayoría de un terreno llano, con escasa vegetación y con unas dimensiones de unos 12.000 m².

En cuanto a las condiciones del terreno, se ha considerado una resistividad del terreno de 100 Ω m, habiéndose extraído este valor de la instrucción técnica complementaria ITC-MIE-RAT-13.

Como resumen, destacar que se han considerado como factores de diseño:

- Tipo de subestación.
- Potencia a transformar.
- Niveles de tensión.
- Fiabilidad, continuidad y seguridad del servicio.
- Función y situación en la red de la subestación.
- Evolución futura y posibilidad de ampliación en caso de necesidad.
- Aspectos relativos a la explotación y al mantenimiento.
- Inversión.

5.2 Características generales

La subestación proyectada está designada para interconectar una red de transporte de 220 kV con una red de distribución de 66 kV.

Se ha diseñado una subestación reductora que consta de dos parques de subestación y transformación, para cumplir con este cometido.

El parque de entrada que conecta con las líneas de transporte de 220 kV, tiene por tensión nominal la misma que la de las propias líneas de entrada y esta parte se encuentra conectada al parque de 66 kV por medio de dos transformadores trifásicos con una potencia de 120 MVA cada uno.

Ambos parques contarán con la tecnología híbrida compacta aislada en hexafluoruro de azufre (en adelante SF₆). Esta tecnología reúne en una misma apareamiento los seccionadores de línea, barra y tierra, el transformador y el interruptor de intensidad necesarios para el correcto funcionamiento y maniobrabilidad de la subestación.

5.3 Parque 220kV

5.3.1 Descripción

El parque de 220kV de la subestación proyectada está designado para interconectar una red de transporte de 220 kV con una red de distribución de 66 kV a través de dos transformadores trifásicos de potencia de 120 MVA.

La configuración adoptada para este parque, es la de interruptor y medio. Con esta configuración se asegura el suministro constante de energía incluso en el caso de tener que hacer operaciones de maniobra o mantenimiento en algún embarrado o apartamenta.

El parque de 220 kV consta de:

- 2 entradas de línea de 220 kV cada una.
- 2 Embarrados principales. Cada uno de ellos con una posición de línea y otra de transformación.
- Embarrados secundarios, de interconexión con la apartamenta del parque.
- 6 equipos híbridos compactos con aislamiento en SF₆.
- 12 transformadores de tensión capacitivos, para protección y control de la entra de las líneas a la subestación.
- 18 aisladores de soporte que fijan los embarrados principales y secundarios.
- 12 autoválvulas pararrayos para la protección de la apartamenta.
- 4 pórticos para dar funcionalidad a la entrada y salida de líneas.

La superficie que ocupa el parque de 220kV es de 3.900 m². Además, para permitir operaciones de maniobra y mantenimiento en la subestación, el parque ha sido dotado de un vial en todo su perímetro.

5.3.2 *Magnitudes eléctricas*

Se han tenido en cuenta varias magnitudes eléctricas principales para el cálculo y diseño del parque

La más importante de ellas es la tensión nominal que viene impuesta por la tensión de las líneas de transporte que alimentan la subestación, de 220 kV.

Otra magnitud importante a tener en cuenta es la corriente máxima que va a circular por la subestación y que está fijada por la potencia máxima que puede transportar un circuito de la subestación en caso de fallo del otro circuito. Este valor es de 629,83 A en el caso de los embarrados principales y 310,41 A en los embarrados secundarios.

A efectos de cálculo de los esfuerzos térmicos y dinámicos, y de la red de tierra de la subestación, se considerara como corriente de cortocircuito una de 40 kA y un tiempo de extinción de la falta de 0,5 segundos. Las corrientes de cortocircuito proporcionadas por la empresa explotadora de la red eléctrica de 220 kV son de 15,3 kA en los puntos de entrada a la subestación. A pesar de estas corrientes de cortocircuito, según normativa CEI, se utiliza para el diseño de la subestación como corriente de cortocircuito de diseño una de 40 kA para el parque de 220 kV. Toda la aparamenta utilizada en ambos parques, está previamente diseñada por defecto para soportar estas corrientes de cortocircuito establecidas por la normativa.

Mediante el valor de la tensión nominal del parque citado anteriormente se deducen, de la ITC-MIE-RAT-04 e ITC-MIE-RAT-12, la tensión más elevada para el material, cuyo valor es de 245 kV, la tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial, que valdrá 460 kV, y la tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo, con un valor de 1050 kV.

Además, según estos valores de las tensiones, se puede establecer el grupo de nivel de aislamiento del parque que corresponde, según ITC-MIERAT 12, al grupo B por tener un nivel de tensión entre 52 kV y 300 kV

A modo de resumen, en la siguiente tabla se muestran todas las magnitudes eléctricas descritas arriba.

Tensión nominal	220 kV
Tensión más elevada del material	245 kV
Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo	1050 kV
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial	460 kV
Intensidad nominal	629,83 A
Corriente de cortocircuito de diseño y tiempo de extinción	40 kA 0.5 s
Grupo de aislamiento	B

Tabla 1: Magnitudes eléctricas del parque de 220kV

5.3.3 Distancias

Una buena determinación de las distancias es uno de los aspectos más importantes a la hora de diseñar y determinar las dimensiones de la subestación.

En cuanto al criterio para la determinación de las distancias mínimas que se deben cumplir, se ha utilizado ITC-MIE-RAT-12, donde se indican en función de las tensiones del arco las distancias mínimas que deben establecerse.

A continuación, para que quede constancia de que todas las distancias cumplen con la normativa, se indican las distancias mínimas que se deben establecer y las que se han establecido.

Distancia entre conductores

		Distancia mínima (cm)	Distancia Establecida (cm)
Distancia fase - tierra	Conductor estructura	190	320
	Punta estructura	240	320
Distancia fase - fase	Conductor estructura	270	400
	Punta estructura	320	400

Tabla 2: Distancia entre conductores

Distancia en pasillos de servicio y zonas de protección.

Pasillos	Distancia mínima (cm)	Distancia Establecida (cm)
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un solo lado	100	120
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados	120	150
Pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado	80	120
Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados	100	150
Altura de elementos en tensión sobre pasillos	570	750

Tabla 3: Distancias de seguridad en pasillos de inspección y maniobra

Distancias de protección contra contactos accidentales en el interior de la subestación

Distancia a zonas de protección interiores	Distancia mínima (cm)	Distancia Establecida (cm)
De elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima	323	12700
De elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima	330	10300
De elementos en tensión a cierres de cualquier tipo	350	10300

Tabla 4: Distancias en zonas de protección en el interior del recinto

Distancias de protección contra contactos accidentales desde el exterior de la subestación

Distancia a zonas de protección exteriores	Distancia mínima (cm)	Distancia Establecida (cm)
Distancia horizontal entre elementos en tensión y el cierre del recinto	470	10300

Tabla 5: Distancias en zonas de protección desde el exterior del recinto

5.3.4 Embarrados

Embarrados flexibles

Los embarrados flexibles son los utilizados para la unión de embarrados rígidos y aparos, y la unión de entradas y salidas de línea con la subestación.

En el caso del parque de 220 kV, los embarrados flexibles estarán formados por cables de aluminio con alma de acero, con la siguiente configuración y características:

- Formación: Dúplex
- Tipo: Lapwing
- Sección total del conductor: 861,33 mm²
- Diámetro exterior: 38,16 mm
- Intensidad máxima admisible: 2205 A

El amarre de conexión de los embarrados flexibles a los pórticos se realizara mediante cadenas de aisladores. Dichos aisladores serán en forma de disco y su designación es U 40 BS, sus características principales son:

- Tipo: Normal
- Diámetro: 175 mm
- Paso: 100 mm
- Línea de fuga: 185 mm
- Tensión soportada nominal: 220 kV

Para la unión de estos embarrados con los pórticos se necesitaran 16 aisladores.

Embarrados principales

Los embarrados principales de la subestación se utilizaran para conexionar las entradas de línea con las posiciones de transformación de la subestación.

Dichos tubos no pueden ser soldados en ningún punto o tramo, según normativa, por lo que deben ser fabricados en tiradas continuas y en tramos cortados o curvados en fábrica, preparados para a pie de obra sólo proceder a su limpieza y montaje posterior.

Los embarrados principales del parque de 220 kV, estarán conformados con tubos de aluminio cuyas características son:

- Aleación: AlMgSiO, 5 F22
- Diámetro exterior: 150 mm
- Diámetro interior: 134 mm
- Sección total del conductor: 3569 mm²
- Peso propio: 9,63 kg/m
- Momento de inercia: 902 cm⁴
- Momento resistente: 120 cm³
- Módulo de Young: 70.000 N/mm²
- Límite de fluencia: 160 N/mm²
- Coeficiente de dilatación: 0,023 mm/m°C
- Carga de rotura: 215 N/mm²
- Intensidad máxima admisible: 4408 A

La longitud de los embarrados será de 18 m y tendrán un diámetro externo de 150 mm y un diámetro interno de 134 mm. La distancia entre apoyos será de 8 metros y la distancia entre los tubos será de 4 metros.

Los embarrados principales hasta ahora descritos, estarán colocados sobre aisladores de soporte del tipo C10-1050. Dichos aisladores tendrán una altura de 7 metros, altura a la cual están instalados los tubos de los embarrados.

Características de los aisladores de soporte de los embarrados principales son:

- Carga de rotura a flexión: 10000 N
- Carga de rotura a torsión: 5000 N
- Altura del aislador: 2300 mm
- Altura de la pieza de soporte: 170 mm
- Diámetro del aislador: 350 mm
- Tensión nominal: 245 kV
- Tensión máxima del material: 1050 kV
- Tensión soportada bajo lluvia: 460 kV

Embarrados secundarios

Los embarrados secundarios del parque de 220 kV se utilizarán a modo de conexión entre la aparamenta y los embarrados principales.

Los embarrados secundarios del parque, estarán conformados con tubos de aluminio cuyas características son:

- Aleación: AlMgSiO, 5 F22
- Diámetro exterior: 100 mm
- Diámetro interior: 88 mm
- Sección total del conductor: 1772 mm^2
- Peso propio: 4,78 kg/m
- Momento de inercia: 196 cm^4
- Momento resistente: 100 cm^3
- Módulo de Young: 70.000 N/mm^2
- Límite de fluencia: 160 N/mm^2
- Coeficiente de dilatación: $0,023 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$
- Carga de rotura: 215 N/mm^2
- Intensidad máxima admisible: 2320 A

La longitud de los embarrados será de 9,5 m y los tubos tendrán un diámetro externo de 100 mm y un diámetro interno de 88 mm. La distancia entre apoyos será de 9,5 metros y la distancia entre los tubos será de 4 metros.

Los embarrados secundarios descritos, estarán colocados sobre aisladores de soporte del tipo C6-1050. Estos aisladores tendrán una altura de 6,1 m, altura a la cual están instalados los tubos de los embarrados.

Características de los aisladores de soporte de los embarrados secundarios son:

- Carga de rotura a flexión: 6000 N
- Carga de rotura a torsión: 3000 N
- Altura del aislador: 2300 mm
- Altura de la pieza de soporte: 140 mm
- Diámetro del aislador: 254 mm
- Tensión nominal: 245 kV
- Tensión máxima del material: 1050 kV
- Tensión soportada bajo lluvia: 460 kV

5.3.5 Piezas de conexión

Se instalarán unas piezas de conexión elásticas que permiten la dilatación de los conductores sin producir esfuerzos perjudiciales sobre los bornes de conexión para absorber las variaciones longitudinales que se producen en los embarrados, tanto primarios como secundarios, debido a los efectos de las variaciones de temperaturas.

Las conexiones entre los bornes de la aparamenta y los conductores se realizarán mediante piezas de aleación de aluminio, las cuales están diseñadas para soportar las intensidades permanentes y de cortocircuito previstas.

5.3.6 Características de la aparamenta

Módulos híbridos PASS M0S 252 kV

Los módulos híbridos con tecnología PASS, son módulos compactos de intemperie que agrupan en un único elemento el interruptor, seccionador de barras, seccionador de líneas con su puesta a tierra, y transformador de intensidad. Todo esto con aislamiento en SF₆, este tipo de aislamiento evita la creación de posibles arcos eléctricos.

Sus funciones son las siguientes:

- Interruptor: establecer, mantener e interrumpir la intensidad de la corriente de servicio, o interrumpir automáticamente intensidades elevadas que puedan dañar la subestación, tales como corrientes de cortocircuito.
- Transformador de intensidad:
 - Convertir la intensidad de línea en una más reducida y normalizada para la alimentación de los instrumentos de medida y relés.
 - Proteger la línea cuando ocurra alguna falta, evitando la alta intensidad existente al equipo de protección.
 - Proteger al personal de la subestación, de modo que la intensidad que llegue a los paneles de control sea lo bastante reducida como para no ser peligrosa su manipulación.
- Seccionadores barras: su función es la de separar físicamente y de forma apreciable a la vista del operario la unión entre las barras principales y las barras secundarias. Estos tienen la capacidad de abrirse y cerrarse siempre que la corriente que pasa por ellos sea nula o despreciable.

- Seccionador de línea: la función es la misma que la de los seccionadores de barras, pero separando físicamente la calle de la subestación de la entrada de línea.

Se reducen notablemente las dimensiones de la subestación gracias a la utilización de estos módulos compactos, ya que reúne en un único módulo toda la aparamenta descrita, por lo que se consiguen eliminar muchas distancias de seguridad y se pueden hacer las mismas maniobras en un espacio mucho menor. El volumen que ocupan estos módulos es equivalente al de un interruptor convencional de la misma clase. Además está aislado en SF₆, lo cual garantiza fiabilidad y durabilidad independientemente de las condiciones externas.

El módulo utilizado en el parque de 220 kV es el PASS M0S 252 kV de ABB.

Este modelo en concreto, está compuesto por un seccionador de barras, un seccionador de línea y su puesta a tierra, un interruptor y un transformador de tensión, por fase.

Características del módulo híbrido PASS M0S 252 kV:

- Tensión nominal de red: 220 kV
- Tensión más elevada: 252 kV
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 1050 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 460 kV
- Corriente máxima admisible: 4000 A
- Corriente de cortocircuito soportada: 50 kA
- Tiempo máximo soportado hasta despeje de falta: 3 s

Características asignadas a los interruptores automáticos:

- Fluido para el aislamiento: SF₆
- Tiempo de apertura: < 50 ms
- Tiempo de cierre: < 150 ms
- Tensión auxiliar alimentación motor: 325 V
- Tensión auxiliar bobinas de apertura: 325 V
- Tensión auxiliar bobinas de cierre: 325 V

Características asignadas a los transformadores de intensidad:

- Tipo: Toroidal
- Relación de transformación: 1200/15 A
- Potencia de los arrollamientos:
 - Secundario 1: 115 VA
 - Secundario 2: 125 VA
 - Secundario 3: 135 VA
 - Secundario 4: 135 VA

Características asignadas a los seccionadores:

- Accionamiento cuchillas principales: Motorizado
- Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra: 80 kA
- Tensión auxiliar alimentación motor y accionamiento: 325 V

Los módulos híbridos compactos son modulables y pueden ser intercambiados los seccionadores de línea y barras, para conseguir la disposición adecuada. Serán instalados a ambos lados del PASS MOS, en caso de los módulos acoplados a las barras secundarias del parque de 220 kV, módulos de seccionamiento de línea con el correspondiente transformador de intensidad toroidal.

Transformadores de tensión capacitivos

Funciones de los transformadores de tensión capacitivos instalados en el parque de 220 kV:

- Convertir la tensión de línea o barra, en otra más reducida y normalizada para la alimentación de los instrumentos de medida y de protección.
- Proteger la línea o barra cuando ocurra alguna falta, enviando las altas tensiones existentes al equipo de protección.
- Proteger al personal, de modo que la tensión que llegue a los paneles de control sea lo suficientemente reducida como para no ser peligrosas las maniobras de manipulación y colocación.
- Permitir la transmisión de señales de alta frecuencia a través de las líneas.
- Servir como instrumento de medida fiscal, para la tarificación de la energía distribuida.

En el parque de 220 kV se han utilizado transformadores del modelo DFK-245 de la empresa ARTECHE. El número total de transformadores instalados de este modelo es de 12. Se coloca un juego de tres transformadores en cada entrada de línea a la subestación y en la entrada de los transformadores trifásicos de potencia.

Características técnicas de los transformadores de tensión:

- Tensión máxima de funcionamiento: 245 kV
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 1050 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 460 kV
- Frecuencia: 50 Hz
- Capacidad: 3600 pF
- Relación de transformación: $220000:\sqrt{3}/110:\sqrt{3}-110\sqrt{3}-110\sqrt{3}$

Las dimensiones del transformador serán 2885 mm de alto y 450 mm de diámetro en planta. Se colocan sobre un soporte de acero con 3800 mm de altura, por lo que la altura total será de 6635 mm.

Autoválvulas

Las autoválvulas pararrayos que se instalan en el parque están destinadas a proteger contra las sobretensiones de tipo atmosférico.

Habitualmente se instalan a ambos lados de la aparamenta de transformación de potencia, y en las entradas de línea de la subestación.

Las autoválvulas seleccionadas en el parque de 220 kV, son EXLIMQ170-EH245.

Se instalarán una cantidad de 12 autoválvulas en el parque de 220 kV. Una por cada fase de las entradas de línea y otra por cada fase de las entradas a los transformadores.

Características técnicas de las autoválvulas seleccionadas:

- Tensión de servicio continuo (fase - tierra): 144 kV
- Tensión de cebado (fase - tierra): 208 kV
- Tensión máxima transitoria TOV 1 seg (fase–tierra): 208 kV
- Tensión máxima transitoria TOV 10 seg (fase–tierra): 460 kV
- Intensidad máxima de descarga: 40 kA
- Longitud de la línea de fuga: 6336 mm

5.4 Parque de 66kV

5.4.1 Descripción

El parque de 66 kV de la subestación, se utilizará para interconexionar una red de transporte de 220 kV con una de distribución de 66 kV a través de unos transformadores trifásicos con una potencia de 120 MVA.

La configuración elegida para este parque es la de doble barra, con esta configuración se asegura el suministro constante de energía incluso cuando haya que hacer operaciones de maniobra o mantenimiento en algún embarrado o apartamenta.

El parque de 66 kV consta de:

- 5 salidas de línea, 3 aéreas y 2 subterráneas.
- Embarrados principales. Compuestos por cinco posiciones de línea (tres de ellas son línea aérea y 2 línea subterránea), dos de transformación, y una de acoplamiento.
- Embarrados secundarios, que hacen de interconexión con la apartamenta del parque.
- 8 equipos híbridos compactos con aislamiento en SF₆.
- 6 transformadores de tensión capacitivos, para protección y control de las entradas de las líneas a la subestación.
- 22 aisladores de soporte que fijan los embarrados, tanto los principales como los secundarios.
- 6 autoválvulas pararrayos para la protección de la apartamenta.
- 1 pórtico para dar funcionalidad a la salida de líneas aéreas.

La superficie ocupada por el parque de 66 kV es de 1.650 m². Además, para permitir operaciones de maniobra y mantenimiento de la subestación, se ha provisto al parque de un vial en todo su perímetro.

5.4.2 *Magnitudes eléctricas*

Se han tenido en cuenta varias magnitudes eléctricas principales para el cálculo y diseño del parque

La más importante de ellas es la tensión nominal que viene impuesta por la tensión de las líneas que alimentan esta parte de la subestación, de 66 kV.

Otro parámetro importante es la corriente máxima que va a circular por la subestación y que está fijada por la potencia máxima que puede transportar un circuito de la subestación en caso de fallo del otro circuito. Este valor es de 2099,45 A para el embarrado principal y de 1049,72 A para el caso de los embarrados secundarios.

La corriente de cortocircuito que aparece en las barras principales del parque de 66 kV es de 20,9 kA. A pesar de esto, a efectos de cálculo de los esfuerzos térmicos y dinámicos, y de la red de tierra de la subestación, se considerará como corriente de cortocircuito una de 31,5 kA y un tiempo de extinción de la falta de 0,5 segundos.

Según normativa CEI, se utiliza para el diseño de la subestación como corriente de cortocircuito de diseño una de 31,5 kA para el parque de 66 kV. Toda la aparamenta utilizada en ambos parques, está previamente diseñada por defecto para soportar estas corrientes de cortocircuito establecidas por la normativa.

Mediante el valor de la tensión nominal del parque citado anteriormente se deducen, de la ITC-MIE-RAT-04 y ITC-MIE-RAT-12, la tensión más elevada para el material, que tendrá el valor de 72,5 kV, la tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo, con un valor de 325 kV, y la tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial, que valdrá 140 kV.

Además, se establece el grupo de nivel de aislamiento del parque en función de estas tensiones, según ITC-MIERAT12, al grupo B, por estar su nivel de tensión entre 52 kV y 300 kV.

A modo de resumen, en la siguiente tabla se muestran todas las magnitudes eléctricas descritas.

Tensión nominal	66 kV
Tensión más elevada del material	72,5 kV
Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo	325 kV
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial	140 kV
Intensidad nominal	431 A
Corriente de cortocircuito de diseño y tiempo de extinción	31,5 kA 0.5 s
Grupo de aislamiento	B

Tabla 6: Magnitudes eléctricas del parque de 66 kV

5.4.3 Distancias

Una buena determinación de las distancias es uno de los aspectos más importantes a la hora de diseñar y determinar las dimensiones de la subestación.

En cuanto al criterio para la determinación de las distancias mínimas que se deben cumplir, se ha utilizado ITC-MIE-RAT-12, donde se indican en función de las tensiones del arque las distancias mínimas que deben establecerse.

A continuación, para que quede constancia de que todas las distancias cumplen con la normativa, se indican las distancias mínimas que se deben establecer y las que se han establecido.

Distancia entre conductores

Distancia entre conductores	Distancia mínima (cm)	Distancia Establecida (cm)
Fase - fase	63	150
Fase - tierra	63	150

Tabla 7: Distancia entre conductores

Distancia en pasillos de servicio y zonas de protección

Pasillos	Distancia mínima (cm)	Distancia Establecida (cm)
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a un solo lado	100	120
Pasillos de maniobra con elementos en tensión a ambos lados	120	150
Pasillos de inspección con elementos en tensión a un solo lado	80	120
Pasillos de inspección con elementos en tensión a ambos lados	100	150
Altura de elementos en tensión sobre pasillos	313	450

Tabla 8: Distancias de seguridad en pasillos de maniobra e inspección

Distancias de protección contra contactos accidentales en el interior de la subestación

Distancia a zonas de protección interiores	Distancia mínima (cm)	Distancia Establecida (cm)
De elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima	66	10800
De elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima	73	8700
De elementos en tensión a cierres de cualquier tipo	93	8700

Tabla 9: Distancias en zonas de protección en el interior del recinto

Distancias de protección contra contactos accidentales desde el exterior de la subestación

Distancia a zonas de protección exteriores	Distancia mínima (cm)	Distancia Establecida (cm)
Distancia horizontal entre elementos en tensión y el cierre del recinto	213	8700

Tabla 10: Distancias en zonas de protección desde el exterior del recinto

5.4.4 Embarrados

Embarrados flexibles

Los embarrados flexibles son los utilizados para la unión de embarrados rígidos y aparamenta, y la unión de entradas y salidas de línea con la subestación.

En el caso del parque de 66 kV, los embarrados flexibles estarán formados por cables de aluminio con alma de acero, con la siguiente configuración y características:

- Formación: Dúplex
- Tipo: Lapwing
- Sección total del conductor: 634,70 mm²
- Diámetro exterior: 32,76 mm
- Intensidad máxima admisible: 1115 A

El amarre de conexión de los embarrados flexibles a los pórticos se realizara mediante cadenas de aisladores. Dichos aisladores serán en forma de disco y su designación es U 40 BS, sus características principales son:

- Tipo: Normal
- Diámetro: 175 mm
- Paso: 100 mm
- Línea de fuga: 185 mm
- Tensión soportada nominal: 66 kV

Para la unión de estos embarrados con los pórticos se necesitaran 11 aisladores.

Embarrados principales

Los embarrados principales de la subestación se utilizarán para conexionar las entradas de línea con las posiciones de transformación de la subestación.

Dichos tubos no pueden ser soldados en ningún punto o tramo, según normativa, por lo que deben ser fabricados en tiradas continuas y en tramos cortados o curvados en fábrica, preparados para a pie de obra sólo proceder a su limpieza y montaje posterior.

Los embarrados principales del parque de 66 kV, estarán conformados con tubos de aluminio cuyas características son:

- Aleación: AlMgSiO, 5 F22
- Diámetro exterior: 120 mm
- Diámetro interior: 100 mm
- Sección total del conductor: 3456 mm^2
- Peso propio: 9,33 kg/m
- Momento de inercia: 812 cm^4
- Momento resistente: 110 cm^3
- Módulo de Young: 69.200 N/mm^2
- Límite de fluencia: 160 N/mm^2
- Coeficiente de dilatación: $0,023 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$
- Carga de rotura: 205 N/mm^2
- Intensidad máxima admisible: 3795 A

La longitud de los embarrados será de 32 m y tendrán un diámetro externo de 120 mm y un diámetro interno de 100 mm. La distancia entre apoyos será de 8 metros y la distancia entre los tubos será de 2 metros.

Los embarrados principales hasta ahora descritos, estarán colocados sobre aisladores de soporte del tipo C10-1050. Dichos aisladores tendrán una altura de 6 metros, altura a la cual están instalados los tubos de los embarrados.

Características de los aisladores de soporte de los embarrados principales son:

- Carga de rotura a flexión: 10000 N
- Carga de rotura a torsión: 5000 N
- Altura del aislador: 2300 mm
- Altura de la pieza de soporte: 170 mm

- Diámetro del aislador: 350 mm
- Tensión nominal: 245 kV
- Tensión máxima del material: 1050 kV
- Tensión soportada bajo lluvia: 460 kV

Embarrados secundarios

Los embarrados secundarios del parque de 66 kV se utilizarán a modo de conexión entre la aparamenta y los embarrados principales.

Los embarrados secundarios del parque, estarán conformados con tubos de aluminio cuyas características son:

- Aleación: AlMgSiO, 5 F22
- Diámetro exterior: 80 mm
- Diámetro interior: 68 mm
- Sección total del conductor: 1394 mm²
- Peso propio: 3,76 kg/m
- Momento de inercia: 96,1 cm⁴
- Momento resistente: 90 cm³
- Módulo de Young: 68.600 N/mm²
- Límite de fluencia: 160 N/mm²
- Coeficiente de dilatación: 0,023 mm/m°C
- Carga de rotura: 225 N/mm²
- Intensidad máxima admisible: 2020 A

La longitud de los embarrados será de 5 m y los tubos tendrán un diámetro externo de 80 mm y un diámetro interno de 68 mm. La distancia entre apoyos será de 5 metros y la distancia entre los tubos será de 2 metros.

Los embarrados secundarios descritos, estarán colocados sobre aisladores de soporte del tipo C6-1050. Estos aisladores tendrán una altura de 6,1 m, altura a la cual están instalados los tubos de los embarrados.

Características de los aisladores de soporte de los embarrados secundarios son:

- Carga de rotura a flexión: 6000 N
- Carga de rotura a torsión: 3000 N
- Altura del aislador: 2300 mm

- Altura de la pieza de soporte: 140 mm
- Diámetro del aislador: 254 mm
- Tensión nominal: 245 kV
- Tensión máxima del material: 1050 kV
- Tensión soportada bajo lluvia: 460 kV

5.4.5 *Piezas de conexión*

Se instalarán unas piezas de conexión elásticas que permiten la dilatación de los conductores sin producir esfuerzos perjudiciales sobre los bornes de conexión para absorber las variaciones longitudinales que se producen en los embarrados, tanto primarios como secundarios, debido a los efectos de las variaciones de temperaturas.

Las conexiones entre los bornes de la aparatada y los conductores se realizarán mediante piezas de aleación de aluminio, las cuales están diseñadas para soportar las intensidades permanentes y de cortocircuito previstas.

5.4.6 *Características de la aparatada*

Módulos híbridos PASS M00 72,5 kV

Los módulos híbridos con tecnología PASS, son módulos compactos de intemperie que agrupan en un único elemento el interruptor, seccionador de barras, seccionador de líneas con su puesta a tierra, y transformador de intensidad. Todo esto con aislamiento en SF₆, este tipo de aislamiento evita la creación de posibles arcos eléctricos.

Sus funciones son las siguientes:

- Interruptor: establecer, mantener e interrumpir la intensidad de la corriente de servicio, o interrumpir automáticamente intensidades elevadas que puedan dañar la subestación, tales como corrientes de cortocircuito.
- Transformador de intensidad:
 - Convertir la intensidad de línea en una más reducida y normalizada para la alimentación de los instrumentos de medida y relés.
 - Proteger la línea cuando ocurra alguna falta, evitando la alta intensidad existente al equipo de protección.

- Proteger al personal de la subestación, de modo que la intensidad que llegue a los paneles de control sea lo bastante reducida como para no ser peligrosa su manipulación.
- Seccionadores barras: su función es la de separar físicamente y de forma apreciable a la vista del operario la unión entre las barras principales y las barras secundarias. Estos tienen la capacidad de abrirse y cerrarse siempre que la corriente que pasa por ellos sea nula o despreciable.
- Seccionador de línea: la función es la misma que la de los seccionadores de barras, pero separando físicamente la calle de la subestación de la entrada de línea.

Se reducen notablemente las dimensiones de la subestación gracias a la utilización de estos módulos compactos, ya que reúne en un único módulo toda la aparamenta descrita, por lo que se consiguen eliminar muchas distancias de seguridad y se pueden hacer las mismas maniobras en un espacio mucho menor. El volumen que ocupan estos módulos es equivalente al de un interruptor convencional de la misma clase. Además está aislado en SF₆, lo cual garantiza fiabilidad y durabilidad independientemente de las condiciones externas.

El modulo utilizado en el parque de 66 kV es el PASS M00 72,5 kV de ABB.

Este modelo en concreto, está compuesto por dos seccionadores de barras, un seccionador de línea y su puesta a tierra, un interruptor y un transformador de tensión, por fase.

Características del modulo hibrido PASS M00 72,5 kV:

- Tensión máxima de funcionamiento: 72,5 kV
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 325 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 140 kV
- Corriente máxima admisible: 2000 A
- Corriente de cortocircuito soportada: 31,5 kA
- Tiempo máximo soportado hasta despeje de falta: 3 s

Características asignadas a los interruptores automáticos:

- Fluido para el aislamiento: SF₆
- Tiempo de apertura: < 50 ms
- Tiempo de cierre: < 150 ms

- Tensión auxiliar alimentación motor: 125 V
- Tensión auxiliar bobinas de apertura: 125 V
- Tensión auxiliar bobinas de cierre: 125 V

Características asignadas a los transformadores de intensidad:

- Tipo: Toroidal
- Relación de transformación: 600/5 A
- Potencia de los arrollamientos:
 - Secundario 1: 10 VA
 - Secundario 2: 20 VA
 - Secundario 3: 30 VA
 - Secundario 4: 30 VA

Características asignadas a los seccionadores:

- Accionamiento cuchillas principales: Motorizado
- Poder de cierre del seccionador de puesta a tierra: 80 kA
- Tensión auxiliar alimentación motor y accionamiento: 125 V

Transformadores de tensión capacitivos

Funciones de los transformadores de tensión capacitivos instalados en el parque de 220 kV:

- Convertir la tensión de línea o barra, en otra más reducida y normalizada para la alimentación de los instrumentos de medida y de protección.
- Proteger la línea o barra cuando ocurra alguna falta, enviando las altas tensiones existentes al equipo de protección.
- Proteger al personal, de modo que la tensión que llegue a los paneles de control sea lo suficientemente reducida como para no ser peligrosas las maniobras de manipulación y colocación.
- Permitir la transmisión de señales de alta frecuencia a través de las líneas.
- Servir como instrumento de medida fiscal, para la tarificación de la energía distribuida.

En el parque de 66 kV se han utilizado transformadores del modelo DDB-72 de la empresa ARTECHE. El número total de transformadores instalados de este modelo es de 6. Se colocan un juego de tres transformadores en cada entrada de línea a la subestación.

Características técnicas de los transformadores de tensión:

- Tensión máxima de funcionamiento: 72,5 kV
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 325 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 140 kV
- Frecuencia: 50 Hz
- Capacidad: 14600 pF
- Relación de transformación: $66000:\sqrt{3}/110:\sqrt{3}-110\sqrt{3}-110\sqrt{3}$

Las dimensiones del transformador serán 1550 mm de alto y 450 mm de diámetro en planta. Se colocan sobre un soporte de acero con 3800 mm de altura, por lo que la altura total será de 5350 mm.

Autoválvulas

Las autoválvulas pararrayos que se instalan en el parque están destinadas a proteger contra las sobretensiones de tipo atmosférico.

Habitualmente se instalan a ambos lados de la apartamentada de transformación de potencia, y en las entradas de línea de la subestación.

Las autoválvulas seleccionadas en el parque de 66 kV, son EXLIM R170-ECV170.

Se instalarán una cantidad de 15 autoválvulas en el parque de 66 kV. Una por cada fase de las salidas de las líneas de distribución y otra por cada fase de las entradas a los transformadores.

Características técnicas de las autoválvulas seleccionadas:

- Tensión de servicio continuo (fase - tierra): 106 kV
- Tensión de cebado (fase - tierra): 167 kV
- Tensión máxima transitoria TOV 1 seg (fase – tierra): 167 kV
- Tensión máxima transitoria TOV 10 seg (fase – tierra): 158 kV
- Intensidad máxima de descarga: 31 kA
- Longitud de la línea de fuga: 4336 mm

5.5 Transformación

5.5.1 Descripción

Se instalarán 2 unidades de transformador con una relación de transformación de 220/66 kV y una potencia de 120 MVA, cada una. Habrá una puesta a tierra mediante conexión del neutro rígido a tierra en los transformadores 220/66 kV 120 MVA.

5.5.2 Características

Las características a tener en cuenta en cada uno de los transformadores trifásicos serán:

- Tensión máxima de servicio: 245 kV
- Tipo de instalación: intemperie
- Numero de fases: 3
- Frecuencia nominal: 50 Hz
- Clase de refrigeración: ONAN - ONAF
- Potencia nominal: 120 MVA
- Reactancia de dispersión: 12%
- Relación de transformación: $232 \pm 10 \times 2,785 / 66 \text{ kV}$
- Conexión arrollamientos: Estrella (primario y secundario)

Además cada uno de los transformadores vendrá equipado con los accesorios típicos como:

- Aceite, que será conforme con la norma UNE 60926, no inhibido, sin aditivos y con baja corrosión.
- Instrumentos de medida de temperatura del aceite y de los arrollamientos.
- Un armario de control principal.
- Armario de centralización y transferencia, conectado a la cabina de control principal.
- Válvulas que permitan el vaciado y relleno de aceite.
- Relé Buchholz.

5.6 Sistemas de puesta a tierra

5.6.1 Red de tierras inferiores

Ha sido diseñada de acuerdo con las especificaciones establecidas en la instrucción técnica complementaria ITC-MIE-RAT 12.

La instalación general de puesta a tierra inferior cumplirá las siguientes funciones:

- Proteger al personal y equipo contra potenciales peligrosos.
- Proporcionar un camino a tierra para las intensidades originadas por descargas atmosféricas, por acumulación de descargas estáticas o por defectos eléctricos.
- Referenciar el potencial del circuito respecto a tierra.
- Facilitar a los elementos de protección el despeje de falta a tierra.

El cable elegido para la red de tierras inferiores será un cable de cobre de 120 mm² de sección, formando una malla.

Para su diseño, se han elegido las condiciones más desfavorables, siendo estas las del parque de 220 kV.

Criterios de diseño:

- I. Resistividad del terreno: 100 Ω m
- II. Intensidad de defecto: 28 kA
- III. Tiempo de despeje de falta: 0,5 s

5.6.2 Red de tierras aéreas

Para la protección de la subestación frente a descargas atmosféricas (frente de onda escarpado tipo rayo), se instalará una red de protección aérea basada en la colocación sobre las cúpulas del parque de 220kV y sobre los postes en el parque de 66kV de pararrayos tipo Franklin.

5.7 Sistema de control y protección

Se instalará un Sistema Integrado de Control y Protección, formado por una unidad de control de la subestación (en adelante UCS) y varias unidades de control de posición (en adelante UCP).

5.7.1 Control

Este sistema se ocupará de las funciones de control local, telecontrol, protección y medida de todas las posiciones de la subestación incluidos los Servicios Auxiliares tanto de corriente continua como de corriente alterna.

Funciones principales de la UCS:

- a) Mando y Señalización de todas las posiciones de la subestación.
- b) Ejecución de automatismos generales a nivel de subestación.
- c) Presentación y gestión de las alarmas del sistema.
- d) Gestión de las comunicaciones con el sistema de Telecontrol.
- e) Gestión de las comunicaciones con todas las UCP
- f) Gestión de periféricos (impresora, módem, etc.)
- g) Generación de informes.
- h) Sincronización horaria.

Funciones principales de las UCP

- a) Medida de valores analógicos (intensidad, tensión, potencia, etc.) directamente desde los secundarios de los transformadores.
- b) Protección de la posición.
- c) Mando y señalización remota de los dispositivos asociados a la posición (interruptores, seccionadores, etc.).
- d) Adquisición de las entradas digitales procedentes de campo asociadas a la posición.
- e) Gestión de alarmas internas de la propia UCP.

5.7.2 Protección

Para este sistema se utilizarán una serie de relés de protección tales como:

- Relé de distancia (21) y direccional de tierra (67N), para protección entre fases y fase tierra.
- Relés de sobreintensidad de tiempo inverso (51/51N), para falta entre fases y fase tierra.
- Relé de sincronización para control de cierre de la línea (25)
- Relé para reenganche trifásico (79)
- Protección diferencial (87)
- Protección de sobreintensidad para faltas entre fases, y entre fases y tierra formada por relés de sobreintensidad de tiempo muy inverso conectados en AT (51A/51AN y 51B/51BN)
- Protección de sobreintensidad para faltas entre fase y tierra formada por relés de sobreintensidad conectados con el neutro del transformador (95B)
- Protección de tierra resistente, de tiempo independiente (95BR)
- Protecciones de tierra de neutro aislado, con relé voltimétrico de tiempo independiente (64)
- Protección ultrasensible para faltas de tierra resistente (51G)

- Sistema de protección propio del transformador:

- Protección térmica mediante termostato y termómetro.
- Protección Buchholz.
- Protección de presión interna.
- Protección de nivel de aceite
- Protección de ventiladores.
- Protección de regulador.

6 INSTALACIONES

6.1 Comunicaciones y telecontrol

En la sala de control del edificio se dispondrá un armario de comunicaciones para comunicaciones remotas, realizándose estas operaciones mediante fibra óptica y red de telefonía.

6.2 Equipos de medida

Los equipos de medida estarán instalados dentro de un armario en la sala de control de la subestación.

6.3 Servicios generales

6.3.1 *Cuadro de CA y CC*

La subestación contará con un cuadro de CA y CC ambos situados en el edificio y que servirán para alimentar los equipos de control, protección, alumbrado y señalización.

6.3.2 *Sistemas de mando y protección*

Se dotará a los armarios del sistema de protección de un sistema informático para su control.

6.3.3 *Rectificador de batería*

Para la alimentación de los equipos de protección y control se dispondrán cuatro equipos en la subestación, los dos primeros estarán compuestos por dos rectificadores con una batería de 325 V (destinados al parque de 220 kV), los dos restantes dispondrán también de dos rectificadores pero en este caso con una batería de 125 V (destinados al parque de 66 kV).

Además, se instalará otra batería rectificadora de 48 V para alimentar a los sistemas de control y telemando.

6.3.4 *Transformador de servicios auxiliares*

Para la alimentación de los servicios auxiliares se usará una de las salidas del parque de 66 kV que irá conectada a un transformador de 66000/380 V de 2500 kVA de potencia, contará con un armario de distribución.

6.4 Instalación del alumbrado

Alumbrado exterior

- Proyectores con lámparas de vapor de sodio de alta presión de 250 W.

Alumbrado interior

- En la sala de celdas se utilizarán proyectores con lámparas de vapor de sodio sobre proyector
- En salas auxiliares se utilizan luminarias adosadas y tubos fluorescentes.

Alumbrado de emergencia

Para el alumbrado de emergencia se instalan lámparas con fuentes propias de energía con una iluminación mínima de 10 lux, en régimen de emergencia y de 1 lux en régimen de señalización. Estas lámparas estarán previstas para entrar en funcionamiento al producirse el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70 % de su valor nominal.

6.5 Sistemas de protección contra el intrusismo e incendios

6.5.1 Protección contra el intrusismo

Se ha previsto dotar al parque de un sistema de detección de intrusismo basado en emisores y células receptoras, también se instalarán contactos magnéticos en las puertas de entrada y salida del perímetro exterior y edificio, todas estas señales irán a parar al sistema general de alarmas situado en el interior del edificio.

El sistema de intrusión tiene que estar conectado a una central receptora de alarmas.

Se instalará un control de accesos por sistema de llaves maestras para la apertura de puertas que será comandada por un sistema de control de accesos para permitir el paso a personas autorizadas, así mismo el acceso a todas las salas será mediante el mismo sistema.

6.5.2 *Protección contra incendios*

Medidas pasivas

- Cada uno de los compartimentos de la subestación estará aislado del resto de las salas, es decir, tanto tabiques techo y suelo tendrán una resistencia al fuego de RF-120.
- Muros cortafuegos entre transformadores con una altura de un metro superior a la altura del depósito de aceite del transformador y de nivel de estabilidad al fuego de RF-120.
- Sistema de ventilación en la sala de control.

Medidas activas

- Sistema automático de detección de incendios mediante detectores de humo en todas las salas.
- 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.
- Sistema de sirenas para avisar e informar a las personas presentes en las zonas afectadas por un incidente.
- Extintores móviles:
En el interior del edificio de 3,5 Kg y de 5 Kg de 20 kV, de capacidad de CO₂.
En las cercanías de los transformadores de potencia se instalará un extintor móvil de 25 Kg de polvo polivalente.

6.6 Señalización y cerramientos

El perímetro exterior dispondrá de vallado perimetral completo y homogéneo con puerta automatizada. Todos los accesos a la subestación estarán debidamente señalizados mediante señales reglamentarias para las instalaciones de alta tensión.

Además el acceso para personas y vehículos en el perímetro deberá disponer de un nivel de resistencia de características similares con respecto al cerramiento perimetral.

Las puertas de acceso a la subestación deben ser puertas de seguridad con nivel de resistencia 4 según la norma UNE-EN 1627 (1999) contra sierras, martillos, hachas, formones y taladros portátiles.

7 OBRA CIVIL, ESTRUCTURAS METÁLICAS Y EDIFICIO

7.1 Obra civil

Movimiento de tierras

La parcela donde se emplazará la nueva Subestación está situada entre la carretera A-420 y la central hidroeléctrica de Marmolejo, provincia de Jaén.

Se realizarán los movimientos de tierra necesarios hasta obtener la cota (o cotas) de nivelación para la Subestación.

Cimentaciones para soportes metálicos y pórticos

Las fundaciones de la parte correspondiente al parque, es decir, fundaciones para soportes de aparamenta de intemperie y pórticos serán de tipo "zapata aislada". Serán de hormigón en masa (salvo armaduras para retracciones del hormigón) y llevarán las placas de anclaje de las estructuras sobre sus peanas.

Las fundaciones se proyectarán de acuerdo con la naturaleza del terreno. El método de cálculo empleado será el de Sulzberger que confía la estabilidad de la cimentación a las reacciones horizontales y verticales del terreno.

No se admitirá un ángulo de giro de la cimentación, cuya tangente sea superior a 0,01 para alcanzar el equilibrio de las acciones que produzcan el máximo momento de vuelco.

El coeficiente de seguridad al vuelco, relación entre el momento estabilizador y el momento de vuelco no será inferior a 1,5.

Saneamientos y drenajes

El drenaje de la Subestación se realizará mediante una red de desagüe formada por tubos perforados colocados en el fondo de zanjas de gravas y rellenas de material filtrante adecuadamente compactado.

En la explanación del terreno se preverán unas ligeras pendientes, no inferior el 0,5%, conformando distintas cuencas hacia las zanjas de cables.

Los colectores colocados en las zanjas de gravas evacuarán las aguas hacia una arqueta general de desagües que se conectará con la red de saneamiento de la zona.

El desagüe general exterior estará protegido contra la entrada de animales por medio de una malla metálica.

La conexión de los bajantes de los edificios se realizará mediante arquetas a pie de bajante que conectarán con la red general antes mencionada.

Se incorporará una cuneta entre el borde del camino de acceso a la Subestación eléctrica para canalizar el agua hacia la recogida general de la zona.

Vallado perimetral

Se ha previsto un cierre perimetral de la subestación mediante una valla de altura total 2,40 metros que satisface la marcada por el Reglamento de Alta Tensión.

Conducciones de cables de control y potencia

Con objeto de proteger el recorrido de los cables de control y potencia se construirá una red de canales para cables prefabricados y zanjas enterradas, respectivamente.

En los cruces con los viales se utilizarán unos pasatubos o canales de cables reforzados.

El conjunto de los canales de cables de control serán de hormigón armado o prefabricados tipo BREINCO o AVE.

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 tubos de fibrocemento.

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 del transformador, mayorada en previsión de entrada de agua.

Urbanizado de la zona y viales.

La entrada a la subestación se realizará desde el camino principal. La intersección de este acceso con dicha carretera se realizará de acuerdo con las normas que para el caso tenga establecida el Ministerio de Fomento.

Los viales interiores serán de firme rígido de 15 cm de hormigón HA-200 sobre una base de zahorra compactada. El ancho de los mismos será de 5 metros. Los materiales a utilizar cumplirán las Prescripciones

Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes (PG-3).

Abastecimiento de agua y evacuación de aguas residuales.

Para el abastecimiento de agua corriente se construirá un pozo para aprovechar el agua subterránea.

Las aguas fecales pasarán desde el aseo a una fosa séptica.

7.2 Estructuras metálicas

Descripción General

Tanto para el amarre de las líneas como para soportes de aparatos se utilizarán estructuras metálicas formadas por perfiles angulares de la serie de fabricación normal en este país, con acero A-42b (s/Norma NBE-MV102 vigente) exigiéndole la calidad soldable y llevarán una protección de superficie galvanizada ejecutada de acuerdo con la norma EN/ISO 1461, siendo su peso en zinc de 5 grs. por dm² de superficie galvanizada.

Criterios de diseño

Las torres y vigas que sirven de fijación de los conductores de amarre se han dimensionado considerando la acción conjunta de las siguientes cargas:

	Amarres de fase	Amarres cables de tierra
Longitudinal (kg)	700	500
Transversal (kg)	400	250
Vertical (kg)	200 + (150)	0

Tabla 11: Cargas amarres

Los soportes de aparatos están diseñados para admitir:

- Peso propio.
- Cargas estáticas transmitidas por los aparatos
- Cargas dinámicas transmitidas por el aparellaje de maniobra.
- Acción de un viento de 120 Km/h de velocidad actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide.

En general todos los elementos sometidos a las acciones anteriormente citadas estarán dimensionados para no sobrepasar los 2.600 Kg/cm².

7.3 Edificio

El edificio será del tipo prefabricado de hormigón compuesto por un cerramiento exterior formado por paneles de hormigón armado con malla doble de acero electrosoldada.

La cubierta estará formada de placas de hormigón armado armadas con mallas electrosoldadas rematadas en su parte superior mediante impermeabilización y en su interior el aislante a base de poliuretano.

Los espesores y armados están considerados para soportar una sobrecarga de 120kg/m² y la acción debida al empuje del viento de 120 km/h (192,2 kg/m²).

Se dispondrán dos dependencias, una donde se ubicará la sala de control, cubículo del transformador de servicios auxiliares y aseos y otra donde se ubicarán las cabinas de 20 kV.

En la sala de control se dispondrá de un suelo técnico para la distribución de cables de control.

En la sala de cabinas de 20 kV se dispondrá de un semisótano para la distribución de los cables de potencia.

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 de antiintrusismo 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 anti-intrusismo), tendrá un 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.

El sistema de extinción consistirá en un sistema de extintores móviles de 5 Kg de capacidad de CO₂ en el interior del edificio.

Se ha previsto dotar al edificio de los sistemas de alumbrado adecuados con los niveles luminosos reglamentarios.

El alumbrado normal se llevará a cabo mediante armaduras semiestancas equipadas con equipos de fluorescencia en alto factor. Su distribución será empotrada en falso techo en la sala de control y con luminarias estancas en la sala de cabinas 20 kV. Las luminarias se dispondrán 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.

DOCUMENTO N° 2:
MEMORIA DE CÁLCULO

MEMORIA DE CÁLCULO

1	Objeto	50
2	Parque 220kV	51
2.1	Según normativa	51
2.2	Cálculos eléctricos	51
2.3	Embarrados	52
2.4	Cálculos mecánicos	53
2.4.1	Embarrado principal	53
2.4.2	Embarrado secundario	54
2.5	Autoválvulas	55
3	Parque de 66 kv	57
3.1	Según normativa	57
3.2	Cálculos eléctricos	57
3.3	Embarrados	58
3.4	Cálculos mecánicos	59
3.4.1	Embarrado principal	59
3.4.2	Embarrado secundario	61
3.5	Autoválvulas	62
4	Tierras	63
4.1	Red inferior de tierra	63
4.1.1	Conductor	63
4.1.2	Resistencia	64
4.1.3	Tensión de paso y contacto	64
4.2	Red aérea de tierra	65

1 OBJETO

La finalidad de este documento es justificar, desde un punto de vista técnico, la elección de cada elemento así como las soluciones a las distintas cuestiones del proyecto.

2 PARQUE 220KV

2.1 Según normativa

Según la instrucción MIE RAT 04 para este parque la tensión más elevada para el material es de 245 kV.

La instrucción MIE RAT 12 nos dice que el nivel de aislamiento que hay que adoptar es de los materiales que pertenecen al grupo B para aislamiento pleno, este nivel abarca de 52 kV a 300 kV. De donde se deduce la tensión de cresta a impulsos tipo rayo de 1050 kV y a frecuencia industrial de 460 kV.

Esta instrucción junto con las instrucciones MIE RAT 11 y MIE RAT 13, establece las distancias mínimas de seguridad así como las alturas de los elementos en tensión.

La instrucción MIE RAT 15 establece las distancias de seguridad por contactos accidentales, tanto desde el interior como desde el exterior del recinto.

2.2 Cálculos eléctricos

Corriente nominal

Potencia total de transformación: 2 * 120 MVA

Tensión: 220 kV

$$I_n = \frac{240 * 10^6}{\sqrt{3} * 220 * 10^3} = 629,83 \text{ A} \quad (1)$$

Para el caso del embarrado secundario:

$$I_n = \frac{120 * 10^6}{\sqrt{3} * 220 * 10^3} = 310,41 \text{ A} \quad (2)$$

Corriente de cortocircuito

La empresa proporciona la corriente de corto a la entrada que es de 15.3 kV, pero para el cálculo de los elementos de la SE se ha seguido la Norma UNE 60865 que con un tiempo de despeje de 0.5 segundos da una intensidad de corto de 40 kA.

2.3 Embarrados

El tipo de cable empleado así como los amarres por cadena de aisladores están descritos, junto con sus características, en la memoria del proyecto en los apartados correspondientes.

Flexibles

Según MIE RAT 04 el número de aisladores será:

$$N_a = V_{ff} * \frac{G_a}{L_f} \quad (3)$$

Siendo:

L_f : Distancia de fuga (mm)

V_{ff} : Tensión nominal del sistema (kV)

G_a : Grado de aislamiento, 235 mm/kV

Al sustituir, el resultado nos da la cantidad de 16 aisladores.

La potencia nominal en el embarrado es:

$$I_{\max \text{ ad}} = 2205 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} * 220000 * 2205 = 840,21 \text{ MVA} \quad (4)$$

Como vemos en la ecuación 4, se supera la carga a transportar de 240 MVA.

Principales

$$I_{\max \text{ ad}} = 4408 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} * 220000 * 4408 = 1679,67 \text{ MVA} \quad (5)$$

Como vemos en la ecuación 5, se supera la carga a transportar de 240 MVA.

Secundarios

$$I_{\max \text{ ad}} = 2320 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} * 220000 * 2320 = 884,03 \text{ MVA} \quad (6)$$

Como vemos en la ecuación 6, se supera la carga a transportar de 240 MVA.

2.4 Cálculos mecánicos

Por lo descrito en la memoria del proyecto y según el RLAT nos encontramos, por las características de la parcela, en Zona A.

2.4.1 Embarrado principal

Corriente de cresta

Según las normas UNE 60865 y UNE 60909 y con la corriente de cresta establecida en este anexo anteriormente, calculamos la intensidad de cresta de los embarrados:

$$I_p = X * \sqrt{2} * I_{cc} \quad (7)$$

Siendo $X = 1,02 + 0,98 * e^{-3k}$, con un valor de $K=0.07$

Sustituyendo y realizando las operaciones nos sale un valor de $I_p = 102,63 \text{ kA}$

Esfuerzos en el tubo

Siguiendo los pasos descritos en el RLAT obtenemos:

- Producido por el viento: 141,75 N/m
- Producido por el propio peso del conductor: 115,40 N/m
- Por cortocircuito: 290,25 N/m

Tensión en el tubo

Una vez conocidos los esfuerzos se calcula la tensión total en el tubo:

$$\sigma = \sum_i \frac{1}{8} \frac{P * l^2}{W} \quad (8)$$

Siendo:

i: el número de vanos

l: longitud de los vanos, 14 m

P: la carga producida por el esfuerzo

W: momento resistente del material (120 cm³)

Para calcular la tensión total hay que calcular antes:

- Producida por viento: 28,35 N/mm²
- Producida por el propio peso: 15,38 N/mm²
- Esfuerzos por cortocircuito: 58,05 N/mm²

La tensión total es la suma geométrica de todas las anteriores, por lo que tendrá un valor de:

$$\sigma_{total} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_c)^2 + \sigma_{pp}^2} = 87,76 \text{ N/mm}^2 \quad (9)$$

2.4.2 Embarrado secundario

Corriente de cresta

Según las normas UNE 60865 y UNE 60909 y con la corriente de cresta establecida en este anexo anteriormente, calculamos la intensidad de cresta de los embarrados:

$$I_p = X * \sqrt{2} * I_{cc} \quad (10)$$

Siendo $X = 1,02 + 0,98 * e^{-3k}$, con un valor de $K=0.07$

Sustituyendo y realizando las operaciones nos sale un valor de $I_p = 102,63 \text{ kA}$

Esfuerzos en el tubo

Siguiendo los pasos descritos en el RLAT obtenemos:

- Producido por el viento: 94,5 N/m
- Producido por el propio peso del conductor: 67,83 N/m
- Por cortocircuito: 212,91 N/m

Tensión en el tubo

Una vez conocidos los esfuerzos se calcula la tensión total en el tubo:

$$\sigma = \sum_i \frac{1}{8} \frac{P * l^2}{W} \quad (11)$$

Siendo:

i: el número de vanos

l: longitud de los vanos, 9,5 m

P: la carga producida por el esfuerzo

W: momento resistente del material (100 cm³)

Para calcular la tensión total hay que calcular antes:

- Producida por viento: 21,32 N/mm²
- Producida por el propio peso: 15,39 N/mm²
- Esfuerzos por cortocircuito: 56,4 N/mm²

La tensión total es la suma geométrica de todas las anteriores, por lo que tendrá un valor de:

$$\sigma_{total} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_c)^2 + \sigma_{pp}^2} = 71,02 \text{ N/mm}^2 \quad (12)$$

2.5 Autoválvulas

Para la elección de autoválvulas se han seguido las especificaciones de seguridad exigidas por la R.E.E. en el ET025. Lo primero a tener en cuenta para dicha elección es conocer su tensión asignada, la cual depende de la tensión más elevada del material y del tiempo de despeje, ambas descritas anteriormente.

Según normativa la tensión mínima asignada a las autoválvulas viene dada por:

$$U_r \geq 0,72 * U_m \quad (13)$$

Obteniéndose un valor de: 176,4 kV

Ya determinado el valor de esta magnitud lo siguiente es calcular la línea de fuga mínima, que según normativa viene dada por:

$$L_{fuga} = L_{min} * U_m \quad (14)$$

Siendo:

L_{min}: longitud mínima específica, 25 mm/kV

U_m: 245 kV

Al sustituir los valores en la ecuación se obtiene: $L_{\text{fuga}} = 6125 \text{ mm} = 6,125 \text{ m}$

En función de estos valores se ha elegido una válvula de clase 3 EXLIM Q180-EH245, con una tensión de 423 kV y una línea de fuga de 6336 mm, con lo que cumple con las especificaciones requeridas.

3 PARQUE DE 66 KV

3.1 Según normativa

Según la instrucción MIE RAT 04 para este parque la tensión más elevada para el material es de 72,5 kV.

La instrucción MIE RAT 12 nos dice que el nivel de aislamiento que hay que adoptar es de los materiales que pertenecen al grupo B para aislamiento pleno, este nivel abarca de 52 kV a 300 kV. De donde se deduce la tensión de cresta a impulsos tipo rayo de 325 kV y a frecuencia industrial de 140 kV.

Esta instrucción junto con las instrucciones MIE RAT 11 y MIE RAT 13, establece las distancias mínimas de seguridad así como las alturas de los elementos en tensión.

La instrucción MIE RAT 15 establece las distancias de seguridad por contactos accidentales, tanto desde el interior como desde el exterior del recinto.

3.2 Cálculos eléctricos

Corriente nominal

Potencia total de transformación: $2 * 120$ MVA

Tensión: 220 kV

$$I_n = \frac{240 * 10^6}{\sqrt{3} * 66 * 10^3} = 2099,45 \text{ A} \quad (25)$$

Para el caso del embarrado secundario:

$$I_n = \frac{120 * 10^6}{\sqrt{3} * 66 * 10^3} = 1049,72 \text{ A} \quad (16)$$

Corriente de cortocircuito

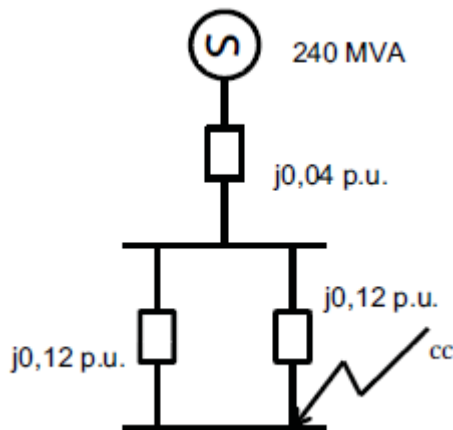
La empresa proporciona la corriente de corto a la entrada que es de 15.3 kV y una potencia de 5830,08 MVA, pero para el cálculo de los elementos de la SE se ha seguido la Norma UNE 60865 que con un tiempo de despeje de 0.5 segundos da una intensidad de corto de 40 kA.

Los transformadores tienen una reactancia del 12% que por unidad quedaría un valor de 0.12j p.u.

La reactancia equivalente de las líneas de entrada por unidad será:

$$X_{T \text{ p.u.}} = \frac{S_B}{S_{cc1}} = j0,04 \text{ p.u.} \quad (17)$$

Quedaría un esquema equivalente de la siguiente manera:



Todos los elementos del parque se han calculado con una corriente a cortocircuito lo suficientemente elevada como para que su diseño sea sobradamente fiable y seguro, dicha corriente viene dada por la Norma UNE 60865 con un valor de:

$$I_{cc} = 31,5 \text{ kA}$$

3.3 Embarrados

El tipo de cable empleado así como los amarres por cadena de aisladores están descritos, junto con sus características, en la memoria del proyecto en los apartados correspondientes.

Flexibles

Según MIE RAT 04 el número de aisladores será:

$$N_a = V_{ff} * \frac{G_a}{L_f} \quad (18)$$

Siendo:

L_f : Distancia de fuga (mm)

V_{ff} : Tensión nominal del sistema (kV)

G_a : Grado de aislamiento, 235 mm/kV

Al sustituir, el resultado nos da la cantidad de 11 aisladores.

La potencia nominal en el embarrado es:

$$I_{\max \text{ ad}} = 2015 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} * 66000 * 2015 = 230,34 \text{ MVA} \quad (19)$$

Como vemos en la ecuación 19, se supera la carga a transportar.

Principales

$$I_{\max \text{ ad}} = 3795 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} * 66000 * 3795 = 433,82 \text{ MVA} \quad (20)$$

Como vemos en la ecuación 20, se supera la carga a transportar.

Secundarios

$$I_{\max \text{ ad}} = 2020 \text{ A}$$

$$S = \sqrt{3} * 66000 * 2020 = 230,91 \text{ MVA} \quad (21)$$

Como vemos en la ecuación 6, se supera la carga a transportar de 240 MVA.

3.4 Cálculos mecánicos

Por lo descrito en la memoria del proyecto y según el RLAT nos encontramos, por las características de la parcela, en Zona A.

3.4.1 Embarrado principal

Corriente de cresta

Según las normas UNE 60865 y UNE 60909 y con la corriente de cresta establecida en este anexo anteriormente, calculamos la intensidad de cresta de los embarrados:

$$I_p = X * \sqrt{2} * I_{cc} \quad (22)$$

Siendo $X = 1,02 + 0,98 * e^{-3k}$, con un valor de $K=0.07$

Sustituyendo y realizando las operaciones nos sale un valor de $I_p = 80,82 \text{ kA}$

Esfuerzos en el tubo

Siguiendo los pasos descritos en el RLAT obtenemos:

- Producido por el viento: 113,4 N/m
- Producido por el propio peso del conductor: 106,72 N/m
- Por cortocircuito: 358,79 N/m

Tensión en el tubo

Una vez conocidos los esfuerzos se calcula la tensión total en el tubo:

$$\sigma = \sum_i \frac{1}{8} \frac{P_i * l^2}{W} \quad (23)$$

Siendo:

i: el número de vanos

l: longitud de los vanos, 8 m

P: la carga producida por el esfuerzo

W: momento resistente del material (110 cm³)

Para calcular la tensión total hay que calcular antes:

- Producida por viento: 16,49 N/mm²
- Producida por el propio peso: 15,52 N/mm²
- Esfuerzos por cortocircuito: 56,4 N/mm²

La tensión total es la suma geométrica de todas las anteriores, por lo que tendrá un valor de:

$$\sigma_{total} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_c)^2 + \sigma_{pp}^2} = 96,03 \text{ N/mm}^2 \quad (24)$$

3.4.2 Embarrado secundario

Corriente de cresta

Según las normas UNE 60865 y UNE 60909 y con la corriente de cresta establecida en este anexo anteriormente, calculamos la intensidad de cresta de los embarrados:

$$I_p = X * \sqrt{2} * I_{cc} \quad (25)$$

Siendo $X = 1,02 + 0,98 * e^{-3k}$, con un valor de $K=0.07$

Sustituyendo y realizando las operaciones nos sale un valor de $I_p = 80,82 \text{ kA}$

Esfuerzos en el tubo

Siguiendo los pasos descritos en el RLAT obtenemos:

- Producido por el viento: 75,6 N/m
- Producido por el propio peso del conductor: 52,08 N/m
- Por cortocircuito: 378,909 N/m

Tensión en el tubo

Una vez conocidos los esfuerzos se calcula la tensión total en el tubo:

$$\sigma = \sum_i \frac{1}{8} \frac{P * l^2}{W} \quad (27)$$

Siendo:

i: el número de vanos

l: longitud de los vanos, 5 m

P: la carga producida por el esfuerzo

W: momento resistente del material (90 cm³)

Para calcular la tensión total hay que calcular antes:

- Producida por viento: 5,25 N/mm²
- Producida por el propio peso: 3,61 N/mm²
- Esfuerzos por cortocircuito: 26,31 N/mm²

La tensión total es la suma geométrica de todas las anteriores, por lo que tendrá un valor de:

$$\sigma_{total} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_c)^2 + \sigma_{pp}^2} = 31,76 \text{ N/mm}^2 \quad (28)$$

3.5 Autoválvulas

Para la elección de autoválvulas se han seguido las especificaciones de seguridad exigidas por la R.E.E. en el ET025. Lo primero a tener en cuenta para dicha elección es conocer su tensión asignada, la cual depende de la tensión más elevada del material y del tiempo de despeje, ambas descritas anteriormente.

Según normativa la tensión mínima asignada a las autoválvulas viene dada por:

$$U_r \geq 0,72 * U_m \quad (29)$$

Obteniéndose un valor de: 52,2 kV

Ya determinado el valor de esta magnitud lo siguiente es calcular la línea de fuga mínima, que según normativa viene dada por:

$$L_{fuga} = L_{min} * U_m \quad (30)$$

Siendo:

L_{min} : longitud mínima específica, 25 mm/kV

U_m : 72,55 kV

Al sustituir los valores en la ecuación se obtiene: $L_{fuga} = 1812 \text{ mm} = 1,812 \text{ m}$

En función de estos valores se ha elegido una válvula de clase 3 EXLIM Q180-EH245, con una tensión de 125,7 kV y una línea de fuga de 1969 mm, con lo que cumple con las especificaciones requeridas.

4 TIERRAS

Para el diseño de la red de tierras se han seguido tanto la instrucción 13 del MIE RAT así como la recomendación IEEE Std. 80/2000.

Esta red consta de una malla principal enterrada, para su cálculo se ha tenido en cuenta la normativa anterior y las magnitudes de corriente máxima de paso y contacto, tomando siempre el parque de 220 kV como referencia ya que se obtienen unos valores más restrictivos.

Para su diseño según MIE RAT 13 se usa una corriente de corto un 30% menor que la usada en la subestación:

$$I_{cc} = 40 * 0,7 = 28 \text{ kA} \quad (31)$$

Y el tiempo de despeje $t = 1$ segundo, establecido por la misma instrucción.

4.1 Red inferior de tierra

La malla de tierras inferior está formada con un cable de cobre de 120 mm² de sección cubriendo la superficie total de la subestación.

Según la instrucción a seguir la resistividad del terreno será de 100 Ωm, además toda la malla está cubierta por una capa de hormigón con una resistividad de 3000 Ωm.

4.1.1 Conductor

Para el correcto diseño de la red de tierra hay que determinar las características del conductor a utilizar.

Este conductor será un hilo de cobre que según MIE RAT 13 debe tener una sección mínima de 25 mm². Para calcular esta sección se utilizara la expresión marcada por el estándar IEEE 80:

$$A = I * \frac{1}{\sqrt{\frac{T_{CAP} * 10^{-4}}{t_c * \alpha_r * \rho_r} \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}} \quad (32)$$

Siendo:

$$I = 28 \text{ kA}$$

$$t_c = 1 \text{ s}$$

$T_m = 1084\text{ }^{\circ}\text{C}$, temp. max. adm. por el conductor
 $T_a = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $T_{CAP} = 3,42\text{ K/cm}^3\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $\alpha_r = 0,00381\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, coeficiente térmico de resistividad a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $\rho_r = 1,78\text{ }\mu\Omega \cdot \text{cm}$, resistencia del conductor a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$
 $K_0 = 262\text{ }^{\circ}\text{C}$, inverso del coeficiente térmico de resistividad

Al sustituir en la ecuación se obtiene un resultado de una sección de: $71,58\text{ mm}^2$, por lo que tratándose de una sección circular el diámetro mínimo será de $9,5\text{ mm}$.

Podemos confirmar que el cable elegido supera sobradamente la sección mínima.

4.1.2 Resistencia

La resistencia usada para la puesta a tierra se calcula mediante:

$$R_g = \rho \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20} * A} * \left(1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right) \quad (33)$$

Siendo:

$\rho = 100\text{ }\Omega\text{m}$, resistividad del terreno
 $L = 2805\text{ m}$ longitud del conductor
 $h = 0,6\text{ m}$, profundidad del conductor
 $A = 11500\text{ m}^2$, superficie de la malla

Al sustituir y hacer la operación se obtiene un valor de resistencia de: $0,38\text{ }\Omega$

4.1.3 Tensión de paso y contacto

Para la determinación de dichas tensiones máximas admisibles se utilizan las expresiones establecidas por la instrucción MIE RAT 13.

Tensión de paso:

$$V_p = \left(\frac{10 * K}{t^n} \right) * \left(1 + \frac{6 * \rho_s}{1000} \right) \quad (34)$$

Tensión de contacto:

$$V_c = \left(\frac{K}{t^n} \right) * \left(1 + \frac{1,5 * \rho_s}{1000} \right) \quad (35)$$

Siendo:

K: constante establecida por normativa, 72

n: constante establecida por normativa, 1

ρ_s : 3000 Ωm , resistividad del hormigón

t = 0,5 segundos, despeje de falta

Se calculan los valores de la tensión de paso y de contacto con estos datos y se obtienen unos valores de:

$$V_p = 27360 \text{ V}$$

$$V_c = 792 \text{ V}$$

4.2 Red aérea de tierra

La función que desempeña la red superior de tierras es la captación de las descargas atmosféricas y su disipación mediante la red de tierras inferior, evitando poner en peligro al personal de la SE.

Se compone de pararrayos que protegen a los equipos y de unos hilos de guarda en las calles de la subestación, estos elementos están unidos a la red inferior de tierras.

Para comprobar que esta red es efectiva se sigue la Norma UNE 21186 y para la elección del pararrayos y su colocación.

Mediante la siguiente expresión se calcula el radio crítico:

$$r = 8 * I^{0,65} \quad (36)$$

Siendo:

$$I = \frac{U * N}{Z} \quad (37)$$

Donde:

U: tensión a impulso tipo rayo

N: número de líneas conectadas al parque

Z: impedancia de las líneas

Tomando las características del parque de 220 kV, siempre más desfavorables, obtenemos:

$$U = 1050 \text{ V}$$

$$N = 4 \text{ líneas}$$

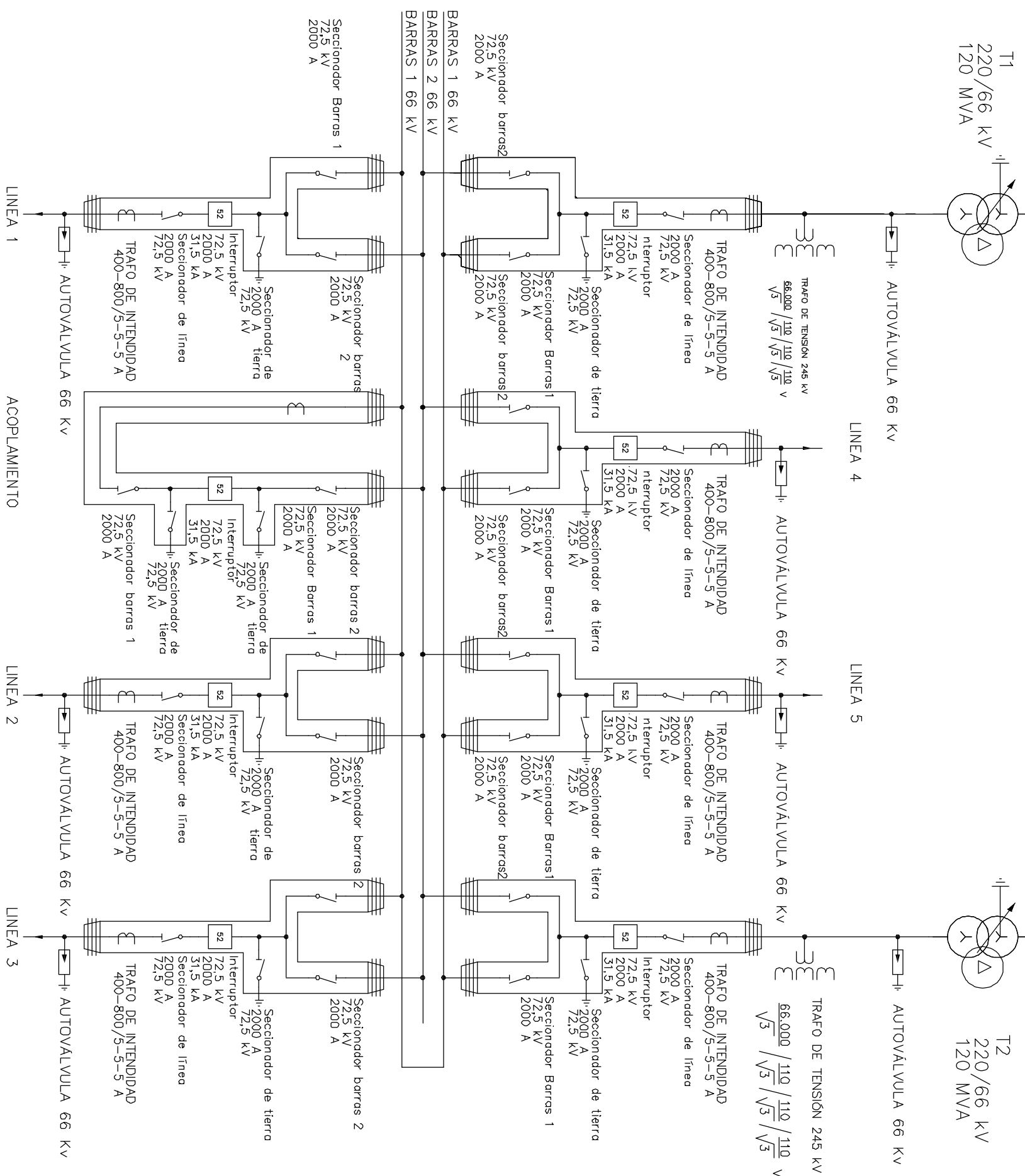
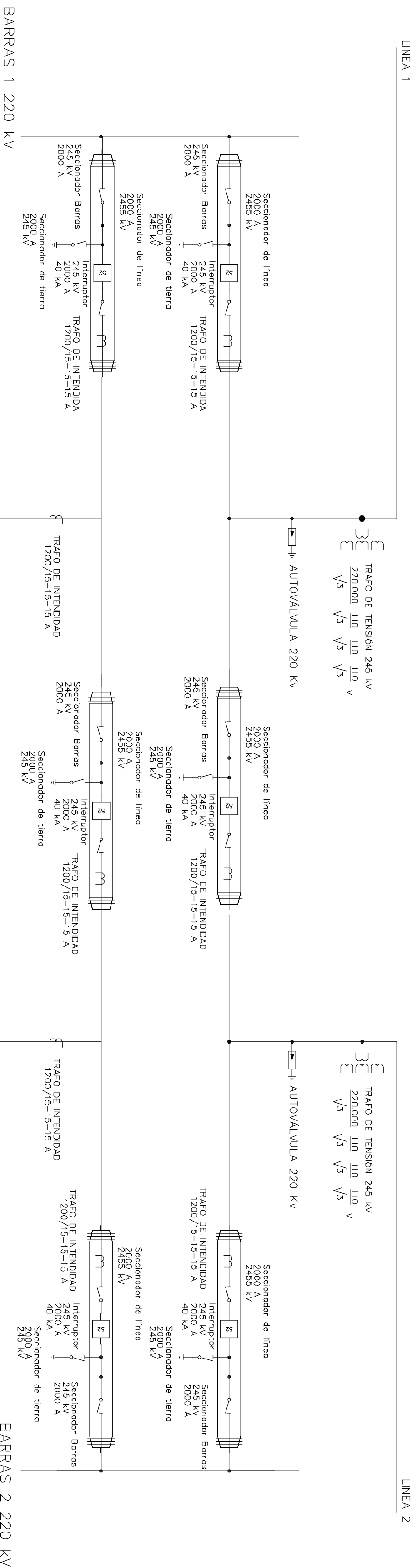
$$Z = 400$$

$$I = 10,5 \text{ kA}$$

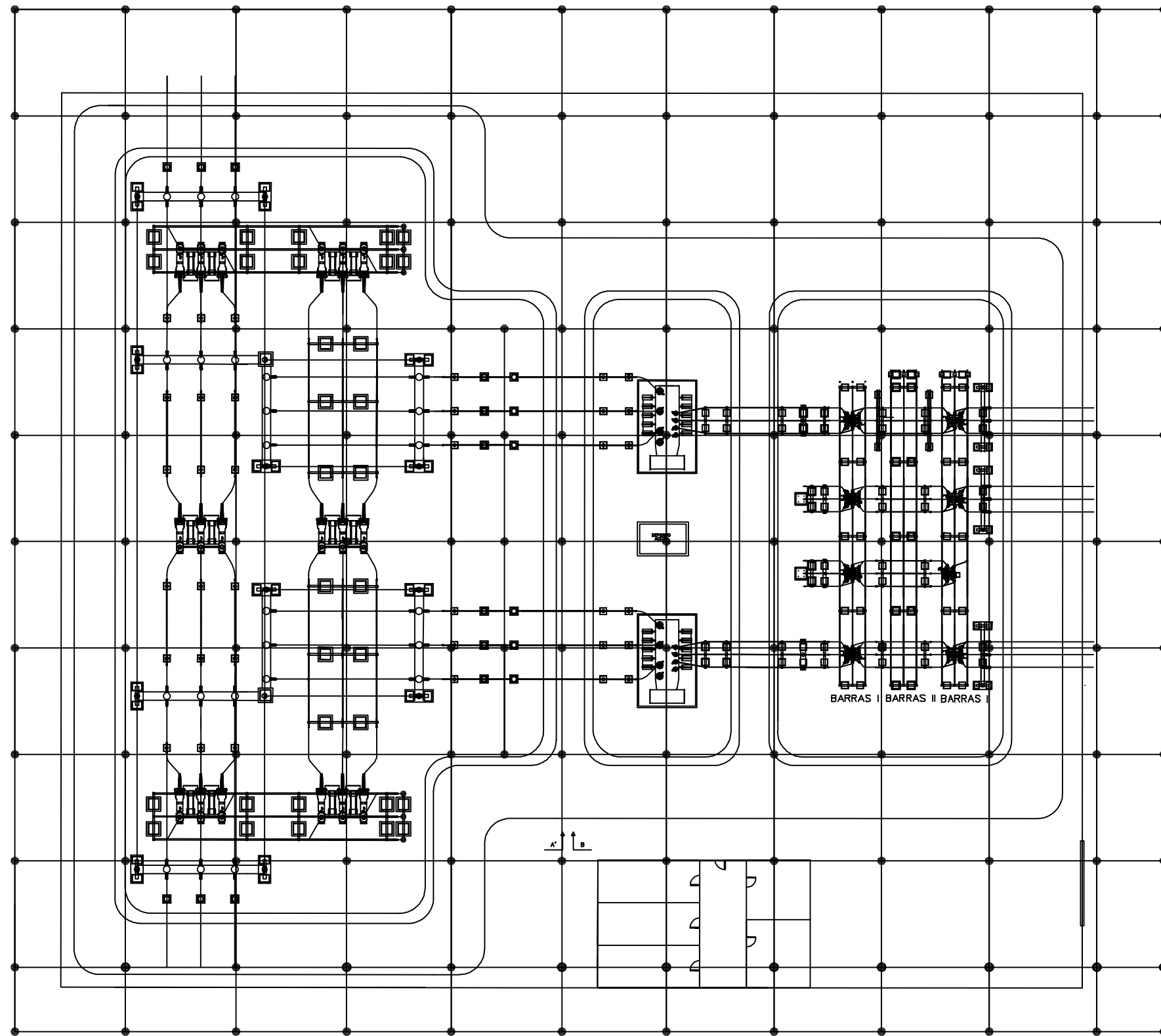
Siendo el valor del radio de protección: 36,88 m

Por lo que para proteger la SE bastaría con la colocación de unos 8 pararrayos, repartiéndose 4 en cada parque con un radio de protección de 35 m.

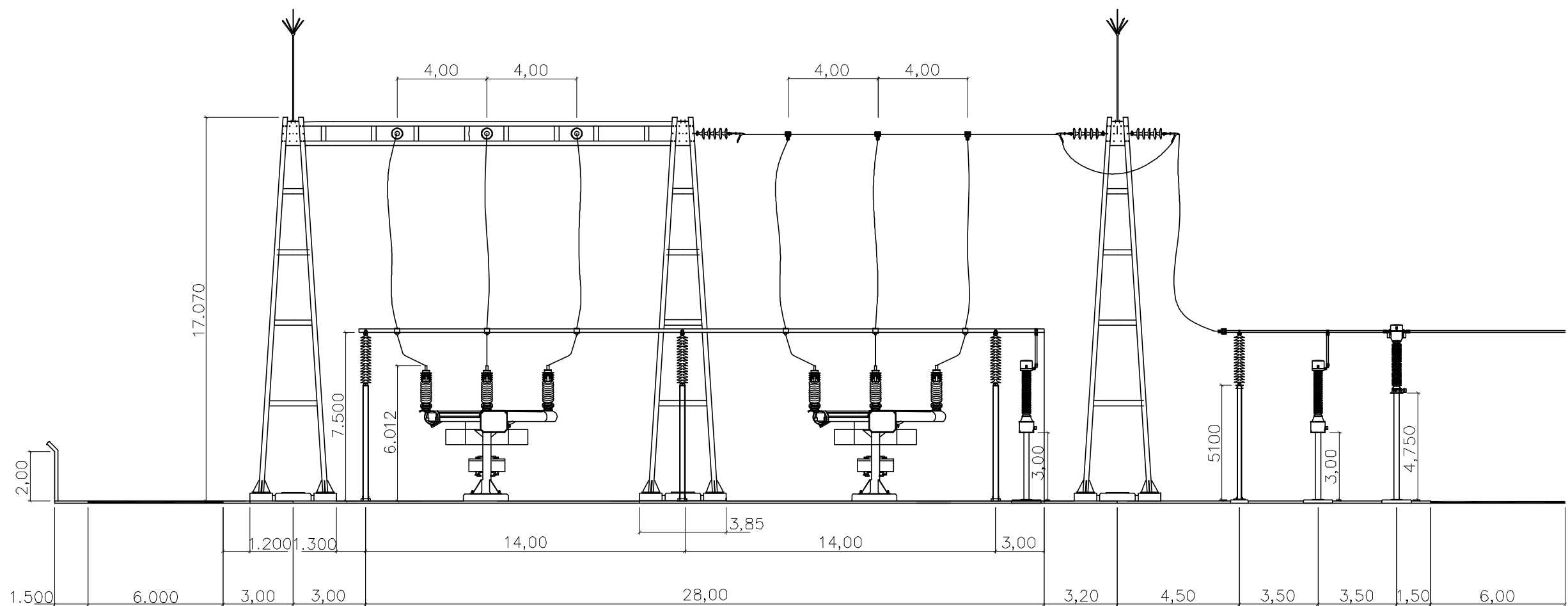
DOCUMENTO N° 3:
PLANOS



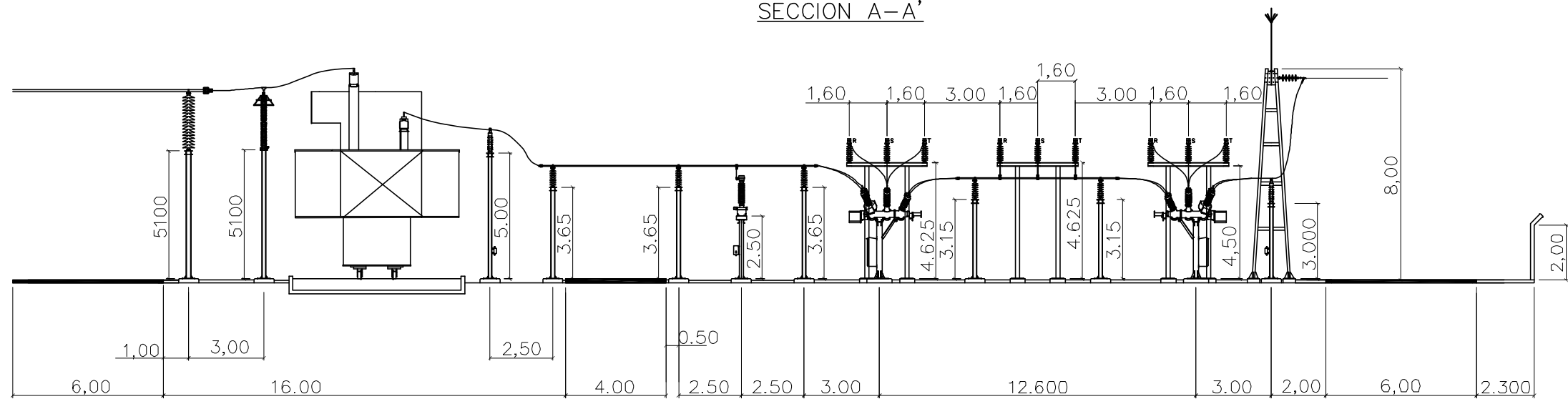
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	27/08/16	Pedro G. Parra		
COMPROBADO				
ESCALA:				№ PLANO 1/4
1:5000	Título del TFG Esquema unifilar			
SUSTITUYE A:				
SUSTITUIDO POR:				



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	27/08/16	Pedro G. Parra			
COMPROBADO					
ESCALA:	Título del TFG Red de tierras			Nº PLANO 2/4	
1:5000				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

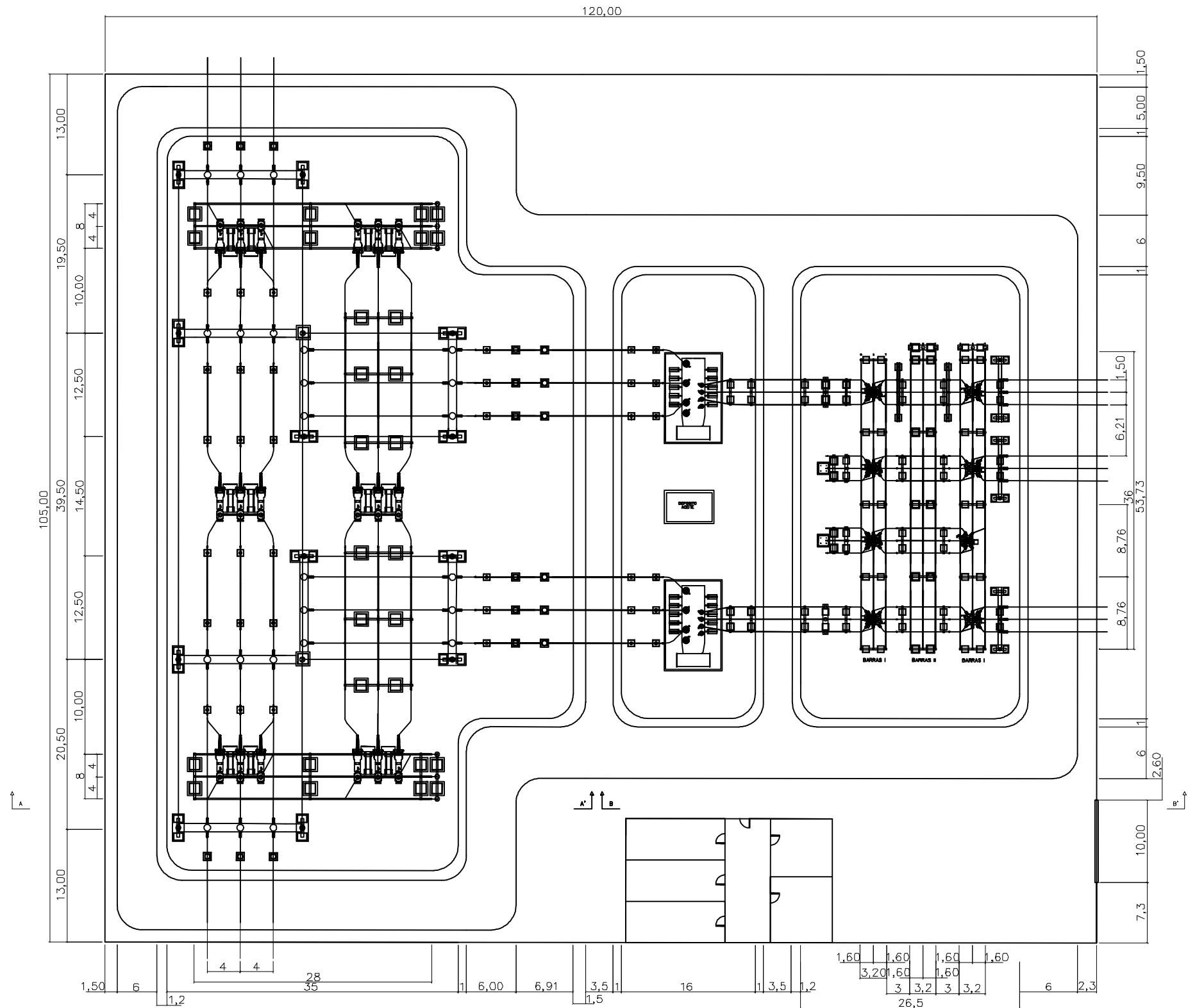


SECCION A-A'



SECCION B-B'

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO	27/08/16	Pedro G. Parra		
COMPROBADO				
ESCALA:	Título del TFG			Nº PLANO
1:2500	Secciones A-A' y B-B'			3/4
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO	27/08/16	Pedro G. Parra			
COMPROBADO					
ESCALA:	Título del TFG Vista en planta			Nº PLANO	
1:5000				4 / 4	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	

DOCUMENTO N° 4:
PRESUPUESTO

PRESUPUESTO

1	Obra civil	74
2	Estructura.....	75
3	Montaje	76
4	Equipos.....	77
5	Seguridad.....	78
5.1	Equipos de protección individual.	78
5.2	Protección colectiva.	79
6	Total presupuesto	80

1 OBRA CIVIL

Acondicionamiento del terreno.....	33.390,00€
Movimiento de tierras. Excavaciones y rellenos.....	30.944,00 €
Viales y acceso.....	7.440,00 €
Edificios de celdas y control.....	277.200,00 €
Cimentaciones y canales.....	5.400,00 €
Arquetas y canalizaciones para cables.....	13.750,00 €
Bancadas de transformadores y depósitos de recogida de aceites.....	93.800,00 €
Cierre y señalización.....	33.750,00 €

Total obra civil = 495.674,00€

2 ESTRUCTURA

Suministro de estructuras.....229.255,00 €

3 MONTAJE

Conductores y piezas de conexión.....	39.585,00 €
Montaje electromecánico.....	240.722,58 €
Sistema de red de tierras.....	37.666,00 €
Pruebas de puesta en marcha.....	60.900,00 €

Total montaje = 378.873,58 €

4 EQUIPOS

Estratégicos.....	3.000.000,00 €
Principales.....	3.997.333,20 €

Total equipos = 6.997.333,2 €

5 SEGURIDAD

Equipos previstos para 14 operarios, encargado y director de obra.

5.1 Equipos de protección individual.

Concepto	Nº Unidades	Amort.	Precio unidad	Total €
Botas impermeables	15	1/6	12,020	30,051
Botas de seguridad	14	1/6	18,030	42,071
Guantes aislantes A.T.	4	1/24	51,687	8,619
Guantes aislantes VT.	3	1/12	18,030	4,508
Guantes trabajos mecánicos	14	1/2	1,803	12,621
Guantes de soldador	2	1/12	15,025	2,506
Gafas contra proyecciones	4	1/12	3,907	1,304
Gafas soldadura	2	1/12	12,020	2,001
Cinturones antilumbago	5	1/12	24,040	10,013
Cinturones antivibraciones	3	1/12	36,061	9,015
Muñequeras antivibraciones	3	1/12	6,010	1,503
Mascarillas papel filtrante	100	1/1	0,180	18,030
Orejeras	7	1/12	12,020	7,014
Cascos seguridad	15	1/18	2,705	2,254
Cinturones de seguridad	7	1/24	72,121	21,035
Arnés TXT y cuerdas salva vidas	3	1/30	162,273	16,227
Impermeables	15	1/12	24,040	30,051
Chaleco reflectante	3	1/24	12,020	1,503
Chaqueta ignífuga	1	1/60	180,304	3,005
Mandiles seguridad	2	1/30	60,101	4,009

Polainas de cuero	2	1/30	18,030	1,202
Ropa de trabajo (monos o buzos)	14	1/3	6,010	28,049
Pantallas contra radiaciones soldadura	2	1/30	0,601	9,015
Coste total				257,19

Tabla 19: Protección individual.

5.2 Protección colectiva.

Concepto	Nº unidades	Amortización	Precio unidad	Total€
Verificador ausencia de tensión A.T.	1	1/15	450,759	30,051
Verificador ausencia de tensión B.T.	2	1/15	90,152	12,020
Equipos de P.a.T.	2	1/15	300,506	40,069
Transformadores de aislamiento	1	1/15	360,607	24,040
Interruptor diferencial 30 mA	4	1/1	18,030	72,121
Interruptor diferencial 300 mA	3	1/1	18,030	54,091
Extintores de incendio	2	1/6	54,091	18,030
Alquiler entibación para zanjas				360,607
Alquiler vallas de seguridad				1.352,277
Cintas señalización zona trabajos	500	1/1	0,601	300,506
Botiquín primeros auxilios	2	1/5	120,202	48,081
Camilla evacuación accidentados	1	1/5	90,152	18,030
Coste total				2.329,92

Tabla 20: Protección colectiva.

Total seguridad = 2587,11 €

6 TOTAL PRESUPUESTO

Concepto	Total €
Obra civil	495.674,00
Estructura	229.255,00
Montaje	378.873,58
Equipos	6.997.333,2
Seguridad	2.587,11
Total	8.103.722,89
Imprevistos (2%)	162.074,46
Gastos generales (8%)	648.297,83
Beneficio industrial (6%)	486.223,37
Total presupuesto	9.400.318,55

Tabla 21: Total presupuesto.

La cuantía total en euros a la que asciende la realización del proyecto es de **NUEVE MILLONES CUATROCIENTOS MIL TRECIENTOS DIECIOCHO Y CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS.**

DOCUMENTO N° 5:
PLIEGO DE CONDICIONES

PLIEGO DE CONDICIONES

1	Objetivo.....	84
2	Disposiciones generales	85
2.1	Seguridad en el trabajo	85
2.2	Normativa y códigos.....	85
2.3	Gestión ambiental	85
2.4	Condiciones para la ejecución por contrata.....	86
3	Condiciones de los materiales de la obra civil.	87
3.1	Hormigones.....	87
3.2	Áridos para morteros y hormigones	88
3.3	Morteros.....	88
3.4	Tipos de cemento.....	89
3.5	Agua	90
3.6	Armaduras	90
3.7	Piezas de hormigón armado o pretensado	90
3.8	Materiales siderúrgicos	90
3.9	Aceros laminados y para estructuras	90
4	Condiciones generales para la ejecución de las obras	92
4.1	Movimiento de tierras.....	92
4.2	Hormigones.....	93
4.3	Pavimentos de hormigón.....	94
4.4	Armaduras	94
4.5	Laminados	94
4.6	Encofrados.....	94
4.7	Piezas prefabricadas de hormigón	94
4.8	Estructura metálica	95
4.9	Embarrados y conexiones.....	95
4.10	Aparamenta.....	95
4.11	Transformadores de potencia y reactancias	96

4.12	Batería de condensadores.....	97
4.13	Cables de potencia.....	97
4.14	Puesta a tierra	97
5	Plan de control de calidad	98
6	Recepción y puesta en marcha de las obras.....	102
7	Resumen de las características de los equipos a instalar.	105
7.1	PASS M0S SBB 252 kV de ABB	105
7.2	Transformadores de tensión capacitivos, ARTECHE	106
7.3	Autoválvulas pararrayos EXLIM P, de ABB	107
7.4	PASS M00 72,5 kV DBB de ABB	109
7.5	Canalizaciones de cables.....	110

1 OBJETIVO

El objetivo de este pliego de condiciones trata de controlar la calidad de los materiales que se van a utilizar, así como establecer los requisitos a los que se debe de ajustar la ejecución de las obras y sus condiciones técnicas.

Las condiciones técnicas y operaciones a realizar, no tienen carácter limitativo, teniendo que realizar todas las necesarias para la ejecución correcta del trabajo.

2 DISPOSICIONES GENERALES

2.1 Seguridad en el trabajo

Según las disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras establecidas en el Real Decreto 16274/1997, de 24 de Octubre, y con el apoyo de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales, se incorpora en este proyecto, el Estudio de Seguridad y Salud necesario para su ejecución, en base al cual cada contratista deberá elaborar un plan que deberá ser aprobado por el coordinador en materia de seguridad y salud nombrado por el promotor, anterior al inicio de las obras.

2.2 Normativa y códigos

Todas las obras del proyecto se ejecutarán cumpliendo las normas y recomendaciones actualizadas y que estén vigentes en el inicio de éstas.

Consideramos las siguientes:

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias del MIE.
- Reglamento Electrotécnico para BT del MIE.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el suministro de Energía.
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de AT del MIE.
- Normas “UNE”, “IEC” y aplicables.
- Código Técnico de la Edificación RD314/2006.

2.3 Gestión ambiental

Todas las obras del proyecto se llevarán acabo con la garantía de que cumplan con la legislación y reglamentación de medioambiente correspondiente.

El conjunto de medidas, planes y acciones se encuentran en el estudio de Impacto ambiental correspondiente, en caso de que fuese necesario realizar. Adjuntándose junto con este proyecto.

2.4 Condiciones para la ejecución por contrata

Éstas serán las que vengan reflejadas en las condiciones generales para la contratación de obras y servicios, así como las descritas en Los Pliego de Licitación.

El contratista será el responsable del proyecto, transporte, suministro, carga y descarga de los materiales, de la construcción de la obra, las estructuras y soportes metálicos, el montaje de todos los equipos de la subestación, de su puesta en marcha y en servicio y además garantizará el suministro hasta la recepción definitiva.

Además, el contratista estará obligado a proporcionar, durante el período de garantía, la asistencia técnica necesaria a los servicios de mantenimiento.

Todos los elementos necesarios para el funcionamiento y control de las instalaciones de la subestación aunque el contratista los omita en su proyecto por un error o un olvido, se considerarán incluidos en la oferta y por lo tanto exigirá su construcción a cargo del contratista.

El Suministro deberá satisfacer la mejor y moderna práctica corriente en ingeniería mecánica, eléctrica, instrumentación y control, comunicaciones, fluidos, etc.

Deberán de utilizarse los materiales de primera calidad de las marcas de prestigio tanto nacionales como extranjeras, deberán mencionarse reservándole el derecho de elección de las mismas al comprador sin sobreprecio alguno y su uso será obligado para el contratista..

Por otro lado, la elección tanto del modelo como de la marca no podrá considerarse como motivo de modificación del contrato.

Las instalaciones deberán de cumplir las condiciones máximas de seguridad en lo referente a incendios, inundaciones, tensiones de paso y contacto en caso de defectos a tierra, distancias reglamentarias...

Se deberán disponer todos los dispositivos de protección necesarios cumpliendo íntegramente las normas legales vigentes, que además serán de obligado cumplimiento.

El contratista se hará responsable de todas las medidas de seguridad y vigilancias, de la integridad de los equipos e instalaciones que se encuentren en la subestación, respondiendo en caso de robo o daño.

3 CONDICIONES DE LOS MATERIALES DE LA OBRA CIVIL.

Habiendo definido los componentes y materiales de la subestación en la memoria descriptiva, planos del proyecto y presupuesto, en este apartado se contempla la calidad y preparación de dichos materiales.

3.1 Hormigones

La composición del hormigón deberá de ser la adecuada según los artículos 30 y 39 de la EHE, para que la resistencia característica especificada del hormigón a compresión a los 28 días, expresada en N/mm², sea según su uso la que se expresa a continuación.

Tipo	N/mm ²	Uso
HA-25/O/20/Ila	25	Obras de hormigón armado: soleras, forjados, depósitos, bancadas de transformadores, etc.
HM-20/P/40/Ila	20	Obras de hormigón en masa: cimientos, bordillos, cunetas, viales, arquetas, zanjas, etc.
HM-10/P/40/Ila	10	Hormigones de limpieza, rellenos, etc.

Tabla 14: Hormigones, características y usos

Las cantidades de hormigón que se van a usar en las distintas estructuras estando en contacto con el suelo y por debajo de la cota 0,00 de la explanación, tendrá una relación agua/cemento menos o igual a 0,60.

Teniendo en cuenta las específicas condiciones de uso de los viales de las subestaciones, no son necesarias ningunas exigencias determinadas a los hormigones que se emplean en esta unidad, que se llevará a cabo con el tipo de hormigón especificado en el cuadro anterior.

3.2 Áridos para morteros y hormigones

Los áridos tendrán un tamaño máximo limitado por el tamiz 40 UNE, su proporción de mezcla estará definida por el porcentaje en peso que contenga de cada uno de los distintos tamaños utilizados, además, deberán proceder de canteras, ríos o bien de machaqueo, debiendo ser limpios y libres de tierra-arcilla o materia orgánica.

Deberán también encontrarse saturados y secos en su superficie, con el fin de obtener un hormigón con la máxima compacidad, sin segregaciones, manejable, bien ligado y de la resistencia exigida. Estos áridos cumplirán como mínimo las condiciones establecidas en el artículo 28 de la EHE.

3.3 Morteros

El mortero tendrá una composición adecuada para la aplicación de las obras de fábrica que se realice. Se adaptarán a los tipos establecidos en la norma NBEFL-90 (tabla 2) y su dosificación será la exigida en la norma anterior, que se muestra en la tabla 3.

Mortero tipo	Resistencia kg/cm ²
M-20	20
M-40	40
M-80	80
M-160	160

Tabla 15: Resistencias mínimas de morteros tipo

Uso	Mortero	Tipo	Cemento	Cal. aérea	Cal. hidráulica	Arena
Fábricas ordinarias, relleno mortero para solados	M-20	a	1	-	-	8
		b	1	2	-	10
		c	-	-	1	3
Fábricas cargas y enfoscados	M-40	a	1	-	-	6
		b	1	1	-	7
Bóvedas, doblados de rasilla, escaleras	M-80	a	1	-	-	4
		b	1	1/2	-	4
Enlucidos, revocos, cornisas, enfoscados impermeables	M-160	a	1	-	-	3
		b	1	1/4	-	3

Tabla 16: Composición de morteros

3.4 Tipos de cemento

El tipo de cemento empleado para los hormigones, se determinará teniendo en cuenta su aplicación y las condiciones ambientales a las que estará expuesto y las dimensiones de las piezas, cumpliendo también las condiciones establecidas en la RC-97 y artículo 26 de la EHE.

La cantidad del cemento se realizará dependiendo del tipo de hormigón que queremos conseguir y el tipo de cemento que vamos a utilizar, según la siguiente tabla:

Tipo de hormigón	Tipo de cemento
Hormigón en masa	Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C. Cementos para usos especiales ESP VI-1
Hormigón armado	Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C y CEM V/B.
Hormigón pretensado	Cementos comunes de los tipos CEM I y CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P, CEM II/A-M (V, P).

Tabla 17: Tipos de cemento utilizables

3.5 Agua

Cumplirá como mínimo las condiciones impuestas en el artículo 27 de la EHE. No se podrán utilizar aguas procedentes del mar ó aguas salinas análogas, ni para amasar ni curar hormigones, salvo si existe una justificación especial, se rechazarán todas aquellas aguas que no cumplan las siguientes condiciones:

1. Un $\text{PH} \geq 5$.
2. Contenido de sulfato $\leq 1\text{g/l}$.
3. Contenido de Ion Cloro $\leq 3\text{g/l}$ para HA ó HM y $\leq 1\text{g/l}$ para HP.
4. Sustancias orgánicas solubles en éter en cantidad $\leq 15\text{g/l}$.

3.6 Armaduras

Las armaduras para el hormigón serán de acero y estarán constituidas por:

- Barras corrugadas designadas en la tabla 31.2.a del artículo 31 de la EHE como B 400 S y B 500 S y cumplirán como mínimo las condiciones impuestas en dicho artículo.
- Mallas electrosoldadas designadas en la tabla 31.3 del artículo 31 de la EHE como B 500 T y cumplirán como mínimo las condiciones impuestas en dicho artículo.

3.7 Piezas de hormigón armado o pretensado

La forma y dimensiones de las piezas prefabricadas se ajustarán a las indicaciones del proyecto a los planos aprobados, y al cuerpo de la obra a ensamblar, siendo recibidos todos aquellos cuerpos que requieran su unión.

3.8 Materiales siderúrgicos

Los tornillos serán de la clase ordinaria y de una calidad del acero 5.6 y cumplirán, así como las tuercas y arandelas, las condiciones impuestas en la NBE (Normativa Básica de la Edificación).

3.9 Aceros laminados y para estructuras

Los aceros laminados para estructuras serán de la calidad S275JR de acuerdo a la norma UNE- EN 10025.

En aquellos casos en los que se suministren perfiles que ya estén elaborados, incluirán 2 manos de pintura protectora antioxidante y su medición se realizará por su peso directo.

4 CONDICIONES GENERALES PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

4.1 Movimiento de tierras

Se tendrán en cuenta las siguientes partes:

- **Desbroce y limpieza de terreno:** la dirección de la obra determinará la cantidad de tierra vegetal, arbolado, tocones, maleza, etc., a retirar y extracciones a realizar, siempre teniendo en cuenta el tipo de terreno existente. Además se decidirá si depositar la extracción en lugares predeterminados para su posterior aprovechamiento o por el contrario retirarla a escombreras autorizadas.
- **Demoliciones:** Comprende el derribo o demolición, total o parcialmente, de todas las construcciones que obstaculicen la obra a realizar y la retirada de la obra del material que no se tenga que reutilizar.
- **Compactación:**
Se tienen en cuenta dos tipos diferentes de terrenos a escarificar:
 1. Terrenos sin firme existente.
 2. Terrenos con firme existente.

En ambos casos el objetivo consistirá en disgregar el terreno superficial con los medios mecánicos adecuados y previamente a su compactado.

La compactación se llevará a cabo hasta conseguir una densidad de al menos, un 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado, según norma UNE 103.501/94.

- **Excavaciones, rellenos, terraplenes, subbases granulares, redes de drenaje:** La medición de la excavación y relleno con el propio material, se llevará a cabo por diferencia teórica entre los perfiles transversales del terreno tomados antes del inicio de las excavaciones y después de realizada la compactación.

Si se utilizase en el relleno un material de préstamo, su medición se realizaría por el mismo procedimiento.

Los materiales de relleno deberán ajustarse a las indicaciones establecidas en las Prescripciones Técnicas Españolas sobre los materiales para su utilización en Terraplenes (PG4/88, artículo 330).

La superficie superior del terraplén se realizará con material granular, y dispondrá de la pendiente suficiente que facilite la salida de aguas o bien de un sistema de drenaje. Los materiales de la capa granular, empleados

entre la base del firme y la explanada, se ajustará a lo indicado en los artículos 510 del PG-3.

Las redes de drenaje que están definidas en los planos del proyecto, se realizarán habitualmente mediante tubo de hormigón poroso, policloruro de vinilo, polietileno de alta densidad o cualquier otro material sancionado por la experiencia, siendo cubierto con material filtrante una vez colocados en la zanja, ajustándose al artículo 420 del PG-3.

4.2 Hormigones

Habrà que limpiar la superficie de contacto, antes de verter hormigón sobre hormigón endurecido, mediante chorro de agua y aire a presión, eliminando seguidamente el agua que se haya depositado y también se realizará el tratamiento adecuado con productos especiales de unión entre fraguados y frescos.

Para asegurar que se han llenado todos los huecos, se ha eliminado el aire de la masa y refluye la lechada en la superficie, habrá que compactar el hormigón mediante vibraciones.

No se deberá someter al hormigón a cargas estáticas o dinámicas durante el primer período de endurecimiento para que no provoquen en él alguna fisuración y la superficie se mantendrá húmeda durante 7 días, como mínimo, protegiéndola de la acción directa de los rayos solares. No se podrá colocar hormigón cuando la temperatura baje de 2° C, ni en el caso de que sea superior se intuya que puede bajar de 0° C durante las 48 horas siguientes, ni cuando la temperatura ambiente alcance los 40°C.

En caso de que el agua de la lluvia pueda producir deslavado del hormigón será posible suspender el hormigonado.

Se garantizarán las condiciones de ejecución de las obras de hormigón exigidas en el Capítulo XIII de la EHE. No se iniciará el hormigonado en ningún, sin comprobar antes la terminación de encofrados, el estado de las superficies de apoyo, la cuantía y la correcta colocación de las armaduras, de las juntas, así como de cualquier extremo que estime oportuno.

4.3 Pavimentos de hormigón

Durante la pavimentación mediante hormigonado en fresco, se podrán insertar las juntas de dilatación de material plástico conforme a lo indicado en los planos del proyecto, o bien, una vez el hormigón haya endurecido mediante serrado con disco, siendo la profundidad mayor de seis centímetros.

4.4 Armaduras

La disposición de las armaduras una vez hormigonadas, deberá seguir las indicaciones establecidas en los planos e instrucciones del proyecto, debiendo estar perfectamente sujetas para soportar el vertido, peso y vibrado del hormigón, respetándose especialmente los recubrimientos mínimos indicados en la EHE en vigor.

4.5 Laminados

Según los valores teóricos de acuerdo con los planos e instrucciones del proyecto, se podrá llevar a cabo la disposición de los laminados y su medición, sin tener en cuenta los despuntes, solapes, platillas, etc. que puedan introducirse.

4.6 Encofrados

Los encofrados de madera o metálicos, serán estancos y seguirán las dimensiones previstas en el proyecto.

Serán indeformables bajo la carga para la que están previstos y no presentarán irregularidades brutas superiores a 2 mm ni suaves superiores a 6 mm medidos sobre la regla patrón de 1 m de longitud.

Su desplazamiento final, respecto a las líneas teóricas de replanteo, no podrá exceder de los 6 mm.

4.7 Piezas prefabricadas de hormigón

A lo largo del proceso de carga, transporte y montaje o colocación, los elementos prefabricados deberán suspenderse y apoyarse en los puntos previstos, con el fin de que no se produzca ninguna petición desfavorable.

4.8 Estructura metálica

La colocación de los anclajes se efectuará con las plantillas previstas para este fin.

Una vez que la estructura esté clasificada y habiendo comprobado que las dimensiones (incluso taladros) corresponden a las medidas que se indican en el proyecto, se procederá al izado de la misma mediante:

1. Estrobo y elevación de las estructuras.
2. Fijación de las mismas en sus anclajes mediante pernos u hormigón.
3. Aplomado, nivelación y alineación de las mismas.

4.9 Embarrados y conexiones

- Embarrados de cable y derivaciones
- Los embarrados de cable se ejecutarán realizando un tramo de muestra de cada vano tipo, con arreglo a las tablas de tendido. Luego se montarán en el suelo todos los tramos izándolos y regulándolos posteriormente.
- Embarrados rígidos de tubo o pletina.
- Los embarrados de tubo se prepararán y ejecutarán en el suelo, incluyendo el doblado con máquina, empalmes si son necesarios, y taladros. En el caso de los tubos de aluminio, se prevé un equipo de soldadura para la unión de las palas de conexión. Posteriormente se izarán y montarán los diferentes tramos.
- Conexiones.
- Se prepararán, limpiarán, colocarán y apretarán las piezas de conexión según se indique.

4.10 Aparamenta

Constituida por:

- **Módulos compactos:** Se fijarán en sus bancadas y una vez estén nivelados se regularán y ajustarán según instrucciones del fabricante.

El llenado del fluido aislante se realizará a la presión indicada por el fabricante. En el caso de que sea aceite, se realizará un filtrado hasta alcanzar una rigidez dieléctrica mínima de 150 kV/cm. En su recepción será comprobada la densidad del gas a través del densímetro, y la presión de gas para el caso de interruptores de SF6.

La casa constructora del interruptor será la encargada de revisar el montaje y dar su aprobación al mismo. Se procederá al izado, fijación en sus soportes y una vez nivelados se regularán y ajustarán según instrucciones del fabricante y finalmente se comprobarán los ajustes, engrases finales, así como la penetración de las cuchillas, conforme a las indicaciones del fabricante.

- **Resto de la aparamenta:** Se procederá a la situación, nivelación y fijación a los soportes correspondientes y, en donde sea necesario, se instalarán las conducciones necesarias hasta las cajas de centralización.

Para su montaje se seguirán las indicaciones del fabricante:

- El montaje de los transformadores de medida, cuando se monte uno por fase, se realizará siguiendo el número de fabricación: el menor fase 0 y el mayor en la fase 8, a continuación se medirán aislamientos. En los TI además, se medirá la polaridad y relación de transformación.
- En las autoválvulas, cuando sea necesario, se montarán los contadores de descargas. Se comprobará y medirá el aislamiento entre la base donde lleve la puesta a tierra y el soporte metálico.

4.11 Transformadores de potencia y reactancias

Las actividades principales a desarrollar en el montaje son las siguientes:

- Descarga y traslado hasta su emplazamiento definitivo junto con sus accesorios.
- Montaje de accesorios y bornas.
- Tratamiento y llenado de aceite bajo vacío.
- Recepción final.
- Se comprobará la existencia de una ligera sobrepresión de gas en la cuba del transformador.
- Se efectuará el vacío de la cuba, al mismo tiempo se realizará el filtrado del aceite en depósitos aparte.
- Una vez conseguidos los valores de rigidez dieléctrica y vacío indicados en la Especificación Técnica de Montaje de Transformadores de Potencia, se iniciará el llenado de la cuba por la parte inferior hasta alcanzar un nivel cercano a la tapa.
- Se procederá a la rotura de vacío.
- Una vez montados todos los elementos del transformador se procederá al llenado final del transformador.

El aceite debe tener un contenido de humedad de 10 ppm o menos, antes del llenado, y el contenido de gases no debe exceder del 1%. Cuando la cuba no esté preparada para pleno vacío, se realizará solamente el tratamiento del aceite y el llenado del transformador, si éstos son nuevos la casa constructora del transformador será la encargada de realizar el montaje y supervisar la puesta en servicio del mismo.

4.12 Batería de condensadores

1. El montaje del soporte metálico, colocación y fijación de los módulos de la batería se llevará a cabo sobre el soporte.
2. Se efectuará el montaje de los embarrados y derivaciones.
3. Se realizarán mediciones de las series con todos sus elementos, y eliminando elementos hasta el punto en el que la sobretensión a que queda sometida sea del 10%.
4. Se vigilará la corriente residual entre los neutros para detectar el desequilibrio, en la puesta en servicio de las modernas.

4.13 Cables de potencia

1. El tendido se realizará formando ternas trifásicas (fases 0, 4, 8).
2. No se admitirán empalmes en el tendido inicial de los cables de potencia.
3. Se comprobará el cumplimiento de las instrucciones del tendido y montaje dadas por el fabricante del cable, así como los ensayos eléctricos previos a la puesta en servicio.
4. Los cables irán marcados identificando circuito y fase en las zonas visibles y arquetas de registro.

4.14 Puesta a tierra

Cualquier elemento que no sea capaz de soportar tensión deberá estar conectado a la malla de tierra. Ésta se tenderá a la profundidad indicada en el proyecto, siguiendo las indicaciones de los planos del mismo.

El contacto de los conductores de tierra deberá hacerse de forma que quede completamente limpio y sin humedad.

Las conexiones se efectuarán con soldadura aluminotérmica y los cruzamientos se harán sin cortar el cable. No se deberá tapar ningún tramo de malla de tierra, ni soldadura alguna, sin la autorización previa de la dirección de obra.

5 PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

El plan de control, tanto de la ejecución como de los materiales utilizados, se llevará a cabo atendiendo a los criterios de buena práctica y según las instrucciones, normas, pliegos, etc., de aplicación en cada caso, debiendo cumplir como mínimo los requisitos expuestos en los siguientes apartados.

El contratista se encargará de la realización de ensayos y pruebas a laboratorios homologados de acuerdo con lo indicado en las Especificaciones Técnicas, o en su defecto en las Normas e Instrucciones de Organismos Oficiales. Mensualmente deberá entregar los certificados de calidad de todos los materiales utilizados, indicando las unidades de obra a que afecta

- **Movimiento de tierras:** Cuando se produzcan movimientos de tierras para explanación de carreteras, viales, etc. se deberán cumplir los valores de límite de Atteberg, análisis granulométrico, equivalente de arena, ensayo Proctor normal/modificado, CBR de laboratorio, materia orgánica y densidad “in situ”, según especifica en cada caso las correspondientes normas NLT ó UNE.
- **Hormigón:** Para tener una garantía de las condiciones de ejecución de las obras de hormigón exigidas en el Capítulo XIII de la EHE, se llevará a cabo un control de ejecución a nivel normal.
- La comprobación de la resistencia del hormigón se realizará en el laboratorio, mediante la rotura a compresión de probetas sacadas a pie de obra, a la edad de 7 y 28 días, según normas UNE 83300:84, 83301:91, 83303:84 y 83304:84 y la comprobación de su consistencia se realizará a pie de obra, mediante el cono de Abrams, según norma UNE 83313:90.
- **Piezas prefabricadas de hormigón armado o pretensado:** El fabricante deberá presentar un expediente en el que aparezcan las características tales como:
 - Calidad del Hormigón.
 - Calidad del acero.
 - Dimensiones y tolerancias.
 - Solicitaciones.
 - Precauciones durante su montaje.

- **Armadura:** Deberá realizarse:
 1. Verificación de la sección equivalente.
 2. Ensayos y características según Norma UNE 36068:94.
 3. Comprobación de los valores característicos del material, límite elástico, rotura y alargamiento.
 4. Verificar que las características de las mallas electrosoldadas de acero para hormigón armado, cumplen con la norma UNE 36092:96.
- **Obra de fábrica:** El contratista entregará el certificado de garantía y ensayos efectuados por el fabricante de los siguientes elementos: Tocho macizo, Cero visto, Tochara y Gero no visto.
- **Protocolo, ensayos y Montaje de estructuras metálicas y soportes:**
 - **Protocolos:** antes de iniciar la construcción el contratista entregará a la propiedad los certificados de garantía de la materia prima con las características mecánicas y químicas, según los apartados 2.3, 2.6 y capítulo 3 de la Norma MV 102/1975.
 - **Ensayos:** El contratista encargará los ensayos a un laboratorio recomendado; se entregarán los resultados inmediatamente después de ser efectuados.
 - **Control de medidas:** De cada tipo de módulo (columna, viga, soporte, etc.) se elegirá uno, del que se comprobarán las dimensiones y tipo de perfil.
 - **Control del galvanizado:** El espesor del galvanizado, se comprobará mediante el medidor de espesores digital. Se volverá a elegir de cada tipo de módulo uno al cual se le efectuarán como mínimo 3 mediciones.
 - **Control de características mecánicas:** en este caso se escogerá una muestra de cada módulo (viga, columna, soporte, etc.) del taller del constructor y se efectuarán, ensayo de resiliencia y ensayo de tracción, del que se obtendrá:
 - Límite elástico,
 - Resistencia a tracción
 - Alargamiento a la rotura

Todo ellos de acuerdo con las Normas indicadas en la MV 102/1975.

En los módulos soldados se efectuarán radiografía de las soldaduras (Norma UNE 14011) por empresas especializadas y autorizadas. Las radiografías a efectuar dependerán del tipo de estructura, fijándose como norma dos elegidas por muestreo en obra.

- **Control de tornillería:** Se comprobarán tanto las medidas de tornillo, arandela y tuerca, así como el buen marcaje de la marca del fabricante y de la calidad del tornillo, además de comprobar también la uniformidad del galvanizado. Los tornillos que se comprobarán se procurará que sean de distintos tipos. Las tolerancias dimensionales de los conjuntos montados serán indicadas en los planos. Las tolerancias admitidas se indican a continuación:

	Soportes	Estructuras	Dinteles
Aplomado	+ - altura/1000 <= 25 mm	+ - 3‰ de la altura	
Alineación	+ - 2.5 mm (anclaje con hormigón)		
	Holgura permitida taladro <2.5 mm (anclaje por pernos)		
Nivelación	+ - 2.5 mm (*) máximo 2.5mm entre cada soporte de seccionadores	+ -2.5 mm	Horizontal: + - 3% de la longitud
Flecha		+ -altura/1000<=15 mm (flecha de los pilares respecto a su eje vertical)	+ -Longitud/100 0<=10 mm (flecha entre ejes de apoyo)

Tabla 18: Tolerancias tornillos

- **Ensayos Red de tierras:** El contratista encargará los ensayos a una empresa especializada. Los ensayos serán:
 - Medida de las tensiones de paso y de contacto, mano-mano y mano-pie.
 - El sistema para ambas medidas será de inyección de corriente y en la medición de tensiones de paso y contacto con un sistema de corrección de cualquier tensión circule por el terreno o bien inyectando una intensidad del 1 % de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación y en cualquier caso no inferior a 50 A.
 - Medida de la continuidad de la red, indicando sección conductor equivalente, esta medida se efectuará como mínimo entre 10 puntos opuestos a criterio del Comprador.

6 RECEPCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LAS OBRAS

Se hará una recepción de las obras del proyecto, levantándose acta.

En ésta se hará constar la conformidad con los trabajos realizados dándose la obra por terminada si se ha realizado correctamente de acuerdo con el presente pliego de condiciones. En el caso de no estar la obra en un estado para ser recibida, se mostrará en el acta, y se darán las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento.

Para llevar a cabo la recepción y puesta en marcha de la obra el contratista deberá realizar las pruebas de los equipos e instalaciones, basándose en la normativa citada y en los protocolos de pruebas indicadas. Éste deberá cumplir con los distintos protocolos de recepción, de los equipos e instalaciones, antes de la puesta en servicio. Ésta la realizará el contratista bajo la dirección de la propiedad. Además, el contratista cumplimentará el permiso de puesta en marcha ante el organismo oficial (Industria).

Antes de las maniobras de puesta en marcha se realizarán las siguientes actividades:

- **Verificaciones previas a la energización en A.T.:**
 - Verificación de los tenses y flechas de las conexiones tensadas.
 - Verificación del conexionado de la aparamenta de toda la instalación.
 - Verificar el valor nominal de tensión en los equipos y demás características de la aparamenta que sean correctas.
 - Comprobación a muestreo el apriete de la tornillería en las conexiones, aparamenta y estructura metálica.
 - Verificar el ajuste y puesta a punto de los seccionadores.
 - Enclavamientos eléctricos y mecánicos.
 - Mandos locales.
 - Control de la resistencia contacto.
 - Aislamiento
 - Velocidad de apertura-cierre
 - Verificar el ajuste y puesta a punto de los interruptores:
 - Enclavamientos eléctricos y mecánicos.
 - Mandos locales.

- Control de la resistencia contacto.
 - Aislamiento
 - Velocidad de cierre-apertura.
 - Tiempos de actuación cierre-apertura (bloques de contacto).
 - Sincronismo entre fases y entre los contactos cierre-apertura.
- **Verificaciones previas a la energización en armarios y circuitos de control y protección:**
 - Verificación del conexionado, de acuerdo con los esquemas correspondientes.
 - Realizar las pruebas de aislamiento de cada uno de los aparatos.
 - Verificar la separación de las polaridades y respecto a tierra (cc y ca).
 - Verificar el valor nominal de tensión y demás características sean correctas (aparatos y equipos).
 - Comprobación de la ausencia de conexiones sueltas o mal apriete de bornas.
 - Comprobar etiquetado de cables.
 - Comprobar la puesta a tierra de las pantallas de los cables y su etiquetado (longitud del rabillo de tierra).
 - Comprobar la relación de los transformadores auxiliares y su concordancia con la relación elegida (T/T y T/I).
 - Comprobación de la polaridad de los transformadores aux. (T/T y T/I).

Antes de la puesta en marcha circuito control y protección se realizarán las siguientes actividades:

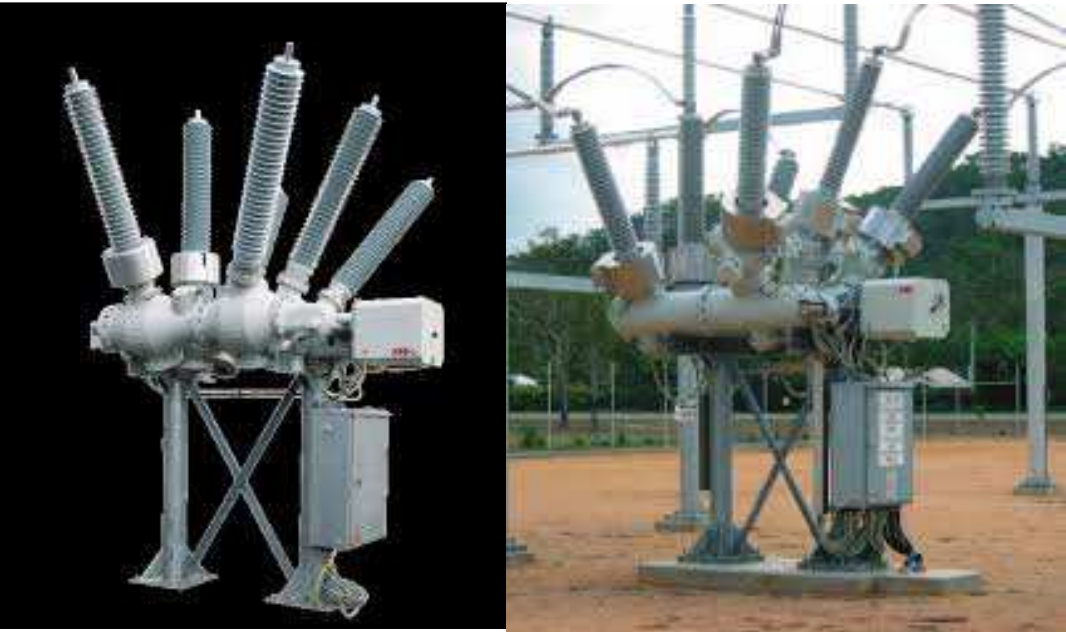
- Servicios auxiliares ca.
- Servicios auxiliares cc.
- Comprobación independencia de los circuitos de baterías.
- SISTEMA INTEGRADO DE CONTROL Y PROTECCIÓN: Comprobación local de todas las señales, mandos y medidas.
- Para cada POSICIÓN:
 - Maniobra: local desde el armario de la propia celda, desde el
 - Terminal Local (PC) y desde el Centro de Control.
 - Enclavamientos.
 - Circuitos intensidad y tensión: inyección de corriente y tensión, comprobando los aparatos de medida, protección y convertidores.
 - Protecciones: protocolos de ajuste.

- Protección embarrado:
- Celda unión de barras.
- Protección diferencial o modificación de corrientes de la misma.
- Otras pruebas:
- SICOP modificación de la programación y pruebas funcionamiento.
- Equipos de comunicación.
- Programación Centro de Control.
- Pruebas Comunicaciones.
- Prueba desde Centro de Control.

7 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS A INSTALAR.

Se indican en este apartado los equipos que se pretenden instalar con todas sus características.

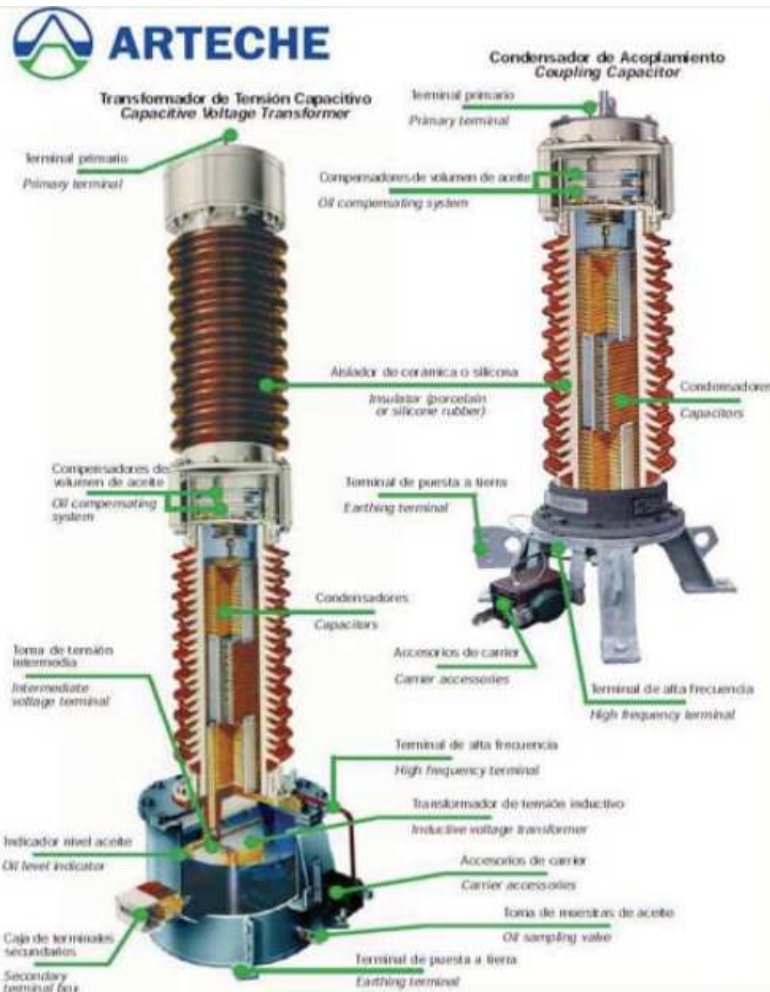
7.1 PASS MOS SBB 252 kV de ABB



Rated characteristics

Rated insulation level			
Rated voltage	kV	252	
Rated power frequency withstand voltage (1 min)			
normal value	kV	460	460
over the isolating distance	kV	530	530
on open circuit-breaker	kV	460	460
Rated lightning impulse withstand voltage (1 sec)			
normal value	kV	1050	1050
over the isolating distance	kV	1200	1200
on open circuit-breaker	kV	1050	1050
Current ratings			
Rated frequency	Hz	50	60
Rated continuous current	A	4000	4000
Rated short-time withstand current	kA	50	50
Rated short-circuit duration	s	3	3
Rated peak withstand current	kA	125	125
Rated short-circuit breaking current	kA	50	40

7.2 Transformadores de tensión capacitivos, ARTECHE



Transformadores de Tensión Capacitivos • Capacitive Voltage Transformers

Modelo Model	Tensión máxima de servicio Highest system voltage (kV)	Versiones de ensayo Test voltages			Capacidad estándar Standard capacitance (pF)	Alta capacidad High capacity (pF)	Línea de fuga estándar Standard creepage distance (mm)	Dimensiones Dimensions		Peso Weight (kg)
		Frecuencia industrial Power frequency (Hz)	Impulso Lightning impulse (kV)	Maniobra Switching impulse (kV)				A (mm)	H (mm)	
DDK-72	72.5	1.40	325	-	14000	40000	1825	450	1350	245
DDK-100	100	1.85	450	-	9000	24000	2500	450	1600	255
DDK-123	123	2.30	550	-	8000	24000	3075	450	1600	300
DDK-145	145	2.75	650	-	6000	17700	3625	450	1900	310
DDK-170	170	3.25	750	-	5000	15200	4250	450	2065	330
DFK-245	245	4.60	1050	-	3600	12400	6125	450	2885	450
DFK-300	300	6.60	1050	850	4000	10000	7500	450	3205	480
DFK-362	362	8.10	1175	950	3400	8800	9050	450	3675	520
DFK-420	420	9.30	1425	1050	2600	7000	10500	450	4085	670
DFK-525	525	9.80	1550	1175	-	6000	13125	450	5060	1065
DFK-766	766	8.80	1950	1425	-	5200	15300	450	7090	1270

Clases y potencias de precisión estándar • Standard accuracy classes and burdens

Según Normas CEI

75 VA Clase 0.2 / 3P
100 VA Clase 0.5 / 3P
350 VA Clase 1 / 3P

Potencias de precisión elevadas como 500 VA Clase 0.5, o incluso superiores, son posibles bajo pedido. High accuracy Class 0.1 can be made to order.

Según Normas IEEE

0.3 WATT
0.6 WATT
1.2 WATT, 22

Potencias de precisión superiores como 0.3 WATT o 22 son posibles bajo pedido. Higher accuracy burdens such as 0.3 WATT or 22 can be made to order.

According to IEC Standards:

75 VA Class 0.2 / 3P
100 VA Class 0.5 / 3P
350 VA Class 1 / 3P

High accuracy burdens such as 500 VA Class 0.5, or even higher, can be made to order. High accuracy Class 0.1 can be made to order.

According to IEEE Standards:

0.3 WATT
0.6 WATT
1.2 WATT, 22

Higher accuracy burdens such as 0.3 WATT or 22 can be made to order.

Condensadores de Acoplamiento + Coupling Capacitors



Modelo Model	Tensión máxima de servicio Highest system voltage (kV)	Niveles de ensayo Test voltages			Capacidad estándar Standard capacitance (pF)	Alta capacidad High capacitance (pF)	Largo de fuga estándar Standard creepage distance (mm)	Dimensiones Dimensions		Peso Weight (kg)
		Frecuencia industrial Power frequency (kV)	Impulso Lightning impulse (250/500) (kV)	Maniobra Switching impulse (550/550) (kV)				A (mm)	H (mm)	
ODN-72	72.5	140	325	-	14000	40000	1825	350	1235	115
ODN-100	100	185	450	-	9000	26500	2500	350	1325	120
ODN-125	125	230	550	-	8900	24000	3075	350	1505	145
ODN-145	145	275	650	-	6000	17700	3625	350	1675	150
ODN-170	170	325	750	-	5000	15200	4250	350	1805	170
DFN-245	245	400	1050	-	3600	12400	6125	350	2625	255
DFN-300	300	480	1050	850	4000	10000	7300	350	2945	305
DFN-362	362	510	1175	950	3400	8600	9050	450	3415	345
DFN-420	420	530	1425	1050	2800	7000	10500	450	4335	405
DFN-525	525	680	1550	1175	-	6800	13125	450	5395	890
DFN-765	765	880	1950	1425	-	5200	15300	430	6760	1095

Valores y medidas aproximadas.
Weights and dimensions are approximate.

Para valores distintos o necesidades especiales, consultar.
For special requirements, if different values, please consult.

7.3 Autoválvulas pararrayos EXLIM P, de ABB



Max. system voltage U_{se}	Rated voltage U_r	Max. continuous operating voltage ¹⁾		TOV capability ²⁾		Max. residual voltage with current wave							
		as per IEC U_c	as per ANSI/IEEE MCOV	1 s	10 s	30/50 μ s			8/20 μ s				
						0.5 kA	1 kA	2 kA	5 kA	10 kA	20 kA	40 kA	
kV_{sys}	kV_{reg}	kV_{reg}	kV_{reg}	kV_{reg}	kV_{reg}	kV_{res}	kV_{res}	kV_{res}	kV_{res}	kV_{res}	kV_{res}	kV_{res}	
145	108	86	86.0	124	118	208	214	223	242	254	280	313	
	120	92	98.0	138	132	231	238	248	268	282	311	347	
	132	92	108	151	145	254	262	272	295	311	342	382	
	138	92	111	158	151	265	274	285	309	325	357	399	
	144	92	115	165	158	277	286	297	322	339	373	417	
	150	92	121	172	165	288	298	309	335	353	388	434	
	162	92	131	186	178	312	321	334	362	381	419	469	
	168	92	131	193	184	323	333	346	376	395	435	486	
	132	106	106	151	145	254	262	272	295	311	342	382	
	144	108	115	165	158	277	286	297	322	339	373	417	
170	150	108	121	172	165	288	298	309	335	353	388	434	
	162	108	131	186	178	312	321	334	362	381	419	469	
	168	108	131	193	184	323	333	346	376	395	435	486	
	192	108	152	220	211	369	381	396	429	452	497	555	
	245	180	144	207	198	346	357	371	402	423	466	521	
	192	154	154	220	211	369	381	396	429	452	497	555	
	198	156	160	227	217	381	393	408	443	466	512	573	
	210	156	170	241	231	404	417	433	469	494	543	608	
	216	156	175	248	237	415	428	445	483	508	559	625	
	219	156	177	251	240	421	434	451	489	515	567	634	
300	222	156	179	255	244	427	440	458	496	522	574	642	
	226	156	180	262	250	436	452	470	510	536	590	660	
	216	173	175	248	237	415	428	445	483	508	559	625	
	240	191	191	276	264	461	476	495	536	564	621	694	
	258	191	209	296	283	496	512	532	576	607	667	746	
	264	191	212	303	290	507	523	544	590	621	683	764	
	276	191	220	317	303	530	547	569	617	649	714	798	
	362	258	209	296	283	496	512	532	576	607	667	746	
	264	214	212	303	290	507	523	544	590	621	683	764	
	276	221	221	317	303	530	547	569	617	649	714	798	
420	288	230	230	331	316	553	571	593	643	677	745	833	
	330	264	267	379	363	634	654	680	737	776	854	954	
	336	267	272	386	369	646	666	692	751	790	869	972	
	342	267	277	393	376	657	678	705	764	804	885	989	
	360	267	291	414	396	692	714	742	804	846	931	1046	

Max. system voltage U_{se}	Rated voltage U_r	Housing	Creepage distance	External insulation ¹⁾				Dimensions					
				1.2/50 μ s dry	50 Hz wet (80s)	60 Hz wet (10s)	250/2500 μ s wet	Mass	A_{max}	B	C	D	Fig.
				kV_{res}	kV_{res}	kV_{res}	kV_{res}	kg	mm	mm	mm	mm	
24	24	XV024	1363	283	126	126	242	21	487	-	-	-	1
36	30-36	XV036	1363	283	126	126	242	21	487	-	-	-	1
52	42-72	XV052	2270	400	187	187	330	25	736	-	-	-	1
72	54-72	XV072	2270	400	187	187	330	25	736	-	-	-	1
	75-84	XV072	3625	578	293	293	462	38	1080	-	-	-	1
100	75-96	XV100	3625	578	293	293	462	38	1080	-	-	-	1
	90-120	XH123	3625	578	293	293	462	37	1080	-	-	-	1
145	90-144	XV123	4540	800	374	374	660	45	1367	-	-	-	2
	150	XV123	4868	861	419	419	704	52	1486	-	-	-	2
	108-120	XH145	3625	578	293	293	462	36	1080	-	-	-	1
	108-144	XV145	4540	800	374	374	660	45	1367	-	-	-	2
170	150	XV145	4868	861	419	419	704	52	1486	-	-	-	2
	162-168	XV145	5895	979	490	490	792	58	1741	-	-	-	2
	132-144	XH170	4540	800	374	374	660	48	1400	400	-	160	3
	150	XH170	4868	861	419	419	704	54	1486	400	-	160	3
245	132-192	XV170	5895	979	490	490	792	59	1744	400	-	160	3
	162	XM245	5895	979	490	490	492	59	1761	600	-	300	4
	180-228	XH245	7250	1158	588	586	924	73	2105	600	-	300	4
	180-198	XV245	8613	1439	712	712	1186	84	2617	800	-	500	5
300	210-228	XV245	8613	1439	712	712	1186	91	2617	800	-	300	5
	216-276	XH300	8613	1439	712	712	1186	84	2617	800	-	500	5
	216-276	XV300	9520	1556	773	773	1254	98	2872	800	-	300	5
362	258-288	XH362	9520	1556	773	773	1254	103	2872	1200	1000	500	6
	258-288	XV362	11790	1858	893	900	1584	127	3491	1400	1000	700	7
420	330-360	XH420	10875	1734	879	879	1386	115	3215	1400	1000	700	6

Max. system voltage	Rated voltage	Housing	Creepage distance	External insulation ¹⁾				Dimensions					
				1.2/50 μ s dry	50 Hz wet (80s)	60 Hz wet (10s)	250/2500 μ s wet	Mass	A _{max}	B	C	D	Fig.
kV _{sys}	kV _{rms}		mm	kV _{peak}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{peak}	kg	mm	mm	mm	mm	
Neutral-ground arresters													
52	50-5E	XN052	1353	400	187	187	330	21	736	-	-	-	1
72	62-54	XN072	2270	400	187	187	330	24	736	-	-	-	1
100	60	XN100	2270	400	187	187	330	25	736	-	-	-	1
123	72	XN123	2270	400	187	187	330	25	736	-	-	-	1
	75-120	XN123	3625	578	293	293	482	38	1080	-	-	-	1
145	84-120	XN145	3625	578	293	293	482	37	1080	-	-	-	1
170	84-120	XN170	3625	578	293	293	482	37	1080	-	-	-	1
245	108-144	XN245	3625	578	293	293	482	38	1080	-	-	-	1
	132-144	XN245	4540	800	374	374	660	45	1397	-	-	-	2

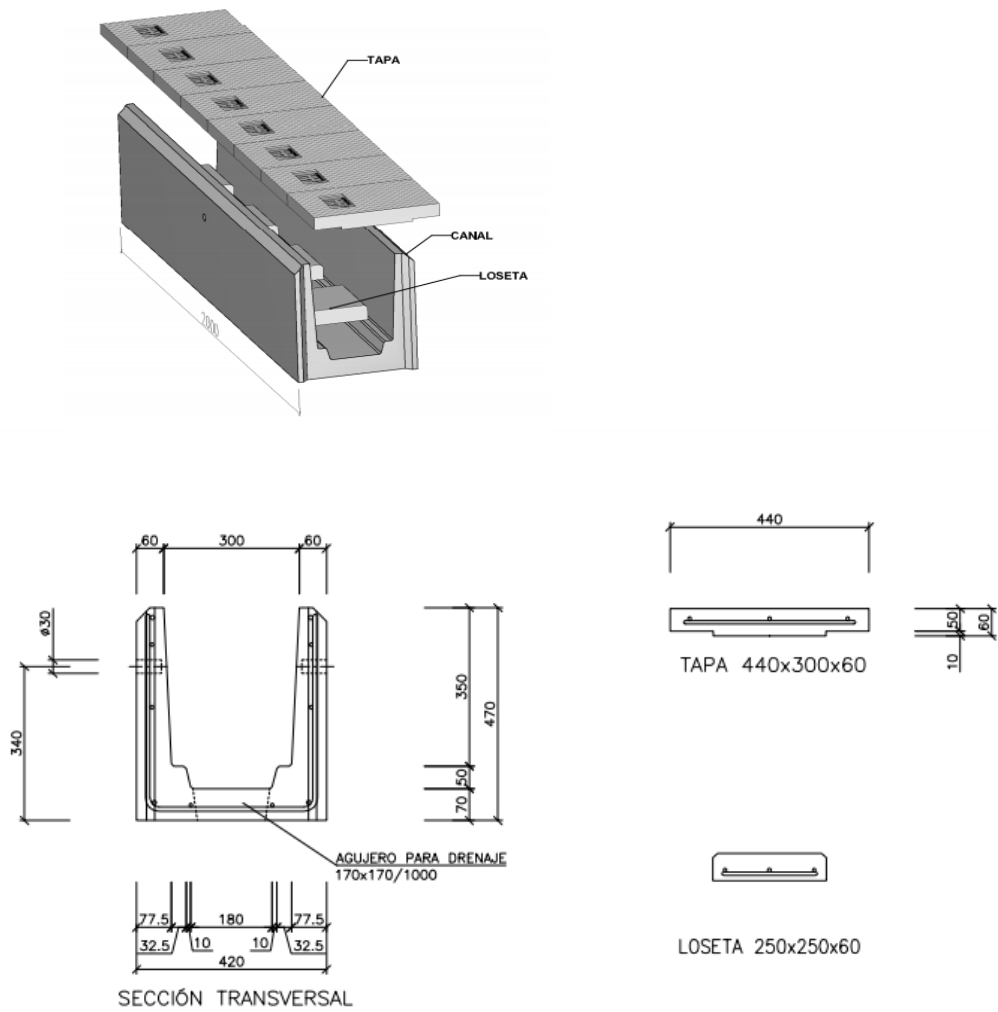
7.4 PASS M00 72,5 kV DBB de ABB



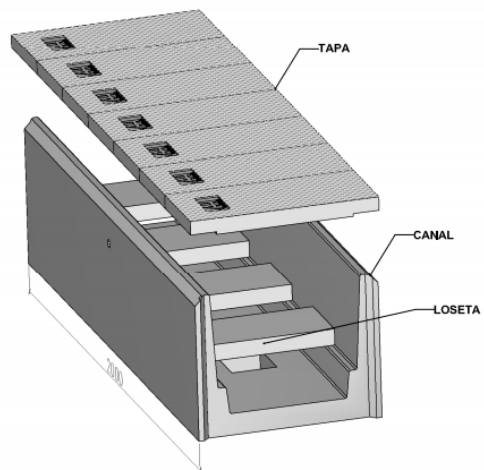
Rated voltage	kV	72.5	100
Frequency	Hz	50/60	50
Rated current	A	3150	
Breaking current	kA	40	20
AC test voltage	kV	160	185
Impulse test voltage – BIL	kV	350	450
Altitude above sea level	m	≤ 1000	
Max air temperature	°C	+ 40 ⁽¹⁾	
Min air temperature	°C	- 40 ⁽¹⁾	- 30 ⁽¹⁾
Relative humidity	%	100	
Wind pressure	Pa	700	
Sun radiation	W/m ²	≤ 1000	
Earthquake (IEC 1166)	g	0.5	
Degree of protection (IEC 60529)	IP	44 ⁽²⁾	
Pollution level (IEC 60815)		III Heavy ⁽³⁾	

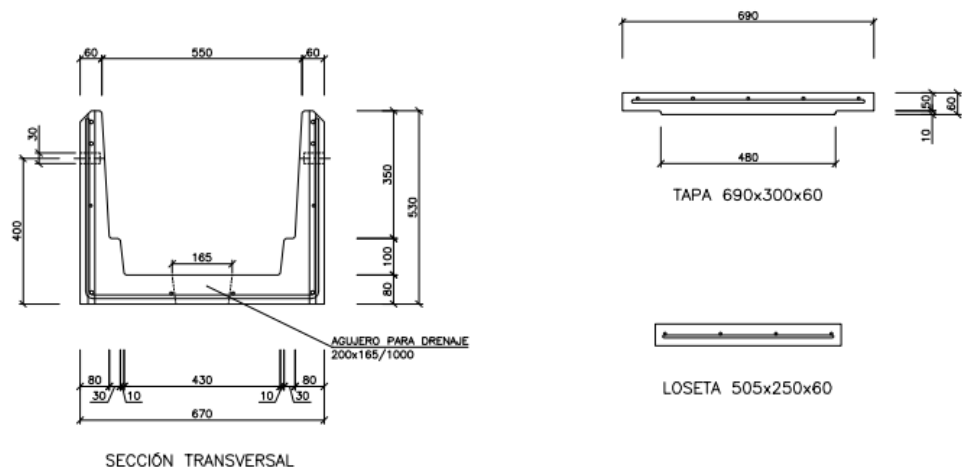
7.5 Canalizaciones de cables

Canal tipo A:

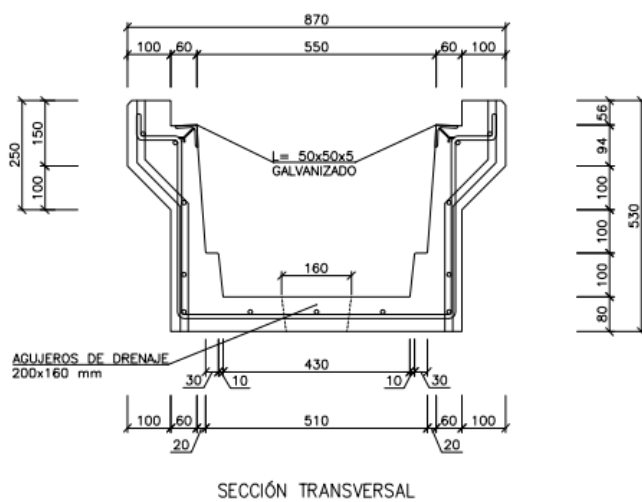
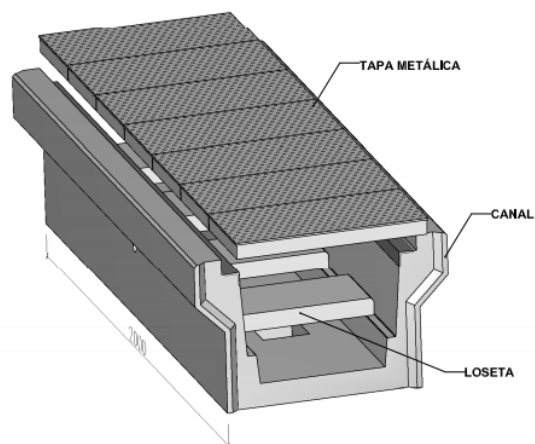


Canal tipo B:





Canal tipo BR:



LOSETA 505x250x60

TAPA METÁLICA GALVANIZADA
664x310x56

DOCUMENTO N° 6:
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

1	Memoria.....	115
1.1	Objeto	115
1.2	Situación y descripción de la obra.....	116
1.3	Interferencias con servicios.....	116
1.4	Leyes de seguridad, normas legales y reglamentos aplicables	116
2	Actividades.....	117
3	Equipos de trabajo	118
3.1	Maquinaria	118
3.2	Elementos.....	118
4	Riesgos laborales y medidas preventivas.....	119
4.1	Actividades.....	119
4.1.1	Implantación de la obra.....	119
4.1.2	Acopio del material, almacenamiento y expedición	120
4.1.3	Movimiento de tierras.....	120
4.1.4	Obra civil.....	122
4.1.5	Montaje del parque	123
4.1.6	Tendido de cables y montaje de equipos	125
4.1.7	Puesta en servicio de la instalación	125
4.2	Utilización de la maquinaria	126
4.2.1	Condiciones que deben reunir las máquinas en obra.....	127
4.2.2	Almacenamiento de combustible.....	127
5	Servicios sanitarios y comunes	128
5.1	Primeros auxilios.....	128
5.2	Medicina preventiva	128
5.3	Evacuación de accidentados.....	128
5.4	Servicios comunes	128
5.5	Seguridad e higiene en el trabajo.....	129

6	Formación.....	130
---	----------------	-----

1 MEMORIA

1.1 Objeto

El presente Estudio de Seguridad y Salud tiene por objeto definir y coordinar las medidas mínimas de seguridad y salud a tomar, durante la instalación de la subestación, con el fin de conseguir el mantenimiento de un clima de trabajo confortable que elimine o minimice los accidentes e incidentes laborales.

Siguiendo las instrucciones del Real Decreto 1627/1997, antes del inicio de la obra el Contratista adjudicatario, elaborará el Plan de Seguridad y Salud, sobre la base de lo indicado en este Estudio de Seguridad.

El Estudio y el posterior Plan de Seguridad son válidos para todas las Empresas que actúen en la obra ya sea como contratista, subcontratista o personal autónomo, debiendo el contratista cumplir y hacer cumplir, a todo el personal de obra, lo establecido en ellos así como en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, Decretos que la desarrollan y la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

El contratante deberá tener constancia de que cada trabajador ha sido informado de los riesgos específicos que afecten a su puesto de trabajo o medios a su disposición, y a la primera ocasión deberá informar a su superior función que desempeña y de las medidas de protección y prevención aplicables a dichos riesgos.

El Jefe de Obra, Técnico de Montaje y Coordinador de Seguridad admitirán y tendrán en cuenta cualquier propuesta por parte del trabajador que vaya dirigida a mejorar los niveles de protección en lo relacionado a la seguridad y salud en el trabajo.

Cuando el trabajador esté o pueda estar en una situación de riesgo grave o inminente, el superior deberá actuar de inmediato para eliminar tal situación, en caso de que el trabajador no pueda ponerse en contacto con su superior, él mismo, podrá subsanar la situación habida cuenta de sus conocimientos y del problema y la solución adoptada.

1.2 Situación y descripción de la obra

La subestación está situada junto a la localidad de Marmolejo en la provincia de Jaén, el motivo de su construcción es la mejora del suministro debido al aumento de la demanda energética.

La obra consistirá en la construcción de una nueva subestación transformadora de 220/66 kV.

1.3 Interferencias con servicios

En la zona en la que están previstas las actividades no consta que pueda haber interferencias con otro tipo de actividad.

1.4 Leyes de seguridad, normas legales y reglamentos aplicables

EL contratista deberá tener a todos sus trabajadores afiliados y dados de alta en la Seguridad Social, además deberá tener una póliza aseguradora para accidentes de trabajo donde se incluya la electrocución que deberá ser presentada al contratante antes del comienzo de los trabajos.

Las leyes de seguridad aplicables a la prevención serán:

- Ley 31/1995. Prevención de riesgos laborales.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de 9 de marzo de 1971. Capítulo 6 (Electricidad).
- Real Decreto 1495/1986. Reglamento de seguridad de máquinas.
- Ley 8/1998 de 7 de abril, infracciones y sanciones en el orden social.
- Real Decreto 1316/1989. Protección de los trabajadores frente al ruido.
- Real Decreto 485/1997. Señalización de los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997. Disposiciones mínimas en la manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1997. Utilización de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997. Utilización de equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997. Condiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción.

Los reglamentos a seguir son RBT, RLAT e ITC MIE-RAT

2 ACTIVIDADES

Visto el proyecto de la construcción de la SE, la obra se puede dividir en las siguientes actividades:

- Implantación de la obra.
- Acopio de material y reexpedición del sobrante.
- Movimiento de tierras.
- Obra civil.
- Montaje de la subestación (estructuras metálicas y aparamenta de AT).
- Tendido de cables y montaje de equipos (protección, mando, control y comunicaciones).
- Puesta en servicio de la instalación.

Una vez desarrollado el proyecto definitivo, el contratista ampliara, si es necesario, esta relación en su Plan de Seguridad.

3 EQUIPOS DE TRABAJO

3.1 Maquinaria

- Pala cargadora
- Camión basculante
- Dumper, carretilla a motor con volquete
- Compresor
- Martillo (neumático, martillo rompedor, taladrador para bulones o barrenos)
- Sierra circular para madera
- Cortador de material cerámico
- Soldadura por arco eléctrico
- Soldadura oxiacetilénica y oxicorte
- Hormigonera eléctrica (pastera)
- Camión hormigonera
- Vibrador
- Pistola automática hinca clavos
- Grúa móvil

3.2 Elementos

- Andamios de borriquetas
- Escaleras de mano
- Cesta de soldador
- Bateas, para movimiento de material en obra
- Torretas de hormigonado

4 RIESGOS LABORALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS

A continuación para cada actividad básica y cada equipo de trabajo, previstos utilizar en obra, se hace una identificación de los riesgos más significativos así como de las medidas preventivas y protecciones, que tenderán a controlar y reducir dichos riesgos.

El contratista en su Plan de Seguridad y Salud, una vez decididas las actividades que ejecutará en la obra y los equipos de trabajo que dispondrá, completará esta lista, tanto en actividades como en identificación de riesgos, medidas preventivas y protecciones.

4.1 Actividades

4.1.1 *Implantación de la obra*

Previo al inicio de la obra, el personal encargado estudiara, sobre la superficie del terreno disponible, la distribución de los servicios necesarios durante el desarrollo de la obra (acopio, talleres, oficinas, servicios del personal, etc.) así como los accesos para vehículos y personal en las diferentes actividades a realizar.

Antes del inicio de las actividades principales se efectuara el vallado de todo el perímetro de la obra con el fin de evitar riesgos a terceros, dada la atracción que tienen las obras para muchas personas ajenas a ella.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales: incisiones cortantes, heridas punzantes, lumbalgias.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de cargas o materiales.
- Riesgos provocados por la maquinaria.
- Riesgos provocados por falta de orden y limpieza.

La protección del personal que participe en esta actividad será casco, mono, botas, guantes y cinturón antilumbago.

4.1.2 Acopio del material, almacenamiento y expedición

La recepción del material necesario para el montaje se efectuará en una zona dispuesta en la obra para tal fin. En esta zona se irán clasificando los diferentes materiales y se almacenarán hasta la expedición a sus emplazamientos definitivos o la devolución por finalizar la obra. Los accesorios de la grúa que se utilicen estarán en perfectas condiciones de uso.

El transporte del material desde dicha zona hasta su emplazamiento se realizará con un vehículo adecuado, nunca con grúa móvil o máquinas retro y el personal nunca viajará en el mismo habitáculo que la carga.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales: incisiones cortantes, heridas punzantes, lumbalgias.
- Caídas de personas al mismo nivel
- Caídas de cargas o materiales
- Caída de objetos
- Riesgos provocados por la maquinaria
- Riesgos provocados por falta de orden y limpieza
- Ruidos

La protección del personal que participe en esta actividad será casco, mono, botas, guantes, cinturón antilumbago y orejeras.

4.1.3 Movimiento de tierras

La mayoría de accidentes en estas actividades se producen sobre todo por distracciones suelen ser colisiones o atropellos.

Las operaciones de movimientos de tierras no se improvisaran ni las organizara el propio maquinista si no que se planificaran dentro del desarrollo de actividades de la obra y serán dirigidas por el jefe de obra y el encargado. Los operarios tendrán instrucciones concretas de su cometido y la forma de ejecutarlo, evitando así que tomen iniciativas sobre tareas que no deben hacer.

Todos los operarios recibirán instrucciones para que si al excavar se encuentran con variaciones de los estratos o de sus características, cursos de agua subterránea,

etc., paren la obra y avisen a la jefatura de obra, al objeto de adoptar las medidas oportunas para evitar derrumbamientos.

Los circuitos de la maquinaria, así como su radio de acción deben señalizarse, para evitar que nadie permanezca dentro y evitar así que se produzcan atropellos y colisiones.

Los riesgos más frecuentes en el movimiento de tierras son:

- Atropellos
- Colisiones
- Vuelcos
- Aplastamientos por corrimientos de tierras
- Caídas al mismo o distinto nivel
- Caídas de materiales o rocas
- Golpes o aplastamientos con partes móviles de máquinas

Las protecciones colectivas a montar:

- Señalización interior de obra
- Señalización exterior de obra
- Vallas de contención de peatones
- Bandas de plástico de señalización
- Carteles anunciadores (desprendimientos, prohibido el paso, etc.)
- Pasarelas
- Barandillas resistentes

Las protecciones del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad
- Botas de goma con puntera reforzada (días de lluvia)
- Casco
- Guantes
- Mono
- Cinturón anti vibratorio
- Protector de oídos
- Mascarilla antipolvo
- Impermeable

4.1.4 *Obra civil*

Los riesgos más frecuentes durante las fases de ferrallado y hormigonado son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias.
- Riesgos derivados de la manipulación de hormigón como dermatosis y salpicaduras en ojos.
- Caídas del personal al mismo o distinto nivel.
- Caídas de objetos.
- Riesgos provocados por la maquinaria y vehículos de transporte.
- Riesgo eléctrico
- Ruido que puede provocar sorderas, fatiga, etc.
- Incendios
- Riesgos derivados de trabajos de soldadura.

Las protecciones colectivas a montar son:

- Bandas de señalización
- Interruptores diferenciales
- Barandillas en plataformas de trabajo que tengan riesgo de caída superior a 2 m y en huecos y perímetros donde no exista otra protección.
- Extintores

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad
- Casco
- Guantes
- Mono
- Gafas
- Cinturón antilumbago
- Mascarillas antipolvo
- Orejeras
- Protecciones trabajos de soldadura (Máscara, gafas, mandil, guantes, etc.)
- Cinturón de seguridad

Una vez acabado el hormigonado se señalizará convenientemente la zona para evitar el riesgo de caídas o hundimiento hasta su fraguado.

4.1.5 *Montaje del parque*

El acopio del material se hará en sentido inverso al de su utilización y se planificará para que cada elemento que vaya a ser transportado no sea estorbado por ningún otro.

En la recepción en obra de los elementos, se anotará su peso, en el propio elemento, con el objeto de utilizar repartidores de carga cuando sea necesario y de no sobrepasar las cargas máximas admisibles de las grúas.

El movimiento de los elementos sólo se realizará con los útiles previstos por el fabricante y sólo se engancharán por los puntos previstos y en las formas previstas. Antes de izar cualquier elemento, se comprobará que se encuentra libre y que no tiene nada que lo una a otro elemento. Los gruistas recibirán instrucciones sobre: cargas máximas admisibles, no pasar las cargas por encima de las personas, elevar siempre las cargas en vertical evitando los tirones, etc.

Una vez enganchada la pieza y cuando las eslingas estén tensas, el personal encargado de ello, se alejará. Para dirigir piezas de gran tamaño se utilizarán cuerdas guía. Las eslingas utilizadas estarán siempre en perfecto estado y se sustituirán inmediatamente las que tengan algún deterioro por pequeño que sea, sólo se utilizarán las que cuenten con identificación del material y carga máxima.

En elementos de gran superficie se extremarán las precauciones durante las maniobras, en caso de viento constante o ráfagas, para evitar el vuelco de las grúas o golpes a los operarios.

Se suspenderán los trabajos de montaje en días de lluvia intensa, tormentas, nieve, heladas fuertes o velocidad del viento elevada.

Tanto los elementos de la estructura como la aparamenta de A.T. se soldarán o atornillarán con la mayor rapidez posible. No se dejarán elementos apuntados provisionalmente.

El personal encargado de las operaciones de ensamblaje sujetará siempre el cinturón de seguridad a alguna parte fija de la estructura, no permanecerá en los elementos durante el transporte, no trepará por los perfiles y no arrojará objetos desde altura.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias
- Caídas del personal al mismo o distinto nivel
- Caídas de cargas o materiales
- Caídas de objetos
- Riesgos provocados por la maquinaria y vehículos de transporte
- Riesgo eléctrico
- Ruido que puede provocar sorderas, fatiga, etc.
- Riesgos derivados de trabajos de soldadura

Las protecciones colectivas a montar son:

- Bandas de señalización
- Interruptores diferenciales
- Barandillas en plataformas de trabajo que tengan riesgo de caída superior a 2 m

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad
- Casco
- Guantes
- Mono
- Gafas

Las protecciones básicas se complementarán, cuando las diferentes fases de la actividad lo requieran, con:

- Cinturón antilumbago
- Orejeras
- Protecciones trabajos de soldadura (Máscara, gafas, mandil, guantes, etc.)
- Cinturón de seguridad con arnés TXT y cuerda salva vidas
- Bolsa de herramientas

4.1.6 Tendido de cables y montaje de equipos

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la manipulación de materiales y herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias
- Caídas del personal al mismo o distinto nivel
- Caídas de cargas o materiales
- Caídas de objetos
- Golpes y atrapaduras
- Riesgos provocados por la maquinaria y vehículos de transporte
- Riesgo eléctrico
- Riesgos derivados de trabajos de soldadura.

Las protecciones colectivas a montar son:

- Bandas de señalización
- Interruptores diferenciales
- Barandillas en plataformas de trabajo que tengan riesgo de caída superior a 2 m

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad
- Cinturón de seguridad
- Casco
- Guantes
- Mono
- Gafas contra proyecciones

4.1.7 Puesta en servicio de la instalación

La puesta en servicio de la instalación se efectuará una vez finalizada la obra y siguiendo los protocolos correspondientes elaborados por el proyectista.

El personal que lleve a cabo los ensayos necesarios para la puesta en servicio deberá ser experto en aparatos elevadores de tensión de ensayos.

Se señalizarán todas las zonas donde estén ubicados los circuitos a ensayar para evitar el paso de personal no incluido en el equipo de laboratorio.

Se hará por separado la energización de los diferentes circuitos, señalizando las zonas de trabajo para evitar la entrada de personal ajeno al equipo de puesta en servicio.

El personal encargado de la energización deberá ser experto en la ejecución de maniobras.

Los riesgos más frecuentes durante esta actividad son:

- Riesgos derivados de la utilización de herramientas como incisiones cortantes, heridas punzantes y lumbalgias
- Caídas del personal al mismo o distinto nivel
- Riesgo eléctrico
- Incendio

Las protecciones colectivas a montar son:

- Bandas de señalización
- Carteles indicadores
- Extintores

Las protecciones básicas del personal que participe en esta actividad son:

- Botas de seguridad
- Casco
- Guantes

En caso de que sea necesario, por la puesta en marcha, estas protecciones básicas se complementarán con las necesarias, en caso de que se necesite maniobrar o poner a tierra algún circuito de A.T.

4.2 Utilización de la maquinaria

Cumpliendo el Real Decreto 1215/97, la conducción en obra de equipos de trabajo automotores debe ser realizada por operarios que hayan recibido una formación específica para la conducción segura de dichos equipos.

Antes de poner la máquina en marcha, se deberá comprobar que no hay personas ni obstáculos a su alrededor. El maquinista conocerá cual es la zona de trabajo previamente delimitada así como la altura de seguridad en el caso que se trabaje bajo líneas de A.T.

Cualquier maquinista, operador o auxiliar, que haya de intervenir en la obra durante la puesta en servicio, habrá recibido un cursillo de formación para trabajos en proximidad y cercanía de tensión y deberá conocer claramente su cometido en la actividad.

Queda totalmente prohibida la utilización de la pala de la retroexcavadora para transportar personal y el uso de las máquinas excavadoras como grúas o para el transporte de material. No se cargará en ningún caso por encima de la cabina.

4.2.1 Condiciones que deben reunir las máquinas en obra

Las máquinas deberán llevar señalización acústica, retrovisores a cada lado, servofrenos y freno de mano. Todo ello en perfecto estado de funcionamiento.

4.2.2 Almacenamiento de combustible

Para el almacenamiento y manipulación de bidones de líquidos inflamables, gasolina, gasoil, etc., se habilitará un lugar idóneo en la caseta de obra adecuada para tal fin y lejos del personal.

Bajo ningún concepto se encenderán fuegos o se soldará en las proximidades. Se mantendrá el suelo limpio de carburantes y aceites y se dispondrá de los medios necesarios de extinción

5 SERVICIOS SANITARIOS Y COMUNES

5.1 Primeros auxilios

Aunque el objeto de este estudio de Seguridad y Salud es evitar los accidentes laborales, hay que reconocer que existen causas de difícil control que pueden hacerlos presentes. Por lo que es necesario prever la prestación de primeros auxilios para atender a los posibles accidentados, de acuerdo con el Real Decreto 1.627/1997.

Dada las características de la obra e instalación a efectuar, será necesario dotarlo de un botiquín de primeros auxilios por tajo de trabajo, en el que se les den las primeras atenciones sanitarias a los posibles accidentados.

En el Plan de Seguridad y Salud que elabore el contratista adjudicatario de la obra, deberá constar la ubicación, así como, la dotación de dichos botiquines.

5.2 Medicina preventiva

Con el fin de lograr evitar en lo posible las enfermedades profesionales en esta obra, así como, las disfunciones derivados de los trastornos físicos, psíquicos, alcoholismo y resto de toxicomanías peligrosas, se prevé que el contratista adjudicatario, en cumplimiento de la legislación vigente, realice los reconocimientos médicos previos a los trabajadores de esta obra, antes de su inicio, también exigirá este cumplimiento al resto de las empresas que sean contratadas por él.

5.3 Evacuación de accidentados

La evacuación de accidentados, que por sus lesiones así lo requieran, estará prevista por el contratista adjudicatario de la obra mediante la contratación de un servicio de ambulancias.

5.4 Servicios comunes

Dada las características de la obra e instalaciones a efectuar, será necesario dotarla de dos casetas de obra, una de servicios y otra de vestuarios de unas medidas aproximadas de 6,5 * 2,5 m, por cada 14 trabajadores o fracción, el contratista adjudicatario de la obra definirá la situación y el número de casetas de obra en su Plan de Seguridad.

5.5 Seguridad e higiene en el trabajo

El contratista se obliga a hacer cumplir en todo momento a su personal y al personal subcontratado las normas contenidas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, según orden del 8 de noviembre de 1995, así como todos los reglamentos que la desarrollan y cuantas disposiciones y reglamentos que continúen en vigor, conducentes a evitar peligros y accidentes.

6 FORMACIÓN

Toda persona que intervenga en la obra recibirá una formación general de seguridad de acuerdo con las horas que consta en el apartado del presupuesto.

Al personal que intervenga en el montaje de la estructura y de la aparamenta de 220 kV o 66 kV, además del curso de formación general, se le impartirá un curso de formación específica en riesgos de altura y eléctrico y se le comentarán los accidentes tipo, que la empresa propietaria de la instalación tiene a disposición del contratista.

A los maquinistas que, por cualquier circunstancia, puedan maniobrar debajo de las barras de 220 kV o de 66 kV, durante el tiempo que se realice la puesta en servicio de la receptora, se les impartirá un curso de formación específica para trabajos en proximidad y cercanía de tensión.

DOCUMENTO N° 7:
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

1	Localización	133
2	Características de la zona.....	134
2.1	Vegetación	134
2.2	Fauna.....	134
3	Valoración ambiental.....	135
3.1	Vegetación	135
3.2	Fauna.....	135
4	Alteraciones generadas.....	137
4.1	Fase de construcción	137
4.2	Fase de explotación	137
5	Consideración de impacto ambiental.....	138
5.1	Recursos naturales que consume o emplea.....	138
5.2	Naturaleza singular y hábitats	138
5.3	Fauna y vegetación.....	138
5.4	Equilibrio ecológico	138
5.5	Paisaje	139
6	Impacto ambiental.....	140
6.1	Valoración de los impactos	140
6.2	Matriz de impactos.....	140
7	Medidas correctoras.....	142
8	Conclusión	143

1 LOCALIZACIÓN

La subestación proyectada está prevista para su construcción en la provincia de Jaén, más concretamente en las proximidades de la localidad de Marmolejo, situada entre Andújar y Montoro. Debido a la proximidad con una central hidroeléctrica que se encuentra ubicada cercana al puente romano de Marmolejo, junto al antiguo balneario parte un carril asfaltado de 0.5 Km de longitud. Al final se encuentra la central.

Este Estudio de Impacto Ambiental evalúa la alternativa más favorable y de menor impacto ambiental.

2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA

La zona elegida para la construcción de la SE pertenece a la Campiña Norte de Jaén, de la que es capital Andújar.

Desde el punto de vista medioambiental la zona del proyecto y sus alrededores se caracteriza por la presencia de arbustos y algunos árboles de uso agrícola.

2.1 Vegetación

A pesar de pertenecer a una zona protegida, la parcela en la cual se llevaran a cabo las actividades forma una llanura con muy poca vegetación.

La vegetación no sufrirá un daño muy significativo en lo que a la realización de la obra se refiere.

En esta zona predomina la presencia de arbustos y olivos debido a la famosa explotación de olivo en la provincia de Jaén.

2.2 Fauna

Por las características topográficas de pendientes suaves, prácticamente llanuras, y los usos agrícolas del suelo que han ido despejando las formaciones boscosas para convertirlas en praderas y pastos, la fauna predominante en estos campos abiertos, son mamíferos de pequeño porte, quedando los grandes mamíferos confinados a zonas donde la vegetación es de mayor envergadura, como la sierra que hay cercana y sus bosques y las repoblaciones de pino.

Ocasionalmente jabalíes y zorros se acercan a las zonas pobladas ya que la presencia en sus cercanías de vertederos y cultivos, supone una comida fácil para ellos.

En cuanto a los mamíferos de pequeño porte estos son principalmente roedores como Ratas, Ratones, topos también hay presencia de mamíferos como conejos y liebres.

Dentro de las aves de pequeño y mediano tamaño aparecen Gorriones, Golondrinas, etc. Y algunas de mayor tamaño tales como palomas torcaces.

3 VALORACIÓN AMBIENTAL

En este apartado se va a valorar la calidad del medio en el que se va a desarrollar el proyecto, desde el punto de vista de la vegetación y de la fauna.

3.1 Vegetación

Tipos:

- 1) Especies protegidas: presencia de especies catalogadas como protegidas, en peligro de extinción, o sensibles a las alteraciones de su hábitat, recogidas en la legislación estatal o autonómica.
- 2) Especies singulares: especies que presentan peculiaridades o características que les confieren un grado de diferenciación y singularidad que es necesario conservar.
- 3) Vegetación natural: Presencia de formaciones vegetales desarrolladas ecológicamente, presentando un alto grado de madurez y diversidad.
- 4) Pastos y cultivos: presencia de especies vegetales características de estos sistemas, sometidas a la explotación humana y en general con una rotación temporal y espacial a lo largo del año.

3.2 Fauna

Tipos:

- 1) Especies protegidas: Presencia de especies catalogadas como protegidas, en peligro de extinción, o sensibles a las alteraciones de su hábitat, recogidas en la legislación estatal o autonómica.
- 2) Especies singulares o características de un hábitat: Presencia de especies que componen una estructura ecológica y trófica característica de un ecosistema o nicho ecológico maduro.
- 3) Especies generalistas no representativas de un hábitat: Especies que se encuentran repartidas en distintos nichos ecológicos a los que se adapta con facilidad, con una distribución más o menos extensa.
- 4) Especies de interés económico: Especies introducidas por el hombre que ven favorecida su pervivencia por intervenciones directas sobre ellas o el hábitat. En general presentan un valor económico o estético.

- Naturalidad: Grado de transformación y alteración paisajística generada por la acción del hombre.
- Singularidad: Presencia de elementos tanto bióticos como abióticos que confieren al paisaje una característica peculiar que lo revaloriza.
- Fragilidad: Capacidad de un paisaje para absorber la alteración generada por el proyecto, que depende principalmente de la estructura, topología y grado de alteración del paisaje de partida.

La calidad del paisaje es en este caso MEDIA-BAJA, ya que al tratarse de una zona de espacios abiertos, la capacidad de absorción de la modificación la consideraremos MEDIA. El grado de BAJA es debido a que no se producen interferencias con los lugares o paisajes pintorescos.

4 ALTERACIONES GENERADAS

En este apartado valoraremos el impacto generado por el proyecto así como su intensidad.

4.1 Fase de construcción

- Accesos: Para la realización del proyecto es necesaria la construcción de pistas y accesos al recinto.
- Desbroce: Previo a la construcción es necesaria la tarea de desbroce y despeje de la superficie mediante la poda de la vegetación de la zona.
- Acopio del material: El acopio de los materiales necesarios para la construcción se realizará mediante los caminos y pistas.
- Hormigonado: Se utilizarán camiones cuba para la fase de hormigonado, retirando las posibles pérdidas que se produzcan siendo trasladadas a un vertedero controlado.
- Franja de seguridad: Puede ser la acción que más impacto tenga ya que lleva consigo el desbroce y tala de toda la vegetación que exista dentro de la franja de seguridad a lo largo de la SE, que establece el RLAT.
- Ruidos: La maquinaria a usar en las actividades producirá ruidos puntuales en algunas fases del proyecto pero sin alterar los valores acústicos actuales de manera significativa.

4.2 Fase de explotación

- Intrusión en el paisaje: La presencia de la SE presenta una distorsión en el paisaje, siendo en este caso, por las características del entorno, de nivel bajo.
- Ruidos: Son de muy baja intensidad, solo los producidos por algunos elementos eléctricos. No contribuyen a un aumento significativo de los valores acústicos del entorno.
- Riesgo de incendio: La red de tierras minimiza este riesgo haciéndolo casi nulo.

5 CONSIDERACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1 Recursos naturales que consume o emplea

Los materiales a utilizar en la construcción de la SE son los habituales, no hay ningún material raro que requiera de una materia prima que bien sea por su extracción o explotación pueda causar problemas al ecosistema.

Desde el punto de vista de los materiales se puede concluir diciendo que causan un impacto ambiental poco significativo.

5.2 Naturaleza singular y hábitats

Aunque la zona pertenece a un área protegida no consta que la parcela elegida sea el hábitat de ninguna especie autóctona de la zona, tanto a lo que fauna se refiere como a vegetación.

5.3 Fauna y vegetación

Como hemos dicho anteriormente no se ve afectada la vegetación ya que el proyecto se realiza en una zona donde no hay una densidad considerable.

El impacto en la fauna es prácticamente nulo, también lo hemos apuntado anteriormente. Para el caso de las grandes aves se cumple el REAL DECRETO

1432/2008, de 29 de agosto, que establece medidas de protección para avifauna contra colisión y electrocución en líneas y subestaciones eléctricas.

El impacto en este apartado es poco significativo.

5.4 Equilibrio ecológico

La subestación no genera en ningún caso una degradación, alteración grave o irreversible del entorno, ya que en la zona no existen hábitats ni ecosistemas que se vean afectados por el desarrollo del proyecto.

El impacto que se puede dar en este punto es muy poco significativo.

5.5 Paisaje

Al tratarse de una zona de cierto valor histórico debido a algunos elementos como el puente romano podemos decir que el impacto en el paisaje es medio. La SE no favorecerá al entorno.

Aunque la realización del proyecto no evita la visualización de monumentos o paisajes naturales.

6 IMPACTO AMBIENTAL

6.1 Valoración de los impactos

- Nulo: El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes o solo sobre uno de los componentes del medio no es relevante o su daño es inapreciable en el medio ambiente.
- Bajo: El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes o solo sobre uno de los componentes del medio es bajo no alterando de manera significativa el medio ambiente.
- Medio: El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes o solo sobre uno de los componentes del medio produce una alteración moderada sobre el medio ambiente.
- Alto: El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes o solo sobre uno de los componentes del medio genera una alteración importante sobre el medio ambiente.
- Muy alto: El impacto de la acción sobre el conjunto de los componentes o solo sobre uno de los componentes del medio es irrecuperable, alterando gravemente el medio ambiente.

Se puede reducir la intensidad de los impactos de carácter Medio y Alto mediante la aplicación de unas medidas correctoras que apacigüen o neutralicen la magnitud del impacto causado sobre los diferentes factores ambientales.

6.2 Matriz de impactos

Calificación	Nulo	
	Bajo	
	Medio	
	Alto	
	Muy alto	

Tabla 12: Calificación del impacto

		Físico							Biológico	
		Aire		Agua		Suelo				
Fases y actividades / componentes ambientales		Calidad del aire	Niveles de ruido y vibraciones	Calidad de aguas superficiales	Calidad de aguas subterráneas	Cobertura vegetal	Calidad del suelo	Estabilidad de laderas y taludes	Fauna	Paisaje
Fase de construcción	Construcción de pistas y accesos									
	Desbroce y despeje de superficie									
	Excavaciones									
	Acopio de materiales									
	Hormigonado									
	Franja de seguridad									
	Ruidos propios de construcción									
Fase de explotación	Ruido de operación									
	Contaminación por vehículos									
	Contaminación por mantenimientos									

Tabla13: Matriz de impactos

7 MEDIDAS CORRECTORAS

En lo que a fauna se refiere todo el vallado perimetral se ha construido lo suficientemente alta y resistente para evitar la intrusión de animales de gran tamaño, también será poco probable el choque o electrocución de aves con los elementos de la subestación debido a la altura de los equipos y pórticos utilizados.

El paisaje no se verá afectado ya que todo tipo de escombros o residuos de la obra y actividades realizadas en la zona deberán ser retirados a la finalización de la misma evitando dejar elementos que no estuvieran ya allí previo al comienzo de los trabajos. Si por cualquier motivo se produjeran modificaciones o desperfectos en vías o caminos cercanos a la zona deberán ser restaurados a su estado inicial.

8 CONCLUSIÓN

La valoración de este pequeño Estudio de Impacto Ambiental es que el proyecto a realizar en el término municipal de Marmolejo es compatible con las características ambientales de la zona ya que los medios físicos y biológicos permanecen prácticamente inalterados.