



Universidad de
Oviedo



ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN.

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

**ÁREA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA, DE
COMPUTADORES Y SISTEMAS**

TRABAJO FIN DE MÁSTER N°19010039

**“INSTALACIÓN DE UN NUEVO TRANSFORMADOR DE 132/20 KV –
30 MVA Y 10 CABINAS DE 20 KV EN UNA SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA.”**

D. ARROJO LÓPEZ, Claudia

TUTOR: D. BLANCO CHARRO, Cristian

FECHA: Junio 2019

INDICE

	Pág.
• MEMORIA.....	3
• PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS.....	120
• PRESUPUESTO.....	136
• PLANOS.....	144
• ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	153
• ESTUDIO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCION Y DEMOLICION.....	185

MEMORIA

INDICE MEMORIA

1.	ANTECEDENTES Y OBJETO-----	9
2.	FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA -----	10
3.	SUBESTACIONES ELÉCTRICAS-----	12
3.1	COMPONENTES DE UNA SUBESTACION ELECTRICA -----	15
3.1.1	TRANSFORMADORES-----	18
3.1.2	SERVICIOS AUXILIARES-----	20
3.2	CONFIGURACION ELECTRICA DE LAS SUBESTACIONES -----	21
3.2.1	CONFIGURACION EN SIMPLE BARRA -----	22
3.2.2	CONFIGURACION EN SIMPLE BARRA PARTIDA-----	23
3.2.3	CONFIGURACION CON BARRA DE TRANSFERENCIA -----	23
3.2.4	CONFIGURACION EN DOBLE BARRA -----	24
3.2.5	CONFIGURACION DE DOBLE BARRA MAS BARRA DE TRANSFERENCIA -----	25
3.2.6	CONFIGURACION EN INTERRUPTOR Y MEDIO -----	25
3.2.7	CONFIGURACION EN DOBLE BARRA Y DOBLE INTERRUPTOR-----	26
3.2.8	CONFIGURACION EN ANILLO -----	27
4.	INSTALACIONES DEL PROYECTO -----	28
4.1	SUBESTACIÓN ROMIÓ 132/50/20 kV-----	30
5.	NUEVA POSICION DEL TRANSFORMADOR 132/20KV Y 30 MVA-----	33
5.1	JUSTIFICACION DE LA NECESIDAD DE LA NUEVA POSICION -----	33
5.2	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA INSTALACION Y DE SUS ELEMENTOS-----	33
6.	CONDICIONES GENERALES-----	36
6.1	VALLADO PERIMETRAL-----	36
6.2	TRATAMIENTO DEL TERRENO SUPERFICIAL -----	36
6.1	CONDICIONES ATMOSFERICAS-----	36
6.2	PROTECCION CONTRA LA CORROSION -----	37
6.3	CANALIZACIONES Y CONDUCCIONES-----	37
6.4	PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES TRANSITORIAS -----	37
6.5	SISTEMA DE CONTROL -----	37
6.6	CONDICIONES ACUSTICAS-----	38
6.7	ESTUDIO DE CAMPOS MAGNETICOS -----	38
6.8	RED DE TIERRAS-----	39
6.9	DISTANCIAS MINIMAS-----	39
6.10	COORDINACION EN AISLAMIENTO -----	40
7.	MONTAJE ELECTRICO DE LAS POSICIONES DE 132KV-----	41
7.1	CARACTERISTICAS GENERALES DE LA RED -----	41
7.2	TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS -----	41
7.3	DESCRIPCION DEL MONTAJE Y EQUIPOS PRINCIPALES -----	48

7.2.1	EMBARRADOS	48
7.2.2	RACORES DE CONEXIÓN 132 KV	49
7.2.3	ESTRUCTURAS METALICAS	50
7.2.4	PUESTA A TIERRA	52
7.2.5	EQUIPOS PRINCIPALES	52
7.2.6	NIVELES DE CORTOCRUITO	58
7.2.7	LIMITES TERMICOS DE LAS POSICIONES	58
7.2.8	LIMITES DINAMICOS DE LAS POSICIONES	58
7.2.10	BANCADA PARA EL TRANSFORMADOR	58
7.2.10	PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS	59
8.	SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LA SUBESTACION ELECTRICA. TELECONTROL	60
8.1	UNIDAD DE PROTECCIÓN Y CONTROL (U.C.P.)	60
8.2	CABLES DE MANDO, MEDIDA, PROTECCION Y CONTROL	62
8.3	TELEMANDO	63
8.4	CUADRO DE MANDO, PROTECCIÓN, CONTROL Y MEDIDA	64
9.	PLANIFICACION DEL PROYECTO. ETAPAS	70
10.	SERVICIOS AFECTADOS	74
11.	SOFTWARE EMPLEADO	74
12.	REFERENCIAS	74
13.	CONCLUSIÓN	78
ANEXOS: CÁLCULOS	79	
I.	ANEXO I: CALCULO DE DISTANCIAS MINIMAS	79
II.	ANEXO II: CALCULO DE CAMPOS MAGNETICOS	82
III.	ANEXO III: CALCULO DE LA RED DE TIERRAS	90
IV.	ANEXO IV: COORDINACION DE AISLAMIENTO	98
V.	ANEXO V: ESTUDIO ACÚSTICO DE LA SUBESTACION ELECTRICA DE ROMIÓ	100
VI.	CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO	108
VII.	CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS	111

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1 Esquema de los elementos de la red eléctrica.....	11
Figura 3.1 Transformador de 132/20 kV y 30 MVA que se instalará en la S.E. de Romió.....	15
Figura 3.2 Esquema del funcionamiento de un transformador: arrollamiento primario en carga y el secundario en vacío.....	18
Figura 3.3 Esquema del funcionamiento de un transformador: arrollamiento primario en carga y el secundario en carga.....	19
Figura 3.4 Configuración de simple barra.....	22
Figura 3.5 Configuración de simple barra con by-pass.....	22
Figura 3.6 Configuración de simple barra partida.....	23
Figura 3.7 Configuración de doble barra con barra de transferencia.....	24
Figura 3.8 Configuración de doble barra.....	24
Figura 3.9 Configuración de doble barra más barra de transferencia.....	25
Figura 3.10 Configuración en interruptor y medio.....	26
Figura 3.11 Configuración de doble barra y doble interruptor.....	26
Figura 3.12 Configuración en anillo.....	27
Figura 4.1 Localización del municipio de Candamo.....	28
Figura 4.2 Localización de la subestación Romió.....	29
Figura 4.3 Exteriores de la subestación eléctrica de Romió.....	30
Figura 4.4 Espacio destinado al transformador de 132/20 kV y 30 MVA en la subestación de Romió	31
Figura 7.1 Vía de acceso con ancho insuficiente.....	42
Figura 7.2 Vía de acceso reforzada.....	42
Figura 7.3 Pino que se va a podar ya que dificulta el acceso del camión.....	43
Figura 7.4 Pino que se talará.....	43
Figura 7.5 Transporte del transformador de potencia.....	44
Figura 7.6 Transporte en camión del transformador de potencia.....	44
Figura 7.7 Descarga del transformador del camión.....	45
Figura 7.8 Descarga del transformador de potencia sobre la bancada.....	45
Figura 7.9 Montaje final del transformador de potencia sobre la bancada.....	46
Figura 7.10 Descarga de las cabinas de 20 kV.....	46
Figura 7.11 Huecos preparados para la instalación de las cabinas de 20 kV.....	47

	Página
Figura 7.12 Instalación de las cabinas de 20 kV.....	47
Figura 7.13 Ubicación final de las cabinas en la sala de 20 kV del edificio de la SE Romió.....	48
Figura 7.14 Esquema de las partes del transformador de potencia a instalar en la SE de Romió.....	54
Figura 8.1 Unidad de medida, mando, protección y control de bahía REC650 de fabricante A.B.B.....	64
Figura 8.2 Protección diferencial de transformador SEL 787 del Fabricante Schweitzer Engineering Laboratories.....	65
Figura 8.3 Protección de sobreintensidad del transformador lado 132 kV (51-51N) SEL 751 del fabricante Schweitzer Engineering Laboratories.....	66
Figura 8.4 Protección de sobreintensidad de falta a tierra Tipo REJ-521 del fabricante A.B.B.....	67
Figura 8.5 Relé biestable BJ8 de Artech.....	68
Figura 8.6 Contador PLC PRIME SAGEMCOM CX2000-9.....	69
Figura 9.1 Flujograma del proceso de solicitud para la puesta en marcha del proyecto de ampliación de la subestación.....	72
Figura 9.2 Flujograma etapas proyecto.....	70
ANEXOS	
Figura 2.1 Zonas de la subestación de Romió donde se va a realizar la ampliación.....	81
Figura 2.2 Plano de la zona con campos magnéticos de la SE Romió.....	82
Figura 2.3 Zonas de campos magnéticos en la SE Romió.....	83
Figura 2.4 Corrientes circulares por los embarrados.....	84
Figura 2.5 Modelo electrogeométrico para el cálculo.....	86
Figura 2.6 Gráficos de los campos magnéticos obtenidos.....	86
Figura 2.7 Gráfico del campo magnético obtenido en todos los puntos de la malla.....	87
Figura 2.8 Gráfico del campo magnético del vallado exterior.....	88
Figura 3.1 Factor de división con 100% de contribución remota.....	93
Figura 5.1 Codificación de los receptores identificados y evaluados.....	100
Figura 5.2 Valores de inmisión Lkeq obtenidos en los receptores evaluados según el modelo.....	105
Figura 7.1 Curva C3 para calcular el factor de reducción Sf.....	113
Figura 7.2 Curva C4 para calcular el factor de reducción Sf.....	113

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 3.1 Distribución tipos de subestaciones en España en función del tipo.....	14
Tabla 7.1 Accesorios del transformador 132/20 kV 30MVA.....	53
ANEXOS	
Tabla 5.1 Clasificación de los receptores acústicos cercanos a la SE de Romió.....	101
Tabla 5.2 Clasificación de las distintas zonas del entorno de la SE de Romió	102
Tabla 5.3 Índices de ruidos (dB) según tipo de área acústica	103
Tabla 5.4 Datos meteorológicos de entrada	104
Tabla 5.5 Niveles equivalentes de ruido obtenidos en los puntos receptores.....	105
Tabla 5.6 Resultados evaluación niveles de ruido calculados en los receptores.....	106
Tabla 6.1 Niveles de falta tomando como horizonte el año 2050.....	108
Tabla 6.2 Esquema equivalente de las reactancias de cortocircuito calculadas.....	109

1. ANTECEDENTES Y OBJETO

El objeto del presente proyecto es establecer las especificaciones de los suministros y montaje de los elementos necesarios para la construcción de una posición de transformador, de las características que más adelante se describen, así como la ejecución de una nueva interconexión en 20 kV entre el transformador a instalar y su celda correspondiente así como el montaje de nueve celdas de 20 kV en la sala destinada para ello del edificio de control de la subestación Romió propiedad de HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U.

El objeto y alcance del presente proyecto se puede resumir en lo siguiente:

- I. Describir detalladamente y justificar el montaje de transformador denominado T2 de relación 132/20 kV de 30 MVA y pararrayos de 132kV y 20 kV, instalación y conexión de diez celdas nuevas en la sala de 20 kV, adaptar los sistemas de control y protección a la nueva posición de transformador y un nuevo tendido de cables MT de conexión entre el transformador de potencia y la nueva celda de posición de transformador en el sistema de 20 kV.
- II. Descripción del sistema de comunicaciones de la subestación eléctrica. Precisar los equipos necesarios para el telecontrol de ésta.
- III. Cálculo de las distancias mínimas requeridas entre los diferentes equipos, aparatos y/o estructuras para su ubicación en la subestación. Todo ello sujeto a la normativa vigente en cuanto a aislamiento y seguridad.
- IV. Estudio de las condiciones generales tales como el estudio de campos magnéticos y el estudio de coordinación de aislamiento.
- V. Comprobación de la red de tierras existente en la subestación para soportar las posibles solicitaciones derivadas de la instalación del nuevo transformador.

2. FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA

La mayor parte del consumo de electricidad se realiza en corriente alterna, y el gran inconveniente que tiene este tipo de corriente es que no se puede almacenar. Se debe producir en cada instante de tiempo toda la energía eléctrica que se consume, lo cual implica tener un sistema eléctrico complejo que disponga de regulación y de automatización.

Un sistema eléctrico está formado por centrales generadoras de energía eléctrica, líneas de transporte de la electricidad que estas centrales producen, subestaciones de interconexión o reductoras de tensión, centros de transformación e instalaciones interiores o receptoras de dicha energía eléctrica [1].

Para que la energía eléctrica llegue desde la generación a los centros de consumo son necesarias las denominadas redes de distribución en alta tensión (AT) y en baja tensión (BT). Estas redes de distribución están formadas por líneas aéreas y líneas subterráneas, ambas pueden ser tanto de AT o BT, y por los centros de transformación. Existe también una media tensión (MT) que llega a los centros de transformación (CT) y de los cuales salen las redes de BT para finalizar en las acometidas.

La energía eléctrica que producen los generadores es a una tensión entre 10kV y 25kV aproximadamente. Este valor de tensión se debe elevar para conseguir que en su transporte se pierda la menor cantidad posible de energía. Esto se debe a que para lograr disminuir las pérdidas asociadas al efecto *Joule* (calentamiento de los conductores), para la misma potencia, mayor tensión significa menor intensidad, puesto que $P=I \cdot V$, por lo que al elevar la tensión se disminuye la intensidad y por tanto las pérdidas. Los valores normalizados de transporte en AT en España son 400, 220 y 132-110 kV, tal y como se establece en la ITC-RAT 04 y en la ITC-LAT-07 sobre líneas aéreas de alta tensión.

Una vez que se transporta toda esta energía, se debe reducir para que pueda ser utilizada por los receptores. La distribución en MT abarca desde 1 a 66 kV y por debajo de 1 kV se considera distribución en BT. La frecuencia del sistema de corriente alterna que se genera es fija y está normalizada: 50 Hz en Europa y 60 Hz en gran parte de América.

En resumen, los distintos tipos de elementos que intervienen en este proceso se muestran en la figura 2.1 y son los siguientes: central de generación, subestación elevadora, red de transporte en AT, subestación reductora, red de reparto, subestación de distribución, red de distribución en MT, centros

de transformación (CT), red de distribución en BT, acometidas, líneas generales de alimentación, instalaciones de enlace e instalaciones receptoras o interiores.

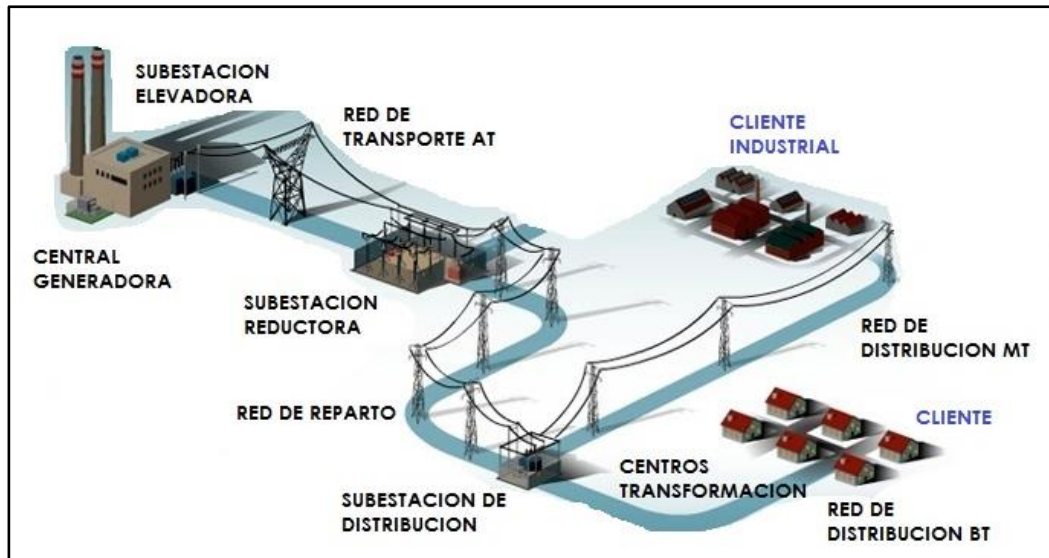


Figura 2.1 Esquema de los elementos de la red eléctrica (Fuente: J. Trashorras Montecelos, *Subestaciones Eléctricas*, Paraninfo, 2015)

Dependiendo de cómo se distribuye la energía eléctrica, las redes eléctricas se clasifican en tres tipos: radial, bucle o malla.

Las características de la red tipo **radial** o en **antena** se resumen en que se alimenta por un único extremo y destaca por su simplicidad y facilidad a la hora de ser equipada de protecciones.

En cuanto al tipo **bucle o anillo**, cabe destacar que se alimenta por dos de sus extremos y se caracteriza por tener mayor seguridad de servicio y facilidad de mantenimiento. Además, tiene una mayor complejidad y posee sistemas de protección más complicados que el resto.

Por último, la **red mallada** es el resultado de conectar anillos y líneas radiales y presenta gran seguridad de servicio, flexibilidad de alimentación y facilidad de conservación y mantenimiento. Además, tiene mayor complejidad que el resto de tipo de redes.

3. SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

El sistema de transporte de energía eléctrica se constituye de dos elementos principalmente: circuitos que transmiten la potencia (líneas) y subestaciones que permiten la interconexión de dichos circuitos y la transformación entre redes de diferentes tensiones [2].

Una subestación eléctrica es un punto de interconexión de circuitos de forma directa o bien mediante transformadores los cuales se encargan de conectar redes a distintos niveles de tensión.

La función principal de las subestaciones es conseguir mallar adecuadamente el sistema eléctrico. De esta manera se aseguran unos niveles óptimos de calidad, continuidad y seguridad del suministro eléctrico, minimizando pérdidas de transporte y facilitando labores de mantenimiento. Desde el punto de vista de la operación del sistema se puede definir una subestación como el conjunto de los elementos que se utilizan para regular los parámetros eléctricos (tensión, frecuencia y flujos de carga, potencias activa y reactiva).

Las tensiones de trabajo de las instalaciones eléctricas dedicadas al transporte en España son típicamente 220kV y 400kV. En el caso de las redes insulares el nivel de tensión de transporte llega hasta 66kV.

Las subestaciones de alta tensión juegan un papel fundamental dentro del sistema eléctrico, porque proporcionan capacidad de maniobra, corte, control y medida sobre la red de transporte.

Según el servicio que presten las subestaciones, se pueden dividir en los siguientes tipos:

- **Subestaciones elevadoras o de generación:** interconectan dos o más sistemas con diferentes niveles de tensión de manera que el flujo de potencia es en sentido de menor a mayor tensión. Este tipo se utiliza en los nodos de generación y elevan la tensión de 10kV, 15kV, 20kV o 30kV hasta los 132kV, 220kV o 400kV.
- **Subestaciones de interconexión o transporte:** son aquellos nodos del sistema eléctrico que conectan, de manera directa, redes de transporte al mismo nivel de tensión. Su principal función es asegurar un adecuado mallado de la red.
- **Subestaciones transformadoras:** se conocen de esta forma a aquellas subestaciones que, dentro de la red de transporte, conectan dos o más sistemas a distintos niveles de tensión. Al

igual que las subestaciones de interconexión, su principal función es lograr un mallado óptimo de la red de transporte.

- **Subestaciones reductoras o de distribución:** son aquellas en las que la potencia eléctrica fluye desde una red de transporte, a tensión de 400kV, 220kV o 132kV, a una red de distribución o consumo a tensiones de 66kV, 45kV o 20kV normalmente. En casos especiales de consumidores que requieren grandes cantidades de potencia eléctrica, se hace necesario conectar un consumo directamente a la red de transporte.

Según el nivel de tensión, la tecnología de su aparellaje (convencional o blindada), su ubicación (rural o urbana) y su configuración (número de barras, bypass, transferencia, barras partidas o número de interruptores) las subestaciones se pueden dividir en los siguientes tipos:

- **Subestación aislada en aire o convencional** (AIS: Air Insulated Switchgear) es aquella en la cual el aislamiento a tierra y entre los conductores de fase es proporcionado principalmente por aire a presión atmosférica.
- **Subestación blindada o aislada en gas** (GIS: Gas Insulated Switchgear) a la que se encuentra bajo envolvente metálica aislada en algún gas con gran capacidad dieléctrica, por ejemplo, hexafluoruro de azufre (SF₆).

Las subestaciones con tecnología AIS o GIS puede estar en interiores (instaladas dentro de una edificación) o exteriores (a la intemperie), según estén diseñadas para soportar las condiciones climáticas externas. Además, existen subestaciones con tecnología híbrida (HIS: Highly Integrated Switchgear) son aquellas que combinan partes aisladas en aire y partes en gas. En España, en función de la tecnología y la ubicación de la subestación en la red de transporte se tiene lo mostrado en la tabla 3.1.

La tecnología se define en función de las necesidades eléctricas, de la ubicación (urbanas o rurales), de las circunstancias medioambientales (impacto ambiental, contaminación y climatología), espacio disponible y de los costes. En general la tecnología GIS y las instalaciones en interior son las más caras.

	AT 220 kV	AT 400 kV	Coste	Espacio Necesario
CONVENCIONAL EXTERIOR	80.32%	86.92%	Muy bajo	Muy Alto
CONVENCIONAL INTERIOR	0.53%	0.00%	Bajo	Muy Alto
BLINDADA EXTERIOR	6.38%	7.69%	Alto	Muy Bajo
BLINDADA INTERIOR	12.50%	1.54%	Muy Alto	Muy Bajo
HIBRIDA EXTERIOR	0.00%	3.85%	Medio	Medio-Alto
HIBRIDA INTERIOR	0.27%	0.00%	Medio-Alto	Medio-Alto

Tabla 3.1 Distribución tipos de subestaciones en España en función del tipo (FUENTE: Texto "Máster Especialista en Proyecto y Construcción de Infraestructuras eléctricas de Alta Tensión" Universidad de Comillas)

En cuanto su funcionalidad, las subestaciones deben cumplir teniendo en cuenta la construcción, la operación y el mantenimiento las siguientes características:

- Versatilidad, flexibilidad de funcionamiento para operar el sistema eléctrico en condiciones óptimas en cada momento, adaptándose a posibles indisponibilidades de elementos y aparataje por fallos o mantenimiento.
- Seguridad, capacidad para aislar faltas rápida y eficazmente, afectando al menor número posible de elementos y manteniendo en servicio los circuitos sin fallo.
- Fiabilidad, funcionamiento simple, rápido y eficiente tanto del sistema de control de la subestación como de la aparataje y su maniobrabilidad.
- Capacidad de ampliación, capacidad de soportar adecuadamente ampliaciones a medio y largo plazo en consonancia con el previsible desarrollo de la red de transporte.
- Criticidad, medida ponderada que considera el efecto que provocaría una falta, su velocidad de reparación y la frecuencia de ocurrencia, dentro del sistema eléctrico.
- Coste, contemplando el precio de la instalación inicial, las posibles ampliaciones, repotenciones, mantenimiento, explotación y vida útil.

Para todo lo anterior, como infraestructura eléctrica, las subestaciones deben cumplir con toda la normativa aplicable al respecto. De este modo debe garantizarse el cumplimiento de la Normativa legal (Reglamento de Alta Tensión, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión [10], Reglamento

Unificado de Puntos de Medida en el Sistema Eléctrico [11], Código Técnico de la Edificación [12], normas de seguridad en prevención de riesgos laborales, etc.), las recomendaciones nacionales e internacionales (Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Internacional Electrotechnical Committee (IEC), International Standards Institution (ISO), Normativa Española (UNE), certificaciones AENOR, etc.) y las instrucciones propias del sector (Procedimientos Generales, Procedimientos Técnicos, Instrucciones Técnicas, Guías de Actuación, Especificaciones Técnicas, etc.).

3.1 COMPONENTES DE UNA SUBESTACION ELECTRICA

En este apartado se definen los elementos principales que componen una subestación eléctrica de alta tensión y de exterior. Los diferentes elementos que la integran son los que se describen a continuación.

Los equipos de potencia son los **generadores, motores y transformadores**. Los primeros son máquinas eléctricas cuya función es transformar la energía mecánica en energía eléctrica. La energía eléctrica que se genera en ellos será transportada, transformada y distribuida por la red hasta que sea consumida por los clientes.

Los motores son máquinas rotativas que se encargan de transformar la energía eléctrica que consumen en energía mecánica capaz de producir trabajo.

Por último, los transformadores son máquinas eléctricas estáticas cuya misión es transformar la tensión de la red de un nivel de tensión a otro. Como ya se mostró en el apartado 2 del presente proyecto, para una potencia dada a transportar cuanto mayor sea la tensión de la red, menor será la intensidad circulante ($P=V \cdot I$). Las pérdidas en las líneas de transporte son debidas a la intensidad, por lo tanto, interesa aumentar la tensión de transporte para así disminuir la intensidad. En la figura 3.1 se muestra el transformador que se instalará en la subestación de Romió.



Figura 3.1 Transformador de 132/20 kV y 30 MVA que se instalará en la S.E. de Romió

Es por ello por lo que la energía eléctrica se genera en media tensión, luego es elevada por medio de transformadores elevadores a la tensión de distribución o transporte y finalmente se vuelve a reducir en transformadores reductores hasta las tensiones de utilización (media o baja) en las cercanías de los consumidores.

Por otro lado, existen los equipos de compensación. Son las **reactancias** y los **condensadores**. Las primeras son máquinas eléctricas estáticas similares a los transformadores y cuya función es la de compensar el efecto capacitivo que aparece en las líneas de transporte de longitud elevada. Por otra parte, los condensadores tienen la función opuesta a las reactancias, es decir, mientras éstas suponen una carga inductiva, los condensadores la suponen capacitiva. Por ello, los condensadores permiten disminuir las pérdidas, ya que limitan la circulación de intensidad reactiva por las líneas de distribución, y aumentan la capacidad de distribución de energía activa.

Los equipos de protección son las **autoválvulas**. Se trata de equipos de tipo pararrayos que presentan una resistencia variable, de forma que a la tensión de servicio tiene una resistencia muy elevada (infinita) pero a tensiones muy elevadas (como en las aparecidas en las descargas atmosféricas), presentan una resistencia despreciable, derivando esas elevadas tensiones a tierra y no permitiendo su progreso por el embarrado de la subestación.

Las autoválvulas se pueden colocar en la llegada de las líneas aéreas para que la sobretensión no penetre en la subestación, antes de las bornas de un transformador de potencia para evitar la sobretensión en el transformador o antes de unas botellas terminales de paso a cable aislado para que la sobretensión no afecte al cable.

Los equipos de corte los forman los **interruptores**. Éstos son los únicos elementos de conexión y desconexión de potencia que poseen las subestaciones. La desconexión puede ser debida a una orden voluntaria o apertura, o debido a una orden de protección dada por un relé (disparo). En el caso de una apertura se corta la intensidad inferior a la nominal, mientras que en el caso de un disparo lo que se corta es la intensidad de cortocircuito.

Para poder dar las órdenes de cierre y apertura o disparo de forma remota y estos elementos disponen de unas bobinas que, al ser excitadas, liberan un sistema de acumulación de energía mecánica que es el que realmente realiza la maniobra. El sistema de acumulación de energía puede ser elástico (mando por resortes), neumático (por aire comprimido) o hidráulico (gas y aceite). El medio

dieléctrico en donde se realiza la maniobra de conexión y desconexión de los contactos principales del interruptor suele ser aceite, vacío o gas SF₆ (hexafluoruro de azufre).

En cuanto a los equipos de maniobra, son principalmente los **seccionadores**. Son elementos de maniobra que proporcionan un corte visible del circuito primario y permiten aislar y desconectar partes de la instalación cambiando la topología de la misma. No son suficientemente robustos como para poder conectar ni desconectar potencia ya que maniobra en carga, por lo que es necesario que para su maniobra los interruptores se hayan abierto previamente dejando el circuito con o sin tensión, pero sin circulación de corriente. Atendiendo a la forma de realizar la maniobra de conexión/desconexión, los seccionadores pueden ser rotativos o pantógrafos. En los primeros la maniobra es de giro horizontal mientras que en los segundos es de extensión/plegado vertical. El uso de los seccionadores pantógrafos se limita a conexiones a barras. En el caso de la subestación de Romió, todas las posiciones están constituidas por los equipos híbridos compactos de intemperie, aislados en SF₆, modelo PASS MO de ABB, y el aparellaje convencional asociado [4].

Los equipos de medida los forman los **transformadores de intensidad y de tensión**. Los primeros son un tipo de transformadores de medida cuya misión es transformar las magnitudes eléctricas primarias a valores proporcionales, pero mucho menores, de forma que puedan ser utilizados por los equipos de protección, medida y control. Su función es reducir a valores no peligrosos y normalizados las características de tensión e intensidad de una red eléctrica. De esta forma, se evita la conexión directa entre los instrumentos y los circuitos de alta tensión, que sería peligroso para los operarios y requeriría cuadros de instrumentos con aislamiento especial.

A diferencia de los transformadores de intensidad, la conexión de los transformadores de tensión se realiza en paralelo con el circuito principal. Por el primario apenas circula intensidad y todos los arrollamientos secundarios están bobinados sobre el mismo núcleo.

Los transformadores de tensión se dividen en dos grandes grupos: transformadores inductivos y capacitivos. La ventaja principal de los segundos frente a los primeros es puramente económica. Además, pueden utilizarse tanto para medida como para protección.

En el apartado posterior se describe de forma más detallada el funcionamiento de los transformadores.

3.1.1 TRANSFORMADORES

Cuando por un conductor circula una corriente eléctrica, ésta crea en su entorno un campo magnético. Si la corriente es variable (corriente alterna) el campo magnético es variable. Si un circuito magnético es abrazado por este campo magnético variable, se genera en su interior un flujo magnético (inducción magnética). Si en el mismo circuito se disponen varias espiras, cuando son atravesadas por una inducción electromagnética se crea en ellas una fuerza contraelectromotriz que al aplicarse a un circuito externo originan una corriente eléctrica que crea un flujo magnético que se opone al que lo ha creado.

La figura 3.2 representa el esquema de un transformador de dos arrollamientos. Uno de ellos es el primario, conectado a una red de c.a. de tensión U_p . El otro arrollamiento es el secundario, que se representa en vacío y que está abrazado por el flujo creado por el arrollamiento primario. Al aplicar la tensión a las espiras del primario circula una intensidad I_0 , que es la que magnetiza el circuito magnético creando un flujo común Φ_0 . El valor de este flujo viene determinado por la f.e.m. E_{p0} que se opone a la tensión aplicada U_p , siendo I_0 justamente la necesaria para crear el citado flujo.

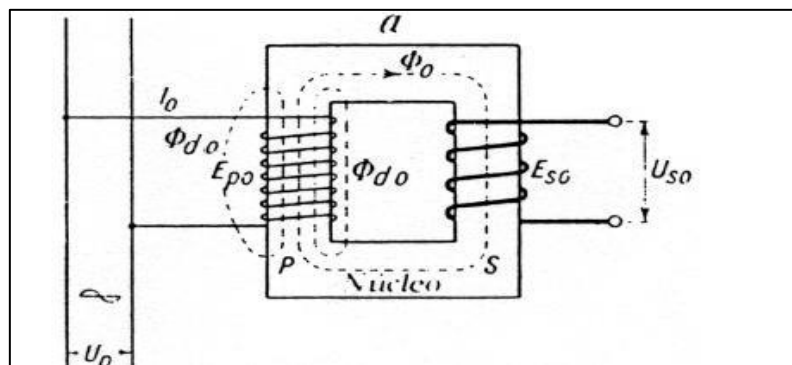


Figura 3.2 Esquema del funcionamiento de un transformador: arrollamiento primario en carga y el secundario en vacío

La Figura 3.3 representa el esquema de un transformador de dos arrollamientos en el que el arrollamiento secundario se representa en carga, alimentando un circuito externo, por lo que circula una intensidad I_s . Según la Ley de Lenz esta corriente I_s tiende a oponerse a la causa que la origina, es decir, al flujo Φ_0 . El efecto inmediato es un aumento de la corriente primaria para neutralizar el efecto magnético de I_s .

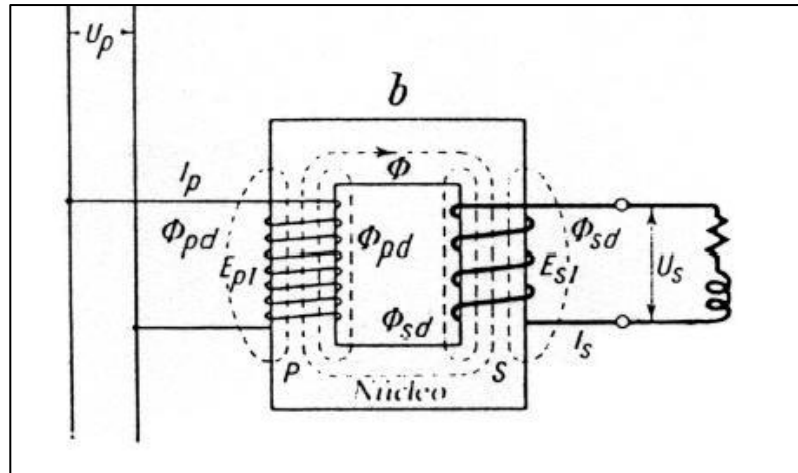


Figura 3.3 Esquema del funcionamiento de un transformador: arrollamiento primario en carga y el secundario en carga

Una vez introducido el funcionamiento básico de un transformador, se pasa a definir las características que se deben tener en cuenta a la hora de realizar la elección de un transformador.

Para el correcto funcionamiento de una instalación, es conveniente realizar la elección del transformador atendiendo a los siguientes puntos [5]:

- 1) Tipo de instalación, interior o intemperie. Se debe tener en cuenta la altitud, para valores superiores a 1.000 m. sobre el nivel del mar.
- 2) Nivel de aislamiento.
- 3) Relación de transformación nominal. Se puede recurrir a la doble o triple relación y a la gama extendida, en caso necesario.
- 4) Clase de precisión, de acuerdo con las normas internacionales IEC 61869.
- 5) Potencia nominal. Se recomienda no elegir una potencia excesiva. Si hay mucha diferencia entre la potencia nominal y la potencia del Inaparato a instalar, se puede colocar una resistencia en serie.
- 6) Factor nominal de seguridad (en caso necesario).
- 7) Factor límite de precisión nominal. (Transformadores para protección).

- 8) Intensidades límites térmica y dinámica.
- 9) Frecuencia nominal.
- 10) Número de secundarios (núcleos).

3.1.2 SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios auxiliares constituyen la fuente de alimentación de los sistemas de mando, control y protecciones de las subestaciones, por ello deben ser diseñados con el objetivo de mantener la propia fiabilidad de los elementos principales de estos sistemas.

El criterio fundamental de diseño del sistema de servicios auxiliares debe ser garantizar los suministros de energía necesarios para la instalación, aun cuando se produzcan fallos en el propio sistema o en las fuentes que lo alimentan. Por lo general un primer fallo no debe producir problemas, y en ciertos equipos ni siquiera un segundo fallo simultáneo.

Los servicios auxiliares pueden dividirse en dos: servicios auxiliares de corriente alterna y servicios auxiliares de corriente continua.

Los primeros tendrán como tensión de distribución 400 /230 V, 50 Hz (tres fases y un neutro a tierra). Como criterio general se considera disponer siempre de dos alimentaciones independientes más un grupo electrógeno. La función del grupo de electrógeno es la de suministrar la energía eléctrica para la alimentación de los servicios auxiliares en el caso de una emergencia ante la pérdida de la AT (> 1 kV) en la instalación. Se le exigirá una autonomía de 8 horas.

Para el caso de la corriente continua se distingue entre dos sistemas:

- Sistema de 110 V c.c. de alimentación a equipos de protecciones, control, señalización, etc. Este sistema, en general, está diseñado para asumir también los consumos del sistema de fuerza de c.c..
- Sistema de 48 V c.c. que alimentará, entre otros, a los equipos de telecomunicaciones, de telecontrol y de control digital. El alumbrado de emergencia se realizará con equipos autónomos de encendido automático alimentados de corriente alterna.

Los diferentes dispositivos, tanto electrónicos como de aparamenta, necesitan una fuente de alimentación para su funcionamiento además de requerir la iluminación, tanto del edificio como del parque, para el personal de trabajo y por seguridad. Además, la mayoría de los armarios de intemperie

requieren resistencias de caldeo para evitar la condensación de agua que perjudicaría los elementos metálicos y dispositivos electrónicos que se encuentren en el exterior.

Por otro lado, también se debe iluminar el exterior del parque de la subestación para evitar accidentes y por seguridad visual frente a intrusos y frente animales a los que pueda ahuyentar. El interior del edificio, donde opera el personal de la subestación también debe de ser iluminado para su estancia.

La alimentación de los distintos equipos de climatización de la subestación es esencial, puesto que los dispositivos de interior, como armarios o subestaciones blindadas, requieren unas condiciones de operación adecuadas tanto de temperatura como de humedad.

Debido a la importancia de los elementos de una subestación, y en determinadas ocasiones, al peligro en las inmediaciones de llamas o incendios, suele ser necesario un sistema de detección y/o extinción de incendios.

Por último, el recinto de una subestación contiene elementos y dispositivos susceptibles de robo y que, además, son muy peligrosos debido a que disponen de elementos con muy alta tensión, lo que conlleva a que se controle y vigile el recinto mediante detectores volumétricos con iluminación del parque exterior.

3.2 CONFIGURACION ELECTRICA DE LAS SUBESTACIONES

Las subestaciones eléctricas son nudos en la red de transporte y distribución de energía eléctrica, y dichos nudos se materializan en las barras de la subestación, las cuales constituyen un único punto eléctrico.

En función de la importancia que tenga la subestación [3], a saber, en función del trastorno que genere apartar del servicio una subestación en cuestión, las empresas eléctricas realizan mayor o menor inversión en el diseño de su configuración.

La disposición del embarrado y de las conexiones de una subestación eléctrica es esencial para lograr garantizar la continuidad en el servicio al mínimo coste y de la forma más sencilla posible. Además, se deben prever futuras ampliaciones en las instalaciones, así como los medios necesarios para hacer el mantenimiento de las líneas, interruptores y seccionadores sin interrumpir el servicio y garantizando siempre la seguridad de las personas.

En resumen, el análisis cuidadoso de los diferentes esquemas de conexión puede conseguir ahorros importantes en la elección de los equipos para satisfacer los requisitos del sistema. Las configuraciones de barras más frecuentes, establecidas desde menor a mayor coste y fiabilidad son las expuestas a continuación:

3.2.1 CONFIGURACION EN SIMPLE BARRA

La disposición de simple barra o de interruptor sencillo consiste en las distintas líneas transformadores conectados a un nudo, el cual es la barra. Este tipo de conexión se emplea en instalaciones pequeñas y de poca potencia. Se trata de una instalación simple, de maniobra sencilla en la que el suministro puede ser interrumpido fácilmente. Al tratarse de una única barra, no existe separación de salidas. Esta configuración se puede ver representada en la figura 3.4.

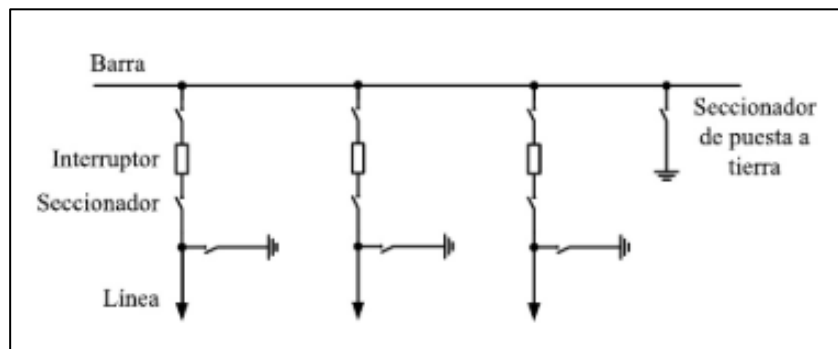


Figura 3.4 Configuración de simple barra

En ocasiones se puede colocar un seccionador by-pass en paralelo en cada módulo de salida como se muestra en la figura 3.5., lo que permite realizar operaciones de mantenimiento sin interrumpir el servicio en esa línea. El inconveniente que presenta este tipo de configuración de simple barra es que, mientras está en servicio el seccionador by-pass, en caso de perturbación, los interruptores adyacentes a los de cabecera se disparan y la línea se queda sin protección.

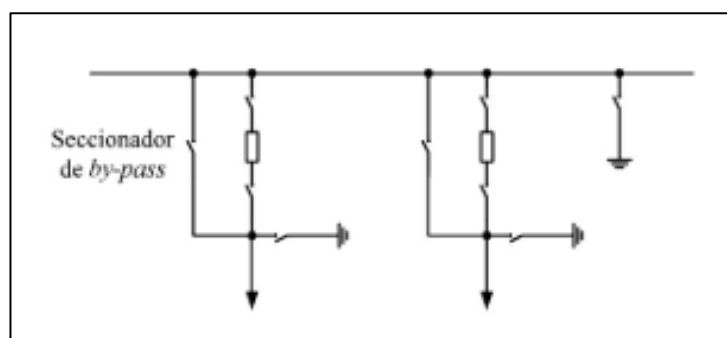


Figura 3.5 Configuración de simple barra con by-pass

3.2.2 CONFIGURACION EN SIMPLE BARRA PARTIDA

En la configuración de simple barra partida (ver figura 3.6), la barra principal se divide en dos por medio de seccionadores, lo que, en caso de avería de una de las secciones de barra, permiten que la otra sección pueda seguir en funcionamiento.

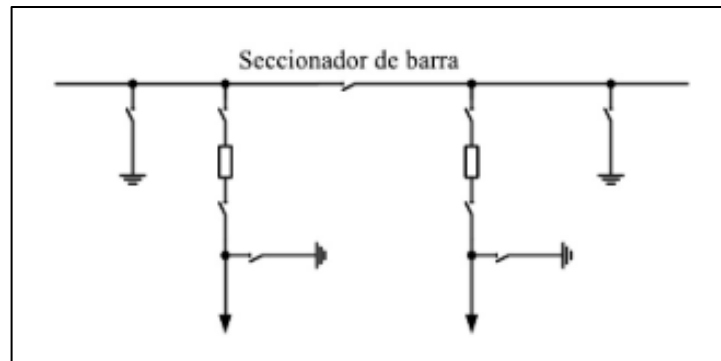


Figura 3.6 Configuración de simple barra partida

Este tipo de configuración tiene mayor flexibilidad de funcionamiento y otorga a la subestación de mayor continuidad de servicio. Además, el sistema puede funcionar con dos fuentes de alimentación lo que facilita el mantenimiento de los tramos conectados a la barra. La barra partida también permite el uso del seccionador by-pass.

3.2.3 CONFIGURACION CON BARRA DE TRANSFERENCIA

En este caso, las líneas de salida se conectan a la barra principal, y esta a su vez se conecta a una barra de transferencia a través de un interruptor de acoplamiento. Si hubiese seccionador by-pass se conectaría a la barra de transferencia.

Además, este tipo de configuración permite la continuidad del servicio por mantenimiento de la barra o interruptores debido a que se puede seguir alimentando a través de la otra barra. En cambio, no permite la continuidad del servicio ante fallos en el interruptor de acoplamiento. Un esquema de la configuración con barra de transferencia es el mostrado en la figura 3.7.

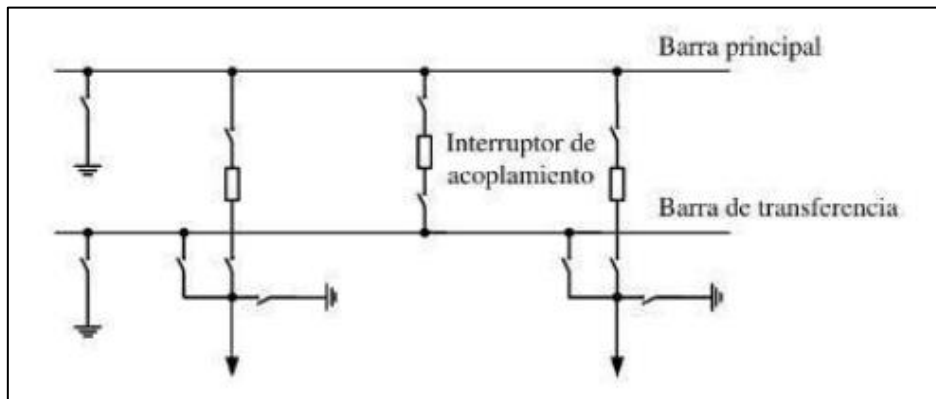


Figura 3.7 Configuración de doble barra con barra de transferencia

3.2.4 CONFIGURACION EN DOBLE BARRA

En la configuración en doble barra, las dos barras tienen la misma importancia, es decir, ninguna barra es la barra principal y las líneas pueden conectarse a cada una de ellas a través de los seccionadores. Esto permite mayor seguridad de servicio ya que se puede pasar de una barra a otra sin corte de suministro.

Además, las operaciones de mantenimiento pueden realizarse sin interrumpir el servicio. Existe la posibilidad de doble barra con by-pass, lo que permite el reparto de cargas y mayor flexibilidad en las maniobras. Todo ello hace que las maniobras sean más complicadas. El esquema de la figura 3.8 representa la configuración de doble barra.

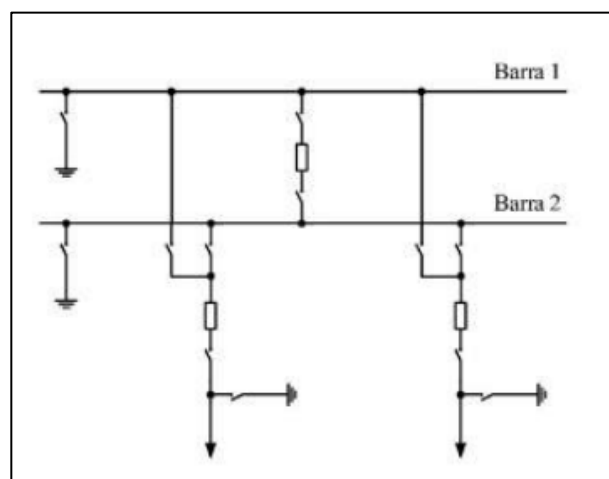


Figura 3.8 Configuración de doble barra

3.2.5 CONFIGURACION DE DOBLE BARRA MAS BARRA DE TRANSFERENCIA

La configuración es similar a la doble barra, pero esta cuenta con una barra adicional denominada barra de transferencia. Consta de un doble juego de barras donde se conectan las líneas, mientras que los seccionadores by-pass lo hacen a la barra de transferencia, la cual sirve de nexo entre los dos módulos. El esquema de este tipo de configuración se muestra en la figura 3.9 mostrada bajo estas líneas.

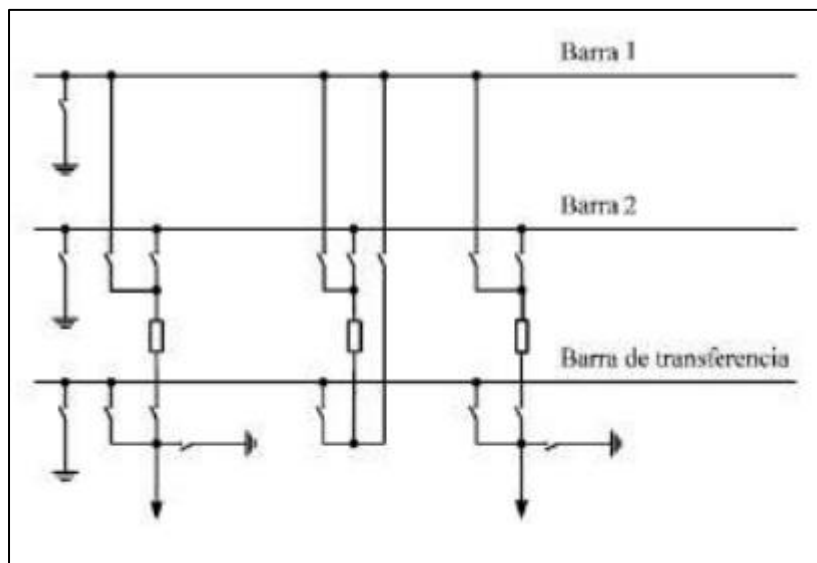


Figura 3.9 Configuración de doble barra más barra de transferencia

3.2.6 CONFIGURACION EN INTERRUPTOR Y MEDIO

En esta configuración existen tres interruptores por cada dos salidas y dos barras. Hay un interruptor que es compartido por ambas salidas y cualquiera de las dos barras podría quedar fuera de servicio sin interrumpir el suministro. Se trata de una configuración muy flexible per tiene el inconveniente de que ante un cortocircuito y un fallo en el interruptor del centro (el compartido), quedarían afectadas ambas salidas. Todo ello se puede ver en el esquema de la figura 3.10.

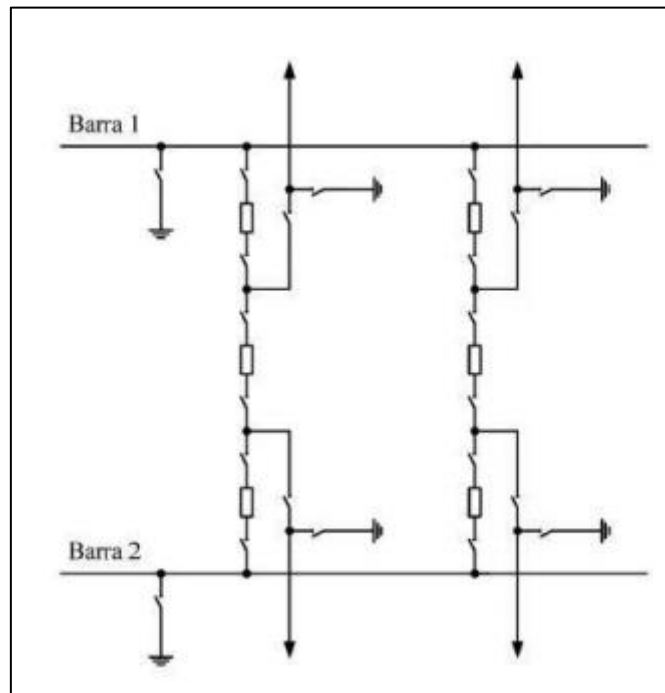


Figura 3.10 Configuración en interruptor y medio

3.2.7 CONFIGURACION EN DOBLE BARRA Y DOBLE INTERRUPTOR

Esta configuración permite alimentar las líneas desde cualquiera de las dos barras debido a que está conectadas a cada una a través de un interruptor, y no a través de seccionadores como ocurría anteriormente. Ello le otorga una mayor fiabilidad, ya que permite la continuidad del servicio ante fallos en cualquier interruptor. Por otro lado, esta configuración de doble barra y doble interruptor tiene mayor coste económico. Se puede ver un esquema en la figura 3.11.

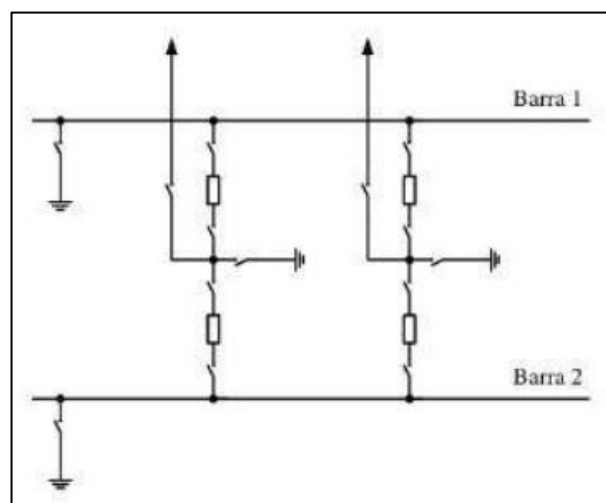


Figura 3.11 Configuración de doble barra y doble interruptor

3.2.8 CONFIGURACION EN ANILLO

En este caso, la barra es un anillo formado por interruptores con los circuitos conectados entre cada dos de ellos. Para aislar un circuito es necesario abrir los interruptores de ambos lados de él. Esto le permite la posibilidad de alimentar a las líneas por ambos lados y le dota de mayor flexibilidad en el reparto de cargas. Además, esta configuración en anillo permite la continuidad de servicio cuando se realicen operaciones de mantenimiento y no se necesita interruptor de acoplamiento (ver figura 3.12). Es una configuración muy compleja.

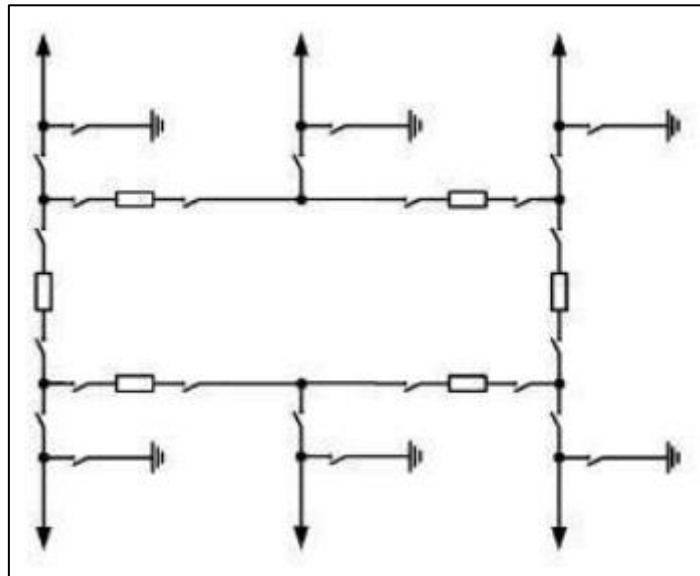


Figura 3.12 Configuración en anillo

4. INSTALACIONES DEL PROYECTO

La subestación de energía eléctrica denominada “SUBESTACIÓN ROMIÓ” es propiedad de HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U., y está compuesta por instalaciones a la intemperie en el nivel de tensión de 132 kV, y otras de interior en el de 50 y 20 KV, y sita al noreste de la localidad de Romió, en el término municipal de Candamo, Principado de Asturias. La localización tanto del municipio de Candamo como de la subestación de Romió se muestran en las figuras 4.1 y 4.2. La subestación de Romió se construyó bajo Autorización Administrativa obtenida 9 de Noviembre de 2009 y Acta de Puesta en Marcha de 8 de Noviembre de 2011.

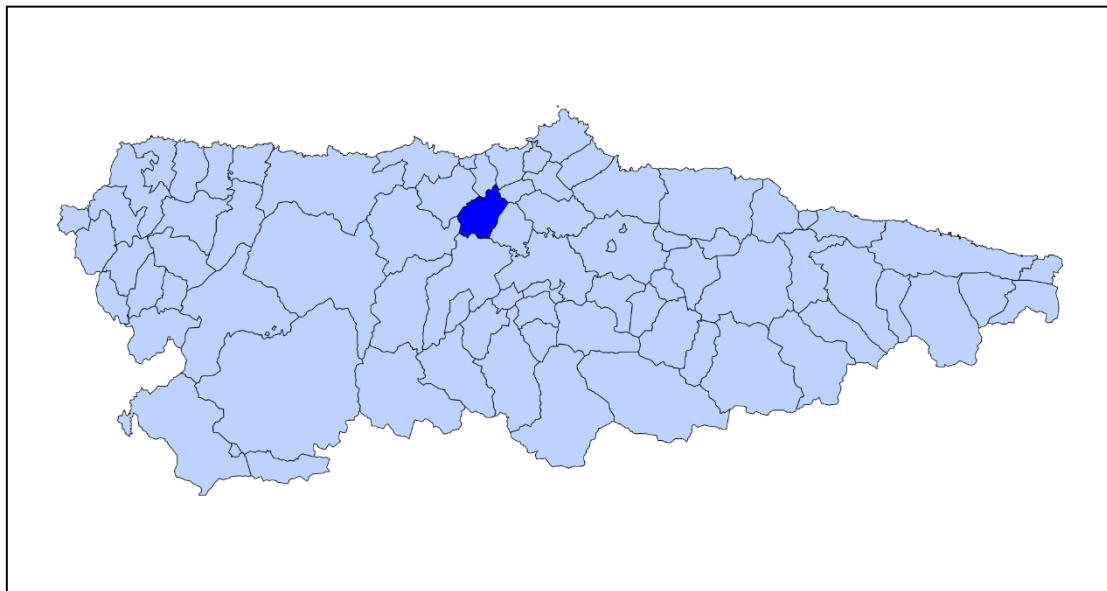


Figura 4.1 Localización del municipio de Candamo

Las instalaciones que se incluyen en el presente proyecto comprenden únicamente al transformador de potencia y elementos complementarios de la posición de 132/20 kV del parque de intemperie, así como a las nuevas celdas a instalar en la sala de 20 kV.

La subestación Romió está ubicada al noreste de la localidad de Romió, en el término municipal de Candamo, Principado de Asturias, como puede verse en el plano 1 del presente proyecto.

Concretamente se accede al emplazamiento tomando la carretera AS-237, que enlaza las poblaciones de Grado y Avilés, el desvío del pueblo de Romió, y desde éste el camino rural que lleva hasta el Pico de la Cruz, que parte del camino asfaltado que atravesando el monte une los pueblos de Romió y La Reigada. El acceso, con una longitud de unos 350 m, parte del camino asfaltado hasta el emplazamiento de la subestación.



Figura 4.2 Localización de la subestación Romío

Las actuaciones se realizarán sobre la aparamenta de potencia y sus elementos de control, medida y protección. No se contemplan actuaciones de obra civil más allá de las propias de saneamiento, acondicionamiento, arreglo y pintura de los elementos estructurales existentes. Asimismo, tampoco se incluye dentro de la zona, y por tanto tampoco dentro del presente proyecto administrativo, la aparamenta intemperie de 132 kV a excepción de los pararrayos de 132 kV.

Por tanto, se tiene el siguiente resumen descriptivo del proyecto:

- Instalación de un nuevo transformador denominado T2 de relación 132/20 kV de 30 MVA sobre fundación existente y pararrayos de 132kV y 20 kV.
- Una nueva celda de transformador en el sistema de 20 kV.
- Cinco nuevas celdas de línea de 20 kV.
- Dos nuevas celdas de transformador de Servicios Auxiliares
- Nueva celda de medida de 20 kV.
- Nueva celda de acoplamiento de 20 kV.
- Adaptar los sistemas de control y protección a la nueva posición de transformador.

- Nuevo tendido de cables MT de conexión entre el transformador de potencia y la nueva celda de posición de transformador en el sistema de 20 kV.

Dado que se trata de una instalación eléctrica para funcionar en el exterior o intemperie, y situada dentro de los parques convenientemente vallados del recinto global de la subestación de Romió, se seguirá expresamente todo lo indicado en la ITC-RAT-15, pero también en cualesquiera otras que le sean de aplicación.

4.1 SUBESTACIÓN ROMIÓ 132/50/20 kV

La subestación eléctrica, con embarrados de tensiones de 132, 50 y 20 kV, dispone de un único edificio principal y una zona de intemperie, en la cual se decidió instalar inicialmente un transformador 132/50 kV de 50 MVA de potencia nominal, existiendo espacio suficiente de reserva para otros dos transformadores futuros de 132/20 kV de 30 MVA como el que se pretende instalar en el presente proyecto y que alimentará la parte correspondiente de media tensión de la subestación. En la figura 4.3 se muestra el exterior de la subestación y en la figura 4.4 se muestra el espacio de reserva donde se instalará el transformador en la subestación de Romió.



Figura 4.3 Exteriores de la subestación eléctrica de Romió



Figura 4.4 Espacio destinado al transformador de 132/20 kV y 30 MVA en la subestación de Romió

La instalación de 132 kV con una configuración eléctrica de simple barra en “H”, formado por dos embarrados principales con acoplamiento longitudinal, consta de la acometida de dos líneas aéreas amarradas a dos pórticos que se construirán al efecto en la zona de intemperie, tres posiciones correspondientes a los transformadores de potencia y una posición para la salida del transformador elevador de tensión de la línea procedente del parque eólico, situado dentro de las instalaciones de interconexión propiedad de la sociedad promotora de dicho parque. Como ya se indicó anteriormente, todas las posiciones están constituidas por los equipos híbridos compactos de intemperie, aislados en SF6, modelo PASS M0 de ABB, y el aparellaje convencional asociado. El impacto ambiental y más concretamente el paisajístico, que se produce en la zona, es notablemente pequeño debido a que la subestación dispone de equipos híbridos compactos de intemperie aislados en SF6 para la tensión de 132 kV y de un sistema blindado en SF6, tipo GIS para la tensión de 50 kV, que le confiere la ventaja principal, frente a una instalación convencional, de tener unas dimensiones reducidas, además de que parte de los equipos se encontrarán en el interior de un edificio, con estilo arquitectónico simple y funcional, que le permitirá integrarse en el entorno donde se localiza.

La instalación de 50 kV consta de la llegada de dos líneas subterráneas, estando previstas otras dos líneas futuras, la aparatación convencional de intemperie en la salida del transformador de potencia y de una instalación de módulos blindados, tipo GIS, con aislamiento en SF6, que alberga el

aparellaje de alta tensión con una configuración eléctrica de simple barra, la cual se ubica en el interior de una de las salas del edificio.

Además, existe una instalación de 20 kV, la cual está alojada en el edificio, en diferentes salas preparadas al efecto, empleando dos conjuntos de celdas aisladas en SF6 con interruptor automático de corte en vacío, con diferentes posiciones de transformador, líneas, acoplamiento transversales y longitudinales, y medida, distribuidas entre las diferentes salas.

Junto a la aparamenta mencionada anteriormente, existen una serie de servicios de control y auxiliares que garantizarán el correcto funcionamiento de dichas instalaciones. En los planos 2 y 3 pueden verse la disposición general en planta y las secciones de la posición de la subestación.

5. NUEVA POSICION DEL TRANSFORMADOR 132/20KV Y 30 MVA

En este apartado se pasa a describir la necesidad de instalación de la nueva posición de transformador de 132/20 kV y 30 MVA, así como las características generales de la instalación y los elementos que la componen.

5.1 JUSTIFICACION DE LA NECESIDAD DE LA NUEVA POSICION

El presente proyecto está destinado a la instalación de un transformador de potencia en el parque de intermedia de 132 kV, con el fin de reforzar y garantizar la continuidad de servicio. Se instalará en 20 kV la celda asociada a dicho transformador, cinco celdas de línea, dos de transformador de servicios auxiliares, acoplamiento y medida.

El disponer de este transformador permite dar apoyo al aumento de demanda de la zona y aumenta considerablemente la fiabilidad del conjunto de la red y con ello la seguridad y calidad en el servicio. Dicho transformador tendrá una potencia de 30 MVA y será designado como T2.

5.2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA INSTALACION Y DE SUS ELEMENTOS

Los trabajos a realizar y que se describen en el presente Proyecto se corresponden con la instalación de la aparatada que se detalla a continuación.

- Instalación de un transformador 132/20kV 30 MVA. No será necesaria la actuación sobre cimentaciones salvo pequeñas modificaciones. La posición de 132 kV se encuentra montada. Se colocarán nuevas piezas para la conexión de los bornes del transformador con el resto de la aparatada. Se realizará la puesta a tierra del transformador mediante varilla de cobre y tornillería para fijación y conexión, de acero inoxidable.
- Instalación de tres pararrayos de óxidos metálicos con contador de descargas 132 kV. Para ello no será necesaria la construcción de nuevas cimentaciones puesto que estas son existentes. Será necesario la construcción de nuevas estructuras, montaje de nuevos herrajes, estructuras auxiliares y aportaciones complementarias para el soporte de los pararrayos y sus contadores de descargas. De igual forma se colocarán las piezas necesarias para la conexión de los bornes con el resto de la aparatada. Se realizará la puesta a tierra de las autoválvulas mediante varilla de cobre y tornillería, para fijación y conexión, de acero inoxidable.

- Instalación de un seccionador unipolar para puesta a tierra del neutro 132 kV. Para ello no será necesaria la construcción de nueva cimentación puesto que esta es existente. Será necesario la construcción de nueva estructura, montaje de nuevos herrajes, estructuras auxiliares y aportaciones complementarias para el soporte del seccionador y su mando. De igual forma se colocarán las piezas necesarias para la conexión de los bornes del seccionador con el resto de la aparamenta. Se realizará la puesta a tierra del aparellaje mediante varilla de cobre y tornillería, para fijación y conexión, de acero inoxidable. Una vez instalados, se procederá al reglaje de los equipos en su posición definitiva para su correcto funcionamiento.
- Instalación de tres pararrayos de óxidos metálicos con contador de descargas 20 kV. Los pararrayos de 20 kV se instalarán en las bornas enchufables Pfisterer del transformador de potencia (Modelo 827537240).
- Instalación de un seccionador unipolar para puesta a tierra del neutro 20 kV. Para ello no será necesaria la construcción de nueva cimentación puesto que esta es existente. Será necesaria la construcción de nueva estructura, montaje de nuevos herrajes, estructuras auxiliares y aportaciones complementarias para el soporte del seccionador y su mando. De igual forma se colocarán nuevas piezas para la conexión de los bornes del seccionador con el resto de la aparamenta. Se realizará la puesta a tierra del aparellaje mediante varilla de cobre y tornillería, para fijación y conexión, de acero inoxidable. Una vez instalados, se procederá al reglaje de los equipos en su posición definitiva para su correcto funcionamiento.
- Instalación de una resistencia de puesta a tierra del neutro. Para ello no será necesaria la construcción de nueva cimentación puesto que esta es existente. Será necesaria la construcción de nueva estructura, estructura, montaje de nuevos herrajes, estructuras auxiliares y aportaciones complementarias para el soporte de la resistencia para puesta a tierra del neutro con transformador de intensidad para protección. De igual forma se colocarán nuevas piezas para la conexión de los bornes con el resto de la aparamenta. La puesta a tierra de los transformadores de intensidad se realizará mediante varilla de cobre y tornillería para fijación y conexión, de acero inoxidable.
- Instalación de una celda 20kV posición transformador. No será necesaria la actuación sobre cimentaciones ya que el edificio de control dispone de una sala ya preparada para la instalación

de dichas celdas. Se colocarán nuevas piezas para la conexión de los bornes de la celda con el cable aislado de media tensión. Se realizará la puesta a tierra del aparellaje mediante varilla de cobre y tornillería, para fijación y conexión, de acero inoxidable. Una vez instalados, se procederá al reglaje de los equipos en su posición definitiva para su correcto funcionamiento.

- Tendido y conexionado del cable de alta tensión desde el equipo híbrido compacto de la posición hasta las bornas del transformador de potencia.
- Tendido y conexionado de cable de media tensión a través de las canalizaciones existentes entre el transformador de potencia y sus celdas, sobre las cuales no es necesaria ninguna actuación.
- Instalación de cinco celdas de 20kV posición línea. No será necesaria la actuación sobre cimentaciones ya que el edificio de control dispone de una sala ya preparada para la instalación de dichas celdas.
- Instalación de una celda de 20kV medida. No será necesaria la actuación sobre cimentaciones ya que el edificio de control dispone de una sala ya preparada para la instalación de dicha celda.
- Instalación de una celda de 20kV acoplamiento transversal. No será necesaria la actuación sobre cimentaciones ya que el edificio de control dispone de una sala ya preparada para la instalación de dicha celda.
- Instalación de dos celdas de 20kV de Servicios Auxiliares. No será necesaria la actuación sobre cimentaciones ya que el edificio de control dispone de una sala ya preparada para la instalación de dichas celdas.

6. CONDICIONES GENERALES

6.1 VALLADO PERIMETRAL

La subestación completa, incluidos el parque de intemperie, así como el edificio que alberga los parques de 50 y 20 kV de interior, la sala de control, instalaciones auxiliares y las oficinas, se encuentra en un recinto perfectamente delimitado y con el correspondiente cerrado perimetral y control de accesos.

Estos cerramientos quedan reflejados en el plano 1 correspondiente a la “Planta General” que forma parte de este Proyecto en el apartado PLANOS.

Este cerramiento no va a sufrir modificaciones en el transcurso de las obras objeto de este Proyecto.

6.2 TRATAMIENTO DEL TERRENO SUPERFICIAL

Actualmente el parque de 132 kV dispone de un acabado en gravilla. Una vez terminados los trabajos, se reacondicionará el parque en las partes que hayan sido dañadas sean repuestas.

6.1 CONDICIONES ATMOSFERICAS

Las condiciones ambientales que se registran en el emplazamiento de la Subestación Romió son las siguientes:

- ❖ Altura sobre el nivel del mar.....546 m
- ❖ Tipo de zona.....B (según R.L.A.T.)
- ❖ Temperaturas extremas.....+45°C/-15°C
- ❖ Velocidad máxima del viento120 km/h
- ❖ Contaminación ambiental.....Baja

Respecto a las acciones sísmicas, la norma de construcción sismorresistente parte general y edificación (NCSR-02) contempla la necesidad de su aplicación en construcciones de especial importancia, como ésta, cuando la aceleración sísmica básica sea superior o igual a 0,04g, siendo en la Subestación Romió menor de 0,04g por lo tanto no se tendrán en cuenta estas acciones sísmicas.

6.2 PROTECCION CONTRA LA CORROSION

Con objeto de asegurar una eficaz protección contra la corrosión, toda la estructura metálica, bien de nueva instalación, bien sea modificada en el transcurso de la obra, será sometida a un proceso de galvanizado en caliente y un posterior acabado mediante pintura color verde RAL-6011 de las mismas características a la existente en la instalación.

Estas estructuras se completarán con herrajes y tornillería auxiliares de acero inoxidable para fijación de los equipos, sujeción de cables y otros elementos accesorios.

6.3 CANALIZACIONES Y CONDUCCIONES

Para el nuevo transformador, no se realizarán nuevas canalizaciones más allá de las modificaciones que sea necesario efectuar en las existentes para la instalación de los nuevos equipos o pequeñas actuaciones mediante tubos o extensiones de canal para conectar los nuevos elementos de mando con los canales existentes.

6.4 PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES TRANSITORIAS

Las instalaciones exteriores, como es el parque de 132 kV de la Subestación de Romió, deben estar convenientemente protegidas contra los efectos de las descargas atmosféricas directamente sobre las mismas o en sus proximidades.

Para ello, se dispone de una red de tierras superiores que la protegen de las descargas atmosféricas. El cálculo de la comprobación de la red de tierras se realiza en el ANEXO III. De igual forma, para prevenir que las sobretensiones exteriores puedan afectar a los equipos de la subestación, se dispone tanto en las entradas de línea como en ambos niveles de tensión de los transformadores de pararrayos-autoválvulas, que, como se verá en los cálculos, están dimensionados para cumplir con los requisitos que la coordinación de aislamiento requiere en este tipo de instalaciones.

6.5 SISTEMA DE CONTROL

Existe un cuadro de control y protección asociado al transformador en la sala de control del edificio. Será necesario tender los cables para el control y protección del nuevo transformador, así como pequeñas modificaciones en el sistema de control y protecciones existente para la integración de este nuevo transformador.

El control y protección de las celdas de 20 kV irá montado en la propia celda.

6.6 CONDICIONES ACUSTICAS

La Subestación de Romió se encuentra según lo establecido en el Anexo II del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre [8], por el que se desarrolla la Ley 37/2003 [29], de 17 de noviembre, del Ruido [35], en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, en un sector del territorio con predominio de suelo de uso Industrial. En este sentido, el límite de ruido establecido es de 75 dBA diurnos y 65 dBA nocturnos.

Las emisiones acústicas adicionales que se producirán en el entorno de la subestación serán las provenientes del funcionamiento del nuevo transformador y, dado que se disponen ya de dos transformadores en la misma subestación, el límite del cerramiento se encuentra a aproximadamente 30 metros, por lo que no se considera que el impacto acústico del nuevo transformador afecte a los límites de calidad acústica indicados en el mencionado real decreto, no llegando a superar nunca los 60 dBA de nivel de ruido máximo emitido por un transformador en condiciones normales de servicio. Además, al encontrarse la Subestación en zonas no habitadas, no existirán personas expuestas de forma prolongada a niveles de ruido elevados.

En el anexo V del presente documento se incluye un estudio acústico para determinar que los niveles de ruido de inmisión en el entorno de la subestación no superan los límites establecidos en la mencionada legislación vigente.

6.7 ESTUDIO DE CAMPOS MAGNETICOS

Considerando lo establecido en la ITC-RAT 15, en el apartado 3.15, y en la ITC-RAT 14, en el apartado 4.7, en la fase de proyecto de una subestación se deben adoptar las medidas adecuadas para minimizar, en el exterior de las instalaciones, los campos magnéticos creados por dichas instalaciones, especialmente cuando esas subestaciones se encuentren próximas a edificios de otros usos.

Para el caso de la Subestación de Romió, situada en un medio rural, monte alto, y en donde las edificaciones más próximas al vallado de la subestación se encuentran a una distancia de centenares de metros, los campos magnéticos radiados no tienen la más mínima influencia sobre las personas. No obstante, cumpliendo lo recomendado en la reglamentación mencionada, se procede a realizar un estudio riguroso de los campos magnéticos generados por la instalación eléctrica bajo proyecto, tanto en el exterior como en el interior de la subestación.

Por una parte, a efectos de baremación del campo magnético en el exterior de la subestación, se deben tomar como valores de referencia los establecidos en el Real Decreto 1066/2001 de 28 de

septiembre (transposición a legislación de la Recomendación 1999/519/CE del Consejo, de 12 de julio) [6]. Este RD establece para una frecuencia de 50 Hz, un campo magnético de 100 μ T (micro Teslas) como valor a partir del cual se deben considerar efectos sobre las personas.

Por otra parte, y a su vez, con la reciente aparición del Real Decreto 299/2016, de 22 de julio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos [7], se tienen ahora valores de referencia para el interior de las instalaciones, que complementa al valor en el exterior fijado en el párrafo anterior, y que fija como nivel de acción mínimo para 50 Hz, un campo magnético de 1000 μ T (micro Teslas), a partir del cual se deben tomar acciones de protección de los trabajadores.

La ITC-RAT 15 en su apartado 3.15 y la ITC-RAT 14 en su apartado 4.7, fijan que se compruebe que no se superan los valores establecidos en la legislación, valores de 100 μ T y 1000 μ T respectivamente, y que esta comprobación se realizará mediante los cálculos para el diseño correspondiente, antes de la puesta en marcha de las instalaciones que se ejecuten siguiendo el citado diseño y en sus posteriores modificaciones cuando estas pudieran hacer aumentar el valor del campo magnético. Es necesario, consecuentemente, para el presente proyecto, proceder a la ejecución de los cálculos correspondientes tal y como se detalla en el anexo II del presente documento.

6.8 RED DE TIERRAS

En el transcurso de los trabajos correspondientes a la instalación del nuevo transformador y las cabinas de 20 kV no es necesario modificar ni ampliar la red de tierras ya existente (ver cálculos de dicha red en el anexo VII del presente documento), más allá de las pequeñas modificaciones que sean necesarias para la conexión de los nuevos equipos a dicha red.

Es por ello por lo que, en este proyecto, se redacta la descripción de los cálculos que justifican la validez de la malla de tierras que se ha instalado previamente en la subestación. Los cálculos se incluyen en el anexo III del presente documento. El plano de la red de tierras se incluye en el apartado de planos del presente documento.

6.9 DISTANCIAS MINIMAS

En el Anexo I del presente documento, se realizan los cálculos para obtener las distancias mínimas entre fases y ente fase – tierra, pasillos de servicio, zonas de protección, trabajos en proximidad a

elementos con tensión, en zonas de protección contra contactos accidentales y distancias a líneas aéreas próximas.

6.10 COORDINACION EN AISLAMIENTO

En el Anexo IV del presente documento se realizan los cálculos para lograr coordinar el aislamiento del conjunto de la aparamenta de 132 kV con los niveles de protección de los pararrayos a instalar, así como calcular la distancia, medida a lo largo de las conexiones, que protegen dichos pararrayos comprobando así su correcto funcionamiento.

Los pararrayos elegidos son de ZnO por lo que las consideraciones técnicas para la elección de este tipo de pararrayos es la siguiente:

- 1) Determinar la máxima tensión de operación del sistema. Para ello se utilizará la curva MCOV (Maximun Continuous Operating Voltage) de los pararrayos.
- 2) Considerar las sobretensiones temporales de onda 50 Hz, de tiempo apreciable (faltas a tierra, cortocircuitos, etc.)
- 3) Elegir el tipo de pararrayos en función de los valores obtenidos en los dos puntos anteriores.
- 4) Verificar la coordinación de aislamiento a proteger con el nivel de protección del pararrayos.
- 5) Escoger una línea de fuga adecuada.

7. MONTAJE ELECTRICO DE LAS POSICIONES DE 132KV

En este apartado se detalla el transporte, montaje eléctrico de las posiciones de 132 kV y una breve descripción de los equipos empleados.

7.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA RED

Se indican a continuación las características generales de la red de 132 kV.

- Tensión nominal: 132 kV
- Tensión máxima de funcionamiento:..... 145 kV
- Tensión más elevada para el material:..... 145 kV
- Tensión soportada asignada de corta duración a frecuencia industrial (50Hz):.....275 kV
- Tensión soportada asignada a impulsos tipo rayo:..... 650 kV cresta
- Frecuencia asignada:..... 50 Hz
- Método de puesta a tierra:..... Rígido a tierra
- Intensidad máxima en funcionamiento normal:..... s/ zona de línea, trafo o acoplamiento.
- Intensidad de cortocircuito trifásica:..... 40 kA
- Duración asignada Intensidad de cortocircuito trifásica:..... 0,5 seg.
- Sobretensiones esperadas:..... s/ nivel de aislamiento elegido.

Se indican a continuación las características generales de la red de 20 kV.

- Tensión nominal20 kV
- Tensión más elevada para el material (v. e.).....24 kV
- Neutro.....P. a T. a través de resistencia
- Intensidad de cortocircuito trifásico (v. e.).....25 kA
- Tiempo de extinción de la falta.....0,6 s
- Tensión soportada a impulso tipo maniobra.....50 kV

7.2 TRANSPORTE E INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS

En este apartado se describen las actuaciones que son necesarias tanto para el transporte como para la instalación del transformador de potencia y de las diez cabinas que se van a instalar en la subestación.

Al tratarse de un entorno de montaña algo complicado, lo primero que se debe efectuar es una visita previa para conocer el estado de los accesos por carretera y de la vegetación cercana para más tarde, acudir con la maquinaria necesaria según corresponda.

A continuación, se describe una serie de actuaciones relacionadas con el transporte, montaje e instalación del transformador de potencia 132/20 kV 30 MVA y de las diez cabinas de 20kV:

- ❖ **Acceso al entorno de la subestación:** en una primera visita a la subestación, se realiza un reconocimiento de la carretera que le da acceso y se comprueba que en algunas zonas el ancho de la carretera es inferior al ancho del camión que va a transportar los equipo (ver figura 7.1). Para solucionarlo, como se puede ver en la figura 7.2, se decide rellenar con grava y piedras los arcenes para lograr aumentar la anchura de la vía de acceso y facilitar así el paso del camión.



Figura 7.1 Vía de acceso con ancho insuficiente



Figura 7.2 Vía de acceso reforzada

Además, durante la visita previa se observa que cierta vegetación impide el paso del camión y es necesaria su tala o poda. Es lo que ocurre en la figura 7.3, en la que se observa como un pino dificulta el tránsito, por lo que se marca para su posterior poda en la siguiente visita. A veces, como ocurre en la figura 7.4, es necesaria la tala del árbol.



Figura 7.3 Pino que se va a podar ya que dificulta el acceso del camión



Figura 7.4 Pino que se talará

- ❖ **Transporte e instalación del transformador de 132/20 kV – 30 MVA:** una vez acondicionado el acceso a la subestación por carretera, se procede al transporte de los equipos. Para el transporte del transformador se emplea un camión especial para ello además de una grúa para realizar la descarga. En las figuras 7.5 y 7.6 se muestra como es dicho transporte y en qué condiciones.



Figura 7.5 Transporte del transformador de potencia



Figura 7.6 Transporte en camión del transformador de potencia

En la figura 7.7 se muestra cómo la grúa realiza la descarga del transformador desde el camión hasta el foso destinado para él y en la figura 7.8 se muestra ya colocado en sobre la bancada.



Figura 7.7 Descarga del transformador del camión



Figura 7.8 Descarga del transformador de potencia sobre la bancada

En la figura 7.9 se aprecia cómo queda el transformador una vez instalado y montado sobre la bancada destinada para ello.



Figura 7.9 Montaje final del transformador de potencia sobre la bancada

- ❖ **Transporte e instalación de las 10 cabinas:** para el transporte de las diez cabinas de 20 kV se emplea un camión grúa como se muestra en la figura 7.10. A continuación, se procede a su instalación en los huecos preparados para ello (ver figuras 7.11 y 7.12).



Figura 7.10 Descarga de las cabinas de 20 kV

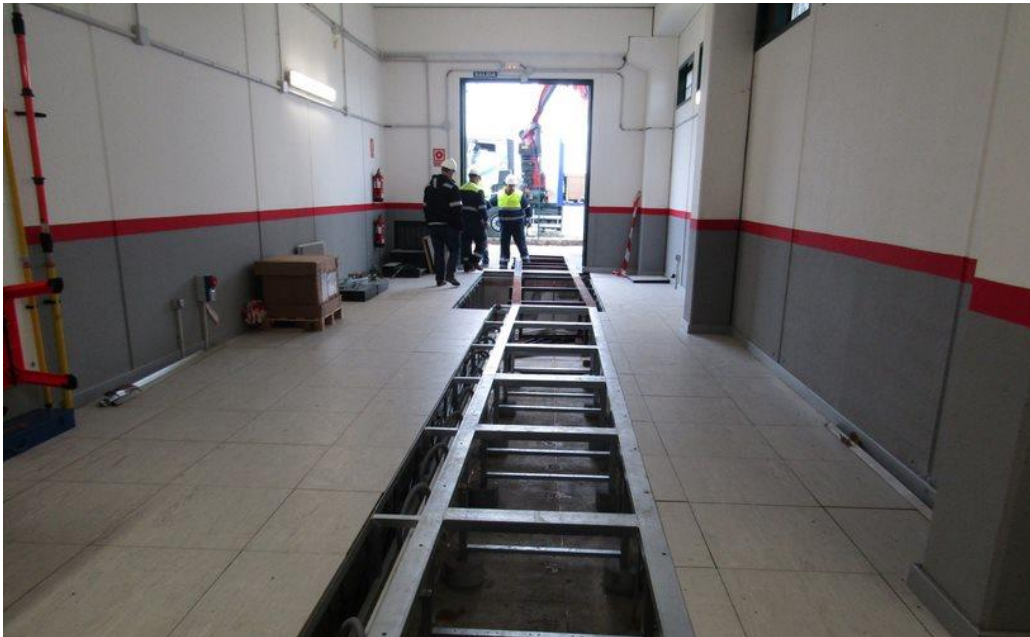


Figura 7.11 Huecos preparados para la instalación de las cabinas de 20 kV



Figura 7.12 Instalación de las cabinas de 20 kV

El montaje final es el de la figura 7.13, en la que se aprecian las 10 cabinas correctamente instaladas dentro del edificio en la sala de 20 kV destinada para ello.



Figura 7.13 Ubicación final de las cabinas en la sala de 20 kV del edificio de la SE Romió

7.3 DESCRIPCIÓN DEL MONTAJE Y EQUIPOS PRINCIPALES

Se detalla en este epígrafe los trabajos a realizar para la ampliación del parque de 132/20 KV de Romió.

Como ya se ha dicho, la zona 132 kV de transformador a ampliar, ocupará la zona en reserva, dentro del recinto de la propia Subestación y en su parque de intemperie. En el plano 2 "Planta General" puede observarse la ubicación de la zona de transformador que se proyecta.

7.2.1 EMBARRADOS

Los embarrados generales 132 kV (barras A y B) ya existen.

Las conexiones tendidas correspondientes desde los equipos existentes hasta el nuevo transformador estarán formadas por conductor de aluminio-acero denominado LA-280, de acuerdo a la norma UNE 2101 y UNE 21016:1976.

El secundario del transformador tiene bornas enchufables PFISTERER y se utilizará cable aislado hasta la celda de 20 kV.

Para los embarrados neutros de 132 kV y 20 kV, se utilizará tubo de cobre semiduro de $\varnothing 25/20$ mm montado sobre aisladores C8-170 (neutro 132 kV) y C4-95 (neutro 20 kV).

Para la interconexión entre el transformador de potencia y la aparamenta existente se utilizarán los embarrados existentes en la Subestación Romió, sustituyendo únicamente los tramos que no se puedan utilizar, bien por su estado de conservación, bien porque durante el montaje del transformador se compruebe que no son suficientes

Las características de los cables o tubos a instalar serán las mismas a las de los cables o tubos a sustituir, por lo que no es necesario justificar mediante cálculos los nuevos embarrados.

7.2.2 RACORES DE CONEXIÓN 132 KV

Para realizar la interconexión entre los diferentes elementos que constituirán toda la aparamenta, se utilizarán racores de conexión de ánodo masivo (gran masa), especiales para altas tensiones, para evitar pares galvánicos, dotados de tornillería de acero inoxidable oculta.

- a) Los criterios adoptados en la selección de piezas y la realización de las conexiones han sido las siguientes:
- b) Las conexiones tendidas con cable de aluminio-acero se fijarán a las cadenas de aisladores por medio de piezas de compresión.
- c) Las conexiones tendidas entre cable y aparellaje se realizará mediante racores de conexión con apriete mediante tornillos de acero inoxidable y presiones reguladas.
- d) Las conexiones entre tubo de aleación de aluminio y aparellaje se realizarán mediante racores de conexión con apriete mediante tronillos de acero inoxidable y presiones reguladas.
- e) En todas las conexiones, se deberán tratar previamente las zonas de contacto mediante aditivo PENETROX o similar que asegura una perfecta conexión.
- f) Las piezas serán aptas para una intensidad como mínimo de 2000 A.
- g) Todas las conexiones eléctricas se realizarán obligatoriamente, con tornillería de acero inoxidable, con tuerca, contratuerca, arandela plana y tipo grower.
- h) Puesta a tierra neutro 132 kV y 20 kV.

Para realizar las conexiones de las puestas a tierra de los neutros y su unión a la posición existente, se utilizarán racores de conexión en aleación de bronce para instalaciones de media tensión en

intemperie o interior; los herrajes y tornillería son de acero inoxidable, con tuerca, arandela plana y tipo grower. El apriete se realizará mediante presiones reguladas.

7.2.3 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Las nuevas estructuras para soportes de aparataje se constituirán a base de acero estructural doble T de ala ancha (HEB) con el objeto de conseguir una gran solidez, facilidad de mantenimiento y a su vez evitar un exceso de estructuras a la vista, mejorando considerablemente la estética. El acero que se utiliza deberá ajustarse a las características correspondientes de la designación S275JR s/norma UNE 10025.

- ❖ La carga de rotura será según lo indicado en la norma DB-SE A de 410 N/mm².
- ❖ Los soportes de aparellaje existentes tales como: Soportes seccionadores pantógrafos y soportes de pararrayos están contruidos básicamente en perfil IPB-220.

A continuación, se describen los nuevos soportes a construir y perfiles de acero a emplear:

- Tres soportes para pararrayos de 132 kV.
- El seccionador de neutro 132 kV se fijará directamente sobre una estructura.
- El seccionador de neutro 20 kV se fijará directamente sobre una estructura.
- La resistencia de puesta a tierra del neutro en 20 kV se montará sobre una bancada metálica construida en perfil de acero UPN-100.
- ❖ En cuanto a la fabricación, se realizará conforme a los planos que se facilitarán al efecto, debiendo ser su construcción lo más esmerada posible.
- ❖ Las tolerancias de las longitudes máximas de los elementos de apoyo, medidas entre taladros extremos serán como mínimo de: $(1+0,1 L)$ mm, siendo L la longitud expresada en metros.

Todos los soportes deberán salir de los talleres en donde se construyan totalmente mecanizados y taladrados, con objeto de proceder a su galvanizado totalmente contruidos, no permitiéndose una vez en el punto de montaje o ya montados, ningún tipo de manipulación que no sea el escariado de los taladros para un correcto ensamblado por tornillos.

Los materiales de soldadura (varillas, electrodos, etc....) serán utilizados teniendo en cuenta las recomendaciones particulares del fabricante. El procedimiento de soldadura y homologación de los soldadores que deberán intervenir en la misma, cumplirán con lo indicado en la norma UNE o ASME IX. Los agujeros para los tornillos se ejecutarán por punzonado o taladrado.

Las dimensiones de los taladros para tornillos de diámetro entre 120 y 20 mm, serán de un diámetro superior en 2 mm al diámetro del tornillo. La tolerancia en todos los casos será de +0,4 mm sobre el material negro. Sea cual fuera la realización de los taladros la tolerancia en la irregularidad de separación o de alineación de los agujeros será de 0,5 mm como máximo.

Todas las estructuras deberán ser protegidas contra la oxidación mediante galvanizado por inmersión en caliente, no admitiéndose piezas protegidas por galvanizado en frío.

El zinc deberá tener una pureza del 99%. En el 1% máximo de impurezas no deberán existir elementos que alteren la protección de las piezas de acero, ni las propiedades mecánicas de este.

El contenido máximo de hierro será de 0,03 %, el de cadmio 0,30 % y el de plomo 0,60%.

El recubrimiento de zinc deberá ser liso, adherente, continuo y completo, estando desprovistas las piezas de ampollas, zonas pulverulentas o no recubiertas, escorias e incrustaciones. El espesor mínimo de recubrimiento de zinc, será de 80 μ .

Posteriormente al tratamiento indicado y una vez montados sobre sus fundaciones se aplicará una capa de fosfatado y dos manos de pintura. Debido a la evolución tecnológica de las pinturas, se consultará con el fabricante de las mismas el mejor procedimiento actualizado a seguir.

Para el montaje, todos los soportes irán atornillados a los pernos que se preverán al efecto en las fundaciones correspondientes, los cuales se colocarán antes del hormigonado final mediante plantillas.

Estarán perfectamente nivelados tanto en el plano vertical como en el horizontal, pudiendo hacerse las correcciones necesarias mediante las tuercas que se disponen a tal efecto en los pernos de anclaje. La nivelación final se realizará mediante nivel óptico.

Se pondrá especial cuidado en no dañar el galvanizado de ningún elemento durante el montaje, prohibiéndose el arrastre de piezas por el suelo o descargas de estas por basculamiento.

La tornillería tanto de fijación de aparatos, como de unión entre estructuras será de acero inoxidable con objeto de evitar los efectos de corrosión por oxidación. Será de medidas métricas y de calidad 5.6 de 30 kg/ mm².

7.2.4 PUESTA A TIERRA

En la nueva zona a ocupar para la posición del transformador se encuentra la malla general de puesta a tierra de protección y de servicio de todos los elementos de la subestación compuesta por cable de cobre desnudo de 120 mm², formando cuadrículas de 6x6 m y jabalinas acero cobre de Ø19 mm. Las uniones se realizan con soldadura aluminotérmica. Desde dicha malla se dará tierra a los soportes del aparellaje, pies de pórtico que lo precisen, cuba del transformador, etc., mediante "cocas" de cable de cobre electrolítico, desnudo de calidad semidura y sección 120 mm². Estas cocas ya están previstas atravesando la zapata por el interior de un tubo de PEAD corrugado exterior, liso interior de Ø90 mm previsto a tal efecto; al salir del tubo y hasta la grapa de fijación en la estructura el cable deberá dársele la forma adecuada para que quede próximo a la superficie de acabado de la zapata y el alma de la estructura. Las grapas de fijación a estructura serán adecuadas para admitir un cable de cobre de 120 mm² en bucle, con salida para varilla de cobre de Ø12 mm.

Una vez finalizada la instalación se procederá a la medición de las tensiones de paso y contacto aplicadas según se describe en la Instrucción MIE-RAT 13.

7.2.5 EQUIPOS PRINCIPALES

Esta nueva zona del transformador dispondrá de los siguientes equipos:

Un Transformador 132/20 kV 30MVA:

Las principales características del transformador de potencia a instalar son:

- Tipo ----- Intemperie
- Servicio ----- Continuo
- Sistema de refrigeración----- Natural en baño de aceite y forzada con aire ONAN/ONAF
- Potencia:
 - Devanado de alta tensión----- 30 MVA
 - Devanado de media tensión----- 30 MVA
 - Devanado terciario-----10 MVA
- Tensión:
 - Devanado de alta tensión ----- 134 kV
 - Devanado de media tensión----- 24 kV
 - Devanado terciario----- 10 kV
- Grupo de conexión ----- YNyn0-d1
- Pérdidas en el hierro para la tensión normal----- 16 kW
- Pérdidas en el cobre a plena carga en la toma principal---- 145 kW
- Tensión de cortocircuito a 75 °C----- 9,5%
- Frecuencia -----50 Hz
- Nivel de aislamiento (BIL) A.T.
 - Línea----- 650 kV

- Neutro----- 250 kV
- Nivel de aislamiento (BIL) .MT.
 - Línea -----125 kV
 - Neutro-----125 kV
- Nivel de aislamiento (BIL) terciario ----- 75 kV
- Intensidad nominal A.T. (30 MVA)----- 129 A
- Intensidad nominal M.T. (30 MVA) ----- 722 A

Está equipado con los siguientes accesorios de la tabla 7.1:

No.	Dispositivo	No.	Dispositivo
1	1 Depósito de expansión	11	4 Soportes apoyo gatos
2	1 Relé buchholz (protección fallos del dieléctrico)	12	4 Ganchos de elevación del transformador completo
3	1 Cambiador de tomas en carga MR (21 porciones)	13	1 Chimenea de seguridad con purgador
4	1 Conmutador JANSEN con accionamiento	14	1 Caja de bornas transformadores de intensidad en bornes M.T.; u-w
5	1 Relé del JANSEN (protección fallos regulador de carga)	15	1 Cajas derivación de cables
6	2 Nivel magnético	16	1 Toma de tierra
	1 Termostato	17	1 Desecador de gel de sílice
8	1 Termómetro punto más caliente tipo bimetálico (3 contactos)	18	2 Válvulas de filtrado y muestra de 1 %"
9	1 Termómetro	19	1 Válvula de vaciado de 2"
10	1 Tanden de ruedas orientables (doble rueda) y demás accesorios propios de este tipo de máquinas.		

Tabla 7.1 Accesorios del transformador 132/20 kV 30MVA

En la figura 7.14 se muestra un esquema del transformador a instalar con los diferentes dispositivos reflejados en la tabla 7.1.

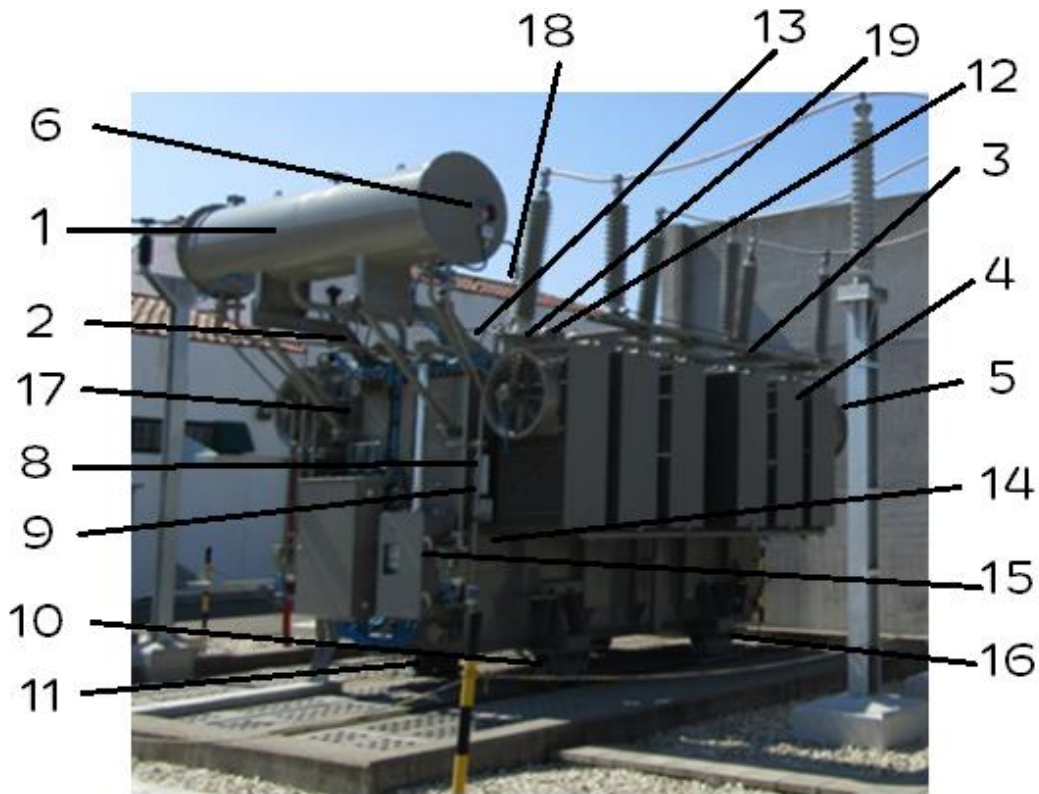


Figura 7.14 Esquema de las partes del transformador de potencia a instalar en la SE de Romió

Tres Pararrayos de óxidos metálicos con contador de descargas:

El pararrayos de 132 kV tiene las siguientes características:

- Tecnología ----- Óxido de zinc
- Envoltente ----- HTR o LSR Polímero
- Servicio----- Intemperie
- Nivel de aislamiento del equipo a proteger----- 550 kV c.r. (1,2/50 μ s)
- Tratamiento del neutro de la red -----Rígido a tierra
- Tiempo máximo de falta a tierra ----- 3 s
- Tensión más elevada de la red, entre fases (Um) -----145 kV
- Corriente nominal de descarga, onda 8/20 μ s (In) ----- 10 KA cresta
- Tensión asignada (Ur) ----- 120 kV
- Tensión de funcionamiento continuo (Uc) ----- 92 kV
- Sobretensión temporal (TOV) 1 seg. con descargas previas ----- 132 kV
- Tensión residual (Ures) onda, 8/20s ----- 298,4 kV cresta
- Frecuencia nominal ----- 50 Hz
- Normas----- CEI 60815
- Clase de descarga de línea (CEI-99-4) ----- Cl. 3
- Nivel de polución-----Muy fuerte (31 mm./kV Um)
- Longitud de línea de fuga-----4495 mm

- Montaje-----Sobre soporte metálico

Equipado con:

- Base aislante
- Contador de descargas
- Indicador de soplado

Los 2 pararrayos de 20 kV irán conectados en la borna enchufable del secundario del transformador y serán de las siguientes características principales:

- Construcción-----Óxidos metálicos
- Envolvente----- Polimérica
- Tensión asignada (U_r) -----24 kV
- Tensión de servicio continuo (U_c) -----19 kV
- Corriente de descarga asignada -----10 kA
- Clase de descarga ----- 1
- Frecuencia industrial----- 50/60 Hz
- Tensiones residuales a impulso de corriente 8/20 μ s
- - Con 5 kA c.r. ----- 64 kV c.r.
- - Con 10 kA c.r. ----- 70kV c.r.

Un Seccionador unipolar en la puesta a tierra del neutro de 132 kV:

- Servicio----- Exterior
- Tensión nominal-----36 kV
- Tensiones de ensayo a onda 1,2/20 μ s
 - A tierra -----170 kV
 - Sobre distancia de seccionamiento-----195 kV
- Tensiones de ensayo a 50 Hz, 1 min.
 - A tierra -----70 kV
 - Sobre distancia de seccionamiento-----80 kV
- Intensidad nominal ----- 630 A
- Intensidad admisible de corta duración -----25 kA
- Mando----- Mediante pértiga con trinquete
- Normas-----UNESA [23] RU-6401B, UNE-EN 6001 29/60694

Un Seccionador unipolar en la puesta a tierra del neutro de 20 kV:

- Servicio----- Exterior
- Tensión nominal -----24 kV
- Tensiones de ensayo a onda 1,2/20 μ s
 - A tierra-----125 kV
 - Sobre distancia de seccionamiento-----140 kV
- Tensiones de ensayo a 50 Hz, 1 min.
 - A tierra -----50 kV

- Sobre distancia de seccionamiento-----60 kV
- Intensidad nominal ----- 630 A
- Intensidad admisible de corta duración -----25 kA
- Mando----- Mediante pértiga con trinquete
- Normas-----UNESA [23] RU-6401B, UNE-EN 6001 29/60694

Una Resistencia para la puesta a tierra del neutro de 20 kV, con transformador de intensidad para protección:

Resistencia formada por parrillas estampadas de acero, inoxidable (Fe-Cr18-Ni10) entre sí mediante separadores de cerámica. Sus características principales serán las siguientes:

- Tipo -----Autoventilada con envolvente metálica en acero inoxidable AISI-304 y pintada tanto exterior como interiormente
- Grado de protección ----- IP-23
- Valor óhmico nominal a 20 °C----- 46 Ω
- Corriente de fallo nominal ----- 300 A
- Tiempo de fallo----- 10 s
- Intensidad de paso permanente----- 25 A
- Frecuencia nominal ----- 50 Hz
- Tensión nominal ----- 12,7 kV
- Tensión nominal de aislamiento----- 17,5 kV
- Tensiones de ensayo:
 - A impulsos tipo rayo -----95 kV c.r.
 - A frecuencia industrial, 50 Hz, 1min -----38 kV e.f.
- Conexión de la resistencia al lado AT: Pasamuros exterior/interior de porcelana marrón, 400 A/24 kV.
- Conexión de la resistencia al lado de tierra: pasamuros exterior/interior de porcelana marrón, 400 A/24 kV.
- Provista de transformador de intensidad de relación 100/5 A, potencia y precisión: 30 VA 5P10.
- Instalación del transformador de intensidad: En la entrada a la resistencia.

Especificaciones técnicas de las celdas de 20 kV: una celda de transformador de 20 kV, cinco celdas de línea de 20 kV, una celda de medida de 20 kV, una celda de acoplamiento transversal de 20 kV, dos celdas de servicios auxiliares de 20 kV.

Las nuevas cabinas de 20 kV estarán compuestas por una celda blindada aislada en gas SF6 de doble barra, disponiendo de cinco compartimentos estancos separados: dos para embarrados y seccionadores y de p.a.t., uno para interruptor automático y zócalos para los conectores, también al aire, para los transformadores de intensidad y de tensión y cables de potencia con conexión mediante conectores enchufables. La unión entre embarrados generales y seccionadores se realiza mediante barras de cobre atornilladas. La unión entre seccionadores e interruptor se realiza mediante barras de

cobre atornilladas, utilizando placas pasabarras hacia el compartimiento del interruptor. Igualmente, la unión entre el interruptor automático y cada uno de los zócalos para conectores enchufables de los cables de potencia, se realiza con barras de cobre atornilladas.

La entrada o salida de cables de potencia se efectúa mediante conectores enchufables, cuyo tipo depende de la intensidad nominal de la celda. Dicha celda es del tipo CBGS-1 serie 24 kV de Fab. Manufacturas Eléctricas, S.A. (MESA), proporcionando:

- Seguridad para el personal
- Seguridad de suministro
- Hermeticidad de por vida según CEI 60694
- Gastos de servicio reducidos
- Insensibilidad a la polución ambiental. Grado de protección compartimentos AT: IP-65, grado de protección compartimentos BT: IP-3X, según CEI 60298.
- Operación solo posible con el blindaje cerrado, debido al sistema
- Alta protección contra arcos internos mediante enclavamientos lógicos y blindaje ensayado de las celdas.
- Ensayado y certificado de arco interno conforme a lo indicado en las normas CEI 60298 (62271- 200)
- Transformadores de intensidad toroidales instalados fuera de los recintos de gas.
- Transformadores de tensión inductivos, con blindaje/recubrimiento metálico, conexión mediante cable con conectores enchufables. En algunos casos es necesario montarlos fuera de la celda.
- Accionamiento de los aparatos de maniobra accesibles.

La celda está formada por tres compartimientos de acero inoxidable, herméticamente sellados, rellenos de gas hexafluoruro de azufre (SF₆). Dos de los compartimientos contienen los seccionadores de barras-1 y barras-2 y embarrados generales. El interruptor automático con aislamiento y medio de extinción en gas SF₆, con los polos en horizontal, se dispone en otro compartimiento.

Las celdas están dotadas de una unidad de protección y control (U.C.P.) basada en un sistema digital, garantizando e integrando las funciones de mando, control, telemando, medida y protección.

Las características nominales de funcionamiento se garantizan para las siguientes condiciones de servicio y cumplen las normas específicas CEI indicadas en el apartado de normativa consultada en la realización del presente proyecto:

- Temperatura ambiente máxima----- + 45° C
- Temperatura ambiente mínima: ----- – 15° C
- Valor medio durante 24 horas: ----- + 35° C
- Vibraciones:----- Ausencia de vibraciones por causas externas a la propia celda
- Altitud: ----- Inferior a 1.000 metros sobre el nivel del mar.

7.2.6 NIVELES DE CORTOCIRCUITO

Para dimensionar la aparamenta a instalar es necesario conocer los valores actuales y futuros máximos de la corriente de cortocircuito en la subestación de Romió. Los cálculos se incluyen en el anexo VI del presente documento.

Se indican a continuación los valores actuales y previstos:

- Intensidad de cortocircuito simétrica trifásica:..... 25 kA
- Intensidad de cortocircuito simétrica trifásica máxima futura: 30 kA
- Potencia de cortocircuito trifásica:..... 6000 MVA
- Intensidad máxima de defecto a tierra:..... 24 Ka

Por tanto, los interruptores deben de estar dimensionados para estos valores. Se instalarán interruptores con una I_{cc} de 40 kA, de forma que se cumple con los valores máximos actuales y futuros.

7.2.7 LIMITES TERMICOS DE LAS POSICIONES

El límite térmico de una posición viene dado por su capacidad de transporte en función de los elementos instalados e interconexiones entre ellos.

Para los cálculos de la capacidad de transporte de los cables se han tomado las siguientes condiciones:

- Viento:0,6 m/s
- Radiación solar:900 W/m²
- Ángulo de incidencia del viento:45°
- Temperatura ambiente:30°C
- Temperatura máxima:85°C

7.2.8 LIMITES DINAMICOS DE LAS POSICIONES

La corriente instantánea máxima asimétrica de cortocircuito se calcula con un coeficiente $\mu=1.7$ de forma que será $1,7 \times \sqrt{2}$ veces la intensidad eficaz de cortocircuito calculada y teniendo en cuenta que la intensidad dinámica de cortocircuito máxima de los equipos a instalar es de 100 kA:

$$I_{cc}(\text{dyn}) = 25 \text{ kA} \times 1,7 \times \sqrt{2} = 60 \text{ kA cresta} < 100 \text{ kA cresta}$$

Con lo que podemos asegurar que todos los valores están dentro de los márgenes previstos.

7.2.10 BANCADA PARA EL TRANSFORMADOR

Para evitar la contaminación de los suelos por fugas accidentales de aceite refrigerante de los transformadores se dispone de una bancada de hormigón para cada uno de los transformadores de

potencia [28]. Las bancadas de los transformadores de potencia están formadas por una losa soporte y un foso de recogida de aceite. Las dimensiones en planta de la bancada son tales que cualquier elemento en proyección de la máquina esté situado en el interior de la misma, con un margen mínimo de 20 centímetros al borde, según la especificación técnica de Criterios medioambientales de diseño de subestaciones eléctricas ET/RE-MA-00007.

La bancada está constituida por un cubeto con tres compartimentos separados por dos vigas sobre las que se embeben vías de rodadura para el apoyo del transformador. Los compartimentos están comunicados mediante un tubo de hormigón para la evacuación del aceite del transformador al depósito de recogida. Los materiales a emplear en el diseño y construcción de las bancadas son los siguientes:

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

Los raíles de la bancada son longitudinales, paralelos a las barras, con una separación típica entre caras internas de 2485 mm (para transformadores de más de 20 MVA). Los carriles se dejan sobre placas o dispositivos de nivelación fina que garantizan su perfecta colocación. La red para la evacuación del aceite está constituida por tubos de fibrocemento. Dichos tubos van enterrados en zanja a la profundidad necesaria y con una pendiente mínima del 2% para evacuar el aceite y/o el agua de la bancada hasta el depósito recolector.

7.2.10 PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS

Como se ha indicado anteriormente, los sistemas de protección y control de la subestación no sufrirán modificaciones más allá de las pequeñas actuaciones necesarias para su adaptación a los nuevos equipos de potencia a instalar por lo que no forman parte del alcance de este Proyecto.

8. SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LA SUBESTACION ELECTRICA. TELECONTROL

El sistema de control de la subestación de Romió se comunica no sólo con las unidades de protección y control de las distintas posiciones, sino también con el Despacho Central de Hidrocantábrico, ubicado en La Corredoria - Oviedo (Asturias). Dicho sistema, ubicado en la sala de control, dispone del software de interfaz de usuario necesario para su utilización eventual desde la propia subestación, ya sea para funciones de control local en la propia subestación o para control remoto en las instalaciones dependientes de él.

La información que transmite (señales, alarmas, medidas, etc.) es tratada y preparada por el sistema de control integrado formado por las unidades de control de posición. Todas las señales integradas en las UCPs son tratadas por la unidad central de la subestación, comunicada con aquellas por fibra óptica.

La transmisión hacia afuera de la subestación se realiza vía fibra óptica, para lo cual se dispondrá de los equipos necesarios dentro de la instalación.

8.1 UNIDAD DE PROTECCIÓN Y CONTROL (U.C.P.)

Las celdas CBGS-1 están construidas en ejecución blindada y se caracterizan por sus dimensiones particularmente reducidas, completa accesibilidad frontal a los mecanismos de operación y conexionado de mando, protección, control, etc. Además, tienen la particularidad de estar equipadas con una unidad de protección y control (U.C.P) basada en un sistema digital, para un completo control de la celda vía “software”. Gracias a la utilización de la unidad (U.C.P.) basada en un sistema digital, cada celda se convierte en una unidad integrada independiente, capaz de garantizar todas las funciones requeridas. Sus características más significativas para su utilización en este tipo de celdas son las siguientes:

- Integración de todas las funciones en un único instrumento: protección, medida, control, maniobra, señalización, bloqueos, reenganche, automatización y comunicación.
- Para todas las celdas que componen la distribución, se necesita un único interfaz con el posible cuadro de mando, dependiente del operador.
- Para cada tipo de celda se utiliza un único tipo de recambios y una única unidad de “hardware”.

- Muy pequeño mantenimiento preventivo y una alta limitación de las faltas causadas por las maniobras y fallos humanos.
- Es muy fácil modificar y cambiar las funciones mediante el “software” de configuración; incluso cuando la celda está en servicio.
- La unidad también puede controlar el enclavamiento eléctrico de la celda y la secuencia de eventos durante todas las operaciones: apertura y cierre de interruptor, puesta fuera de servicio, puesta a tierra, puesta en servicio, etc. Está dotada de un display de cristal líquido donde mediante sinóptico se muestra la posición y estado de los distintos aparatos; la corriente de fase y los valores de tensión, la lectura de potencia activa y reactiva, número de ciclos de maniobra, etc.
- La unidad estará dotada de una interfaz que le permite el dialogo con el sistema de telemando de HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCION ELECTRICA, S.A.U.

Las características técnicas de la unidad de control y protección son las siguientes:

- Tensión nominal: ----- 24 kV
- Tensión de empleo:----- 22 kV
- Tensión máxima de servicio:----- 24 kV
 - Tensión a 50 Hz/1 min 50 kV: ----- 50 kV
 - A impulso (onda 1,2/50µs): ----- 125 kV cr.
- Frecuencia asignada:----- 50Hz
- Corriente asignado embarrado general:----- 2.000 A
- Corriente asignada interruptor de trafo A.T. / M.T:----- 2.000 A
- Corriente asignada interruptor de línea:----- 1.250 A
- Corriente asignada interruptor de acoplamiento:----- 2.000 A
- Corriente asignada de corta duración (3seg):----- 25 kA
- Capacidad de cierre en cortocircuito: ----- 63 kA cr.
- Resistencia frente a arcos internos (1seg):----- 25 kA
- Secuencia de operación asignada:----- O-0,3s-CO-15s-CO
- Tipo de interruptor automático:----- Corte en gas SF6
- Gas aislante:----- SF6
- Presión nominal relativa del gas SF6 a 20º C:----- 0,30 bar
- Grado de protección compartimentos estancos AT:----- IP 65
- Grado de protección compartimentos BT:----- IP 3X
- Dimensiones:
 - Altura 2.400 mm
 - Ancho 600 mm
 - Fondo: 1.450 mm
- Peso máximo aproximado por celda 800 a 900 Kg.

8.2 CABLES DE MANDO, MEDIDA, PROTECCION Y CONTROL

Los cables de mando, medida, protección y control irán tendidos por los siguientes conductos:

- **En el exterior:** en canaletas registrables de hormigón perfectamente ordenadas por capas e identificados por medio de tarjetas indelebles. Las etiquetas indelebles a utilizar indicarán por medio de un código adecuado, la procedencia, función y formación de cada uno de los cables.
- **En el edificio de la subestación:** por bandeja perforada existente instalada en el sótano bajo la planta primera donde está ubicada la distribución de 20 kV. Irán ordenados por mazos según su función, fijados a la bandeja mediante bridas de P.V.C. tipo UNEX o similar. Al igual que en los casos anteriores se identificarán mediante tarjetas indelebles.
- **Secciones:** las secciones mínimas para los circuitos de mando, control, señalización, etc. serán de 2,5 mm². Para circuitos de intensidad y tensión, con destino a relés de protección, será de 4 mm² y para circuitos de intensidad y tensión con destino a contadores de medida será de 6 mm².

Se calcularán por intensidad admisibles y caída de tensión. Debe prestarse especial atención a los cables de protección y medida de forma que se cumpla con la potencia y clase de precisión solicitada.

Las principales características de los cables de protección, control y mando a instalar son:

- Tensión nominal-----1000 V
- Tensión de ensayo-----3500 V
- Conductor de Cu -----Cl. 5 hasta 6 mm² Cl. 2 > 6 mm²
- Aislamiento ----- Polietileno reticulado (XLPE)
- Pantalla----- Cinta de cobre desnudo 0,1 mm colocada helicoidalmente
- Cubierta-----Policloruro de vinilo (PVC)
- Designación UNE 21123 -----RVOV-K 0,6/1 kV
- Norma ----- IEC 60502
- Tipo----- Retenax Flam (Pirelli) ó similar
- No propagación de la llama FL-RT. A este respecto se cumplirán las siguientes normas:

- europeas internacionales: -----UNE EN 50265-2-1
- no propagación de incendio: -----UNE EN 50226-2-4
- reducida emisión de halógenos:-----UNE EN 50267-2-1

- **Numeración:** para su identificación, los conductores van marcados con una numeración bien visible a intervalos regulares (para ≥ 6 conductores) o con colores (sin tierra) según UNE 21089 (para \leq conductores).

8.3 TELEMANDO

Esta nueva zona será telemandada, desde la UCP, previa configuración del micro SCADA existente en la subestación y unión de ambos equipos con un cable de fibra óptica.

El volumen de información para su envío por telemando será el siguiente:

- **Instalación de 132 kV**
 - a) Medida de potencia activa
 - b) Medida de potencia reactiva
 - c) Medida de energía activa: (impulsos) régimen interior
 - d) Alarma urgente
 - e) Alarma no urgente
 - f) Disparo protecciones
 - g) Telemando en Local
 - h) Interruptor cerrado
 - i) Interruptor abierto
 - j) Secc. barras-1 cerrado
 - k) Secc. barras-1 abierto
 - l) Cerrar interruptor
 - m) Abrir interruptor
 - n) Cerrar Secc. barras-1
 - o) Abrir Secc. barras-1
- **Transformador y regulador en carga del mismo**
 - p) Disparo protecciones propias
 - q) Alarmas propias
 - r) Alarma urgente regulador
 - s) Alarma no urgente regulador
 - t) Regulador en automático
 - u) Regulador en manual
 - v) Posición o toma
 - w) Orden regulación en automático
 - x) Orden regulación en manual
 - y) Orden subir tensión
 - z) Orden bajar tensión

8.4 CUADRO DE MANDO, PROTECCIÓN, CONTROL Y MEDIDA

El sistema de protecciones de la zona de transformador a ampliar está ubicado en un panel de control y protección ya montado la Subestación.

Los equipos instalados son los siguientes:

- **Unidad de medida, mando, protección y control de bahía REC650 de fabricante A.B.B.**

Se emplea este tipo de unidad de para un control optimizado y un funcionamiento confiable de los interruptores. El REC650 ofrece una solución óptima para el control de aparatos de un solo interruptor en disposiciones de barra de bus simple y doble.

Este IED (dispositivo electrónico inteligente) de la serie 650 tiene una serie de características útiles, como un número significativamente menor de ajustes de parámetros e incluye 15 LED de indicación de tres colores dinámicos por página, en hasta tres páginas y configurables atajos de botones para diferentes acciones.

Sus principales características son las siguientes:

- Aux nom=100/110/120/220/400 V ac o 48/60/110/125 V dc
- Frecuencia: 50/60 HZ
- Tiempo de operación: 5 Hz
- Corriente nominal entradas= 0,1/0,5 A residual y 1/5 A fase
- Impedancia de entrada: <math><100\text{ m}\Omega</math>
- Tension de entrada: 100/110/112/120 V
- Temperatura de uso= -25°C – 55°C
- Humedad relativa de uso:<math><93\%</math>



Figura 8.1 Unidad de medida, mando, protección y control de bahía REC650 de fabricante A.B.B.

- **Protección diferencial de transformador (87-50/51 AT-50/51 BT) SEL 787 del Fabricante Schweitzer Engineering Laboratories**

Este dispositivo permite proteger y supervisar la mayoría de las aplicaciones industriales del transformador. Consta de dos entradas de devanado trifásico, una entrada de falla de tierra restringida (REF) monofásica opcional y entradas de voltaje trifásico para obtener una extensa protección del transformador. Entre los beneficios que presenta incluyen automatización y flexibilidad avanzadas, puertos de comunicaciones Ethernet de cobre o fibra, unitarios o duales, datos de administración de activos y modernización fácil de la mayoría de los relés electromecánicos.

Sus principales características son las siguientes:

- $I_{nom}=1 - 5A$
- $V_{nom}=100-250 V$
- Impedancia de entrada= $4 - 7 M\Omega$
- Tiempo de arranque=5-10 s
- Voltaje de suministro nominal: 110–240 Vca, 110–250 Vcc
- Frecuencia=50/60 Hz
- Rango de voltaje de entrada:85-264 Vac, 85-300 Vdc
- Fuga de estado abierto
- Corriente: <500 μA
- Pickup Time: <50 μs
- Dropout time: > 8 ms



Figura 8.2 Protección diferencial de transformador SEL 787 del Fabricante Schweitzer Engineering Laboratories

- **Protección de sobrecorriente del transformador lado 132 kV (51-51N) SEL 751 del fabricante Schweitzer Engineering Laboratories**

Se trata de un relé de protección de alimentador ideal para aplicaciones de sobrecorriente direccional, localización de fallas, detección de arco eléctrico y detección de fallas de alta impedancia.

Presenta E / S flexibles, fácil montaje y rápidos ajustes. Además, proporciona una protección completa de alimentador, con elementos de sobrecorriente, sobrevoltaje, bajo voltaje, potencia direccional, desfaseamiento vectorial, falla a tierra sensible (SEF), invasión de carga y frecuencia. Se selecciona la opción de la pantalla táctil a color de 5 pulgadas, 800 x 480 píxeles, para ajustar, monitorear y controlar directamente su sistema.

Sus principales características son las siguientes:

- Pantallas LCD de 2 líneas de 16 caracteres
- Pantalla táctil a color de 5 pulgadas, 800x480 píxeles
- Entradas de corriente en CA 5 A ó 1 A de fase y 5 A, 1 A ó 200 mA de neutro
- Entradas de voltaje en CA 300 Vca continuo, 600 Vca por 10 segundos
- Entradas de voltaje LEA 8 Vca (fase a neutro), ± 12 Vpeak, 300 Vca por 10 segundos
- Señales de control CD/CA: 250, 220, 125, 110, 48 ó 24 V
- Hasta 26 entradas son permitidas en temperaturas ambientales de 85°C (185°F) o menos.
- Hasta 34 entradas son permitidas en temperaturas ambientales de 75°C (167°F) o menos.
- Hasta 44 entradas son permitidas en temperaturas ambientales de 65°C (149°F) o menos.
- Frecuencia y rotación de fases Frecuencia del sistema: 50, 60 Hz
- Rotación de fases: ABC, ACB
- Rastreo de frecuencia: 15 a 70 Hz (se requiere entradas de voltaje en CA)
- Tiempo de pickup: 2 a 5 ms
- Tiempo de dropout: 1 ciclo
- Idiomas soportados Inglés y español
- Fuente de poder 125/250 Vcd ó 120/240 Vca
- Rango de voltaje de entrada: 85 a 300 Vcd u 85 a 264 Vca 24/48 Vcd
- Rango de voltaje de entrada: 19.2 a 60 Vcd
- Temperatura de operación -40° a $+85^{\circ}$ C (-40° a $+185^{\circ}$ F)



Figura 8.3 Protección de sobreintensidad del transformador lado 132 kV (51-51N) SEL 751 del fabricante Schweitzer Engineering Laboratories

- **Protección de sobreintensidad de falta a tierra (51G) en 20 kV conexasión al transformador de intensidad en la resistencia de p.a.t. del neutro en 20 kV. Tipo REJ-521 del fabricante A.B.B.**

El relé de falta a tierra REJ 521 es un relé secundario que está conectado a los transformadores de corriente del dispositivo a proteger. La unidad de falta a tierra mide continuamente la corriente neutra del dispositivo. En la detección de una falta, el relé arrancará, disparará el circuito interruptor, proporcionará alarmas, registrará datos de faltas, etc., de acuerdo con la solicitud y las funciones del relé configuradas previamente.

Las funciones de protección son independientes entre sí y tienen sus propios grupos de ajuste y grabaciones de datos. La función de protección de falta a tierra utiliza una medición del transformador de corriente convencional.

Sus principales características son las siguientes:

- Uaux:
 - $U_r=110/120/220/240$ Vac
 - $U_r=48/60/110/125/220$ Vdc
- Uaux variation: 80-265 Vac 38-265 Vdc
- Tiempo de arranque: 300 ms
- Tiempo de interrupción en la tensión dc auxiliar sin reiniciar el relé:
 - < 30 ms – 48V dc
 - <100 ms – 110 V dc
 - < 500 ms – 220 V dc
- Frecuencia_ 50/60 Hz
- Corriente nominal: 0,2 A / 1 A / 5 A
- Impedancia de entrada: <750 m Ω / <100 m Ω / < 20 m Ω
- Tensión entradas: 24 / 48 / 60 / 110 / 220 V dc
- Corrientes salidas: 5 A
- Tensión salidas: 250 V dc
- Temperatura -10 °C – 55°C



Figura 8.4 Protección de sobreintensidad de falta a tierra Tipo REJ-521 del fabricante A.B.B.

- **Relé de bloqueo y disparo. Tipo BJ8 de Artech.**

Diseñado para aplicaciones de disparo y bloqueo donde existan requerimientos tanto en el tiempo de actuación como en el poder de corte. Se trata de un relé biestable dotado de ocho contactos inversores montados sobre cajas J y enchufados en los distintos tipos de bases J. Destaca por no tener consumo en permanencia, posee señalización de posición en la parte frontal y su diseño le dota de gran durabilidad y calidad muy apto para subestaciones eléctricas.

El gran poder de sus contactos de salida le hace poder actuar directamente sobre el aparellaje de AT y MT, ya que su poder de cierre, paso, apertura y sobretensión puede soportar garantizar un aislamiento perfecto. Consta de las siguientes características:

- Tiempo de excitación: <20 ms
- Poder de contactos:
 - paso intensidad permanente: 10A
 - paso de intensidad instantánea: 80^a/200 ms.
 - Capacidad de cierre: 40^a/0,5 s/110 Vcc.
 - Capacidad de corte: ver curvas.
 - U_{max} contacto abierto: 250Vcc /400 Vca
- Nº maniobras en vacío: 10⁷ operaciones
- Temp. De uso: -10°C – 70°C
- Humedad max. Uso: 93% / 40°C



Figura 8.5 Relé biestable BJ8 de Artech

- **Contador (Wh- VARh): contador trifásico PLC PRIME SAGEMCOM CX2000-9.**

El contador de telegestión PLC PRIME CX2000-9 es un contador trifásico de conexión directa. El contador tiene las siguientes características:

- Gestión de tarifas: 6 tarifas y 3 tablas tarifarias diferentes
- Múltiples perfiles de carga con 2 periodos de integración diferentes
- Sistema de tarificación periódica automático
- Control de demanda
- Desconexión del cliente: elementos de corte por fase
- Comunicación PLC acorde a las especificaciones PRIME de la PRIME Alliance
- Comunicación remota con DC (Concentrador de Datos).

- Display LCD para la visualización local de los datos
- Comunicación remota usando DSLM COSEM y códigos OBIS CX2000-9 CIDE/ARKOSSA Manual de Usuario 8 / 17
- 1x relé auxiliar (2A y 230V)
- Rango de operación -40°C a +70°C
- Almacenamiento y transporte -55°C a +85°C



Figura 8.6 Contador PLC PRIME SAGEMCOM CX2000-9

Todas las protecciones anteriores irán conectadas a los secundarios de los transformadores de intensidad como de tensión a través de dispositivos de comprobación seccionables, los cuales permitirán las pruebas y la comprobación de las protecciones sin perturbar el servicio.

Los disparos del interruptor por actuación de estas protecciones se realizarán a través de relés auxiliares con contactos de potencia que aseguren el mismo en cualquier caso.

9. PLANIFICACION DEL PROYECTO. ETAPAS

De acuerdo con la Resolución de 24 de octubre de 2017, de la Consejería de Empleo, Industria y Turismo, por la que se autoriza instalación eléctrica de ampliación en la subestación de Romió (Expte. AT-11550), se obtienen las correspondientes autorizaciones administrativas para la puesta en marcha de la instalación [30].

Por otro lado, HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U. para llevar a cabo la ejecución de la instalación relatada en este Proyecto, tiene las siguientes etapas, metas o hitos a alcanzar:

- Preparación de un proyecto oficial.
- Obtención de las distintas autorizaciones administrativas y permisos.
- Acopio de materiales.
- Preparación de ingeniería de detalle.
- Montaje de transformador de potencia, celdas y cableado de alta y media tensión
- Pruebas y puesta en marcha.
- Ejecución de la Dirección de obra.
- Solicitud de Autorización de Explotación.

En la figura 9.1 se muestra la planificación temporal del proyecto de ampliación de la subestación. Además, los trámites administrativos que se siguieron para este proyecto se muestran esquematizados a través de un flujograma en el esquema de la figura 9.2. La figura 9.2 se explica de la siguiente forma:

- **15 de Mayo de 2017:** visita previa a las instalaciones de la subestación eléctrica para reconocimiento del terreno y de las mismas. Se sacan fotografías para posterior redacción del proyecto de ejecución.
- **14 de Julio de 2017:** se finaliza la redacción del proyecto de ejecución validado por un técnico facultativo y que servirá de guía para la ejecución de las obras.
- **9 de Agosto de 2017:** la consejería de Empleo, Industria y Turismo publica en el BOPA la información pública relativa a la autorización administrativa previa de instalaciones eléctricas en alta tensión. Se dan 20 días de plazo para presentar alegaciones.
- **25 de Agosto de 2017:** el Ayuntamiento de Candamo admite a trámite la solicitud de licencia de actividades clasificadas para la instalación del nuevo transformador 132/20 kV 30 MVA y 10 cabinas de 20kV en la subestación de Romió.
- **24 de Octubre de 2017:** la Consejería de Empleo, Industria y Turismo resuelve otorgar la autorización administrativa previa y la autorización administrativa de construcción

de la instalación al solicitante, en este caso Hidrocantábrico Distribución Eléctrica S.A.U.

- **7 de Noviembre de 2017:** acopio de los materiales necesarios para realizar las obras en las instalaciones reseñadas.
- **18 de Enero de 2018:** se realiza una primera visita de inspección del terreno y del entorno de la subestación, en la que se toman fotografías, para preparación del transporte de los equipos y de la vegetación anexa al camino y que pueda dificultar el tránsito.
- **5 de Marzo de 2018:** se prepara y se acondiciona el terreno para el transporte y descarga de los equipos. Se amplían y se rellenan cunetas de las carreteras y se podan o talan los árboles necesarios.
- **6 de Marzo de 2018:** se realiza el transporte y descarga del transformador y de las diez cabinas de 20kV a las instalaciones de la subestación eléctrica.
- **7 y 8 de Marzo de 2018:** se realizan los primeros ensayos y el montaje final del transformador de potencia y de las cabinas instaladas.

2017



2018

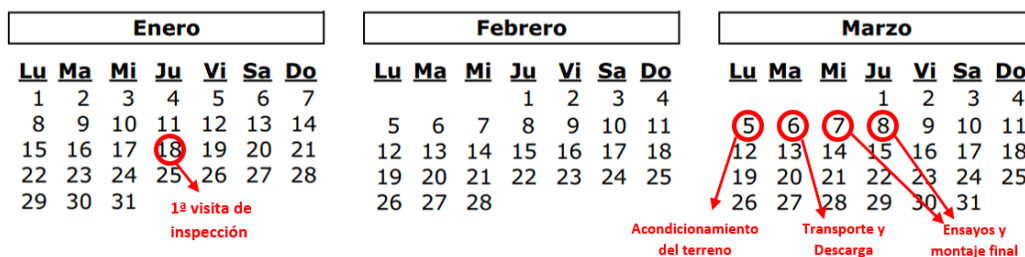


Figura 9.2 Planificación temporal del proyecto de instalación

La obra la realizan 10 operarios con categoría oficiales de 1ª. Como se muestra en el presupuesto adjunto en el presente documento, el montaje, obra civil, mano de obra de los operarios y equipos necesarios asciende a 10.500 €. Teniendo en cuenta todo ello, que los operarios hacen turnos de trabajo de 8h/día y que el precio establecido por cada hora trabajada es de 16,75€, equivale a un total de 4 días desde el inicio de las obras hasta su fin. De este importe, la mano de obra como tal equivale a 5.360 €.

$$10 \text{ operarios} \cdot 8 \frac{h}{\text{día}} \cdot 4 \text{ días} = \mathbf{320 \text{ horas}}$$

$$320 \text{ h} \cdot \frac{16,75 \text{ €}}{1 \text{ h}} = \mathbf{5.360 \text{ € de mano de obra}}$$

Proceso Administrativo para la Puesta en Servicio del Proyecto de Ampliación de la Subestación

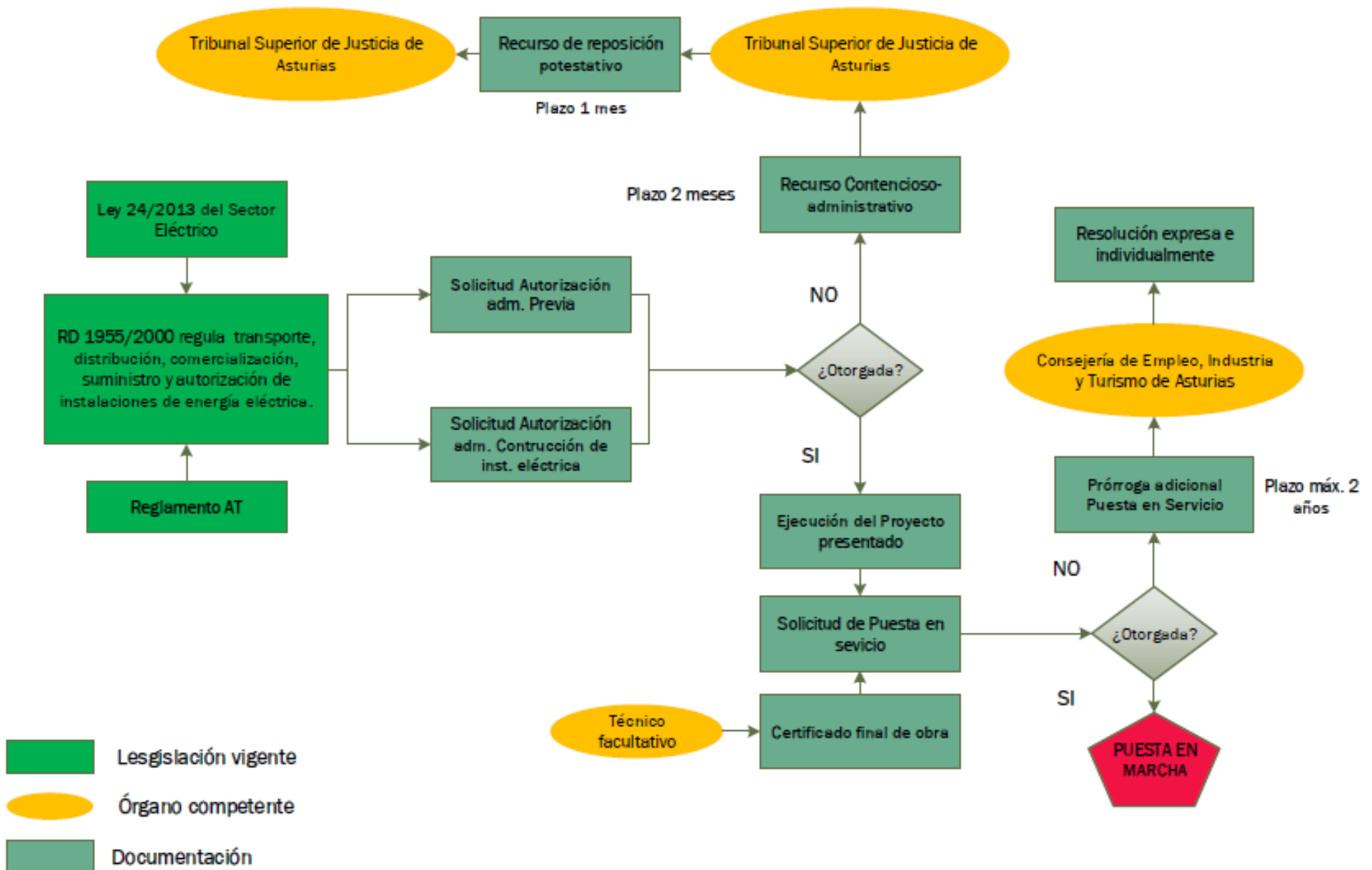


Figura 9.2 Flujograma del proceso de solicitud para la puesta en marcha del proyecto de ampliación de la subestación

10. SERVICIOS AFECTADOS

Se elaborarán las siguientes separatas:

- Separata para solicitar Licencia de Obras ante el Excmo. Ayuntamiento de Candamo.
- Separata para solicitar la Licencia de Actividad clasificada ante el Excmo. Ayuntamiento de Candamo.
- Separata para el ayuntamiento.

11. SOFTWARE EMPLEADO

En el cálculo de los diferentes modelos empleados en este proyecto se emplearon los siguientes programas de software:

- Estudio de las condiciones acústicas en el entorno de la subestación: *CADNA/A (Data Kustik)*
- Modelización y cálculo de campos electromagnéticos: *CR Mag*

12. REFERENCIAS

[1] J. Trashorras Montecelos, Subestaciones Eléctricas, Paraninfo, 2015.

[2] Titulación propia Universidad Pontificia Comillas (ICAI), “Especialista en Proyecto y Construcción de Infraestructuras eléctricas de Alta Tensión”. MODULO 4: SUBESTACIONES. TEMA 1: Funciones y características de las subestaciones eléctricas de alta tensión.

[3] J. Fenández Álvarez, “Ingeniería de Control y Protección. Interpretación de esquemas eléctricos”, 2007.

[4] ABB – Asea Brown Boveri Ltd. Catálogo. Hybrid Switchgear PASS M0 - 145 to 170 kV

[5] J. Berrosteguieta / Á. Enzunza, Teoría y tecnología de los transformadores de medida. Artech, 2019.

[6] Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas.

[7] Real Decreto 299/2016, de 22 de julio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos.

[8] Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, en un sector del territorio con predominio de suelo de uso Industrial.

[9] Real Decreto 223/2008, de 15 de Febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.

[10] Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

[11] Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

[12] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

[13] Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

[14] Corrección de errores y erratas del Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

[15] Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

[16] Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo de 8 de Marzo de 1971.

[17] Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

[20] Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

[22] Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

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

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

[25] Código Técnico de la Edificación, CTE, es el Marco normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, que permiten el cumplimiento de los 'Requisitos Básicos de la Edificación' establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, LOE con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad y la protección del medio ambiente.

[26] Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

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

[28] Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.

[29] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, en un sector del territorio con predominio de suelo de uso Industria.

[30] Resolución de 8 de abril de 2009, de la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras, por la que se aprueba el documento de referencia para la evaluación de los efectos sobre el medio ambiente de la Revisión Parcial del Plan General de Ordenación de Candamo para habilitar suelo en el que instalar una subestación eléctrica.

INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS:

- ITC-RAT 02. INSTRUCCIONES NORMAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO
- ITC-RAT 03. DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD PARA LOS EQUIPOS Y APARATOS PARA INSTALACIONES DE ALTA TENSIÓN
- ITC-RAT 04. TENSIONES NOMINALES
- ITC-RAT 07. TRANSFORMADORES Y AUTOTRANSFORMADORES DE POTENCIA.
- ITC-RAT 08. TRANSFORMADORES DE MEDIDA Y PROTECCIÓN
- ITC-RAT 09. PROTECCIONES
- ITC-RAT 14. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIOR
- ITC-RAT 15. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EXTERIOR
- ITC MIE-RAT 13: INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA
- ITC-LAT 07 LÍNEAS AÉREAS CON CONDUCTORES DESNUDOS
- ET/RE-MA-00007 especificación técnica de Criterios medioambientales de diseño de subestaciones eléctricas

NORMAS:

- NCSR-02. NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE: PARTE GENERAL Y EDIFICACIÓN
- NORMA UNE-CLC/TR 50453 IN
- DOCUMENTO BASICO DB-SE A. SEGURIDAD ESTRUCTURAL – ACERO
- IEEE Std 80-2000. GUIDE FOR SAFETY IN AC SUBSTATION GROUNDING
- CEI 60694 (62271-1)
- CEI 60056 (62271-100)
- CEI 60282
- CEI 60420 (62271-105)
- CEI 60298 (62271-200)

- CEI 60129 (62271.102)
- CEI 60265-1 (62271-103)

En el caso de discrepancias entre las diversas normas se seguirá siempre el criterio más restrictivo.

Cuando en algunas disposiciones se haga referencia a otra que haya sido modificada o derogada, se entenderá que dicha modificación o derogación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

13. CONCLUSIÓN

En relación con lo expuesto en los apartados anteriores, correctamente acreditados mediante los cálculos recogidos en los anexos correspondientes y tomando en consideración la normativa vigente citada en el apartado anterior, se desarrollan los fundamentos esenciales de diseño para la ampliación de una subestación eléctrica de alta tensión mediante la instalación de un nuevo transformador de potencia y de diez celdas.

El proyecto se redactó entre los meses de febrero y mayo de 2019 en colaboración con el Departamento de Subestaciones y Líneas de HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U.

Primero, se detalla el funcionamiento del sistema de energía eléctrica en España para después comenzar, junto con la pertinente justificación de la necesidad de realizar el presente proyecto de ampliación de una subestación eléctrica, con una descripción detallada de las características generales de las instalaciones y de los equipos para dicha ampliación.

Se acompaña todo de los estudios y cálculos necesarios para constarlo mediante los correspondientes cálculos. Los estudios que se incluyen son para el cálculo de las distancias mínimas reglamentarias entre equipos y aparatos, los cálculos de los campos magnéticos generados en la subestación, la red de tierras necesaria, un estudio de la coordinación en aislamiento, un estudio acústico en el entorno de la subestación y los cálculos de las intensidades de cortocircuito.

En el pliego de condiciones se establecen los criterios que han de cumplirse en la ejecución de la reforma de la subestación eléctrica. Es decir, se refiere al suministro, instalación, pruebas, ensayos, mantenimiento, características y calidades de los materiales necesarios en la reforma, todo ello con el objetivo de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar social y la protección del medio ambiente.

Se incluye el presupuesto desglosado de manera que se identifiquen las partes de las que consta: obra civil, equipos, estructura metálica, embarrados, celdas, puestas a tierra, cableado, mano de obra y horas de ingeniería. Todo ello acompañado de los correspondientes planos.

Por último, se realizan sendos estudios de seguridad y salud y de residuos de construcción y demolición, en donde se analizan los principales riesgos derivados de la instalación y el posterior tratamiento de los residuos generados durante la misma.

ANEXOS: CÁLCULOS

I. ANEXO I: CALCULO DE DISTANCIAS MINIMAS

• DISTANCIAS FASE-TIERRA Y ENTRE FASES

De acuerdo con el nivel de aislamiento adoptado y según lo indicado en la instrucción ITC-RAT 12, las distancias mínimas fase-tierra y entre fases en 132 kV, son de 130 cm.

Las distancias adoptadas en el parque de intemperie, entre fases y entre fases y tierra en 132 kV, son de 175 cm, muy superiores a las mínimas exigidas.

• DISTANCIAS EN PASILLOS DE SERVICIO Y ZONAS DE PROTECCIÓN

Según la instrucción ITC-RAT-15 p.4.1.1 (ITC-RAT-14 p.6.1.1), la anchura de los pasillos de servicio tiene que ser suficiente para permitir la fácil maniobra e inspección de las instalaciones, así como el libre movimiento por los mismos de las personas y el transporte de los aparatos en las operaciones de montaje o revisión de los mismos.

Esta anchura no será inferior a la que a continuación se indica según los casos:

- Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado 1,0 m.
- Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados 1,2 m.
- Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un solo lado 0,8 m.
- Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados 1,0 m.

El ancho libre del pasillo será al menos de 0,5 m cuando las partes móviles o las puertas abiertas de los equipos, interfieran en la ruta hacia la salida.

Según la instrucción ITC-RAT 15, punto 4.1.2, los elementos en tensión no protegidos que se encuentren sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima "H" sobre el suelo medida en centímetros, igual a (1):

$$H = 250 + d \quad (1)$$

Donde "d" la distancia expresada en cm. de la tabla 2 de la instrucción ITC-RAT 12.

En el caso más desfavorable del sistema de 132 kV, en que $d = 130$ cm (2):

$$H_{min} = 250 + 130 = 380 \text{ cm} \quad (2)$$

Los pasillos de servicio estarán libres de todo obstáculo hasta una altura de 250 cm sobre el suelo.

Por otra parte, todos los elementos en tensión en las zonas accesibles estarán situados en una altura sobre el suelo superior a 250 cm, considerando en tensión la línea de contacto del aislador con su zócalo o soporte, si este se encuentra puesto a tierra, cumpliendo de forma lo indicado en la instrucción ITC-RAT 15, punto 4.1.5 (≥ 230 cm).

- **DISTANCIAS PARA TRABAJOS EN PROXIMIDAD A ELEMENTOS EN TENSIÓN**

Según el Real Decreto 614/01, de 8 de Junio de 2001, para los trabajos a realizar a nivel del suelo dentro de la instalación y próximos a los elementos en tensión no protegidos, deberán de estar a una distancia DPROX. sobre el suelo igual a (3):

$$DPROX. = 250 + DPEL - 1 \quad (3)$$

Siendo “D_{PEL-1}” la distancia expresada en cm de la Tabla 1 del Anexo I del RD614/01, trabajos en proximidad.

En el sistema de 132 kV, en que D_{PEL-1} = 180 cm (4):

$$DPROX. = 250 + 180 = 430 \text{ cm} \quad (4)$$

Según puede verse en el Documento Planos, los puntos en tensión más bajos en 132 kV, están situados a una distancia igual o superior a la citada cumpliéndose, por tanto, las exigencias mencionadas anteriormente.

- **DISTANCIAS EN ZONAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTOS ACCIDENTALES DESDE EL EXTERIOR DEL RECINTO DE LA INSTALACIÓN**

Según la instrucción ITC-RAT-15 p.4.3.1, la zona de protección entre el cierre enrejado de altura >220 cm y los elementos en tensión debe ser superior a:

- distancia en horizontal del elemento en tensión (hasta una altura de 200 cm) al cierre (5):

$$G = 150 + d \quad (5)$$

En el caso más desfavorable del sistema de 132 kV, en que d = 130 cm (6):

$$Hmin. = 150 + 130 = 280 \text{ cm} \quad (6)$$

Altura del elemento en tensión al suelo junto al cierre (7) (según Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión ITC-LAT-07 p.5.5):

$$H = Daa + Del = 5,3 + Del = 5,3 + 1,20 = 6,50 m \quad (7)$$

Distancias que se cumplen ampliamente según puede verse en el apartado Planos.

Respecto a las distancias al vallado del parque de 132 kV, según lo especificado en la ITC-RAT 15 p.4.2.1, la distancia de los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo (8) (paredes macizas, enrejados, barreras, etc.) con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm deberá ser:

$$E = d + 30, \text{ con un mínimo de } 125 \text{ cm.} \quad (8)$$

$$E = d + 30 = 130 + 30 = 160 \text{ cm} \quad (9)$$

Distancia inferior a la mínima existente a lo largo de todo el vallado como se puede comprobar en el PLANO 2, Planta General.

- **DISTANCIAS A LÍNEAS AÉREAS PRÓXIMAS**

Según la instrucción ITC-RAT-15 p.6.5.1 las líneas aéreas de entrada o salida a una subestación de exterior no sobrevolarán el parque eléctrico, de forma que se garantice que en caso de rotura de un conductor de la línea no se alcanzan partes en tensión de la subestación.

De igual forma, según la instrucción ITC-RAT-15 p.6.5.2, no se permite la construcción de subestaciones de exterior bajo la franja del terreno definida por la servidumbre de vuelo de una línea aérea de alta tensión ajena a la subestación, incrementada a cada lado en la altura de los apoyos de la línea más 10 m. Por el mismo motivo, tampoco se permite la construcción de líneas eléctricas de alta tensión ajenas a la subestación, pero próximas a ella, si la franja de terreno definida anteriormente para la línea interfiere en el perímetro de la subestación.

En el caso de la Subestación Romiód, se cumplen ambas instrucciones, no existiendo ninguna línea aérea de entrada o salida que sobrevuele el parque de 132 kV ni el perímetro de la subestación interfiere con la servidumbre de las líneas ajenas a ella.

II. ANEXO II: CALCULO DE CAMPOS MAGNETICOS

Los cálculos de campos magnéticos deben hacerse en función de la situación geométrica de las corrientes máximas circulantes (modelos electromagnéticos), según la ley de Biot-Savart (10). Son modelos complejos y de gravosa implementación matemática. Se descarta como opción de metodología de cálculo aplicar el Método de Elementos Finitos (FEM), o de Diferencias Finitas (FDM), u otros similares, y se opta por recurrir al cálculo analítico por su más fácil adaptabilidad a este tipo de sistemas electrogeométricos.

No obstante, para este método de cálculo es necesario introducir una serie de simplificaciones basándose en las características del caso particular que se está analizando, lo que ayudará a modelizar más adecuadamente la instalación bajo proyecto.

En el entorno de la subestación de Romió, tanto en el parque de intemperie como en los edificios y en el exterior al vallado de la subestación, se debe identificar una franja superficial donde podrían ser más apreciables los campos magnéticos que se generen. Para la ampliación de la subestación de Romió se detecta la zona marcada en amarillo en la figura 2.1, y en ella se prevé encontrar los máximos valores de campo (β en μT).

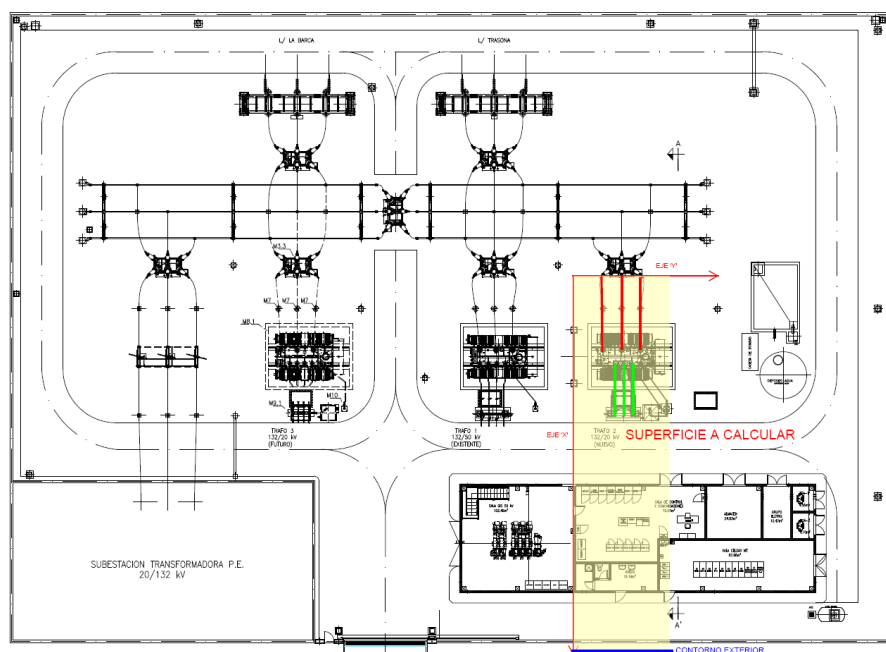


Figura 2.1 Zonas de la subestación de Romió donde se va a realizar la ampliación

Se trata de una superficie de $x=35,000$ m de longitud, e $y=9,000$ m de anchura, sobre la que se encuentran instalados los equipos principales de AT y MT proyectados. La superficie se extiende más allá del vallado perimetral, lo que permitirá detectar campo en el exterior de la subestación.

El cálculo de los campos magnéticos se realizará para todos los puntos de esa malla, a la altura de “1” metro sobre la superficie (que es la zona de referencia para las personas). Se obtienen puntos de malla ($x,y,z=1m$) donde se debe evaluar el valor eficaz del campo magnético (β_{rms}).

En todos los puntos de esa malla, los campos magnéticos que se detecten serán radiados, en forma superpuesta, por las cinco partes de la instalación proyectada que se relatan a continuación (ver planos 2 y 3).

En primer lugar, una zona con los campos magnéticos emitidos por los embarrados de AT, que a priori se deben considerar y no son despreciables, dado que transportan una intensidad máxima de 129 A, mediante un embarrado a una altura de 4,850 m y separados entre sí 1,750 m. En la figura 2.2 se visualiza esta zona en rojo.

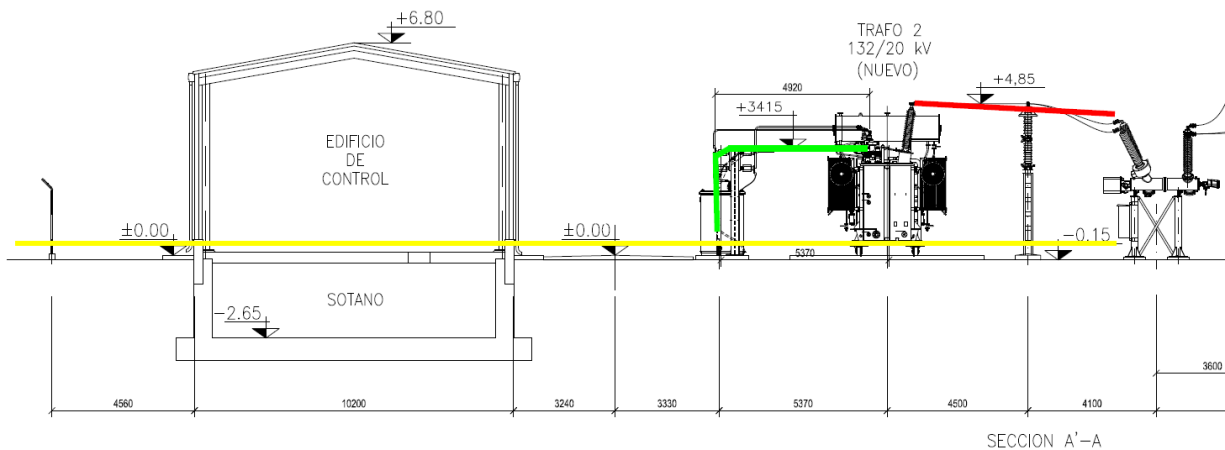


Figura 2.2 Plano de la zona con campos magnéticos de la SE Romió

Una segunda zona, consistente en el transformador 132/22 kV. En este caso, siguiendo la Norma UNE-CLC/TR 50453 IN, se considera que el campo magnético aportado por el transformador, que es el producido por las corrientes que recorren los arrollamientos, puede despreciarse. Por lo tanto, el campo magnético radiado en los entornos de un transformador de potencia es únicamente producido, de manera significativa y a considerar, por los embarrados que entran y salen de dicho transformador en AT y MT.

Una tercera zona, con los campos magnéticos generados por los embarrados de 22 kV. Al ser las bornas de MT de tipo enchufables, se tiene que tender la salida con ternas de cables en fases separadas, primero de una forma horizontal, para posteriormente bajar e introducirse en zanja subterránea. Por las fases se conduce una corriente total de 721 A, partiendo de una altura de 3,415

m, y con una separación de cables de 0,775 m. En los croquis anterior y siguiente se muestra esta tercera zona en color verde.

Una cuarta zona, formada por el recorrido de los cables de MT de 22 kV, una vez que se juntan las fases de las ternas para discurrir por la zanja, y que transcurre desde la entrada en la zanja, hasta la

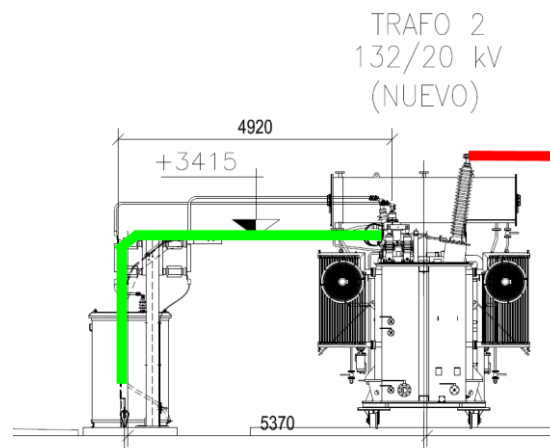


Figura 2.3 Zonas de campos magnéticos en la SE Romió

sala de celdas de 22 kV. El campo magnético emitido en esta zona puede despreciarse frente al de otras zonas, esto es debido a que, al estar las fases muy juntas, sólo tiene efectos muy locales y cercanos al cable, por lo que, a 1 metro de altura sobre el suelo, apenas tiene influencia y consideración.

Por último, una quinta zona, formada por el conjunto de 10 celdas de 22 kV en la sala de MT. Cuando las corrientes de entrada, salida, y barras son las máximas circulando por las celdas, dado que estas discurren con diferentes desfases y direcciones, encerradas en cubículos metálicos, el campo magnético total producido sólo tiene un efecto muy local, y despreciable a distancias de pasillos circulación de personas, por lo que no se consideran en los cálculos, sobre todo cuando se chequean entornos de máximos.

Según lo expuesto hasta ahora, es oportuno y suficiente considerar que, a efectos de cálculo y de búsqueda de máximos, sólo existen dos zonas: los embarrados de AT de llegada al transformador y los embarrados de MT de salida del transformador, tanto en su parte horizontal como vertical, siempre que las fases estén separadas y no formando un tresbolillo unido. El resto de las zonas, se considera que no aporta, ni restando ni sumando, campos magnéticos significativos al resultado que se obtendrá.

Para las corrientes circulantes por los embarrados se consideran las máximas de carga del transformador (129 A y 721 A respectivamente), considerando su dependencia del tiempo. Además, se consideran los desfases introducidos por el transformador, pero en este caso el grupo es YNyn0 sin desfase AT/MT. Por lo tanto, se procederá a la consideración de corrientes senoidales, como, por ejemplo, para MT, las siguientes:

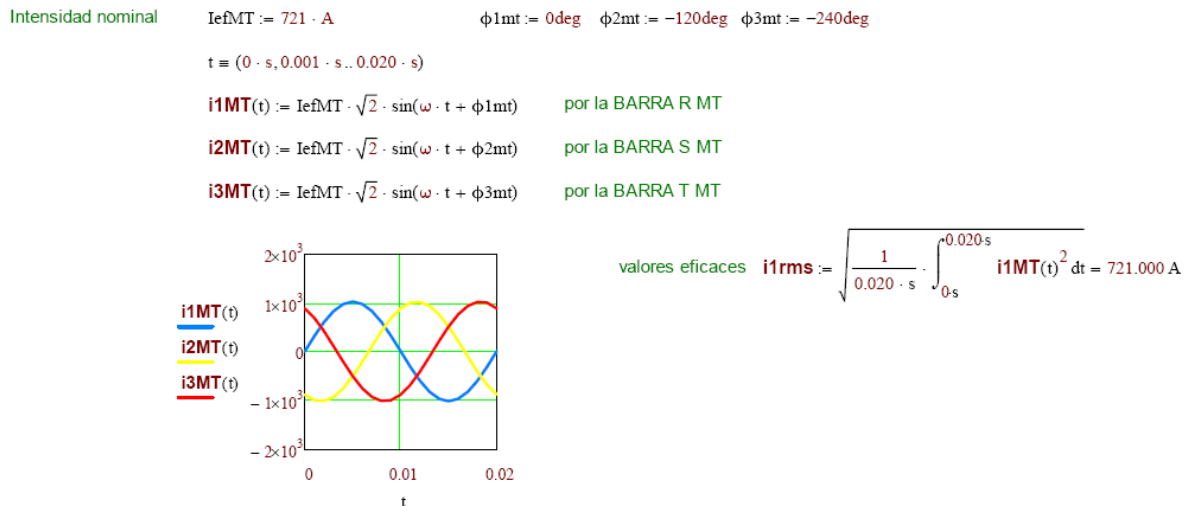


Figura 2.4 Corrientes circulares por los embarrados

En lo que respecta a los cálculos, se aplicará la ley de Biot-Savart (10), considerando las magnitudes vectoriales y senoidales correspondientes. El método previsto para el cálculo consiste en aplicar, a cada punto de la malla de superficie $(x,y,z=1)$, esta fórmula, obteniendo el valor de densidad de campo magnético (β) en esos puntos (P) .

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{4 \cdot \pi} \cdot \int \frac{dl \times u_r}{r^2} \tag{10}$$

Aplicar directamente esta integral resulta complejo. Una primera simplificación de cálculo, y con suficiente margen de seguridad en los resultados, consiste en considerar las corrientes discurriendo en forma rectilínea, lo que en cierto modo es lo real, ya que, según los croquis anteriores, los embarrados AT y MT, tienen una disposición aproximadamente rectilínea dentro de la superficie de cálculo elegida.

Otra simplificación de cálculo, y con suficientemente margen de seguridad en los resultados, consiste en hacer un cambio de variable en la integral definida. Así, introduciendo los ángulos como nueva variable de integración, dado que la longitud de las barras es finita, se obtiene una fórmula más simple de utilización (11), en la forma siguiente:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{4\pi R} \cdot (\sin \theta_2 - \sin \theta_1) \quad (11)$$

La fórmula (11) debe aplicarse a todos los puntos de la malla superficial ($x, y, z=1$). Se trabaja utilizando vectores de posición y ángulos de posición, con respecto a cada tramo recto de barra, y, posteriormente, obteniendo los módulos de la inducción de campo magnético en ese punto. Consecutivamente, el vector de dirección del campo magnético es obtenido por perpendicularidad al radiovector (R) por aplicación simple de la regla de la mano derecha.

A continuación, se aplica el principio de superposición de campos magnéticos, por lo que, una vez ejecutado el cálculo anterior a cada elemento lineal de barra, los resultados deben sumarse vectorialmente, obteniendo para cada punto de la malla, un vector de inducción total en ese punto, que es el total generado por la instalación proyectada.

En realidad, ese vector obtenido no es constante, varía para cada instante de tiempo (t), por lo que se debe calcular el valor eficaz de la resultante en cada punto de la malla. Se aplica la fórmula del rms (12) o verdadero valor eficaz para un ciclo de corrientes:

$$\sqrt{\frac{1}{0,020 \cdot s} \int_{0s}^{-0,020s} (|\beta Punto(t)_{x,y}|)^2 dt} \quad (12)$$

Por último, los resultados se graficarán, siendo muy útiles las curvas de nivel y la detección de contornos; extrayendo los máximos globales para su comparativa con los valores de referencia.

En conclusión, según lo dicho, se puede afirmar que el método propuesto y las simplificaciones introducidas, son suficientemente válidos para la evaluación de los campos magnéticos en este proyecto, trabajando con suficientemente margen de error en beneficio de la seguridad y de la fiable detección de los máximos.

MODELOS PARA EL CALCULO

En base a los antedicho, la instalación real proyectada dentro de la subestación de Romió, puede ser modelada por un sistema físico simplificado como el mostrado en el siguiente croquis, con la ubicación adecuada de cada elemento de corriente seleccionado, y que satisface todos los requerimientos indicados. A partir de este modelo electrogeométrico se pueden aplicar sistemáticamente las ecuaciones de cálculo propuestas en todos y cada uno de los puntos de la malla considerada.

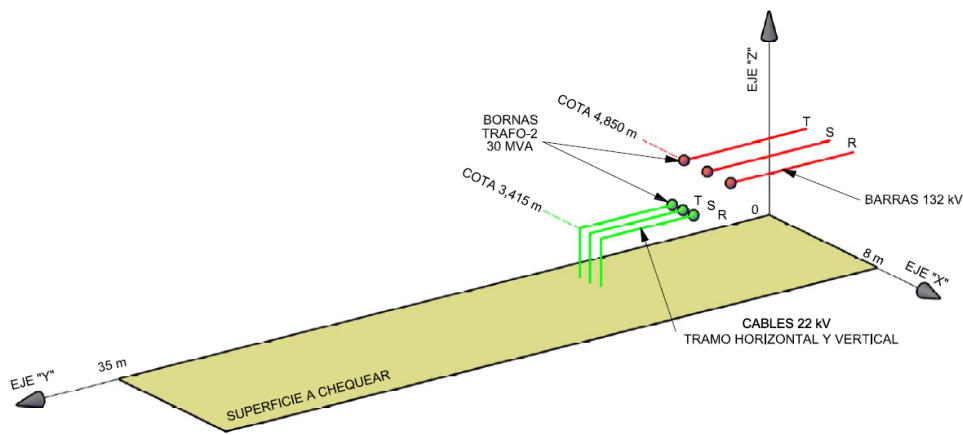


Figura 2.5 Modelo electrogeométrico para el cálculo (Fuente: CR Mag)

RESULTADOS DEL CALCULO

- **Campos magnéticos en el interior de la subestación**

Conviene, previamente a la obtención de máximos, evaluar el campo magnético creado por los embarrados de AT que se instalarán, el cual queda mostrado en el gráfico siguiente:

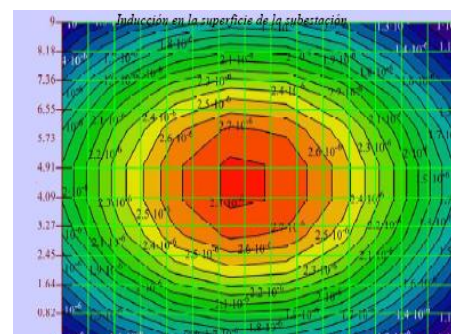
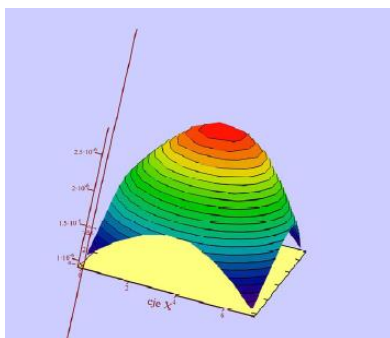


Figura 2.6 Gráficos de los campos magnéticos obtenidos (Fuente: CR Mag)

Se pone de manifiesto que apenas se tienen aportaciones máximas de $2,8 \mu\text{T}$, por lo que podríamos haber optado, en aras de la simplificación, por no considerar estos embarrados en el cálculo de los máximos campos magnéticos, al tratarse de un sumando reducido.

Efectivamente, considerando ahora la parte de MT (cálculo completo) es ahí donde el campo magnético adquiere sus valores máximos. Las siguientes curvas de nivel ponen de manifiesto como el campo magnético se concentra en el entorno de los cables de 22 kV, en la parte de su transición vertical a zanja, situado entre las cotas $x=12,000\div 13,000$ e $y=4,000\div 5,000$. El máximo ahí obtenido es de $121 \mu\text{T}$. El campo magnético en todos los puntos de la malla se grafica a continuación:

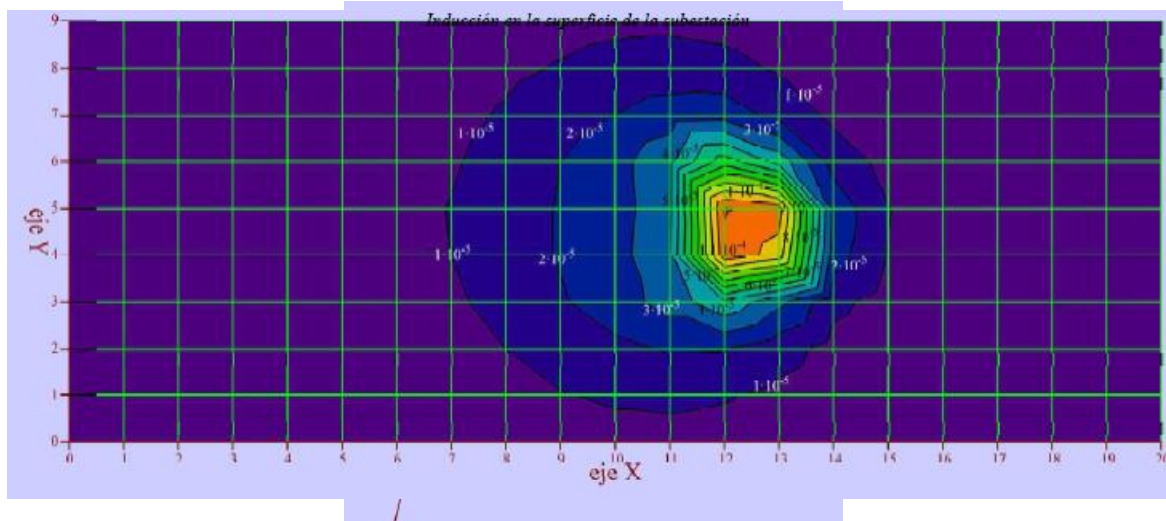


Figura 2.7 Gráfico del campo magnético obtenido en todos los puntos de la malla (Fuente: CR Mag)

Se observa que todos los valores máximos se concentran dentro de un muy limitado entorno, no extendiéndose al resto de la superficie chequeada, y por supuesto lejos del vallado de la subestación, y se concluye que: todos los valores calculados para el interior de la subestación se encuentran muy alejados del límite de $1000 \mu\text{T}$ indicado en la legislación de referencia.

- **Campos magnéticos en el exterior de la subestación**

El contorno más próximo a las zonas emisoras de campos magnéticos se encuentra en la trayectoria azul marcada en el croquis anterior. Se trata de una trayectoria, fuera del vallado, que se encuentra a más de 20 m de la bajante de las barras de MT, lo que acarreará que la intensidad del campo magnético fuera del vallado sea muy reducida.

En la siguiente figura se muestra la representación gráfica de los valores de campo magnético (micro Teslas a lo largo de todo el perfil en metros) calculados en ese contorno.

Se observa que el campo magnético es prácticamente residual, se mantiene constante (campo de fondo) sobre el valor de los $0,03 \mu\text{T}$. Por tanto, se comprueba que todos los valores calculados para el exterior de la subestación están muy alejados del máximo de $100 \mu\text{T}$ indicado en la legislación mencionada.

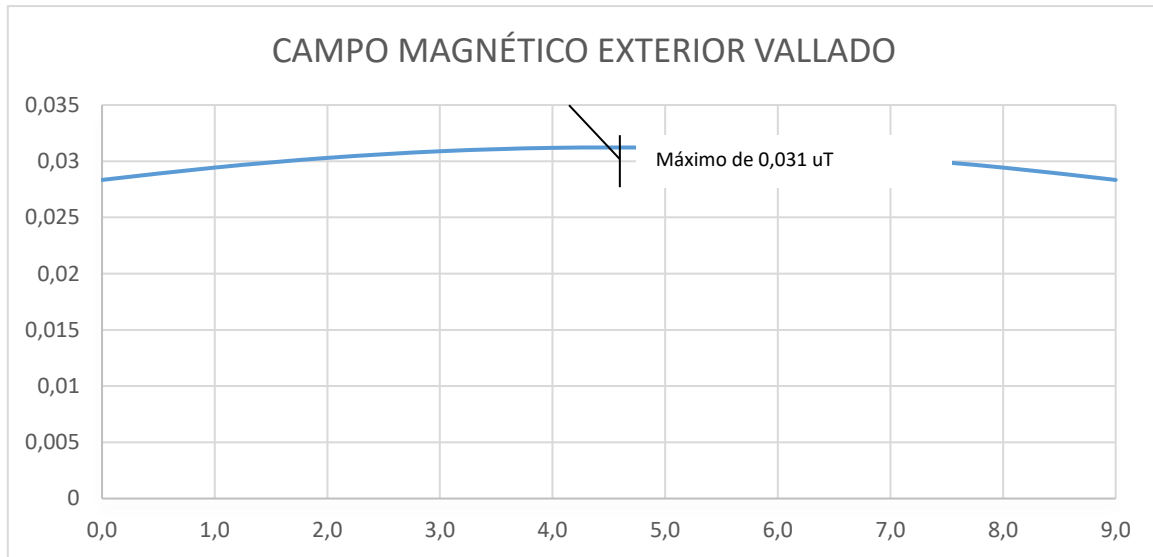


Figura 2.8 Gráfico del campo magnético del vallado exterior (Fuente: CR Mag)

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados de los cálculos realizados, se puede concluir con muy pequeño margen de error que las instalaciones objeto de este Proyecto, y posteriormente a la ejecución de la obra, emitirán campos magnéticos que estarán muy por debajo de los valores mínimos recomendados por el RD 1066/2001 [6], de 28 de septiembre, y RD 299/2016 [7], de 22 de julio, niveles para los que no existe peligro para la salud.

No obstante, durante la ejecución de la obra de montaje, se llevarán a cabo todas las medidas que se puedan presentar para reducir aún más, y sean tecnológicamente viables, el campo magnético que se pueda emitir por la instalación en proyecto.

III. ANEXO III: ESTUDIO DE LA RED DE TIERRAS EXISTENTE EN LA SUBESTACIÓN

El sistema de tierras se diseñó de acuerdo con lo estipulado en el “Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación (RCE)”, MIE-RAT 13 y la IEEE 80-2000. La mencionada MIE-RAT 13 define una instalación de puesta a tierra como las instalaciones constituidas por uno o varios electrodos enterrados y por las líneas de tierra que conectan dichos electrodos a los elementos que deban quedar puestos a tierra y que tiene como función formar la derivación de baja impedancia al terreno de las intensidades de cualquier naturaleza que se puedan originar. Además, las redes de tierra evitan que, en tales situaciones, en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próximas al terreno aparezcan diferencias de potencial peligrosas para las personas. Se distingue entre red de tierras inferiores y superiores.

En resumen, la red de tierras de una instalación tiene las siguientes funciones: seguridad de las personas, protección de las instalaciones, mejora de la calidad de servicio y establecimiento de un potencial de referencia.

La instalación de tierras consta de dos fases:

- Por un lado, la red de cables de Cu de 120 mm^2 de sección a una profundidad de 0,6 m por debajo del terreno, formando una cuadrícula y uniéndose cada cruce mediante soldaduras exotérmicas. La superficie a cubrir por esta malla será tal que sobrepasa en 1 m el vallado de la subestación a lo largo de todo el perímetro.
- Por otro lado, conexiones de los apoyos y de los equipos, mediante herrajes y cables en función del tipo de equipo. En general, se realiza una conexión en todos los apoyos, mediante derivaciones independientes desde la red enterrada. Todas estas conexiones se realizarán de igual modo, mediante cable de cobre de sección 120 mm^2 .

1) CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO:

Para el diseño de la red de tierras se han seguido las indicaciones de la instrucción MIE-RAT 13 de Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

Del estudio geoelectrico, tras la realización de dos electrodos profundos, se obtiene que la resistividad del terreno es de 45 Wm .

Los cálculos justificativos estarán basados en el documento IEEE Standard 80-2000.

Para el estudio del sistema de puesta a tierra en la instalación se dispone de los datos de partida suministrados por el análisis de la red. Estos datos se obtienen a partir de los modelos, tratados informáticamente, de la red en las peores condiciones.

Con el fin de conseguir niveles admisibles de las tensiones de paso y contacto, la subestación está dotada de una malla de tierras inferiores formada por cable de cobre de 120 mm² enterrada a 0,6 m de la cota de explanación, formando retículas aproximadas de 5,00x5,00 m.

Cumplimentando la Instrucción Técnica Complementaria del MIE-RAT, 13, punto 6.1, se conectarán a las tierras de protección todas las partes metálicas no sometidas a tensión normalmente, pero que pudieran estarlo como consecuencia de averías, sobretensiones por descarga atmosféricas o tensiones inductivas. Por este motivo, se unen a la malla: estructuras metálicas, bases de aparellaje, neutros de transformadores de potencia, reactancias, etc.

Estas conexiones se fijan a la estructura y carcasas del aparellaje mediante tornillos y grapas especiales, que aseguren la permanencia de la unión, haciendo uso de soldaduras Cadweld de alto poder de fusión, para las uniones bajo tierra, ya que sus propiedades son altamente resistentes a la corrosión galvánica.

Es necesario realizar el dimensionamiento de la red de tierras desde el punto de vista térmico con el fin de determinar la sección de los conductores de tierra y desde el punto de vista de la elevación de tensión en el terreno, tensiones que deben ser inferiores a las que marca el reglamento MIE-RAT.

2) DATOS DE DISEÑO:

- Tensión nominal de la Subestación..... 132/50/20 kV
- (r) Resistividad media del terreno..... 45 (W·m)
- (t) Tiempo de duración del defecto..... 0.5 s
- Número de líneas aéreas con línea de guarda 2 ud
- Número de líneas de distribución 1 uds
- (h) Profundidad de la malla 0,6m
- (A) Área cubierta por la malla..... 5.177,12 m²
- Factor de incremento de corriente por posibles ampliaciones 1,0
- Tensión de servicio nominal132 kV
- Factor de división de corriente por líneas aéreas o por inducción73,06%
- Factor de seguridad adicional0%
- Factor de división de corriente aplicado (por factor de seguridad).....73,06%
- Razón X/R de la impedancia subtransitoria del sistema.....10

- Factor de asimetría (Df)..... 1,02
- Intensidad de cortocircuito aplicada24,2 kA
- Intensidad de cortocircuito de cálculo (por factor incremento)24,2 kA

3) PRESCRIPCIONES GENERALES DE SEGURIDAD:

Al efecto de validar el diseño de la instalación de puesta a tierra se calculan los valores máximos de las tensiones de paso y contacto a que puedan quedar sometidas las personas que circulen o permanezcan en puntos accesibles del interior o exterior de la instalación eléctrica.

La tensión máxima de contacto aplicada (13), en voltios, que se puede aceptar se determina en función del tiempo total de duración del defecto según la fórmula:

$$V_{ca} = \frac{K}{t^n} \quad (13)$$

donde K y n se determinan a partir de la siguiente tabla:

	K	n
0,9 ≥ t > 0,1s	72	1
3 ≥ t > 0,9s	78,5	0,18
5 ≥ t > 3s	$V_{ca} \leq 64V$	
t > 5s	$V_{ca} \leq 50V$	

A partir del valor calculado se pueden determinar las máximas tensiones de paso (14) y contacto (15) admisibles en una instalación, considerando todas las resistencias que intervienen en el circuito:

$$V_P^{ad} = \frac{10 \cdot K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1000}\right) \quad (14)$$

$$V_C^{adm} = \frac{K}{t^n} \cdot \left(1 + \frac{1,5 \cdot \rho_s}{1000}\right) \quad (15)$$

donde ρ_s representa la resistividad superficial del terreno.

4) PARÁMETROS DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA:

CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

El diseño de la puesta a tierra, en base a las medidas de campo realizadas, se realiza con un modelado homogéneo del terreno y con una resistividad de 45 W·m.

RESISTIVIDAD SUPERFICIAL

El terreno de la subestación estará cubierto con una capa de grava con un espesor mínimo de 10 cm en aquellas zonas donde no existan viales. En las zonas de viales, existirá una capa de unos 15 cm de hormigón armado. Se considerará una resistividad de 4.000 W·m, resistividad de la capa más débil, la de hormigón.

TIEMPO TOTAL DE DURACIÓN DE FALTA O DEFECTO

Se considera un valor de tiempo igual a 0,5 segundos, correspondiente a la suma de los tiempos parciales de la corriente de defecto de los sucesivos posibles reenganches automáticos. A partir de las anteriores expresiones, y teniendo en cuenta este valor y la resistividad superficial del terreno, se obtienen los valores máximos admisibles de las tensiones de paso (16) y contacto (17):

$$V_p^{adm} = 25.539,43 V \quad (16)$$

$$V_C^{adm} = 746,49 V \quad (17)$$

CORRIENTE DE PUESTA A TIERRA

El proyecto de la instalación de puesta a tierra se realiza sobre un valor de corriente de falta (I_f) máximo admisible de 24,2 kA. Este valor se obtuvo de un previo estudio de las líneas, donde se tenía en cuenta las impedancias, longitudes, e intensidades aportadas por subestaciones vecinas.

Sobre este valor de 24,2 kA se consideran los siguientes factores:

- factor de incremento (C_p) igual a 1. (previsión de intensidades futuras)
- la constante de tiempo subtransitoria depende del factor X/R del sistema, que no es fácilmente calculable. El valor estándar es de 3 a 10, peor su influencia cuanto mayor sea. Se ha estimado un valor de 10 que es suficientemente conservador.

- factor de asimetría (D_f) (18) para un tiempo superior a 0,5 s vale 1, y por debajo de ese tiempo se obtiene según la expresión:

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_f} \cdot (1 - e^{-\frac{t_f}{T_a}})} \quad (18)$$

donde T_a es la constante de tiempo subtransitoria del sistema equivalente.

El factor de asimetría (D_f) de esta manera tiene un valor de 1,02

- Factor de división de corriente que determina la porción de corriente de defecto que pasa al terreno a través de la instalación de puesta a tierra provocando la elevación de potencial de la misma, según la IEEE en la gráfica se puede obtener un factor de división de 73,06%.

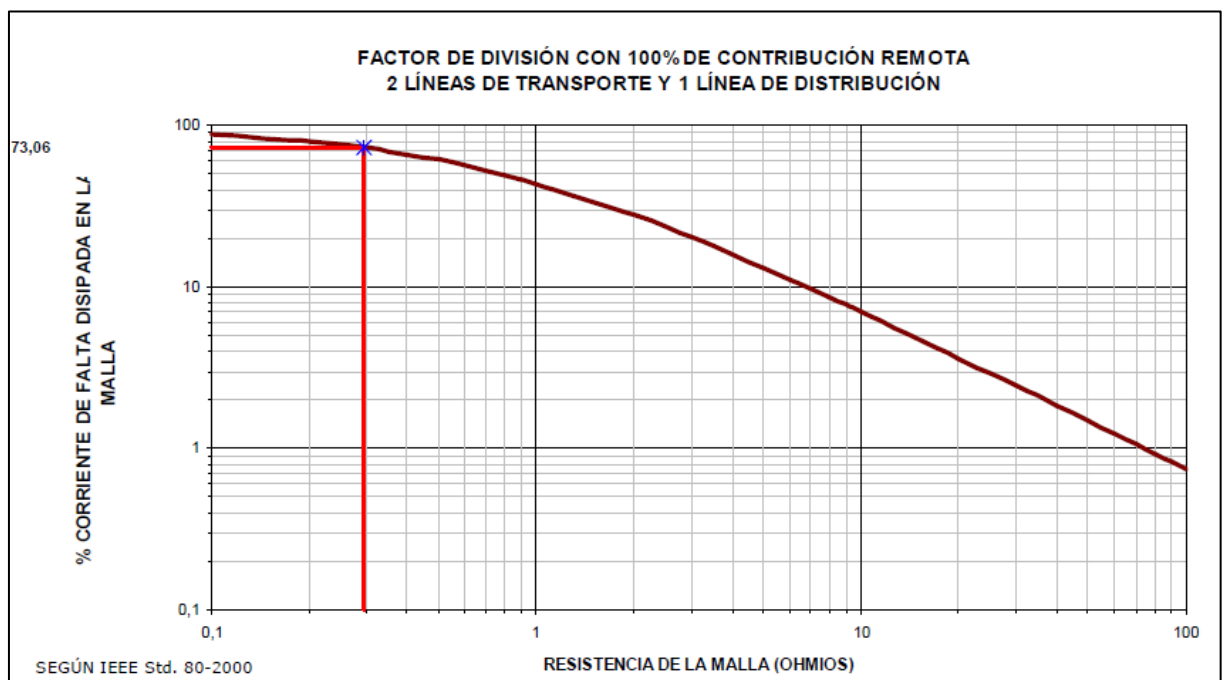


Figura 3.1 Factor de división con 100% de contribución remota

Se determina una corriente de puesta a tierra (I_G) (19) de 17,68 kA.

$$I_G = C_p \cdot D_f \cdot S_f \cdot I_f \quad (19)$$

ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA

El electrodo tiene morfología Rectangular y se encuentra enterrado a una profundidad de 0,6 m. Las dimensiones son 60,8 y 85,15 metros, con 13 elementos paralelos al lado ancho y 19 elementos paralelos al lado largo.

5) CÁLCULOS DEL CALENTAMIENTO DEL CONDUCTOR:

Se deberá calcular que el conductor no alcanza la temperatura máxima de 200°C durante un cortocircuito.

Según la IEEE-80, se describe la siguiente expresión (20), para relacionar temperaturas máximas alcanzadas, sección de conductor e intensidad admisible:

$$A_{mm^2} = I \cdot \sqrt{\frac{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 10^4}{TCAP \cdot \ln\left(1 + \frac{T - T_a}{K_0 + T_a}\right)}} \quad (20)$$

siendo:

- α_0 : coeficiente térmico de la resistividad del conductor a 0°C (21), 0,00413.

$$K_0 = 1/\alpha_0 \quad (21)$$

- α_r : coeficiente térmico de la resistividad del conductor a 20°C, 0,00381
- T_f : temperatura de fusión del conductor, 1.084
- ρ_r : resistividad de conductor, 1,777 $\mu\Omega \cdot cm$
- $TCAP$: factor de capacidad térmica del conductor, 3,422 J/cm³/°C
- t_c : tiempo de duración de la falta (mínimo 1 segundo, MIE – RAT 13 apartado 3.4. e), 1 seg.
- T_a : temperatura ambiente de calentamiento, 25 °C
- I : valor eficaz de la máxima intensidad hacia la red de tierras, 24,2 kA

(aplicando todos los factores de aumento y ninguno de reducción)

Despejando en este caso la temperatura, se obtiene un valor de 85,51 °C, muy por debajo de la máxima admisible, de 200° C

Con esta sección, la densidad de corriente es de 101,41 A/mm², inferior a los 160 A/mm² máximos admisibles para el Cu.

6) VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA:

El cálculo teórico de las máximas tensiones de paso y contacto que se van a presentar en la instalación descrita se realiza por aplicación de las fórmulas ANSI/IEEE Std 80, propuesta de 1996:

- Máxima tensión de paso (inferior a V_p^{adm}) (22): 612,69 V

$$V_S = \frac{\rho \cdot K_i \cdot K_s \cdot I_G}{L_S} \quad (22)$$

- Máxima tensión de contacto (inferior a V_c^{adm}) (23): 729,38 V

$$V_m = \frac{\rho \cdot K_i \cdot K_m \cdot I_G}{L_m} \quad (23)$$

siendo:

- ρ : resistividad del terreno
- K_i : factor de irregularidad (24),

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n \quad (24)$$

- K_s (25), K_m (26): caracterización de la geometría de la red,

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} \cdot (1 - 0,5^{n-2}) \right] \quad (25)$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\text{Ln} \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} + \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \text{Ln} \left(\frac{8}{\pi \cdot (2n-1)} \right) \right] \quad (26)$$

Donde, n: número equivalente de conductores de la malla paralelos en una dirección (27):

$$n = n_I \cdot n_{II} \cdot n_{III} \cdot n_{IV} \quad (27)$$

$$n_I = \frac{2 \cdot L_C}{L_p} ; \quad n_{II} = \sqrt{\frac{L_p}{4 \cdot \sqrt{A}}} ; \quad n_{III} = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{0,7 \cdot A} ; \quad n_{IV} = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \quad (28)$$

donde:

- L_c : longitud total de los conductores de la malla

- L_p : longitud de la periferia de la malla
- A : área de la malla
- L_x : longitud máxima de la malla en la dirección x
- L_y : longitud máxima de la malla en la dirección y
- D_m : mayor diagonal de la malla
- $I_G/L_s, I_G/L_m$: densidad de corriente media por unidad de longitud efectiva de conductor enterrado.

$$L_s = 0,75 \cdot L_c + 0,85 \cdot L_R \quad (29)$$

$$L_m = L_c + \left[1,55 + 1,22 \cdot \frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right] \cdot L_R \quad (30)$$

donde:

- L_c : longitud total de los conductores de la malla
- L_R : suma de la longitud de todas las picas
- L_r : longitud media de cada pica
- L_x : longitud máxima de la mala en la dirección x
- L_y : longitud máxima de la malla en la dirección y
- D_m : mayor diagonal de la malla

7) CÁLCULOS ADICIONALES: RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Resistencia de la puesta a tierra según Fórmula de Sverak (31):

$$R_g = \rho \cdot \left[\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20 \cdot A}} \cdot \left(1 + \frac{1}{1+h \cdot \sqrt{20/A}} \right) \right] = 0,29 \Omega \quad (31)$$

siendo:

- r resistividad media de la tierra
- A : área ocupada por la malla de puesta a tierra
- L : longitud total de conductor enterrado, $L = L_c + L_R$ $L = L_c + 1.15 \cdot L_R$
- h : profundidad de enterramiento de la malla

8) CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA:

Habiendo realizado las comprobaciones pertinentes, se considera que la malla de puesta a tierra cumple con los requisitos y, tras la realización de las medidas en obra de las tensiones de paso y contacto, se considera aseverada la calidad de la misma.

IV. ANEXO IV: COORDINACION DE AISLAMIENTO

En este nivel de tensión nominal de 132 kV, la elección del aislamiento debe hacerse principalmente en función de las sobretensiones debidas al rayo (sobretensión atmosférica).

- Tensión más elevada de la red: 145 kV
- BIL (Basic Impulse Insulation Level) de los aparatos: 650 kV

1) $U_{max} = 145 \text{ kV}$

$$U_{simple} = \frac{145}{\sqrt{3}} = 83,72 \text{ kV} \quad (32)$$

En la gráfica que da el fabricante se observa que los pararrayos pueden soportar sobretensiones de 0,8 veces su valor nominal (U_r) durante tiempo indefinido.

$$U_1 = \frac{83,72}{0,8} = 104,64 \text{ kV} \quad (33)$$

Lo cual indica que el pararrayos de 104,64 kV puede soportar continuamente 83,72 kV sin descargar.

- 2) Aplicando el coeficiente de defecto a tierra que es 1'4 de la tensión simple máxima y admitiendo un tiempo de despeje de la p.a.t de 2 segundos, lo que supone una disminución del 8% de la tensión, tendremos:

$$U_2 = \frac{83,72 \cdot 1,4}{1,08} = 108,52 \text{ kV} \quad (34)$$

Es decir, eligiendo un pararrayos de 108,52 kV se podría soportar una sobretensión de un 40 % durante 2 segundos.

- 3) Se elige el tipo de pararrayos de manera que la tensión nominal sea de un valor comercial superior a la mayor de las dos tensiones nominales calculadas (U_1 y U_2), en este caso 120 kV.

La clase se fija considerando la máxima corriente de descarga que se pueda presentar en caso de un cortocircuito. En este caso "Station type" de 10 kA.

La tensión residual máxima de los equipos a instalar es de 288 kV.

$$U2 = \frac{BIL}{Tension\ residual} \geq 1,2 \quad (35)$$

$$\frac{650}{288} = 2,26 \geq 1,2 \text{ kV} \quad (36)$$

Por consiguiente, cumple la coordinación de seguridad exigida, así como el coeficiente extra de seguridad del 20%.

- 4) La longitud de la línea de fuga se selecciona en función del nivel de contaminación existente en el lugar de emplazamiento del pararrayos, en este caso un nivel de contaminación bajo, la longitud de la línea de fuga se establece en un mínimo de 4.495 mm (31 mm/kV).

V. ANEXO V: ESTUDIO ACÚSTICO DE LA SUBESTACION ELECTRICA DE ROMIÓ

INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se detalla el estudio acústico de la Subestación Eléctrica de Romió con el objetivo de determinar los niveles de ruido de inmisión en el entorno de la parcela prevista para la subestación. Para ello, se estiman los niveles máximos previstos según para comprobar que se cumple lo establecido en la normativa y legislación vigente en materia de ruido.

Se estudian con detalle las fuentes de ruido y su funcionamiento, teniendo en cuenta el perfil geográfico donde se encuentran, logrando una estimación del impacto acústico que van a generar las principales fuentes de ruido de la subestación eléctrica proyectada.

La evaluación de los resultados se ha realizado siguiendo los criterios que dicta el Real Decreto 1367/2007 de 19 de octubre [8], por el que se desarrolla la Ley 37/2003 [29], de 17 de noviembre [35], del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Para el estudio del ruido producido por la subestación eléctrica se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Zonificación acústica de acuerdo a la Ordenanza Municipal para la Protección del Medio Ambiente y la Salud Contra la Contaminación por Ruidos o Vibraciones del municipio de Candamo sobre protección contra la contaminación acústica.
- Límites máximos de inmisión sonora según Ordenanza Municipal.
- Las especificaciones técnicas de los fabricantes de los equipos identificados como principales fuentes de ruido: Transformadores de potencia y Reactancias.
- Situación de los principales receptores en el entorno de la subestación.
- Parámetros del medio físico, modelo digital del terreno, vegetación y clima que se han empleado en el modelo.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre [8], por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- Resolución de 8 de abril de 2009, de la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras, por la que se aprueba el documento de referencia para la

evaluación de los efectos sobre el medio ambiente de la Revisión Parcial del Plan General de Ordenación de Candamo para habilitar suelo en el que instalar una subestación eléctrica [30].

El modelo predictivo se ha realizado con el software Cadna/A (DataKustik) que cumple con los estándares europeos recomendados por la Directiva Europea 2002/49/CE del Parlamento Europeo del 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Para las simulaciones acústicas se empleará el modelo ISO 9613 1-2 comúnmente usado para el cálculo predictivo de ruido industrial.

AREA DE ESTUDIO

La zona donde se encuentran ubicada la instalación de HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U proyectada es principalmente una zona de suelo industrial, aunque está rodeada de algunas viviendas. Las potencialmente más afectadas se señalan a continuación:

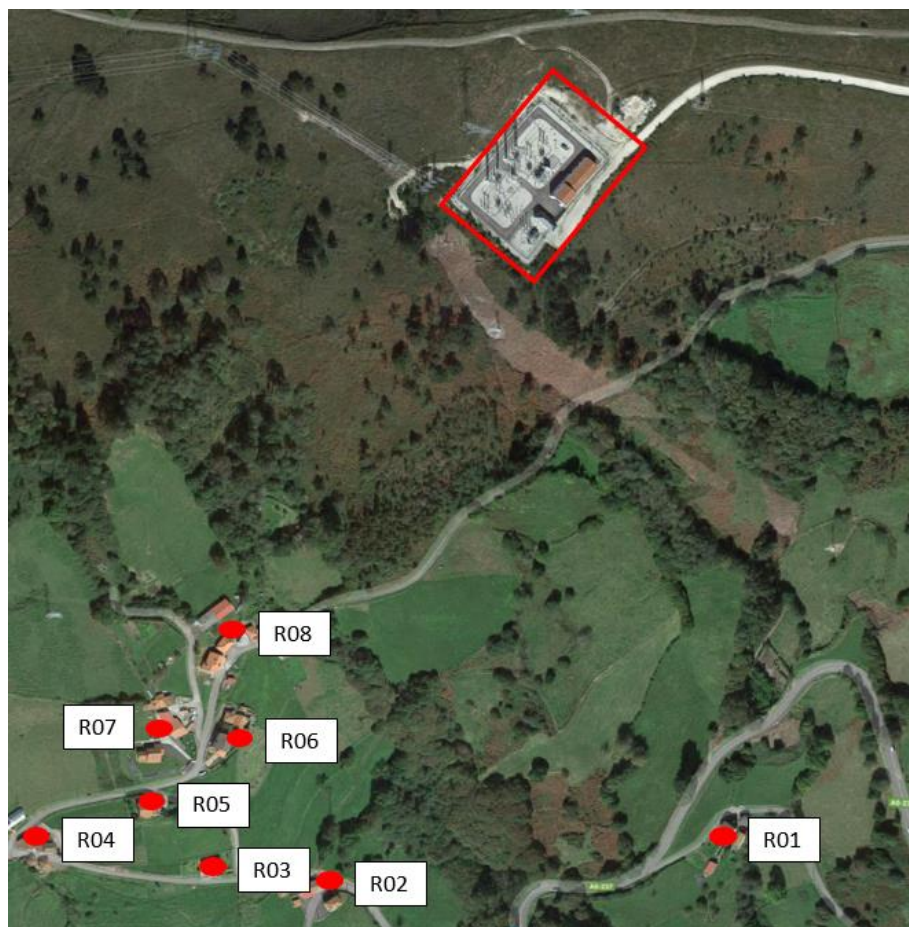


Figura 5.1 Codificación de los receptores identificados y evaluados

A continuación, en la tabla adjunta, se recogen el uso y las coordenadas de los receptores:

RECEPTOR	CÓDIGO	USO	COORDENADA X	COORDENADA Y
1	R01	Residencial	43.477067	-6.000737
2	R02	Residencial	43.476791	-6.004256
3	R03	Residencial	43.476970	-6.005171
4	R04	Residencial	43.477160	-6.006756
5	R05	Residencial	43.477351	-6.005732
6	R06	Residencial	43.477856	-6.005068
7	R07	Residencial	43.477936	-6.005506
8	R08	Residencial	43.478540	-6.005041

Tabla 5.1 Clasificación de los receptores acústicos cercanos a la SE de Romió

ASPECTOS GENERALES

Para la configuración del modelo informático ha sido necesario disponer de la cartografía del área de estudio, con las curvas de nivel en 3D para tener un buen modelo digital del terreno (MDT). Al MDT se le han añadido todos los elementos que pueden influir en el cálculo de la propagación del ruido, como son los edificios de las propias instalaciones de REE, con las alturas correspondientes.

Otro factor importante en la propagación del ruido es la climatología, por lo que el modelo se ha configurado con los datos climatológicos de la zona.

Una vez configurada la zona de estudio se han caracterizado las diferentes fuentes de ruido de las instalaciones. La ubicación de los emisores en el modelo se ha realizado con la ayuda de los planos georreferenciados de la distribuidora.

Para el caso de la subestación, se han tomado los datos máximos de emisión, que corresponden a 70 dB(A) para los transformadores y a 66 dB(A) para las reactancias, teniendo en cuenta que se trata de nivel de presión acústica medido a 2 m y a 0,3 m. de los equipos respectivamente. Los mapas de nivel de ruido resultantes hacen referencia a la altura de 1,5 m del nivel del suelo y permiten identificar las áreas donde los niveles de ruido son excesivos.

MODELO EN CADNA/A

El Cadna/A es un programa para el cálculo y presentación de niveles de contaminación acústica, tanto en prognosis como en verificación de cálculos y medidas. Se tienen en cuenta los siguientes modelos:

- **Modelo de propagación:** contempla todos los parámetros que intervienen en la propagación: apantallado, reflexión (hasta orden 20), absorción del suelo, meteorología, dirección del viento, difracción (horizontal y vertical), etc. Tiene suma importancia el comportamiento en el cálculo de los diferentes elementos que actúan como obstáculos, en este caso lo serían:

edificios, pantallas acústicas, elementos cilíndricos, diques de tierra, puentes y túneles, etc. Cualquier combinación de estos elementos es acústicamente relevante. El modelo seleccionado en el software para la propagación de ruido de industria se basa en la norma ISO 9613 -1/2 por lo que concierne al comportamiento del ruido ante obstáculos, la atenuación del terreno o la atenuación del aire.

- **Modelo del terreno (DTM):** el modelo digital de terreno (DTM) emplea avanzados procesos de triangulación por los cuales cada borde topográfico se comporta como obstáculo para la propagación de ruido y está compuesto por tres tipos de elementos: líneas de nivel, puntos de cota y líneas de falla. Las líneas de contorno son líneas abiertas que poseen una altura diferente en cada uno de sus puntos. Si todos los puntos tienen la misma altura, entonces se da el caso de una Isolina. Las líneas de falla son líneas de corte con Isolina de terreno, proporcionando una suave transición desde la altura del primer punto hasta la altura del último. La superficie de terreno se sustituye por una red de superficies planas triangulares cuyos bordes convergen en las líneas de nivel. Tanto las líneas de nivel como los bordes y los planos triangulares se incluyen automáticamente en los cálculos de apantallamiento y de propagación.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ACÚSTICA

El ayuntamiento donde se emplaza la SE de Romió no dispone de mapas públicos de capacidad acústica por lo que se remite a lo establecido en la Ordenanza Municipal Para la Protección del Medio Ambiente y la Salud Contra la Contaminación por Ruidos o Vibraciones del municipio, en la que se delimita el territorio en las siguientes zonas de sensibilidad acústica:

ZONIFICACIÓN	CLASIFICACIÓN	USO PREDOMINANTE
Zona I (de silencio)	E	Sanitario, docente, cultural
Zona II (ligeramente ruidosa)	A	Residencial
Zona III (tolerablemente ruidosa)	D	Terciario diferente de C
Zona IV (ruidosa)	C	Terciario con predominio de suelo de tipo recreativo y espectáculos
Zona V (acentuadamente ruidosa)	B	Industrial
Zona VI (especialmente ruidosa)	F	Sistemas generales de infraestructuras de transporte y otros equipamientos públicos que los reclamen
Zona VII	G	Espacios naturales de especial protección contra la contaminación acústica

Tabla 5.2 Clasificación de las distintas zonas del entorno de la SE de Romió (Fuente: resolución de 8 abril de 2009, Consejería MA)

Según la calificación del suelo reflejada en la Resolución de 8 de abril de 2009, de la Consejería de Medio Ambiente, Ordenación del Territorio e Infraestructuras, por la que se aprueba el documento de referencia para la evaluación de los efectos sobre el medio ambiente de la Revisión Parcial del Plan General de Ordenación de Candamo para habilitar suelo en el que instalar una subestación eléctrica, el entorno de la subestación de Romió corresponde a suelo “SNU Interés Forestal” que pasaría a “SNU de Infraestructuras”. Sin embargo, se han identificado en el entorno cercano a la subestación 8 viviendas de uso residencial. Sobre estos receptores se ha considerado que, dado su uso residencial, los niveles límite corresponden a Zona II - Clasificación A – Uso Residencial, aunque el suelo este calificado en la ordenación existente como rústico.

En la mencionada ordenanza municipal, los valores límite de inmisión se recogen en la tabla 1.3. En el caso del presente estudio, los valores que se toman son los correspondientes a la Zona II – Clasificación A – Uso Residencial, que es de aplicación sobre los receptores identificados como viviendas en el entorno de la SE de Romió. Puesto que la subestación estará en funcionamiento las 24 horas del día, es de aplicación el horario más restrictivo, es decir, el nocturno.

Tipo de área acústica			Índices de ruidos Db(A)		
			Lk, d	Lk, e	Lk, n
I	E	Sanitario, docente, cultural	50	50	40
II	A	Residencial	55	55	45
III	D	Terciario diferente a C	60	60	50
IV	C	Terciario con predominio de suelo tipo recreativo y espectáculos	63	63	53
V	B	Industrial	65	65	55

Tabla 5.3 Índices de ruidos (dB) según tipo de área acústica (Fuente: Ordenanza Municipal Candamo)

El modelo seleccionado en Cadna/A para la propagación de ruido de industria se basa en la norma ISO 9613 -1/2 por lo que concierne al comportamiento del ruido ante obstáculos, la atenuación del terreno o la atenuación del aire. Para los cálculos se ha estimado una temperatura media de 20°C y una humedad relativa del 70%.

Además, para poder tener en cuenta la influencia del viento en la propagación del ruido, se ha contemplado la ISO 9613 y que tiene en cuenta los efectos de la meteorología a efectos de velocidad y dirección del viento y tipo de estabilidad atmosférica.

Norma para ruido industrial	ISO 9613 Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors
Meteorología	Concawe
Velocidad del viento	10,8 km/h = 3 m/s
Dirección	240° (Oeste – Sur-Oeste)
Radiación solar media	20 MJ/m ²
Orden de Reflexión	1

Tabla 5.4 Datos meteorológicos de entrada (Fuente: Software Cadna/A)

A causa de las características acústicas de los transformadores, con presencia típica de componentes tonales acusadas a 100 y 200 Hz, se ha estimado una afectación media por presencia de componentes tonales emergentes (Kt), que corresponde a una corrección de 3 dB.

La zona objeto de estudio es un entorno rural donde la presencia de la carretera es una fuente de ruido de tráfico con una presencia muy fuerte de componentes de baja frecuencia. Es por eso que se considera que la baja frecuencia que se pueda percibir en algunos puntos será debida al tráfico rodado y no procede considerarla en el cálculo resultante.

El ruido que generan los transformadores es muy continuo sin variaciones repentinas del nivel de ruido, por lo que no llevan implícitas componentes impulsivas. Es por lo que este factor no se tendrá en cuenta en la evaluación de los resultados.

De acuerdo con lo establecido en el Anexo IV del RD 1367/2007 [8], el valor del nivel sonoro resultante se redondeará incrementándolo en 0,5 dB(A), tomando la parte entera como valor resultante.

Los mapas de nivel de ruido hacen referencia a la altura de 1,5 m del nivel del suelo y permiten identificar las áreas donde los niveles de ruido son excesivos.

RESULTADOS

Los resultados hacen referencia solo a los niveles generados por las instalaciones de HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U, sin tener en cuenta otras fuentes de ruido ajenas a la actividad, presentes en el escenario de estudio, como podría ser la carretera. Se presentan con los niveles de presión sonora obtenidos en los receptores virtuales mediante las mallas horizontales de curvas isófonas.

- **Niveles obtenidos:** En la siguiente tabla se muestran los niveles equivalentes globales obtenidos en los puntos de inmisión, correspondientes a las viviendas más cercanas y potencialmente afectadas, y que se han relacionado como receptores:

RECEPTOR	NIVEL DE RUIDO EQ. PARA DIA, TARDE Y NOCHE LAeq,T Db(A)	CORRECCIONES			Lkeq,T db(A)
R01	39,7	3	0	0	43
R02	39,4	3	0	0	42
R03	38,5	3	0	0	42
R04	38,0	3	0	0	41
R05	37,7	3	0	0	41
R06	45,9	3	0	0	49
R07	48,3	3	0	0	51
R08	42,9	3	0	0	46

Tabla 5.5 Niveles equivalentes de ruido obtenidos en los puntos receptores

A continuación, en la figura 1.1 se adjunta plano del territorio analizado donde se representan las diferentes isófonas (curvas que delimitan las zonas de igual nivel sonoro) en intervalos de 1 dBA. Todos los niveles corresponden a niveles de ruido equivalentes LKeq,T.

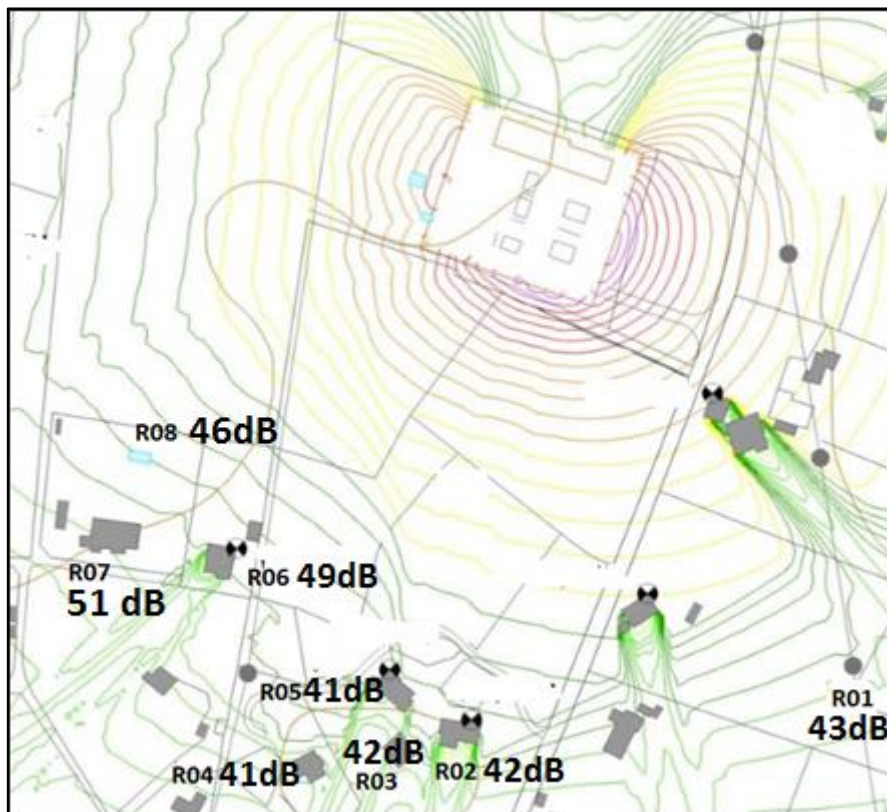


Figura 5.2 Valores de inmisión Lkeq obtenidos en los receptores evaluados según el modelo. (Fuente: Cadna/A)

- **Evaluación de resultados:** primero se hace una evaluación de los niveles de ruido calculados en los receptores considerados en relación a los niveles de inmisión límite establecidos. En color verde figuran los receptores que están por debajo de los niveles límite de inmisión establecidos. En color rojo figuran los receptores que están por encima de los niveles límite de inmisión establecidos. Para interpretar los resultados cabe remarcar que el error de cálculo del programa de simulación es del orden de los ± 3 dBA. En la tabla 1.6 se observa que no existe incumplimiento en ningún receptor.

RECEPTOR	DÍA		TARDE		NOCHE	
	Lkeq,d (dB)	Valor límite	Lkeq,e (dB)	Valor límite	Lkeq,n (dB)	Valor límite
R01	43	55	43	55	43	45
R02	42	55	42	55	42	45
R03	42	55	42	55	42	45
R04	41	55	41	55	41	45
R05	41	55	41	55	41	45
R06	49	55	49	55	44	45
R07	51	55	51	55	45	45
R08	46	55	46	55	43	45

Tabla 5.6 Resultados evaluación niveles de ruido calculados en los receptores (viviendas cercanas)

CONCLUSIONES

Atendiendo a los resultados reflejados en las tablas anteriores se observa que se cumple la normativa vigente en todos los puntos receptores tanto de día como de noche. Se ha tenido las siguientes comprobaciones:

- Los resultados obtenidos de las simulaciones que se han llevado a cabo han tenido en cuenta los niveles máximos de emisión emitidos suministrados por el fabricante de los equipos en condiciones óptimas de laboratorio acústico.
- Se supone un régimen de funcionamiento para las máquinas de entre el 30 y 60% de su capacidad de trabajo.
- Se han considerado las condiciones más restrictivas de funcionamiento para las máquinas de propagación de ruido, la absorción del suelo, la climatología, etc.

El resultado final es el cumplimiento completo de los valores de inmisión de ruido establecidos en la normativa vigente en todos los periodos del día.

VI. CÁLCULO DE LAS INTENSIDADES DE CORTOCIRCUITO

En este anexo se establecen los cálculos necesarios para los niveles de las intensidades de cortocircuito de la instalación, atendiendo a los siguientes criterios básicos con los que se ha diseñado la subestación eléctrica de Romió y los de la nueva instalación de 20kV:

Instalación de 132 kV:

- Tensión nominal.....132 kV
- Tensión más elevada para el material (v. e.).....145 kV
- Neutro.....Rígido a tierra
- Intensidad de cortocircuito trifásico (v. e.).....40 kA
- Tiempo de extinción de la falta.....0,5 s
- Nivel de aislamiento:
 - a) Tensión soportada a impulso tipo maniobra.....275 kV
 - b) Tensión soportada a impulso tipo rayo.....650 kVcr
- Línea de fuga mínima para aisladores.....3.625 mm (25 mm/kV)

Instalación de 20 kV:

- Tensión nominal.....20 kV
- Tensión más elevada para el material (v. e.).....24 kV
- Neutro.....P. a T. a través de resistencia
- Intensidad de cortocircuito trifásico (v. e.).....25 kA
- Tiempo de extinción de la falta.....0,6 s
- Nivel de aislamiento:
 - a) Tensión soportada a impulso tipo maniobra.....50 kV
 - b) Tensión soportada a impulso tipo rayo.....125 kVcr
- Línea de fuga mínima para aisladores.....600 mm (25 mm/kV)

Además, para permitir evoluciones futuras del sistema eléctrico sin impacto en la nueva subestación y a efectos de cálculo de esfuerzos térmicos y dinámicos de cortocircuito, se considerará una intensidad de cortocircuito de 40 kA para los módulos blindados y la apartamentada convencional del sistema de 132 con una duración máxima de 0,5 seg.

Los niveles de falta considerados tomando como horizonte el año 2050 son los siguientes:

	MONOFÁSICA (KA)	TRIFÁSICA (KA)
(132 KV)	24,2	29,3

Tabla 6.1 Niveles de falta tomando como horizonte el año 2050

- **Cortocircuito en lado de 132KV:**

Con los datos de partida expuestos en la tabla 6.1, tomando como horizonte el año 2050, se procedes a calcular la potencia y la intensidad de cortocircuito en barras, que es el punto de mayor sollicitación eléctrica, para el caso más desfavorable de reactancia de cortocircuito.

Tomando como Potencia Base (P_{base}) la potencia total futura del sistema, es decir 130 MVA y reduciendo el circuito a dicha potencia, para lo cual es necesario definir las reactancias transitorias de los componentes generadores de intensidad de defecto en el recorrido de dicha intensidad, desde el punto en el que se genera esta:

1) Líneas de 132 kV:

$$P_{CC} = \sqrt{3} \cdot I_{CC} \cdot U_N = \sqrt{3} \cdot 29,3 \cdot 132 = 6.699 \text{ MV} \quad (37)$$

$$X_L = \frac{P_{base}}{P_{CC}} = \frac{130}{6.699} = 0,0194 \Omega \quad (38)$$

2) Transformadores:

$$X_{T1} = \frac{\varepsilon_{cc} \cdot P_{base}}{100 \cdot P_n} = \frac{7,5 \cdot 130}{100 \cdot 50} = 0,195 \Omega \quad (39)$$

$$X_{T2} = \frac{\varepsilon_{cc} \cdot P_{base}}{100 \cdot P_n} = \frac{9,5 \cdot 130}{100 \cdot 30} = 0,412 \Omega \quad (40)$$

$$X_{T3} = \frac{\varepsilon_{cc} \cdot P_{base}}{100 \cdot P_n} = \frac{9,5 \cdot 130}{100 \cdot 30} = 0,412 \Omega \quad (41)$$

$$X_{T4} = \frac{\varepsilon_{cc} \cdot P_{base}}{100 \cdot P_n} = \frac{12 \cdot 130}{100 \cdot 20} = 0,780 \Omega \quad (42)$$

Se obtiene el siguiente esquema equivalente:

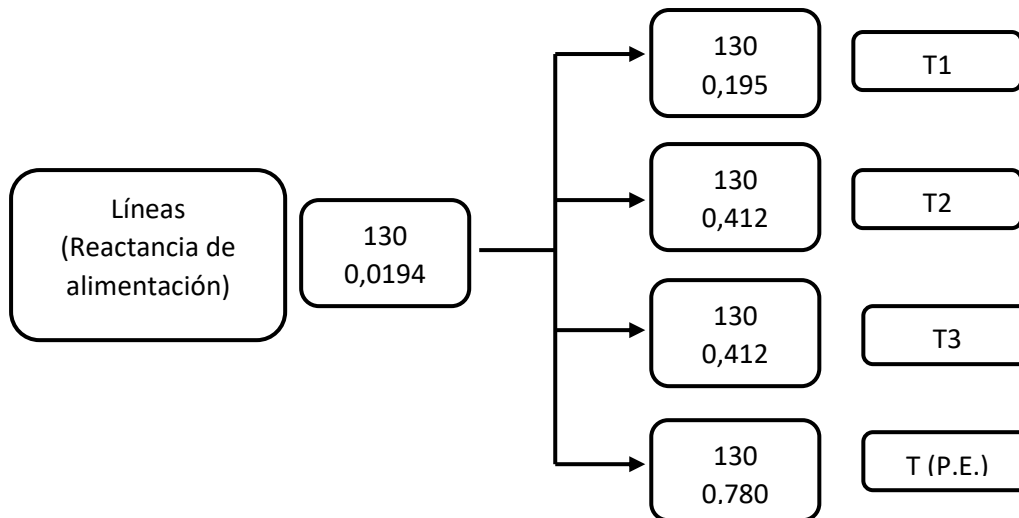


Tabla 6.2 Esquema equivalente de las reactancias de cortocircuito calculadas

Se aprecia que la aportación de los transformadores a la falta no es del todo despreciable frente a la aportación de las líneas, por lo que se reduce el circuito a la impedancia de las líneas a fin de ver la aportación de cada una de ellas.

$$P_{T1} = \frac{130 \cdot 0,0194}{0,195} = 12,93 \text{ MVA} \quad (43)$$

$$P_{T2} = \frac{130 \cdot 0,0194}{0,412} = 6,12 \text{ MVA} \quad (44)$$

$$P_{T3} = \frac{130 \cdot 0,0194}{0,412} = 6,12 \text{ MVA} \quad (45)$$

$$P_{T(P.E.)} = \frac{130 \cdot 0,0194}{0,780} = 3,23 \text{ MVA} \quad (46)$$

Con lo que se tiene:

$$P_{CC} = 130 + 12,93 + 6,12 + 6,12 + 3,23 = 158,40 \text{ MVA} \quad (47)$$

$$X_{CC} = 0,0194 \Omega \quad (48)$$

Volviendo a magnitudes reales se obtienen las siguientes potencias e intensidades de cortocircuito:

$$P_{CC} = \frac{158}{0,0194} = 8.165 \text{ MVA} \quad (49)$$

$$I_{CC} = \frac{P_{CC}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{8.165}{\sqrt{3} \cdot 132} = 35,7 \text{ kA} \quad (50)$$

Se aprecia que los aparatos y equipos de la instalación de 132kV superan estos valores calculados.

VII. CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS

RED DE TIERRAS INFERIORES

Para el cálculo de la red de tierras se tienen en cuenta los valores máximos de tensiones de paso y contacto que establece el reglamento de Centros de Transformación, en su artículo MIE-RAT 13, así como la norma IEEE-80-2000: "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding".

❖ Valor de la resistividad del terreno

Se considera como valor estimado de la resistividad del terreno, a efectos de cálculo, 100 $\Omega\cdot\text{m}$, valor promedio de la roca subyacente (pizarras) según MIE-RAT 13. Una vez realizado el estudio geotécnico de la parcela afectada por la instalación y obtenido el valor real de la resistividad del terreno, es necesario recalcular la malla de tierras inferiores.

❖ Tensiones de paso y contacto máximas admisibles

Los datos utilizados para el cálculo de la red de tierras para la subestación de Romió son:

- Tiempo de despeje de la falta (t):0,5 s
- Intensidad de falta monofásica a tierra:24,2 kA
- Resistividad de la capa superficial (grava) (ρ_s): ..3.000 $\Omega\cdot\text{m}$

Según el MIE-RAT 13, las tensiones de paso y contacto máximas admisibles son:

Tensión de paso:

$$V_p = \frac{10K}{t^n} \left(1 + \frac{6\rho_s}{1000} \right) = 27.360 \text{ V} \quad (51)$$

Tensión de contacto:

$$V_c = \frac{K}{t^n} \left(1 + \frac{1,5\rho_s}{1000} \right) = 792 \text{ V} \quad (52)$$

Según IEEE-80-2000 dichos valores son (para una persona de 70 kg):

Tensión de paso:

$$E_{step} = (1000 + 6 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \quad (53)$$

Tensión de contacto:

$$E_{touch} = (1000 + 1,5 \cdot C_s \cdot \rho_s) \frac{0,157}{\sqrt{t_s}} \quad (54)$$

Siendo C_s el factor de reducción siguiente:

$$C_s = 1 - \left(\frac{0,09 \cdot (1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2 \cdot h_s + 0,09} \right) \quad (55)$$

Donde:

ρ : resistividad del terreno = 100 Ωm

ρ_s : resistividad de la gravilla = 3.000 Ωm

h_s : espesor capa de gravilla = 0,1 m

Con lo que de (55), (54) y (53) se obtiene:

$$C_s = 0,70$$

$$E_{step} = 3.020 \text{ V}$$

$$E_{touch} = 921 \text{ V}$$

❖ Resistencia de puesta a tierra

Para calcular la resistencia de la red de tierra se utiliza la expresión (56):

$$R_g = \rho \left(\frac{1}{L} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right) = 0,69 \Omega \quad (56)$$

Donde:

ρ : resistividad del terreno = 100 Ωm

L : longitud total de conductor enterrado = $L_{\text{malla}} + (N^{\circ}\text{picas} \cdot L_{\text{picas}}) = 2.250 \cdot (12 + 3)$
 $= 2.286 \text{ m}$

h : profundidad de enterramiento del conductor = 0,6 m

A : superficie ocupada por la malla = 4.665 m²

Se ha considerado la totalidad de la malla de la subestación compuesta por cable de Cu de 120 mm² con un diámetro de 0,014 m.

❖ Intensidad de defecto a tierra

El valor tomado de la intensidad monofásica de cortocircuito para la subestación es de 24,2 kA.

El MIE-RAT 13 establece una reducción de un 30% de ese valor al tener neutro rígido a tierra en la instalación. De acuerdo con la IEEE-80-2000 se puede aplicar un factor de reducción S_f en función de los caminos de retorno adicionales que suponen las líneas de transmisión y distribución que llegan a la subestación.

Dado que la subestación tiene capacidad para un total de 2 líneas y 3 transformadores, se adopta un 100 % de contribución remota.

Para determinar esta reducción se utiliza el gráfico siguiente, partiendo de la resistencia de puesta a tierra (R_g) y el número de líneas de transmisión y transformadores de distribución.

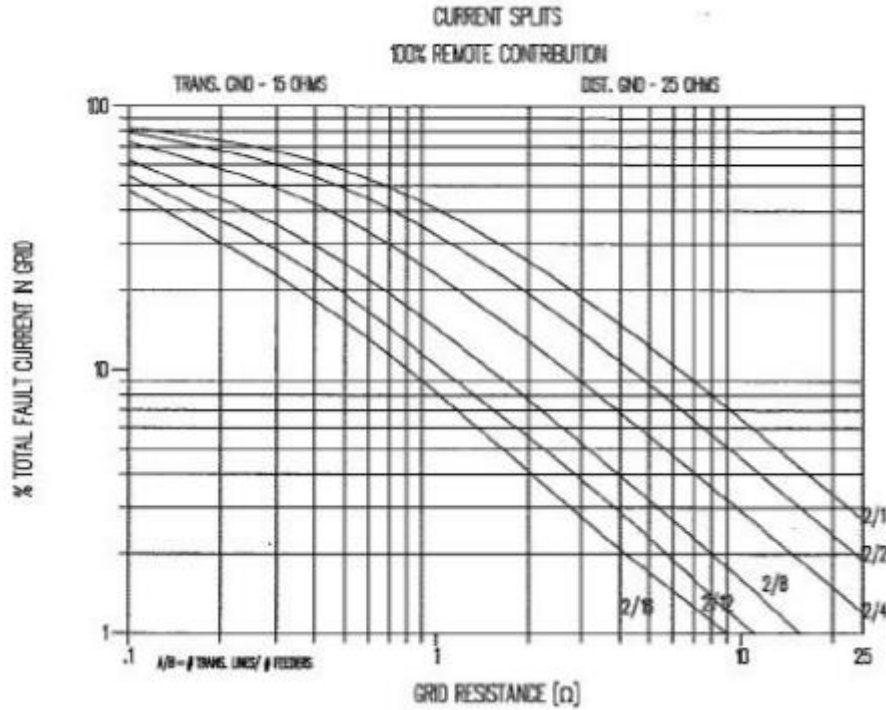


Figura 7.1 Curva C3 para calcular el factor de reducción S_f

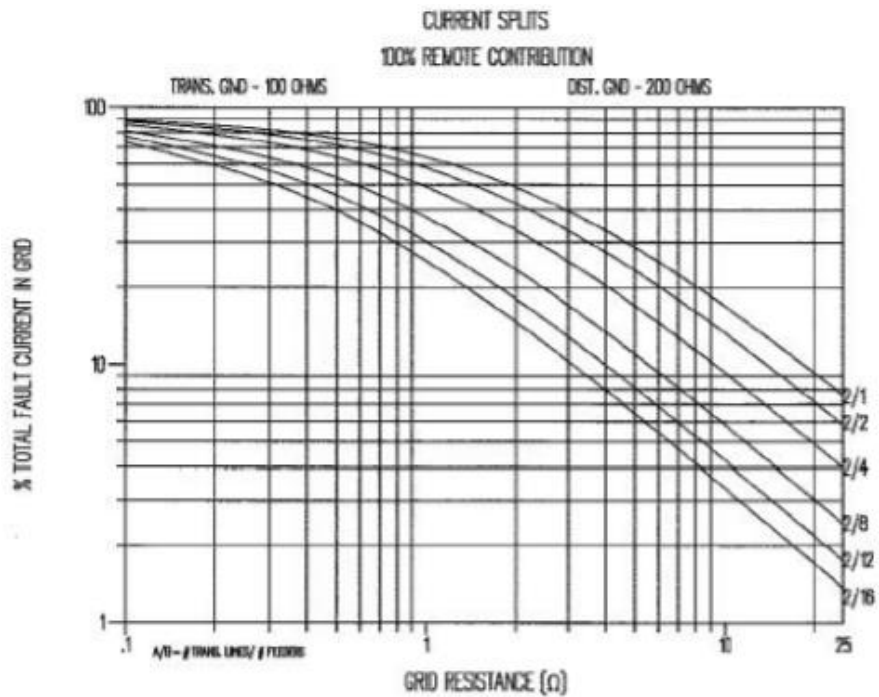


Figura 7.2 Curva C4 para calcular el factor de reducción S_f

Como la resistencia de puesta a tierra es de $0,69 \Omega$, el factor que resulta es del 35%, si se considera una resistencia a tierra de la línea de 15Ω , y 60%, se considera una resistencia a tierra de 100Ω . Se toma el valor promedio de ambos como factor reductor del 47,5%. Por lo tanto, la Intensidad total disipada a tierra por la malla será:

$$I_g = 24,2 \cdot 0,7 \cdot 0,475 = 8,05 \text{ kA} \quad (57)$$

❖ Evaluación de tensiones de paso y contacto

Utilizando el estándar IEEE 80, se pueden calcular unos valores previstos de tensiones de paso y contacto para unos determinados niveles de falta, y para un diseño previo de la malla de red de tierras.

Los datos iniciales utilizados para el cálculo han sido:

- Resistividad del terreno (ρ)..... $100 \Omega \cdot \text{m}$
- Espaciado medio entre conductores (D)..... 5 m
- Profundidad del conductor enterrado (h) $0,6 \text{ m}$
- Diámetro del conductor (120 mm^2) (d)..... $0,014 \text{ m}$
- Intensidad de defecto (I_g)..... $8,05 \text{ kA}$

Partiendo de los valores indicados, e introducidos en las fórmulas desarrolladas en el estándar IEEE 80, se obtienen los siguientes valores intermedios:

$$K_h = \sqrt{1 + h} = 1,265 \quad (58)$$

$$K_i = 0,644 + 0,148 \cdot n = 3,148 \quad (59)$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{\frac{2}{n}}} = 0,659 \quad (60)$$

$$n_a = \frac{2 \cdot L_C}{L_P} = 15,517 \quad (61)$$

$$n_b = \sqrt{\frac{L_P}{4 \cdot \sqrt{A}}} = 1,030 \quad (62)$$

$$n_c = \left[\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right]^{0,7 \cdot A} = 1,059 \quad (63)$$

$$n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} = 1,000 \quad (64)$$

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d = 16,919 \quad (65)$$

Donde:

L_c = longitud del conductor de la malla = 2.250 m
 L_p = longitud del perímetro de la malla = 290 m
 L_x = longitud máxima de la malla en la dirección x = 85 m
 L_y = longitud máxima de la malla en la dirección y = 60 m
 D_m = máxima distancia entre dos puntos en la malla = 104 m

Por lo que:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16h \cdot d} + \frac{(D+2h)^2}{8D \cdot d} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_i} \cdot \ln \left(\frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right] = 0,663 \quad (66)$$

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0,5^{n-2}) \right] = 0,386 \quad (67)$$

Para determinar la tensión de contacto, en mallas de tierras sin picas o con picas dispersas por la malla pero no en las esquinas, se tiene que la longitud enterrada efectiva, L_M , es:

$$L_M = L_C + L_R$$

Para nuestro caso, en mallas de tierras con picas en las esquinas, así como a lo largo de su perímetro y sobre toda la rejilla, la longitud enterrada efectiva, L_M , es:

$$L_M = L_C + \left[1,55 + 1,22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] \cdot L_R = 2.307m$$

donde:

$L_r = \text{longitud de cada pica de tierra} = 3 \text{ m}$

$LR = \text{longitud total de todas las picas de tierra} = 3 \cdot 12 = 36 \text{ m}$

Para determinar la tensión de paso, en mallas con o sin picas de tierra, se tiene que la longitud enterrada efectiva, L_S , es:

$$L_S = 0,75 \cdot L_C + 0,85 \cdot L_R = 1,718 \text{ m}$$

De acuerdo con la IEEE-80-2000, la fórmula que permite obtener el valor de la tensión de contacto es:

$$E_{\text{contacto}} = \rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot \frac{I_g}{L_S} = 569 \text{ V}$$

Los valores obtenidos son menores que los valores límite tanto de la IEEE-80-2000 como de la MIE-RAT 13.

❖ Conductor

Para determinar la sección mínima del conductor se utiliza la expresión que indica el estándar IEEE 80, para conductores de cobre:

$$A = I \cdot \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP \cdot 10^{-4}}{t_c \cdot \alpha_r \cdot \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)}} = 10,24 \text{ mm}^2$$

donde:

I : mitad de la intensidad de falta a tierra = 4,025 kA

t_c : tiempo máximo de falta = 0,5 s

T_m : temp. máxima que pueden alcanzar el conductor y las uniones = 1084 °C

T_a : temperatura ambiente = 45 °C

$TCAP$: Capacidad Térmica del conductor 3,42 J/cm³ · °C (Ver tabla 1 de IEEE – 80 – 2000)

α_r : coeficiente térmico de resistividad a 20 °C,

0,00381 1/°C (Ver tabla 1 de IEEE – 80 – 2000)

ρ_r : resistencia del conductor a 20 °C; 1,78 $\mu\Omega \cdot cm$ (Ver tabla 1 de IEEE – 80 – 2000)

K_o : inversa del coef. térmico de resistividad a 0 °C. 242 (Ver tabla 1 de IEEE – 80 – 2000)

A : sección mínima del conductor (mm²)

La sección mínima necesaria es mucho menor que los 120 mm² del cable de Cu que se va a utilizar, por lo que no habría problemas. Se utiliza este cable por ser el normalizado.

Por otro lado, la densidad de corriente máxima que puede soportar el cable de Cu es de 192 A/mm². Entonces para el cable de 120 mm² la máxima intensidad que puede circular es de: $I_{max} =$

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

Este valor es mucho mayor que la mitad de la corriente de falta a tierra, la cual era de 4,025 kA. Se utiliza la mitad del valor, ya que el diseño de la malla se establece de forma que en cada punto de puesta a tierra llegan al menos dos conductores.

CONCLUSIÓN

A la vista de los resultados obtenidos los valores de las tensiones de paso y contacto están por debajo de los permitidos por el MIE-RAT 13, y del IEEE-80-2000, por lo que no habría problemas. De todas formas, se medirán de forma práctica los valores de las tensiones de paso y contacto, para asegurarse de que no hay peligro en ningún punto de la instalación.

RED DE TIERRAS SUPERIORES

El cometido del sistema de tierras superiores es la captación de las descargas atmosférica y su conducción a la malla enterrada para que sean disipadas a tierra sin que se ponga en peligro la seguridad del personal y de los equipos de la subestación.

El sistema de tierras superiores de la subestación consistirá en un conjunto de hilos de guarda y puntas Franklin sobre columnas. Estos elementos están unidos a la malla de tierra de la instalación a través de la estructura metálica que los soporta, que garantiza una unión eléctrica suficiente con la malla.

Para el diseño del sistema de protección de tierras superiores se ha adoptado el modelo electro geométrico de las descargas atmosféricas y que es generalmente aceptado para este propósito.

El criterio de seguridad que se establece es el de apantallamiento total de los embarrados y de los equipos que componen el aparellaje, siendo este criterio el que establece que todas las descargas atmosféricas que puedan originar tensiones peligrosas y que sean superiores al nivel del aislamiento de la instalación, deben ser captadas por los hilos de guarda y las puntas Franklin.

Este apantallamiento se consigue mediante una disposición que asegura que la zona de captación de descargas peligrosas contiene totalmente a la correspondiente a las partes bajo tensión.

La zona de captura se establece a partir del radio crítico de cebado (r) y que viene dado por la siguiente expresión:

$$r = 8xI^{0,65}$$

En donde: $I = U \cdot N / Z$, siendo

$U =$ tensión soportada a impulsos tipo rayo = 650 kV

$N = n^{\circ}$ de líneas conectadas a la subestación = 2

$Z =$ imedancia característica de las líneas = 400 Ω

Sustituyendo y aplicando estos valores se obtiene:

$$I = 650 \cdot 2 / 400 = 3,25 \text{ kA}$$

Luego la zona de captura será:

$$R = 8 \cdot (3,25)^{0,65} = 17,2 \text{ m}$$

El radio crítico de 17,2 m con centro en las puntas Franklin, en el centro de los amarres de los hilos de guarda y en su punto más bajo, garantiza el apantallamiento total de la instalación.

PLIEGO DE CONDICIONES TECNICAS

1. OBJETO

Este Pliego tiene por objeto establecer los criterios que han de cumplirse en la ejecución de la reforma de la Subestación ROMIÓ.

Las condiciones técnicas y operativas a realizar que se indican en cada apartado no tienen carácter limitativo. La empresa que ejecute el trabajo recogerá en su procedimiento, además de las aquí indicadas, todas las necesarias para la correcta ejecución del trabajo.

Este Pliego de Condiciones Técnicas forma parte de la documentación del Proyecto y determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras.

Las dudas que se planteasen en su aplicación o interpretación serán dilucidadas por la Dirección Facultativa y siempre previa aceptación expresa de la empresa que realiza el proyecto. Por el mero hecho de intervenir en la obra, se presupone que las empresas instaladoras y las subcontratas conocen y admiten el presente Pliego de Condiciones.

Este Pliego de Condiciones Técnicas se refiere al suministro, instalación, pruebas, ensayos, mantenimiento, características y calidades de los materiales necesarios en la reforma de la Subestación ROMIÓ, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar social y la protección del medio ambiente, siendo necesario que dicha instalación eléctrica se proyecte, construya, mantenga y conserve de tal forma que se satisfaga los fines básicos de la funcionalidad, es decir de la utilización o adecuación al uso, y de la seguridad, concepto que incluye la seguridad estructural, la seguridad en caso de incendio y la seguridad de utilización, de tal forma que el uso normal de la instalación no suponga ningún riesgo de accidente para las personas y cumpla la finalidad para la cual es diseñada y construida.

2. REFERENCIAS

Todas las obras del proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones se ejecutarán cumpliendo las normas y recomendaciones en su última edición o revisión que les sean de aplicación y estén vigentes en el momento del inicio de estas.

Entre ellas se tendrán en cuenta las siguientes:

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23 [27].
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión [10]. Instrucciones Técnicas Complementarias y modificaciones posteriores [10].
- Normativa propia de Hidrocantábrico Distribución Eléctrica S.A.U.
- Normativa Europea EN.
- Normativa CENELEC.
- Normativa CEI.
- Normativa UNE.
- Otras normas y recomendaciones (IEEE, MF, ACI, CIGRE, ANSI, AISC, etc.).
- Normas Básicas de la Edificación “NBE”, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.
- Normativa Técnica de la Edificación (NTE) aplicable.
- Instrucciones Técnicas del fabricante, aplicables a los equipos y componentes a instalar y correspondientes a almacenamiento, manipulación, montaje, ensayos y puesta en servicio.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, corrección de errores y modificaciones posteriores [12].
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08)

En general, cuantas prescripciones figuren en las Normas, Instrucciones o Reglamentos oficiales, que guarden relación con las obras del Proyecto, con sus instalaciones complementarias o con los trabajos necesarios para realizarlas.

Por otra parte, en la redacción de este proyecto se han tenido en cuenta las Ordenanzas Municipales del Ayuntamiento de Candamo, así como de los condicionados impuestos por los Organismos Oficiales afectados. Se han contemplado aquellas disposiciones legislativas de ámbito nacional, autonómico y local que precisen de autorización en concreto, condicionen y/o determinen el diseño específico de la instalación, tal y como pueden ser: usos permitidos, autorizables, incompatibles o prohibidos en los tipos de suelo afectados por las instalaciones, distancias y/o retranqueos a caminos/carreteras autonómicas, dependientes de diputaciones o municipios, etc.

3. CONDICIONES GENERALES PARA LA EJECUCION DE LAS OBRAS

3.1. HORMIGONES

Antes de verter hormigón sobre hormigón endurecido, se limpiará la superficie de contacto mediante chorro de agua y aire a presión, y/o picado, eliminando seguidamente el agua que se haya depositado. Se realizará el tratamiento adecuado con productos especiales de unión entre fraguados y frescos.

El hormigón se compactará por vibraciones hasta asegurar que se han llenado todos los huecos, se ha eliminado el aire de la masa y refluye la lechada en la superficie.

Durante el primer período de endurecimiento, no se someterá al hormigón a cargas estáticas o dinámicas que puedan provocar su 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 2º C, ni cuando siendo superior se prevea que puede bajar de 0º C durante las 48 horas siguientes, ni cuando la temperatura ambiente alcance los 40ºC. Se suspenderá el hormigonado cuando el agua de lluvia pueda producir deslavado del hormigón.

Se garantizarán las condiciones de ejecución de las obras de hormigón exigidas en la Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE).

3.2. ARMADURAS

La disposición de las armaduras una vez hormigonadas, será tal y como figura 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.

3.3. LAMINADOS

La disposición de los laminados y su medición se realizarán conforme a los valores teóricos de acuerdo con los planos e instrucciones del Proyecto, no considerándose los despuntes, solapes, ganchos, platillas, etc., que pudieran introducirse.

3.4. ENCOFRADOS

Los encofrados de madera o metálicos serán estancos y estarán de acuerdo con las dimensiones previstas en el proyecto, serán indeformables bajo la carga para la que están previstos y no presentarán irregularidades bruscas 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.

3.5. PIEZAS LAMINADAS DE HORMIGON ARMADO O PRETENSADO

Durante el proceso de carga, transporte y montaje o colocación, los elementos prefabricados deberán suspenderse y apoyarse en los puntos previstos, a fin de que no se produzcan solicitaciones desfavorables.

3.6. ESTRUCTURA METALICA

La presentación de los anclajes se efectuará con las plantillas previstas para este fin. Una vez clasificada la estructura y comprobado que las dimensiones (incluso taladros) corresponden a las medidas indicadas en el Proyecto, se procederá al izado de la misma mediante:

- Estrobo y elevación de las estructuras.
- Fijación de las estructuras en sus anclajes mediante pernos u hormigón.
- Aplomado, nivelación y alineación de las estructuras.

3.7. EMBARRADOS Y CONEXIONES

3.7.1 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. A continuación, se montarán en el suelo todos los tramos izándolos y regulándolos posteriormente.

3.7.2 EMBARRADOS RIÍGIDOS 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.

3.7.3 CONEXIONES

Se prepararán, limpiarán, colocarán y apretarán las piezas de conexión según se indique.

3.8. APARAMENTA

Se procederá a la situación, nivelación y fijación a los soportes correspondientes y, en donde proceda, se instalarán las conducciones necesarias hasta las cajas de centralización.

Para su montaje se seguirán las instrucciones del fabricante. En las autoválvulas, cuando proceda, 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.

3.8.1 CABLES DE FUERZA Y CONTROL

Se incluyen en este apartado las siguientes actividades:

- Plan de tendido y conexionado.
- Tendido.
- Conexionado.
- Mediciones y comprobaciones.

Los cables se fijarán en los extremos mediante prensaestopas o grapas de presión.

Todos los cables estarán identificados y marcados. Cada hilo será igualmente identificado en sus dos extremos y marcado con la numeración que figure en los planos de cableado correspondiente.

3.8.2 PUESTA A TIERRA

Cualquier elemento que no soporte tensión deberá estar conectado a la malla de tierra. 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.

4. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

El plan de control, tanto de la ejecución como de los materiales utilizados, se preparará en base a los criterios de buena práctica y conforme a las instrucciones, normas, pliegos, etc., de aplicación en cada caso, debiéndose cumplir como mínimo los requisitos expuestos en los siguientes apartados.

4.1 HORMIGÓN

Para garantizar las condiciones de ejecución de las obras de hormigón exigidas en el Capítulo XIV de la EHE, se realizará 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 en vigor.

La comprobación de su consistencia se realizará a pie de obra, mediante el cono de Abrams, según norma UNE en vigor.

4.1.1 FABRICACIÓN DEL HORMIGÓN

La clase de hormigón a utilizar será:

- Hormigón HA-25/P/20/IIa ($f_{ck} > 25 \text{ N/mm}^2$ a los 28 días).
- Hormigón HM-20/P/40/IIa.
- Hormigón HM-10/P/40/IIa.

El tiempo que transcurra desde el amasado hasta la puesta en obra será inferior al 50% del tiempo para iniciarse el fraguado. No se deberá permitir el hormigonado con tiempo lluvioso. Asimismo, todas las superficies a hormigonar deberán estar exentas de agua y materiales desprendidos. No se deberá permitir el hormigonado durante los días de heladas.

La compactación del hormigón se hará por vibración. Los vibradores, cuyo empleo es obligatorio siempre, serán suficientemente revolucionados y enérgicos para que actúen en toda la tongada del hormigón que se vibre.

La colocación del hormigón será una operación continua sin interrupciones tales que den lugar a pérdidas de plasticidad entre tongadas contiguas.

Los encofrados serán preferentemente de madera o metálicos con suficiente rigidez como para que no sufran deformaciones con el vibrado del hormigón, ni dejen escapar morteros por las juntas. En ningún caso se procederá a la retirada de encofrados antes de tiempo según se estipula en los artículos 73 y 74 de la EHE. Los encofrados de madera se humedecerán para evitar que absorban el agua contenida en el hormigón.

Las aristas que queden vistas se ejecutarán con chaflán de 25x25 mm. El agua para morteros y hormigones cumplirá lo prescrito en el artículo 27 de la EHE. El tamaño máximo del árido cumplirá con lo establecido en el artículo 28 de EHE.

4.1.2 HORMIGONES PREPARADOS EN PLANTA

Se deberá disponer de los albaranes de suministro en los que figuren los datos siguientes:

- Nombre de la central de hormigón preparado.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Fecha de entrega.
- Nombre del utilizador.
- Designación y características del hormigón indicando expresamente cantidad y tipo de cemento, tamaño máximo del árido, resistencia característica a compresión, clase y marca de los aditivos (si los contiene) y el lugar y tajo de destino.

Una vez en obra, se procederá a la toma de probetas y a su adecuada protección marcándolas para su control. La rotura de probetas se realizará en un laboratorio homologado para ello en donde se deberán depositar antes de siete días a partir de su confección. La toma de muestras se realizará conforme a la norma UNE 41118. Cada serie de probetas será tomada de un amasado diferente completamente al azar, evitando cualquier selección de la mezcla a ensayar. Las probetas se moldearán, conservarán y romperán según los métodos de ensayo UNE 7240 y UNE 7242.

Si los ensayos sobre probetas curadas en laboratorio resultaran inferiores al 90% de la resistencia característica esperada (25 N/mm²) se efectuarán ensayos de información de acuerdo a la EHE.

4.1.3 PIEZAS PREFABRICADAS DE HORMIGÓN ARMADO O PRETENSADO

Se deberá disponer un expediente en el que se recojan las características:

- Calidad del Hormigón.
- Calidad del acero.
- Dimensiones y tolerancias.
- Solicitaciones.
- Precauciones durante su montaje.

4.2 ARMADURAS

Se deberá disponer un expediente en el que se recojan las características:

- Verificación de la sección equivalente.
- Ensayos y características según Norma en vigor.
- Comprobación de los valores característicos del material, límite elástico, rotura y alargamiento.
- Verificar que las características de las mallas electrosoldadas de acero para hormigón armado cumplen con la norma UNE en vigor.

4.3 OBRA DE FÁBRICA

Se presentará el certificado de garantía y ensayos efectuados por el fabricante de los siguientes elementos: Tocho macizo, Cero visto, Tochana y Gero no visto.

4.4 PROTOCOLOS, ENSAYO Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS Y SOPORTES

4.4.1 PROTOCOLOS

Se presentarán, como paso previo al inicio de la construcción, 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 NBE MV 102/1975.

4.4.2 CONTROL DE MEDIDAS

En el taller del constructor, de cada tipo de módulo (columna, viga, soporte, etc.) se elegirá uno, del que se comprobarán las dimensiones y tipo de perfil.

4.4.3 CONTROL DE GALVANIZADO

El espesor del galvanizado se comprobará mediante el medidor de espesores digital. De cada tipo de módulo se elegirá uno, en el cual se efectuarán como mínimo 3 mediciones. Este control, se efectuará en obra.

4.4.4 CONTROL DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

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 y alargamiento a la rotura, de acuerdo a la Norma NBE MV 102/1975.

En los módulos soldados se efectuarán radiografías de las soldaduras (Norma UNE 14011) por empresas especializadas y autorizadas.

Las radiografías por efectuar dependerán del tipo de estructura, fijándose como norma un mínimo de dos, elegidas por muestreo en obra.

4.4.5 CONTROL DE TORNILLERÍA

Se comprobarán tanto las medidas de tornillo, arandela y tuerca, como el buen marcaje de la marca del fabricante y de la calidad del tornillo. También se comprobará la uniformidad del galvanizado.

Las tolerancias dimensionales de los conjuntos montados serán indicadas en los planos. Con carácter general las tolerancias admitidas serán las especificadas en la tabla 1.

- Encarado de pilares para estructuras: ± 3 % del eje de alineación.
- Longitud del dintel: ± 5 mm (en los casos que tenga junta de dilatación ± 15 mm).

	SOPORTES	ESTRUCTURAS	DINTELES
Aplomado	$\pm \text{altura}/1000 \leq 25\text{mm}$	+ 3 % de la altura	
Nivelación	$\pm 2,5 \text{ mm}$ (*) Con un máximo de 2,5 mm entre cada soporte de seccionadores	$\pm 2,5 \text{ mm}$	Horizontal: + 3 % de la longitud
Alineación	$\pm 2,5 \text{ mm}$ (anclaje mediante hormigón)		
	Holgura que permita el taladro, <2,5mm (anclaje mediante pernos)		
Flecha		$\pm \text{altura}/1000 \leq 15\text{mm}$ (F. de los pilares de la estructura respecto a su eje vertical)	$\pm \text{longitud}/1000 \leq 10\text{mm}$ (F. entre ejes de apoyo)

Tabla 1. Tolerancias dimensionales del montaje de estructura

4.5 ENSAYOS RED DE TIERRAS

Una empresa especializada realizará los ensayos pertinentes: Medida de las tensiones de paso y de contacto, mano-mano y mano-pie, (como mínimo 50 puntos).

El sistema que se va a utilizar para ambas medidas será el de inyección de corriente; y en la medición de tensiones de paso y contacto con un sistema de corrección de cualquier tensión parásita que pueda circular 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.

4.6 PROTOCOLO Y PRUEBAS DE LOS EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN

4.6.1 PROTOCOLOS

Se presentarán, antes de iniciar la construcción, los certificados y protocolos de ensayos (Certificado de origen en fábrica) de todos los materiales, entre ellos los siguientes:

- Cadenas de amarre (aisladores y herrajes)
- Cables subterráneos A/T.
- Cables aéreos.
- Aisladores soporte.
- Tubo de aluminio.

4.6.2 PRUEBAS

Se efectuará la verificación de que la relación de transformación es la indicada en los Transformadores de Intensidad y de Tensión mediante inyección de corriente por Alta Tensión.

Se encargará a una empresa especializada la prueba de calidad en las conexiones de toda la instalación mediante la medición termográfica. Esta prueba se realizará aproximadamente tres meses después de la Puesta en Servicio de la instalación y siempre antes de la Recepción Definitiva. Esta prueba se realizará a plena carga, si las condiciones de la red lo permiten.

4.7 PROTOCOLOS Y ENSAYOS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN Y CONTROL

4.7.1 PROTOCOLOS

Como paso previo al tendido se verificarán los certificados y protocolos de ensayo de cables (certificado de origen en fábrica).

4.7.2 ENSAYOS DE CUADROS, ARMARIOS Y PANELES

Se verificará el conexionado de acuerdo con los esquemas correspondientes.

Se aplicará entre los circuitos independientes y entre estos y masa, una tensión alterna de 50 Hz durante 1 min, de los siguientes valores eficaces (ensayo de tensión soportada):

- Circuitos con tensión nominal hasta 60 V: 500 V.
- Circuitos con tensión nominal superior a 60 V e inferior a 500 V: 2000V.
- Los circuitos que se alimentan a través de transformadores de medida, la tensión de ensayo será 2000 V.

4.7.3 ENSAYOS DE CABLES DE CONTROL Y PROTECCIÓN

Se verificará el conexionado de acuerdo con los esquemas correspondientes y se verificará el aislamiento entre conductores y entre ellos y tierra.

Los límites de aceptabilidad, en función de las longitudes del cable son:

Longitud en m	Resistencia en MΩ
5	122
10	61
15	41
20	31
25	25
30	21
40	16
50	13
60	11
70	9

Longitud en m	Resistencia en MΩ
80	8
90	7
100	6
125	5
150	4

Estas pruebas deben realizarse a 2000 V de tensión de ensayo, sobre todos los cables.

5. RECEPCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LAS OBRAS

Al término de las obras comprendidas en el Proyecto, se hará una recepción de las mismas, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si éste es el caso, dándose la obra por terminada si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, se hará constar así 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 la recepción y puesta en marcha de la obra, se deberán realizar las pruebas de los equipos e instalaciones, basándose en la normativa citada y en los Protocolos de Pruebas indicadas en las normas y estándares de Hidrocantábrico Distribución Eléctrica S.A.U.

5.1. SECUENCIA A SEGUIR ANTES DE LA PUESTA EN MARCHA

Se supervisará el correcto funcionamiento eléctrico, mecánico y de control de las instalaciones y de los equipos de acuerdo con el siguiente plan de pruebas y comprobaciones, no limitativo y sin perjuicio de un desarrollo posterior más detallado.

5.1.1 SECCIONADORES DE ALTA TENSIÓN

La supervisión que se debe realizar se detalla a continuación:

- Comprobación de aprietes de tornillería.

- Comprobación del montaje según planos del fabricante e ingeniería de detalle constructiva.
- Funcionamiento mecánico y eléctrico, enclavamientos mecánicos, etc.
- Verificación completa del cableado de control, etc.
- Medición de resistencia entre herrajes.
- Medidas de aislamiento.
- Consumos y medidas de c.c. de cuadros de mando.
- Verificación de señales y mandos a UCS.

5.2.1 PARARRAYOS AUTOVÁLVULARES

La supervisión que se debe realizar se detalla a continuación:

- Comprobación de aprietes de tornillería.
- Comprobación del montaje según planos del fabricante e ingeniería de detalle constructiva.
- Medición de aislamiento.
- Medición de aislamiento entre fases y tierra.
- Verificación de las protecciones contra contactos indirectos.
- Comprobación de funcionamiento de los detectores.

5.3.1 SISTEMA DE PROTECCIÓN Y CONTROL

La supervisión que se debe realizar se detalla a continuación:

- Inspección visual de los armarios de control y protección.
- Comprobación del montaje según los planos del fabricante e ingeniería de detalle constructiva.
- Comprobación del tendido, conexionado e identificación de las mangueras, hilos, bornas, etc.
- Verificación de las pantallas de los cables.
- Comprobación de alimentaciones y polaridades.
- Pruebas funcionales integrales del sistema de control (local, remoto, señales, alarmas, medidas, etc).

- Pruebas funcionales integrales del sistema de protección (señales, alarmas, medidas, disparos, etc.).
- Verificación del funcionamiento de cada elemento de protección por inyección de intensidad/tensión secundaria, con los valores de ajuste previamente aprobados por Hidrocantábrico Distribución Eléctrica S.A.U.
- Verificación de señales y mandos a UCS.

5.4.1 SERVICIOS AUXILIARES DE CORRIENTE ALTERNA Y CONTINUA

La supervisión que se debe realizar se detalla a continuación:

- Comprobación del tendido, conexiónado e identificación de mangueras, hilos, bornas, etc.
- Comprobación del montaje según planos del fabricante de ingeniería de detalle constructiva.
- Comprobación de alimentaciones y polaridades.
- Pruebas eléctricas de señales, alarmas, etc.
- Verificación de señales y mandos a UCS.

5.5.1 RELÉS DE PROTECCIÓN

La supervisión que se debe realizar se detalla a continuación:

- Comprobación del montaje según los planos del fabricante e ingeniería de detalla constructiva, de todos los relés de protección, incluyendo la protección diferencial de barras cuando exista.
- Comprobación del tendido, conexiónado e identificación de las mangueras, hilos, bornas, etc.
- Comprobación de alimentaciones y polaridades.
- Inyección de intensidades y tensiones.
- Ajuste documentado de las protecciones (cuando proceda), incluyendo los cálculos detallados para llegar a los valores de ajuste
- Pruebas eléctricas de la protección, señales, alarmas, etc.
- Comprobación y medidas en carga.
- Verificación de señales y mandos a UCS.

6. PLAZO DE EJECUCIÓN Y PUESTA EN SERVICIO

Teniendo en cuenta las posibilidades de acopio de materiales y las necesidades del servicio, se puede estimar en 4 meses el tiempo necesario para la ejecución de las obras que se detallan en el presente Proyecto.



Gijón, 03 de Mayo de 2019

Fdo. Claudia Arrojo López

PRESUPUESTO

POS	CANT	ESPECIFICACION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE EUROS
1		OBRA CIVIL ACABADO DEL PARQUE (ZONA AFECTADA) Retirada escombros y limpieza general <p style="text-align: right;">IMPORTE POS 1 (OBRA CIVIL):..</p>		2.000,00
2	1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 132/20 KV – 30 MVA Importe de suministro de un (1) transformador de potencia de relación 132/20 kV, de 30 MVA <p style="text-align: right;">IMPORTE POS 2 (TRANSFORMADOR DE POTENCIA):..</p>		432.000,00
3	3 1 1 1	ESTRUCTURA METÁLICA Importe del suministro de la estructura metálica: <ul style="list-style-type: none"> - Autoválvulas 132 KV. - Soporte para seccionador unipolar para la puesta a tierra del neutro del transformador de 132 kV. - Soporte para seccionador unipolar para la puesta a tierra del neutro del transformador de 20 kV - Soporte para resistencia de puesta a tierra. <p style="text-align: right;">IMPORTE POS. 3 (ESTRUCTURA METÁLICA):</p>		3.825,00
4		EQUIPOS PRINCIPALES		
4.1	-	Importe del suministro de la aparamenta de alta tensión (132 kV): <ul style="list-style-type: none"> - Autoválvulas 132 KV. - Seccionador unipolar para la puesta a tierra del neutro del transformador 	6.385,00	6.385,00
4.2	-	Importe del suministro de la aparamenta de media tensión (20 kV):	6.450,00	6.450,00


POS	CANT	ESPECIFICACION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE EUROS
	1	- Seccionador unipolar para el circuito de p.a.t. del neutro del transformador.		
	6	- Conectores PFISTERER.		
	1	- Resistencia para la puesta a tierra del neutro del transformador.		
	3	- Pararrayos.		
		IMPORTE POS 4 (APARELLAJE):..		12.835,00
5		CELDAS SF6 EN EDIFICIO		
	1 ud.	CELDA DE 24 kV SOBRE BANCADAS METÁLICAS DE TRANSFORMADOR Ud. suministro y montaje sobre bancada metálica en la Sala 20 Kv del edificio de la Subestación, de una (1) celda de 24 Kv de transformador, denominada T-2.		
	5 ud.	CELDA DE 24 kV SOBRE BANCADAS METÁLICAS DE LÍNEA Ud. suministro y montaje sobre bancada metálica en la Sala 20 Kv del edificio de la Subestación, de una (1) celda de 24 Kv de LÍNEA, denominada L1, L2, L3, L4 y L5.		
	2 ud.	CELDA DE 24 kV SOBRE BANCADAS METÁLICAS DE SERVICIOS AUXILIARES Ud. suministro y montaje sobre bancada metálica en la Sala 20 Kv del edificio de la Subestación, de una (1) celda de 24 Kv de SERVICIOS AUXILIARES.		

POS	CANT	ESPECIFICACION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE EUROS
	1 ud.	CELDA DE 24 kV SOBRE BANCADAS METÁLICAS DE MEDIDA Ud. suministro y montaje sobre bancada metálica en la Sala 20 Kv del edificio de la Subestación, de una (1) celda de 24 Kv de MEDIDA.		
	1 ud.	CELDA DE 24 kV SOBRE BANCADAS METÁLICAS DE ACOPLAMIENTO Ud. suministro y montaje sobre bancada metálica en la Sala 20 Kv del edificio de la Subestación, de una (1) celda de 24 Kv de ACOPLAMIENTO.		
		IMPORTE POS 5 (INSTALACIÓN DE 20 KV).		300.000,00
6		EMBARRADOS		
6.1	-	<u>Embarrados 132 kV</u> Importe suministro de embarrados 132 kV cable de aluminio-acero HAWK y demás material auxiliar.	1.225,00	1.225,00
6.2		<u>Embarrados puesta a tierra neutro transformador</u> Importe Suministro de embarrados neutros del transformador en 132 y 20 kV con tubo de cobre de Ø 25/20, racores de conexión de bronce con herrajes y Tornillería de acero inoxidable, aisladores de apoyo C8-325 y C8-95 y demás material auxiliar.	480,00	480,00
		IMPORTE POS 6 (EMBARRADOS):		5.540,00

POS	CANT	ESPECIFICACION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE EUROS
7	-	<p>PUESTA A TIERRA</p> <p>Importe suministro del cable de cobre desnudo de 120 mm², Soldaduras aluminio-térmicas, grapas sobre estructura para conexión de bucle de cable de 120 mm² con salida para varilla de cobre de Ø12 mm.</p> <p>Varilla de cobre de Ø12 mm., portavarillas de bronce con tornillo de acero inoxidable, terminales, derivación en "te" y empalmes de apriete universal con herrajes y tornillería de acero inoxidable y demás material auxiliar.</p> <p style="text-align: right;">IMPORTE POS 7 (PUESTA A TIERRA):..</p>	350,00	350,00
8	-	<p>CABLE AISLADO ENTRE EL TRANSFORMADOR Y LA CELDA DE 20 KV</p> <p>Importe del suministro del cable designación HEPRZ1 (AS) 18/30 kV 1x400 k Al + H16; incluso terminaciones de exterior e interior, bandeja metálica modelo escalera, soportes y accesorios con tratamiento de galvanizado por inmersión en baño de zinc, abrazaderas de acero inoxidable con forro de neopreno y tornillería inoxidable, terminales de compresión de cobre estañado para cable de 400 mm², cintas y demás material auxiliar de montaje.</p> <p style="text-align: right;">IMPORTE POS 8 (INTERCONEXIÓN 20 kV):..</p>	27.650,00	27.650,00

POS	CANT	ESPECIFICACION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE EUROS
9		<p>CABLES DE MANDO, MEDIDA, PROTECCION Y CONTROL.</p> <p>Importe del suministro de los cables de mando, medida, protección y control para interconexión entre los distintos aparatos de la nueva zona y entre los mismos y el cuadro de baja tensión en el Edificio de Control así como las interconexiones necesarias entre dicho panel y la nueva celda de 20 kV. Incluso el cable de F.O. para interconexión entre el módulo REB-500 con la Unidad Central, e interconexión de la unidad REF y el sistema Micro Scada ubicado en la Sala de Control en el edificio principal de la Subestación</p> <p style="text-align: right;">IMPORTE POS 9 (CABLES DE MANDO, MEDIDA, PROTECCIÓN Y CONTROL):..</p>	9.500,00	9.500,00
10	-	<p>AUXILIARES</p> <p>Importe de los materiales necesarios para el acceso de los cables de mando, medida, protección y control desde las canaletas de cables hasta los órganos de maniobra (mandos), cajas de conexión (tratos de intensidad y transformador), etc... del aparellaje, que se realiza bajo tubo de acero soldado y galvanizado y tubo flexible de P.V.C. y demás accesorios tal como abarcones, acoplamientos, boquillas y de más material auxiliar.</p> <p style="text-align: right;">IMPORTE POS 10 (AUXILIARES):..</p>	720,00	720,00

POS	CANT	ESPECIFICACION	PRECIO UNITARIO	IMPORTE EUROS
11		<p>MONTAJE</p> <p>Importe de la mano de obra y medios necesarios para el montaje de estructuras metálicas, apartamento de 132 y 20 kV, embarrados de 132, embarrados neutros/terra de 132 y 20 kV, soportes, bandejas, aparellaje, maquinaria, etc. a la malla de tierra.</p> <p>- Tendido de cables de 18/36 kV entre embarrado de 20 kV a pie del transformador y la nueva celda T2 de la distribución de 20 kV en el edificio principal de la Subestación. Montaje de auxiliares para el tendido de cables de mando, medida, protección y control. Tendido identificación y conexionado de cables de mando, medida, protección y control.</p> <p>- Medida de las tensiones de paso y contacto aplicadas en la nueva zona, según la Instrucción MIE-RAT13. Verificaciones y pruebas previas a la puesta en tensión.</p> <p style="text-align: right;">IMPORTE POS 11 (MONTAJE):..</p>		
12	(Horas) 240	<p>INGENIERÍA</p> <p>Importe de las horas trabajadas para el desarrollo del proyecto</p> <p style="text-align: right;">IMPORTE POS 12 (INGENIERÍA):..</p> <p>IMPORTE TOTAL DEL PRESUPUESTO:.....</p> <p>Asciende el presente presupuesto a la expresada cantidad de (OCHOCIENTOS VEINTIUN MIL OCHOCIENTOS SESENTA EUROS)</p>	10.500,00 10 2.400	10.500,00 2.400 821.860,00

POSICIÓN	CONCEPTO	IMPORTE (EUROS)
<u>RESUMEN</u>		
1	INSTALACIÓN DE NUEVO TRANSFORMADOR 132/20KV- 30 MVA Y 10 CABINAS 20 KV EN "SUBESTACIÓN ROMIÓ" (Concejo de Candamo). MATERIALES: OBRA CIVIL: MONTAJE: INGENIERIA: TOTAL:	
		806.960,00
		2.000,00
		10.500,00
		2.400,00
		821.860,00
PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO INSTALACIÓN DE NUEVO TRANSFORMADOR 132/20KV- 30 MVA Y 10 CABINAS 20 KV EN "SUBESTACIÓN ROMIÓ" (Concejo de Candamo).		821.860,00
<p>Asciende este presupuesto a la expresada cantidad de:</p> <p style="text-align: center;">OCHOCIENTOS DIECINUEVE MIL CUATROCIENTOS SESENTA EUROS (IVA EXCLUIDO)</p> <p style="text-align: center;">Gijón, 03 de Mayo de 2019</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Fdo.: Claudia Arrojo López INGENIERA INDUSTRIAL</p>		

PLANOS

TÍTULO	SIGNATURA	EDICIÓN
PROYECTO NUEVO TRAF0 T2 132/20 Y CELDAS 20 Kv SUBESTACION ROMIÓ (Concejo de Candamo)		
PLANO DE SITUACIÓN	PLANO 1	A
PLANTA GENERAL	PLANO 2	A
SECCIONES POSICIÓN T2	PLANO 3	A
EDIFICIO DE CONTROL	PLANO 4	A
ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO 132/50/20 kv	PLANO 5	A
ESQUEMA UNIFILAR PROTECCIONES Y MEDIDA. TRAF0 - T2. 132/20 KV. LADO 132 KV	PLANO 6	A
RED DE TIERRAS	PLANO 7	A

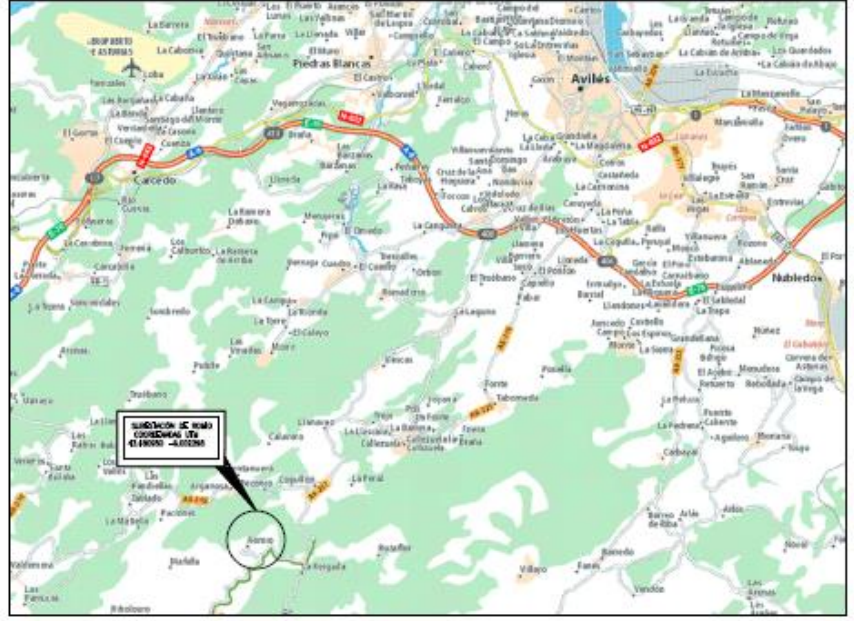
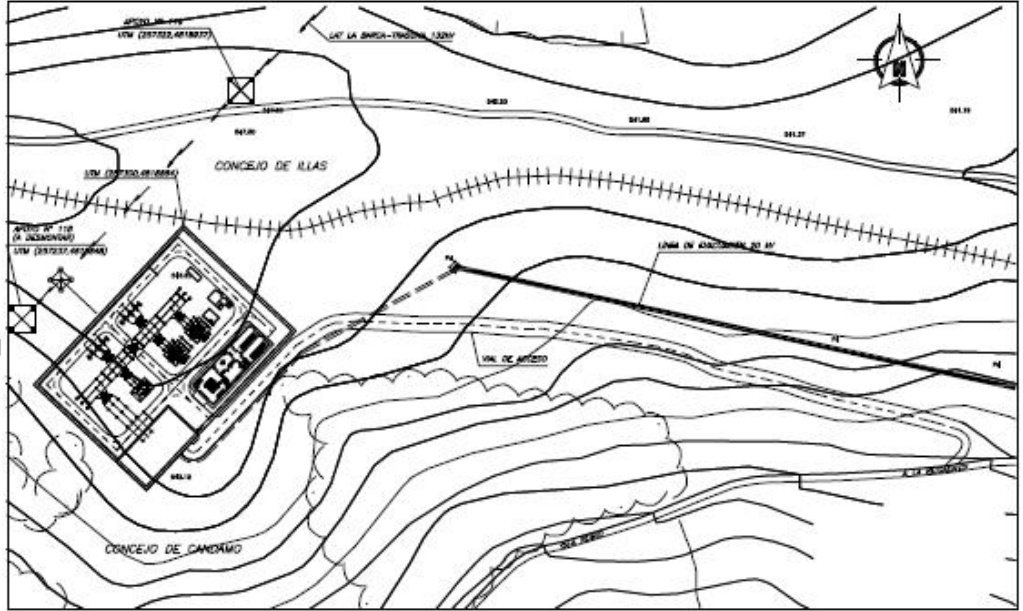
Gijón, 03 de Mayo de 2019



Fdo.: Claudia Arrojo López
INGENIERA INDUSTRIAL

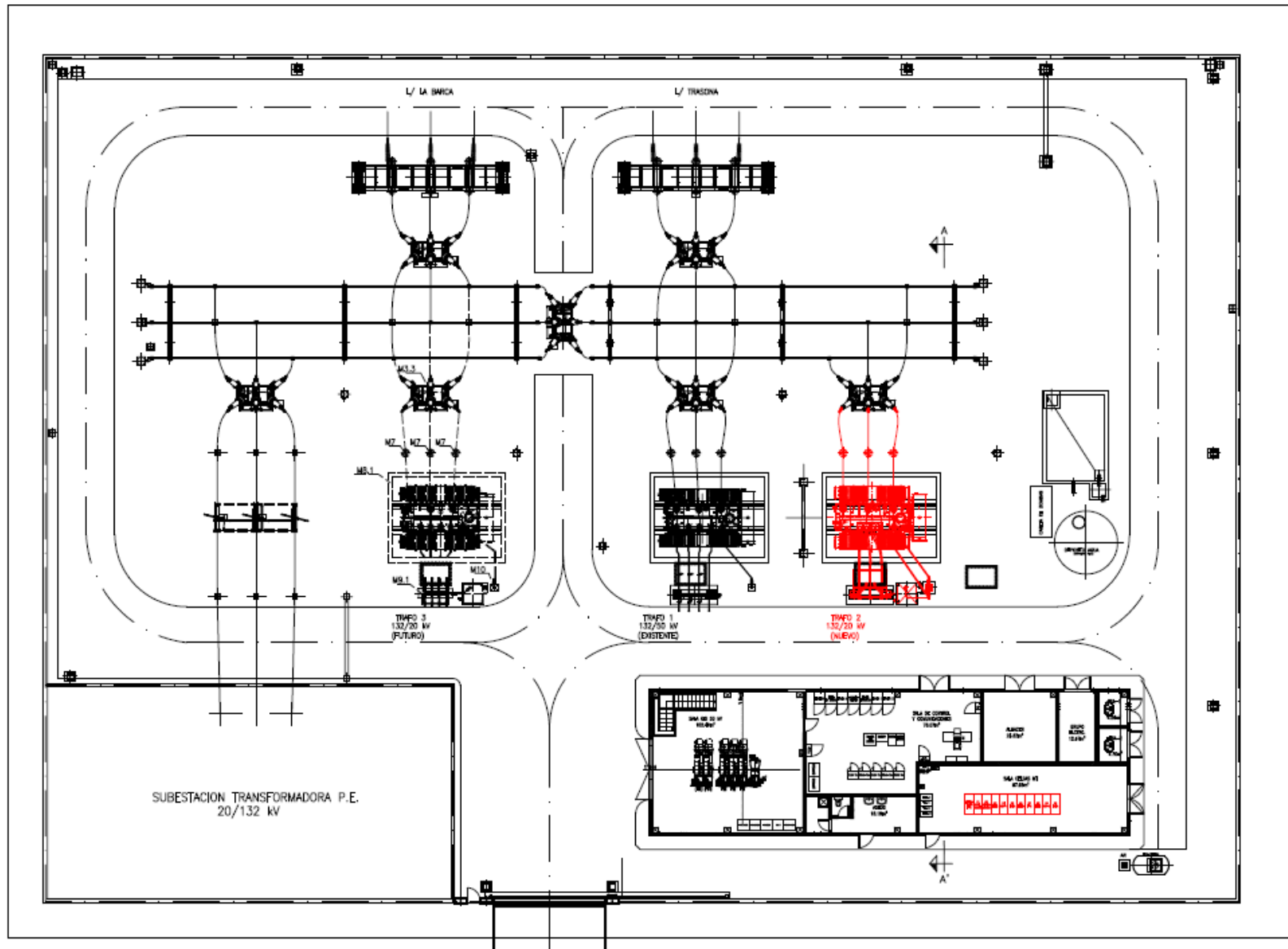
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

A
B
C
D
E
F
G
H




03/19 03/19 REVISOR: RDM DISEÑADO: MURCHADO VERIFICADO: FERRASCO-HE				DISEÑO: [Redacted] REVISOR: [Redacted] VERIFICADO: [Redacted]				PLAN DE SITUACIÓN		DISEÑO ACTUAL: PLANO 1 M. S. D.M.	
---	--	--	--	---	--	--	--	-------------------	--	--------------------------------------	--

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16



E													ESCALA= 1:150
D													
C													
B													
A													
ESQ.	FECHA	DESBUADO	MODIFICADO	REVISADO-HC									MODIFICACION



SUBESTACION DE ROMIO

 PROYECTO NUEVO TIEMPO T3 132/20 kV Y CELDAS 20 kV

EDICION ACTUAL: A

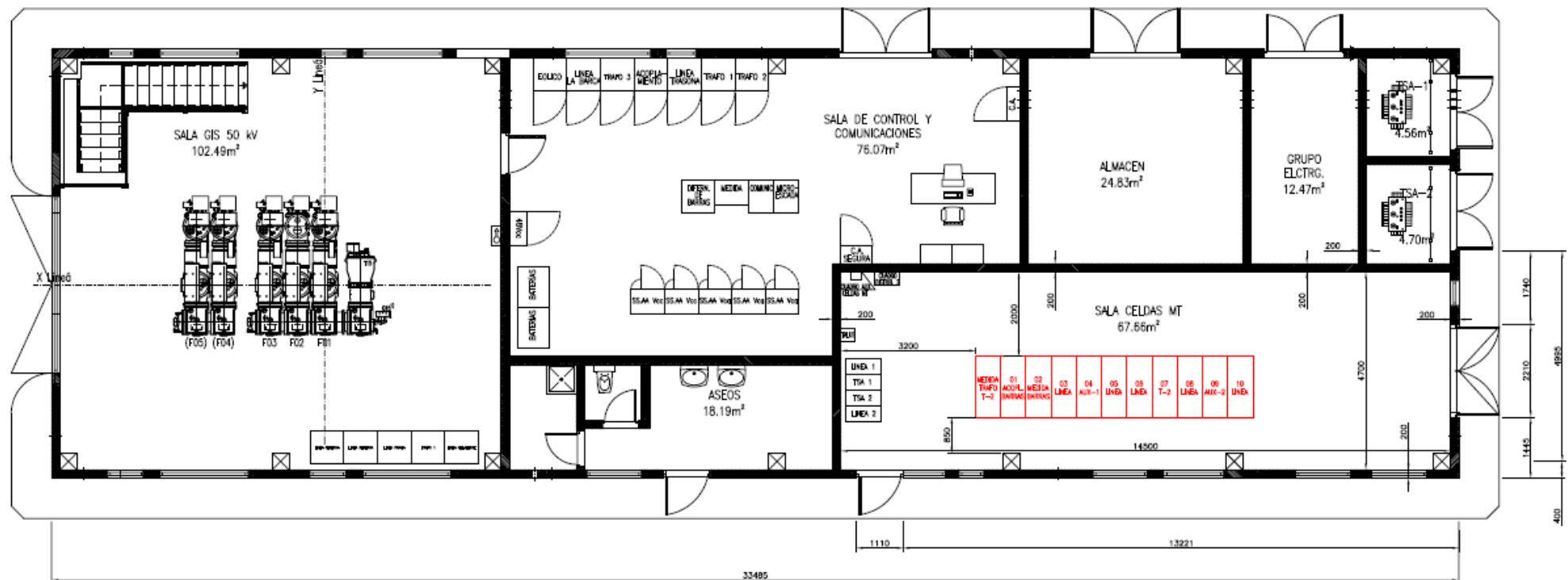
PLANO 2

PLANTA GENERAL

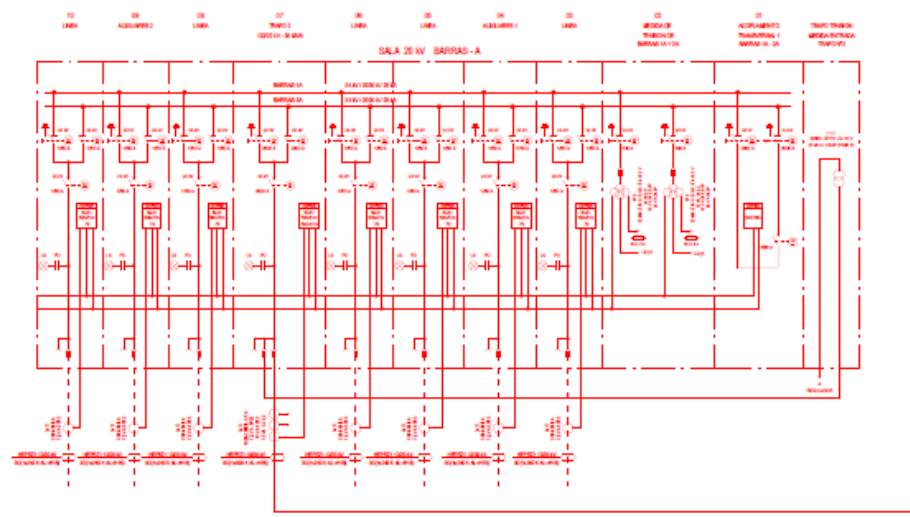
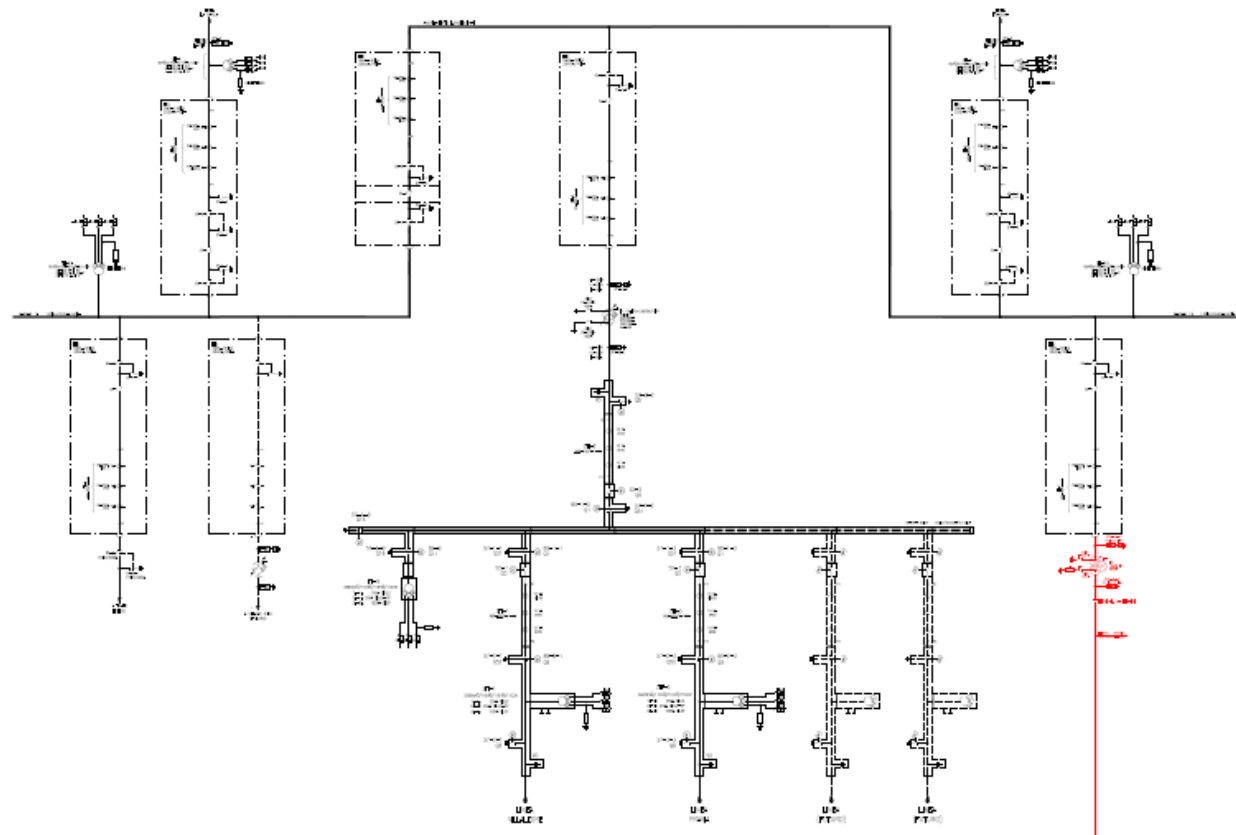
Hoja: ---

No. de DPT.: 4451104

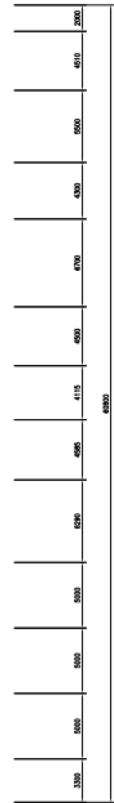
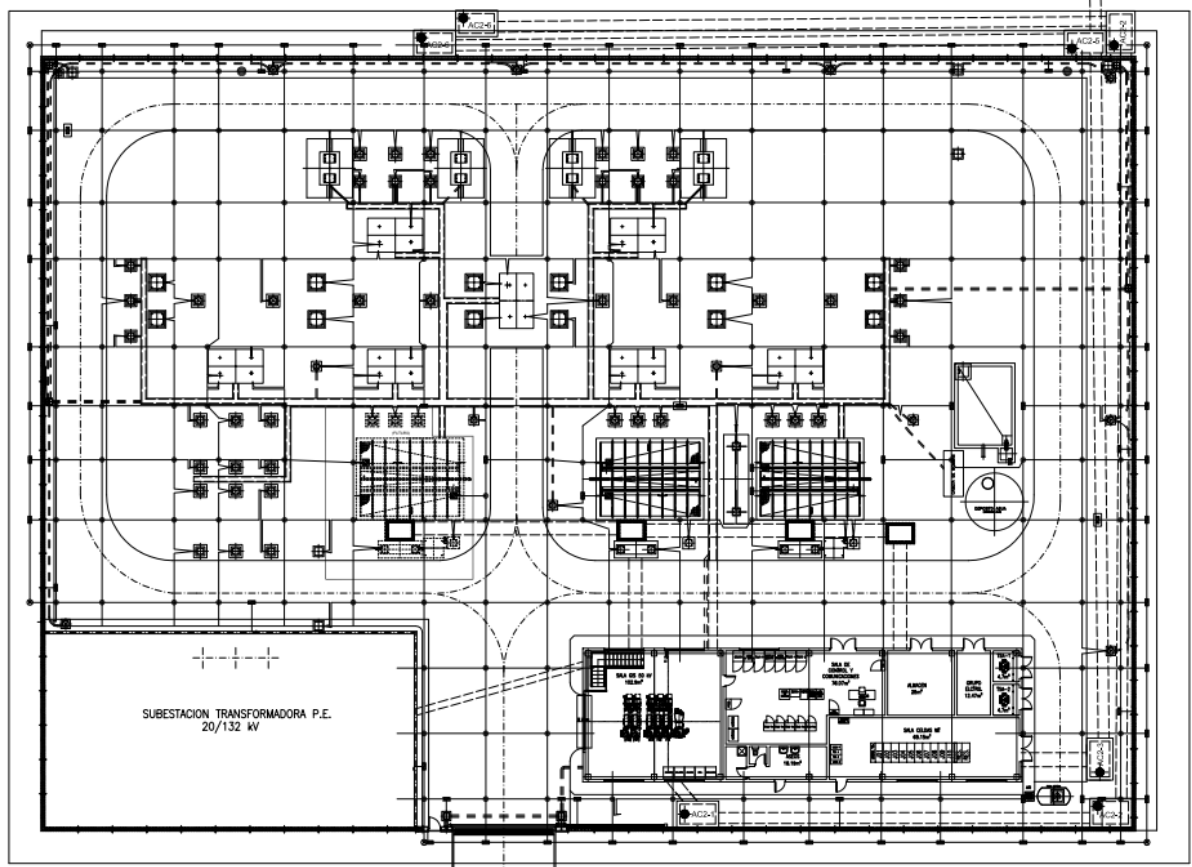
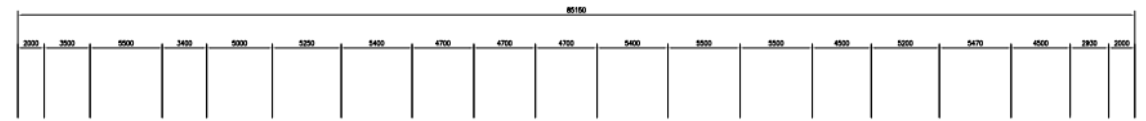
No. de: ---



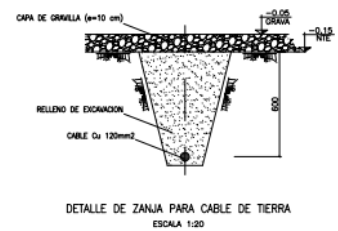
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16											
A	B	C	D	E	F	G	H																			
<table border="1"> <tr> <td>ESCALA</td> <td>1:50</td> </tr> <tr> <td>FECHA</td> <td>03/21/2010</td> </tr> <tr> <td>ELABORADO</td> <td>REVISADO</td> </tr> <tr> <td>VERIFICADO</td> <td>REVISADO-HC</td> </tr> <tr> <td>MODIFICACION</td> <td></td> </tr> </table>												ESCALA	1:50	FECHA	03/21/2010	ELABORADO	REVISADO	VERIFICADO	REVISADO-HC	MODIFICACION				SUBSTACION DE ROMIO PROYECTO NUEVO TRAF0 T2 132/30 kV Y CELDAS 20 kV DEPOSITOS DE CUERPOS EN CUERPO		PLANO 4 Hoja: 1 Total: 1
ESCALA	1:50																									
FECHA	03/21/2010																									
ELABORADO	REVISADO																									
VERIFICADO	REVISADO-HC																									
MODIFICACION																										



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
														PLANO 5	



LEYENDA			
FIGURA	CANT	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
—	2400m	CABLE DE Cu DESNUDO DE 120 mm ² (n=14.3 mm)	
+	174	SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN CRUZ PARA CABLES DE Cu DESNUDO PASANTES DE 120 mm ² (n=14.2 mm)	
+	60	SOLDADURA ALUMINOTERMICA EN "T" PARA CABLES DE Cu DESNUDO PASANTES DE 120 mm ² (n=14.2 mm)	
+	4	SOLDADURA ALUMINOTERMICA PARA CABLE DE Cu DESNUDO DE 120 mm ² (n=14.2 mm) A CARRIL.	
□	3	PUNTO DE PRUEBA	
⊙	5	PICA CILINDRICA DE ACERO REVESTIDA CON Cu, DE # 18.3 mm y 3 m de LONGITUD	
—	15	CONEXION A COMANDO APROXIMADAMENTE CADA 30 m	
●	2	ELECTRODO PROFUNDA 60m	



F	11/17	AGC	JLV	HHA	NUEVAS CELDAS 20 kV Y TRAF0-2	ESCALA= 1:200		EDICION ACTUAL: A
E					SEGUN FIN DE OBRA	ED. A Dibuja		PLANO 7
D					COMENTACION ADICIONAL PARA ASLADOR SOPORTE	Verificado	PLANTA GENERAL RED DE TIERRAS	Hoja: ---
C					ACTUALIZACION CANALIZACIONES Y EDIFICIO	Revisado-HC		Pl. o D.P.: ---
EDIC:	FECHA	DEBIAO	VERIFICADO	REVISADO-HC	MODIFICACION	Microcentro Distribucion Electrica SAU		Sign: ---

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente Estudio de Seguridad y Salud se redacta para dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales [13].

El presente Estudio de Seguridad y Salud, tiene como objeto garantizar la seguridad y la salud de las empresas contratadas para la realización de las obras y servicios recogidos en el Proyecto de HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U., y se elabora conforme con el artículo 4 del R.D. 1627/1997.

De acuerdo con el artículo 3 del R.D. 1627/1997 [13], si en la obra interviene más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá designar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación deberá ser objeto de un contrato expreso.

Conforme al artículo 7 del R.D. 1627/1997, el objeto del Estudio de Seguridad y Salud es servir de base para que la Empresa Contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. Dicho Plan de Seguridad y Salud deberá ser presentado antes del inicio de la obra proyectada y aprobado por HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U.

El presente Estudio contempla todos los riesgos y medidas preventivas en los trabajos de construcción o montaje del proyecto, y se elabora conjuntamente con dicho proyecto. Tiene en cuenta cualquier actividad propia de la futura obra, tenga o no carácter constructivo, incluidos trabajos posteriores de reparación, conservación y mantenimiento de la totalidad de la obra.

No obstante todo lo anterior, dada la especial envergadura y complejidad de la obra, que conlleva una inicial indefinición de la naturaleza y técnicas constructivas de puntualmente alguno de los trabajos a realizar, y que por tanto, en el proceso de proyecto no se dispone de toda la información necesaria que permita, en esta fase de proyecto, la plasmación detallada en el Estudio de Seguridad y Salud; en estos casos, los requisitos que se citan en este documento, se complementarán con criterios

y procedimientos de organización, coordinación, seguimiento y control que permitan, en la fase de obra, establecer de forma concreta y cuantificada las medidas de prevención y protección requeridas para el desarrollo de esos trabajos.

1.2. DESCRIPCIÓN ESPECÍFICA DE LA OBRA: CARACTERÍSTICAS Y FASES

Las obras contempladas en este Estudio de Seguridad y Salud corresponden a la construcción de las instalaciones objeto del proyecto del cual este Estudio forma parte inseparable, y cuya descripción figura en los apartados Memoria y Planos de dicho proyecto.

Las instalaciones se ubican en La Subestación de Romió, propiedad de HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U., que se encuentra sita en la localidad de Romió, Concejo de Candamo, Principado de Asturias; dentro de un perímetro vallado al que se accede por portón doble hoja, con control de accesos, en las coordenadas GPS: 43º 28' 52,14" latitud Norte, y 6º 0' 0,9" longitud Oeste.

Se tienen los siguientes condicionantes del lugar de emplazamiento en el que se realizará la obra:

CONDICIONANTES DEL EMPLAZAMIENTO
Entorno de una zona rural.
Es un recinto particular de empresa de distribución eléctrica, denominada HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U.
Subestación eléctrica de A.T., sistema híbrido, en perímetro vallado.
Los elementos de mando y control están situados en edificio.
Recinto con acceso a personas autorizadas, con control de accesos.
Recinto con acceso a vehículos autorizados, con control de accesos.
Recinto con Plan de Autoprotección s/ R.D. 393/2007, del 23 de marzo.
Circulación con cruzamientos y paralelismos en el entorno de líneas eléctricas aéreas y subterráneas, conducciones de cables de mando y control.
Interiormente, el recinto dispone viales de circulación que permiten el paso y posicionamiento de los vehículos pesados de los servicios de extinción de incendios y emergencias.

Se tienen las siguientes fases, establecidas desde el punto de vista de la seguridad y salud, del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos:

FASES Y MODO DE EJECUCIÓN
Replanteo inicial y comprobaciones preliminares sin medios especializados o con equipos técnicos de topografía.
Acopios y transportes manuales o con vehículo normal/especial/grúa automóvil, aparejos, cabrestantes. Cargas y Descargas.
Montaje de aparamenta de Alta Tensión con sus instalaciones auxiliares de soporte y control.
Montaje de aparamenta de interior y exterior, cajas, cuadros, módulos y armarios de B.T., tomas de tierra.
Conexión manual o con elementos auxiliares (poleas/aparejos, maquinaria de elevación/tracción) de conductores diversos y embarrados.
Empalmes con maquinaria de compresión y/o manguito termorretráctil.
Conexiones con bornes o soldadura aluminotérmica.
Pruebas, inspecciones y ensayos eléctricos.
Suministro de energía auxiliar con toma de corriente de red B.T. o grupo electrógeno.

1.3. PRESUPUESTO, PLAZO DE EJECUCIÓN Y MANO DE OBRA

El presupuesto total de ejecución del proyecto asciende a la cantidad de 821.860,00€, realizándose todas las actividades en un plazo de 12 semanas.

El número de personal se estima en 10 operarios, con una punta máxima de 10 trabajadores simultáneamente.

1.4. ASISTENCIA SANITARIA

De acuerdo con el apartado "A3" del Anexo VI del R.D. 486/1997 [20], la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente:

PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA	
Primeros auxilios	Botiquín portátil en la obra.
Urgencias	Urgencias del Hospital Universitario Central (HUCA) Avda. de Roma, s/n 33011 Oviedo, Asturias. Tel.: 985 10 80 00 ó, en su caso, Urgencias del Hospital Universitario San Agustín Camino de los Heros, 6 33401 Avilés, Asturias. Tef: 985 12 30 00
Hospital	Urgencias del Hospital Universitario Central (HUCA) Avda. de Roma, s/n 33011 Oviedo, Asturias. Tel.: 985 10 80 00 ó, en su caso, Urgencias del Hospital Universitario San Agustín Camino de los Heros, 6 33401 Avilés, Asturias. Tef: 985 12 30 00
Información Toxicológica	915 620 420
Mutua de Accidentes	La del adjudicatario de la Obra.
PETICIÓN DE AYUDA A PROTECCIÓN CIVIL EN EL TELÉFONO 112	

1.5. VEHÍCULOS Y MAQUINARIA

De acuerdo con el apartado "2.a" del artículo 5 del R.D. 1627/1997, en la obra se utilizarán o se prevé la utilización de los vehículos y maquinaria que se indican en la tabla siguiente en una descripción no exhaustiva:

RELACIÓN DE VEHÍCULOS Y MAQUINARIA
Vehículo ligero con o sin todo-terreno.
Furgoneta/Furgón.
Camión todo-terreno.
Camión todo-terreno con grúa.
Camión todo-terreno con grúa y/o hoyadora.
Camión ligero/medio/pesado.
Grúa automóvil.
Grupo electrógeno.

Los vehículos y la maquinaria deben cumplir la legislación y estar en posesión de la correspondiente autorización de circulación y uso. Asimismo, es obligatorio que estén al corriente en lo que se refiere su mantenimiento y a las inspecciones que requieran por indicación del fabricante y por los Reglamentos Técnicos que les sean de aplicación.

1.6. MEDIOS AUXILIARES

De acuerdo con el apartado “2.a” del artículo 5 del R.D. 1627/1997, en la obra se utilizarán o se prevé la utilización de los medios auxiliares más significativos que se indican en la tabla siguiente:

MEDIOS AUXILIARES	REQUISITOS FUNDAMENTALES
Herramientas manuales.	<p>Emplear sólo en el uso para el que han sido fabricadas. No modificarlas ni usarlas si están deterioradas. Mantenerlas limpias, engrasadas en su caso, afiladas y sin defectos. Cuando se usen en altura, tomar medidas para evitar su caída, como utilizar bolsas, cuerdas de amarre y otros.</p>
Herramientas portátiles: eléctricas, neumáticas o con motor de explosión.	<p>No se anularán ni se desmontarán sus protecciones. El mantenimiento y el cambio de útiles siempre serán con la máquina parada, desconectada y/o con la llave de aire cerrada. Eléctricas: de doble aislamiento, conectadas a la red mediante elementos adecuados y a través de interruptor diferencial de alta sensibilidad. Neumáticas: con gatillos protegidos contra accionamientos involuntarios, y conexiones de acoplamiento perfectas. El mantenimiento se realizará siguiendo las instrucciones del fabricante. En todo caso, utilizar con el E.P.I. adecuado.</p>
Herramientas de tracción (aparejos, tráctel, tirviTrab...) y sus accesorios: cables, eslingas, ganchos, poleas...	<p>Estarán perfectamente conservados y se seguirán las instrucciones del fabricante. No se alterarán sus accionamientos. Nunca se sobrepasarán las cargas máximas de trabajo.</p>
Herramientas hidráulicas, mecánicas y de percusión.	<p>Estarán perfectamente conservadas y dispondrán de sus accesorios originales. En su mantenimiento y uso se seguirán las instrucciones del fabricante.</p>
Máquinas de corte. Muelas y esmeriladoras	<p>Además de los requerimientos de su alimentación eléctrica: Seguir las instrucciones de uso del fabricante. Protegidas de la lluvia. Siempre estarán dotadas de las carcasas y resguardos correspondientes. Se transportarán sin que sufran caídas o golpes. Las muelas deben ser adecuadas a la máquina y al material a mecanizar, estarán en perfecto estado y se colocarán por personal especializado. Nunca se abandonará la máquina en funcionamiento. Los ángulos de trabajo y la presión sobre las piezas serán siempre los correctos, sin forzar la muela. Los operarios estarán adiestrados en su utilización.</p>

Soldadura aluminotérmica.	Se seguirán al pie de la letra las instrucciones de uso del fabricante.
Escaleras de mano.	Estarán en perfecto estado y dotadas de elementos antideslizantes. Serán de longitud adecuada a la altura del punto de trabajo (sin usar los tres últimos peldaños) o al lugar de acceso (que sobrepasarán en 1 m). Durante su uso estarán inmovilizadas y sólo una persona puede estar subida a ellas.
Alimentación eléctrica.	Los cuadros serán estancos, dotados de interruptores diferenciales de alta sensibilidad, interruptores magnetotérmicos bipolares o tetrapolares y tomas de corriente protegidas.

2. RIESGOS LABORALES A EVITAR

De acuerdo con el apartado “2.a” del artículo 5 del R.D. 1627/1997, en la obra se han identificado los siguientes riesgos laborales que pueden ser evitados, indicando a tal efecto las medidas necesarias para su eliminación:

RIESGOS A EVITAR	
IDENTIFICACIÓN	ELIMINACIÓN DEL RIESGO
Contacto eléctrico directo en A.T. con la red de distribución.	Descargo de la instalación correspondiente.
Contacto eléctrico directo en B.T. con la red de distribución.	Descargo de la instalación correspondiente.
OBSERVACIONES:	
Cuando las condiciones de explotación o las características de la red próxima dificulten el descargo completo de la instalación, se aplicarán métodos de trabajo que permitan reducir al máximo el riesgo de contacto eléctrico directo, tal y como aparecen contemplados en el capítulo 3, Riesgos Laborales a Prevenir.	

3. RIESGOS LABORALES A PREVENIR

De acuerdo con el apartado “2.a” del artículo 5 del R.D. 1627/1997, en la obra se han identificado los siguientes riesgos laborales que se deben prevenir, indicando a tal efecto las medidas preventivas y las protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos:

RIESGOS A PREVENIR DE TIPO GENERAL	
Caídas a distinto nivel.	
Caídas a nivel del suelo/terreno.	
Caída de objetos que están en manipulación o en elevación mecánica.	
Pisadas o golpes sobre/contra objetos.	
Golpes/cortes por objetos o herramientas.	
Proyección de fragmentos o partículas.	
Atrapamiento entre objetos o por vuelco de máquinas o vehículos.	
Sobreesfuerzos.	
Mordeduras de animales o picaduras de insectos.	
Atropellos o golpes con vehículos.	
Contactos eléctricos indirectos.	
MEDIDAS PREVENTIVAS	APLICAR
Información/formación específica:	Permanente.
- Conocimiento de las características y del empleo de las herramientas y los equipos.	
- Instrucciones de trabajo concretas.	
- Riesgos advertidos en el lugar de trabajo y medidas preventivas a aplicar.	
- Instrucción sobre métodos y procedimientos de trabajo a desarrollar.	
- Pautas de comportamiento ante animales.	
Delimitación de la zona de trabajo. Señalización.	Permanente.
- Excluir la permanencia en el radio de acción de las grúas y la maquinaria.	
- Impedir la presencia de personas en los trabajos superpuestos.	
- Limitar la presencia de personas en trabajos que impliquen proyecciones.	
- Asignar vías exclusivas de circulación.	
Usar medios mecánicos con preferencia sobre las operaciones manuales.	Permanente.
Mantener el orden y la limpieza y la retirada de escombros en la zona de trabajo.	Permanente.
Instalaciones eléctricas en buen estado. Sólo intervendrá en ellas personal especializado.	Permanente.
PROTECCIONES COLECTIVAS	ESTABLECER
Barreras y vallas.	Según proceda.
Tapas y cierres.	Según proceda.
Distancias de seguridad a elementos en tensión. Aislamiento, pantallas y barreras.	Según proceda.
Protección diferencial. Puesta a tierra.	Permanente.
EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	USAR
Casco.	Permanente.
Casco con barbuquejo.	Trabajo en altura.
Gafas de protección contra impactos.	En proyecciones.

Ropa de trabajo. Vestuario de protección frente al frío/lluvia.	Permanente.
Guantes de protección mecánica.	Permanente.
Cinturón antilumbago.	(1)
Arnés y cinturón de seguridad.	Trabajo en altura.
Botas de seguridad.	Permanente.
Botas de goma con puntera de seguridad.	Agua/humedad.
OBSERVACIONES:	
(1) Según las posiciones de trabajo y la manipulación de cargas.	

RIESGOS A PREVENIR EN LA FASE DE: REPLANTEO Y COMPROBACIONES PRELIMINARES	
Caídas a nivel del suelo/terreno.	
Golpes/cortes por herrajes o herramientas.	
Golpes e impactos de vehículos.	
Atrapamientos y golpes en el manejo de tapas de arquetas o canales.	
MEDIDAS PREVENTIVAS	APLICACIÓN
Desplazamientos por los itinerarios más adecuados.	Permanente.
Transporte de las herramientas en bolsas o fundas.	Permanente.
PROTECCIONES COLECTIVAS	ESTABLECER
Señalización de la zona de trabajo	Según proceda.
EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	USAR
Casco.	Permanente.
Ropa y vestuario de trabajo.	Permanente.
Guantes de protección mecánica.	Permanente.
Pantalla facial.	Según proceda.
Botas de seguridad.	Permanente.
Botas de goma.	Según proceda.
OBSERVACIONES:	
Considerar también los Riesgos de Tipo General, y sus correspondientes Medidas Preventivas a observar, Protecciones Colectivas a establecer y E.P.I. a usar.	

RIESGOS A PREVENIR EN LA FASE DE: ACOPIOS Y TRANSPORTES. CARGA Y DESCARGA	
Caída de objetos en elevación mecánica mediante aparejos o grúas.	
Atrapamiento entre objetos o por vuelco de vehículos o grúas.	
Sobreesfuerzos en el transporte y acopio manual o en la carga o descarga de vehículos.	
Contactos eléctricos indirectos.	
MEDIDAS PREVENTIVAS	APLICACIÓN
Vehículos y grúas:	Permanente.

- Los conductores y operadores estarán suficientemente formados y adiestrados.	
- Se estabilizarán correctamente antes de iniciar las maniobras.	
- El amarre y/o eslingado de las cargas será comprobado antes de moverlas.	
- Los desplazamientos serán lentos y el izado y/o descenso será vertical.	
- En los trabajos en proximidad de instalaciones eléctricas se limitarán con total efectividad los movimientos de la grúa y se respetarán las distancias de seguridad.	
Sobreesfuerzos:	Permanente.
- No se sobrepasará el peso autorizado a manejar por un trabajador.	
- La espalda debe mantenerse recta y los esfuerzos se harán con las piernas.	
- Cuando intervengan varias personas, un responsable coordinará las acciones.	
PROTECCIONES COLECTIVAS	ESTABLECER
Barreras y vallas.	Según proceda.
EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	USAR
Casco.	Permanente.
Ropa y vestuario de trabajo.	Permanente.
Guantes de protección mecánica.	Permanente.
Cinturón antilumbago.	Según proceda.
Botas de seguridad.	Permanente.
OBSERVACIONES:	
Son de aplicación las Normas y Reglamentos relativos a vehículos, grúas y maquinaria en general. Considerar también los Riesgos de Tipo General, y sus correspondientes Medidas Preventivas a observar, Protecciones Colectivas a establecer y E.P.I. a usar.	

RIESGOS A PREVENIR EN LA FASE DE: MONTAJE ELECTROMECAÁNICO APARAMENTA	
Caídas distinto nivel.	
Golpes o atrapamientos en uso de útiles, herramientas y maquinaria de tracción o compresión.	
Golpes por uso de herramientas de apriete.	
Contactos eléctricos indirectos.	
Caída de objetos en elevación mecánica mediante aparejos o grúas.	
Atrapamiento entre objetos o por vuelco de vehículos o grúas.	
Sobreesfuerzos en el transporte manual o en la carga de vehículos.	
MEDIDAS PREVENTIVAS	APLICACIÓN
Aplicación de las normas de utilización de escaleras.	Permanente.
Seguir las instrucciones de empleo de útiles, herramientas y maquinaria de tracción, compresión y des-apriete.	Según proceda.
Vehículos y grúas:	Permanente.

- Los conductores y operadores estarán suficientemente formados y adiestrados.	
- Se estabilizarán correctamente antes de iniciar las maniobras.	
- El amarre y/o eslingado de las cargas será comprobado antes de moverlas.	
- Los desplazamientos serán lentos y el izado y/o descenso será vertical.	
- En los trabajos en proximidad de instalaciones eléctricas se limitarán con total efectividad los movimientos de la grúa y se respetarán las distancias de seguridad.	
Sobreesfuerzos:	Permanente.
- No se sobrepasará el peso autorizado a manejar por un trabajador.	
- La espalda debe mantenerse recta y los esfuerzos se harán con las piernas.	
- Cuando intervengan varias personas, un responsable coordinará las acciones.	
PROTECCIONES COLECTIVAS	ESTABLECER
Anclaje de escaleras.	Permanente.
Barreras y vallas.	Según proceda.
EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	USAR
Casco.	Permanente.
Casco con barbuquejo.	Trabajo en altura.
Ropa y vestuario de trabajo.	Permanente.
Guantes de protección mecánica.	Permanente.
Cinturón antilumbago.	Según proceda.
Botas de seguridad.	Permanente.
OBSERVACIONES:	
Considerar también los Riesgos de Tipo General, y sus correspondientes Medidas Preventivas a observar, Protecciones Colectivas a establecer y E.P.I. a usar.	

RIESGOS A PREVENIR EN LA FASE DE: CONEXIONADOS Y TENDIDOS DE CONDUCTORES	
Caídas distinto nivel.	
Golpes o atrapamientos en uso de útiles, herramientas y maquinaria de tracción o compresión.	
Derivadas del uso de herramientas eléctricas portátiles.	
Golpes por uso de herramientas de conexionado y apriete.	
Caídas en canaletas en el tendido de tubos o cables.	
Contactos eléctricos indirectos.	
Sobreesfuerzos en el manejo manual de guías o cables.	
Caída de objetos en elevación mecánica mediante aparejos o grúas.	
Atrapamiento entre objetos o por vuelco de vehículos o grúas.	
MEDIDAS PREVENTIVAS	APLICACIÓN
Seguir procedimientos de conexionado y empalmes.	Permanente.

Seguir procedimientos de soldadura aluminotérmica.	Permanete.
Aplicación de las normas de utilización de escaleras.	Permanente.
Aplicación de las normas de utilización de andamios.	Permanente.
Estudiar y definir los itinerarios sobre el terreno.	Previa al tendido.
Dimensionar correctamente las guías y las piezas de conexión.	Previo a conexionar.
Estabilizar las bobinas y maquinaria de tendido.	Permanente.
Seguir las instrucciones de empleo de útiles, herramientas y maquinaria de tracción, compresión y desapriete.	Según proceda.
Vehículos y grúas:	Permanente.
- Los conductores y operadores estarán suficientemente formados y adiestrados.	
- Se estabilizarán correctamente antes de iniciar las maniobras.	
- El amarre y/o eslingado de las cargas será comprobado antes de moverlas.	
- Los desplazamientos serán lentos y el izado y/o descenso será vertical.	
- En los trabajos en proximidad de instalaciones eléctricas se limitarán con total efectividad los movimientos de la grúa y se respetarán las distancias de seguridad.	
Sobreesfuerzos:	Permanente.
- No se sobrepasará el peso autorizado a manejar por un trabajador.	
- La espalda debe mantenerse recta y los esfuerzos se harán con las piernas.	
- Cuando intervengan varias personas, un responsable coordinará las acciones.	
PROTECCIONES COLECTIVAS	ESTABLECER
Anclaje de escaleras.	Permanente.
Tapas sobre canales y arquetas.	Permanente.
Barreras y vallas.	Según proceda.
EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	USAR
Casco.	Permanente.
Casco con barbuquejo.	Trabajo en altura.
Ropa y vestuario de trabajo.	Permanente.
Guantes de protección mecánica.	Permanente.
Cinturón antilumbago.	Según proceda.
Botas de seguridad.	Permanente.
OBSERVACIONES:	
Considerar también los Riesgos de Tipo General, y sus correspondientes Medidas Preventivas a observar, Protecciones Colectivas a establecer y E.P.I. a usar.	

RIESGOS A PREVENIR EN LA FASE DE: PRUEBAS	
Caídas a nivel del suelo/terreno.	
Golpes/cortes por herrajes o herramientas.	
Golpes e impactos de vehículos.	
Atrapamientos y golpes en el manejo de tapas de arquetas o canales.	
MEDIDAS PREVENTIVAS	APLICACIÓN
Desplazamientos por los itinerarios más adecuados.	Permanente.
Transporte de las herramientas en bolsas o fundas.	Permanente.
PROTECCIONES COLECTIVAS	ESTABLECER
Señalización de la zona de trabajo	Según proceda.
EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	USAR
Casco.	Permanente.
Ropa y vestuario de trabajo.	Permanente.
Guantes de protección mecánica.	Permanente.
Pantalla facial.	Según proceda.
Botas de seguridad.	Permanente.
Botas de goma.	Según proceda.
OBSERVACIONES:	
Considerar también los Riesgos de Tipo General, y sus correspondientes Medidas Preventivas a observar, Protecciones Colectivas a establecer y E.P.I. a usar.	

Se han identificado, sin carácter exhaustivo, los siguientes medios de suministro de energía auxiliar:

RIESGOS A PREVENIR EN LA FASE DE: SUMINISTRO DE ENERGÍA AUXILIAR	
TIPO DE ENERGÍA	MEDIDAS PREVENTIVAS
Toma de corriente desde la red de alimentación en B.T.	Punto de toma adecuado. Elementos de conexión específicos. Protección mecánica de líneas de alimentación. El aislamiento de los conductores se mantendrá en perfecto estado. Uso de interruptores diferenciales. Tomas de corriente específicas y protegidas Puesta a tierra de masas.
Toma de corriente desde un grupo electrógeno.	La elección del grupo electrógeno, su sistema de instalación y sus protecciones serán decisión de un técnico competente. Los grupos electrógenos de pequeña potencia, que no necesiten puesta a tierra, serán de doble aislamiento y de grado de protección (IP) adecuado a las condiciones del lugar de utilización. Los receptores que alimenten estos pequeños grupos también serán de doble aislamiento y del IP adecuado.
OBSERVACIONES:	
Considerar también los Riesgos de Tipo General, y sus correspondientes Medidas Preventivas a observar, Protecciones Colectivas a establecer y E.P.I. a usar.	

4. OTROS RIESGOS

Se han identificado, sin carácter exhaustivo, la posibilidad de la realización trabajos especiales que comportarán medidas preventivas especiales:

RIESGOS EN TRABAJOS ESPECIALES	
TRABAJOS ESPECIALES	MEDIDAS PREVENTIVAS
Trabajos en tensión.	Personal habilitado y métodos y procedimientos de T.E.T, establecidos por la propia Empresa acreditada para la ejecución de este tipo de trabajos.
OBSERVACIONES:	
Considerar también los Riesgos de Tipo General, y sus correspondientes Medidas Preventivas a observar, Protecciones Colectivas a establecer y E.P.I. a usar.	

5. NORMATIVA RELACIONADA CON LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

De acuerdo con el apartado "2.b" del artículo 5 del R.D. 1627/1997, se adjuntan las normas legales y reglamentarias aplicables a las especificaciones propias de la obra, así como las prescripciones que se habrán de cumplir en relación con las características, la utilización y la conservación de las máquinas, útiles, herramientas, sistemas y equipos preventivos.

GENERAL	DATOS	FECHA	ARTÍCULOS
Constitución española.		27.12.98	40.2; 43
Estatuto de los trabajadores.	RD Leg 1/95	24.03.95	4.2.d; 5.b; 19
General de Sanidad.	Ley 14/86	25.04.86	
Industria.	Ley 21/92	16.07.92	8 a 20; 30 a 38
General de la Seguridad Social.	RD Leg 1/94	20.06.94	123; 195 a 197
Infracciones y sanciones en el orden social.	Ley 8/88	07.04.88	40; 41
Código penal.	Ley 10/95	23.11.95	142; 152; 316 a 318; 359 a 378
Ordenación del sistema eléctrico.	Ley 40/94	30.12.94	49; 58 a 65; 91 a 95
Prevención de riesgos laborales.	Ley 31/95	08.11.95	
Reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.	Ley 54 /03	12.12.03	
Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo. ArTrab. 24 y capítulos VI y VII (lo no incluido en la RD 314/2006). [16]			
Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.	RD 1989/96	02.08.96	
SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	DATOS	FECHA	OBSERVACIONES
Reglamento actividades molestas, insalubres, nocivas...	D 2414/61	30.11.61	Modif. D 3494/64. Des. OM 15.03.63

Prevención de accidentes mayores.	RD 1254/99	16.07.99	
Agentes biológicos.	RD 664/97	12.05.97	Modif. OM 25.03.98
Agentes cancerígenos.	RD 665/97	12.05.97	
Trabajos con amianto.	OM	31.12.94	Modif. OM 26.07.93
Cloruro de vinilo monómero.	RD 374/01	06.04.01	
Reglamento de Seguridad en la Construcción.	OM	20.05.52	
Seguridad y salud en las obras de construcción.	RD 1627/97	24.10.97	
Disposiciones mínimas para la protección de la Salud y Seguridad de los Trabajadores frente al Riesgo Eléctrico y Guía que le complementa.	RD 614/01	08.06.01	
Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los Equipos de Trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.	RD 2177/04	12.11.77	
Reglamento de explosivos.	RD 230/98	16.02.98	
Utilización de EPI.	RD 773/97	30.05.97	
Comercialización de equipos de protección individual (modificaciones: Real Decreto 159 / 1995, de 3 de febrero, y Orden de 20 de febrero de 1997).	RD1407/92	20.11.92	
Equipos de trabajo.	RD 1215/97	18.07.97	
Cables, cadenas y ganchos.	RD 1513/91	11.10.91	
Máquinas.	RD 1435/92	27.11.92	Modif. RD 56/95
Aparatos y sistemas de protección para uso en Atmósferas potencialmente Explosivas.	RD 400/96	01.03.96	
Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de Actividades Empresariales. Desarrollo del artículo 24 de la Ley 31 / 1995.	RD 171/04	30.01.04	
Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los Riesgos derivados de Atmósferas Explosivas.	Directiva 1999/92/CE		
Material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión. [Baja Tensión].	Directiva 73/23/CEE		
Subcontratación en el Sector de la Construcción, publicada en el BOE nº 250 de 19 de octubre.	Ley 32/06		
Lugares de trabajo.	RD 486/97	14.04.97	
Manipulación manual de cargas.	RD 487/97	14.04.97	
Pantallas de visualización.	RD 488/97	14.04.97	

Plomo.	RD 374/01	06.06.01	
Radiaciones ionizantes.	RD 413/97	21.03.97	
Radiaciones ionizantes. Registro de empresas.	RES	16.07.97	
Ruido.	RD 286/06	10.03.06	
Servicios de Prevención.	RD 39/97	17.01.97	Modif. RD 780/98
Señalización.	RD 485/97	14.04.97	
Ordenación de los transportes terrestres.	LEY 16/87	30.07.87	Modif. Leyes 13/96 y 66/97
Reglamento de la ley de transportes terrestres.	RD 1211/90	28.09.90	Modif. RD 858/94, 1136/97, y 927/98 (des. OM 07.03.97, modif. OM 18.09.98)
Ley de tráfico, circulación de vehículos y seguridad vial.	RDL 339/90	02.03.90	Modif. Ley 5/97 y 59/97.RDL 12/97
Reglamento gral. circulación (de la ley de tráfico).	RD 13/92	17.01.92	Modif. RD 1333/94 y 116/98
REGLAMENTOS TÉCNICOS y NORMAS			
Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09. RD 223/2008.			
Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23. RD 337/2014.			
Regulación de las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. RD 1955/2000.			
Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. RD 842/02.			
Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios.			
Reglamento de aparatos que utilizan el gas como combustible e ITC.			
Reglamento de aparatos de elevación e ITC.			
Reglamento de aparatos a presión e ITC.			
Reglamento de seguridad en máquinas e ITC.			
Reglamento de clasificación, envasado y etiquetado de productos peligrosos.			
Reglamento de almacenamiento de productos químicos.			
Código Técnico de la Edificación.			
Manual de autoprotección. Desarrollo del Plan de Emergencia y evacuación en locales y edificios.			
Manual de Prevención de Riesgos Laborales del GRUPO EDP.			

Oviedo, 6 de Mayo de 2019



Fdo.: Claudia Arrojo López
INGENIERA INDUSTRIAL

Claudia Arrojo López

6. PRESUPUESTO

• PROTECCIONES INDIVIDUALES

POS.	UDS.	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	10	Ud. Casco de seguridad homologado.	1,38	13,80
2	10	Ud. Gafa anti-polvo y anti-impactos.	4,81	48,10
3	1	Ud. Pantalla de seguridad para soldar.	7,81	7,81
4	1	Ud. Gafa de seguridad para oxicorte.	3,61	3,61
5	10	Ud. Mascarilla de respiración anti-polvo.	7,21	72,10
6	10	Ud. Mascarilla de seguridad anti-polvo.	4,21	42,10
7	10	Ud. Protector auditivo.	7,22	72,20
8	10	Ud. Mono o buzo de trabajo.	7,82	78,20
9	10	Ud. Impermeable.	6,62	66,20
10	1	Ud. Mandil de cuero para soldar.	9,02	9,02
11	1	Par manguitos para soldar.	3,31	3,31
12	1	Par polainas para soldar.	4,21	4,21
13	1	Par de guantes para soldar.	4,81	4,81
14	10	Par de guantes dieléctricos.	21,04	210,40
15	10	Par de guantes de goma fina.	0,90	9,00
16	10	Par de guantes de cuero.	1,51	15,10
17	10	Par de botas impermeables al agua y a la humedad.	5,93	59,30
18	10	Par de botas de seguridad de lona.	13,83	138,30
19	10	Par de botas de seguridad de cuero.	19,23	192,30
20	10	Par de botas dieléctricas.	24,04	240,40
21	10	Ud. Chalecos reflectantes.	9,36	93,60
			TOTAL	1.383,87

• **PROTECCIONES COLECTIVAS**

POS.	UDS.	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	1	Ud. Conjunto señalización normalizada de tráfico, con soporte metálico e incluida colocación.	18,03	18,03
2	1	Ud. Cartel indicativo de riesgo, con soporte metálico e incluida colocación.	3,01	3,01
3	1	Ud. Cartel indicativo de riesgo, sin soporte metálico e incluida colocación.	1,05	1,05
4	1	Ud. Cordón de balizamiento reflectante, incluidos soportes, colocación y desmontaje.	0,90	0,90
5	1	Ud. Valla normalizada de bloqueo de tráfico incluida colocación.	13,82	13,82
6	1	Ud. Valla autónoma metálica de contención de peatones.	7,81	7,81
7	1	Ud. Jalón de señalización incluida colocación.	0,79	0,79
8	1	H. Mano de obra brigada de seguridad empleada en mantenimiento y reposición de protecciones.	6,31	6,31
9	1	H. Mano de obra del señalista.	5,41	5,41
10	1	Ud. Extintor polvo polivalente, incluido el soporte.	47,48	47,48
TOTAL				104,61

• **MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS**

POS.	UDS.	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	1	Ud. Botiquín.	30,00	30,00
2	1	Ud. Reposición material sanitario en el transcurso de la obra.	36,00	36,00
3	10	Ud. Reconocimiento médico obligatorio.	18,00	180,00
TOTAL				246,00

• **FORMACIÓN Y REUNIONES DE OBLIGADO CUMPLIMIENTO**

POS.	UDS.	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	3	Ud. Reunión mensual del Comité de Seguridad e higiene en el trabajo.	30,00	90,00
2	10	H. Formación en seguridad e higiene en el trabajo.	6,00	60,00
TOTAL				150,00

- RESUMEN DEL PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	TOTAL
Protecciones individuales.	1.383,87
Protecciones colectivas.	104,61
Medicina Preventiva y Primeros Auxilios.	246,00
Formación y reuniones de obligado cumplimiento.	150,00
TOTAL	1.884,48

Asciende el presente presupuesto mínimo de Seguridad y Salud a la cantidad de 1884,48 € (MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y CUATRO, CON CUARENTA Y OCHO CÉNTIMOS).

Oviedo, 6 de Mayo de 2019



Fdo.: Claudia Arrojo López

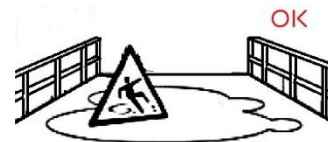
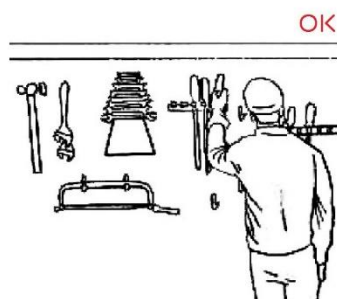
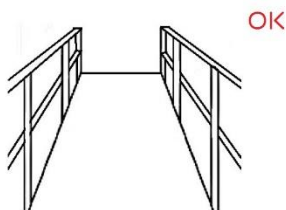
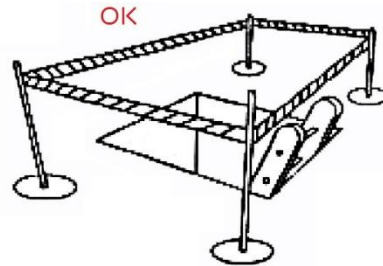
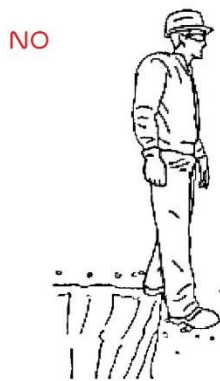
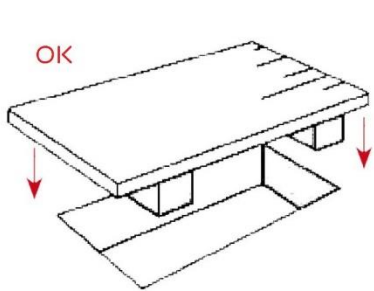
INGENIERA INDUSTRIAL

7. PLANOS

- INDICE DE PLANOS

TÍTULO	Nº PLANO
PRÁCTICAS SEGURAS EN LUGARES DE TRABAJO.....	1
SEÑALIZACIÓN I.....	2
SEÑALIZACIÓN II.....	3
SEÑALIZACIÓN III.....	4
EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL.....	5
EQUIPOS DE ELEVACIÓN/TRACCIÓN.....	6
SEÑALIZACIÓN GESTUAL ELEVACIÓN/TRACCIÓN.....	7
ESCALERAS Y ANDAMIOS.....	8
PROTECCIÓN FRENTE A CAIDAS.....	9
TRABAJOS BAJO EL NIVEL DEL SUELO.....	10
MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS.....	11
ALIMENTACIÓN AUXILIAR ELÉCTRICA.....	12

PLANO Nº1: PRÁCTICAS SEGURAS EN LUGARES DE TRABAJO



PLANO Nº2: SEÑALIZACIÓN I

SEÑALES DE PROHIBICIÓN



Alto, no pasar



Prohibido aparcar



Prohibido encender fuego



Prohibido el uso de teléfonos móviles



Prohibido permanecer debajo de carga



Prohibido el paso de camiones



Prohibido apagar con agua



Prohibido permanecer en el área de descarga



No obstruir



Prohibido el paso

SEÑALES DE ADVERTENCIA DE PELIGRO



Peligro



Riesgo eléctrico



Peligro zona de obras



Peligro alta tensión



Peligro materias nocivas o irritantes



Peligro suelo



Toma a tierra



Peligro paso de Carretillas



Peligro maquinaria pesada



Peligro paso de plataformas elevadoras



Peligro paso de plataformas elevadoras



Riesgo de atropello o golpes con vehículos



Peligro carga suspendida



Peligro caídas al mismo nivel



Peso limitado



Peligro caída de objetos



Peligro máquina accionada a distancia



Peligro caídas distinto nivel



Peligro pavimento irregular



Riesgo de sobreesfuerzos o fatiga postural

PLANO Nº3: SEÑALIZACIÓN II

SEÑALES DE ADVERTENCIA DE PELIGRO



Protección obligatoria de la cabeza



Protección obligatoria de vista



Protección obligatoria del oído



Protección obligatoria de los pies



Protección obligatoria de las manos



Protección obligatoria del cuerpo



Protección obligatoria de la cara



Protección obligatoria obligatoria contra caídas



Protección obligatoria para peatones



Protección obligatoria equipo de respiración autónoma



Protección obligatoria ropa alta visibilidad

SEÑALES CONTRA INCENDIOS



Equipo autónomo contra incendios



Columna móvil de extinción



Boca de incendios equipada



Teléfono de emergencia



Extintor de incendios



Escalera de Incendios



pulsador de Columna alarma



hidrante



Direccionamiento

SEÑALES DE SALVAMENTO DE SOCORRO



Direccionamiento



Teléfono de salvamento



Salidas de socorro (situar sobre la salida)



Primeros auxilios



Camilla



Ducha de seguridad



Lavado de ojos

PLANO Nº4: SEÑALIZACIÓN III

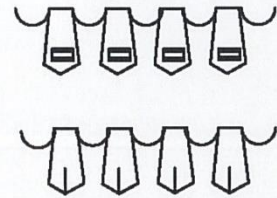
SEÑALES DE DIRECCIÓN Y BALIZAMIENTO



Señalización de caídas, choques y golpes



Delimitación de zona de paso restringido



Cordón de balizamiento

Paneles direccionales para curvas

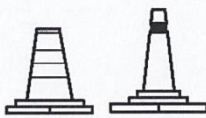


Paneles direccionales para obras

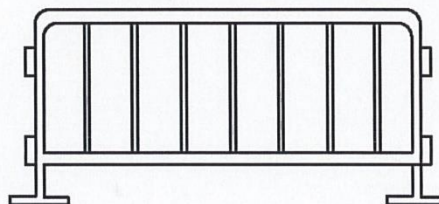


Cinta balizamiento reflectante

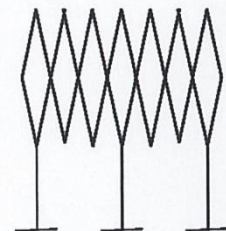
Cinta balizamiento plástico



Conos



Vallas de contención de peatones



PLANO Nº5: EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

EQUIPOS BÁSICOS DE PROTECCIÓN



Protección obligatoria de la cabeza



Protección obligatoria de vista



Protección obligatoria del cuerpo



Protección obligatoria de manos



Protección obligatoria de los pies

OTROS EQUIPOS DE PROTECCIÓN



EQUIPO BÁSICO



Protección obligatoria pantalla protectora



Protección obligatoria pantalla soldadura



Protección obligatoria mascarilla



Protección obligatoria anticaidas



Protección obligatoria equipo respiración autónoma



Protección obligatoria auditiva

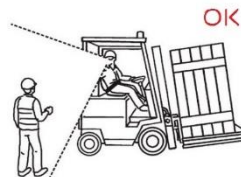
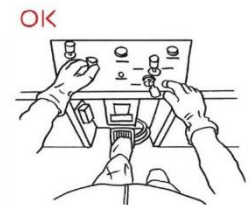
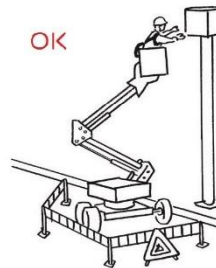
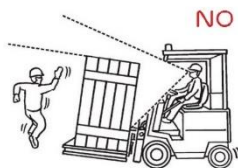
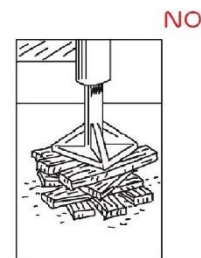
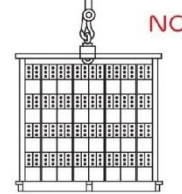
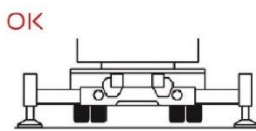
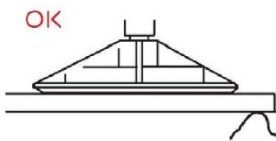
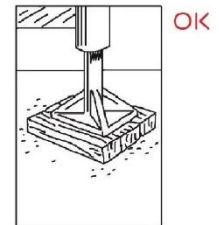
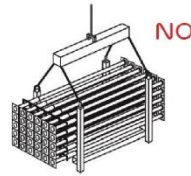
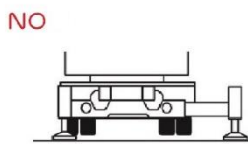
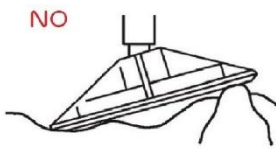
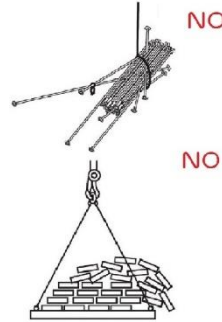


Protección obligatoria ropa alta visibilidad



Protección obligatoria equipo de soldadura

PLANO Nº6: EQUIPOS DE ELEVACIÓN / TRACCIÓN



PLANO Nº7: SEÑALIZACIÓN GESTUAL ELEVACIÓN / TRACCIÓN



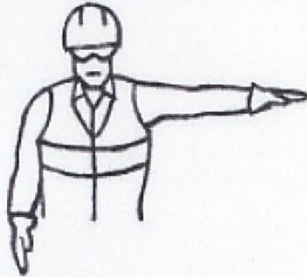
Alto
(interrupción, Fin del movimiento)



Peligro
(alto o parada de emergencia)



Hacia la derecha
(con respecto al encargo de señales)



Hacia la izquierda
(con respecto al encargo de señales)



Bajar



Distancia vertical



Avanzar



Retroceder



Comienzo
(atención, toma de mando)



Fin de operaciones



Distancia horizontal



Izar

PLANO Nº8: ESCALERAS Y ANDAMIOS



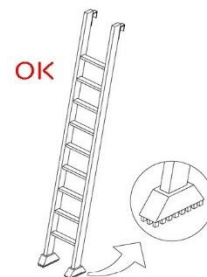
Longitud mínima = Altura punto de trabajo - 0,5 metros



Longitud máxima = Altura punto de trabajo + 2m

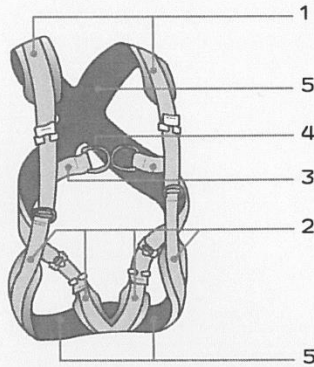


RANGO DE ALTURAS



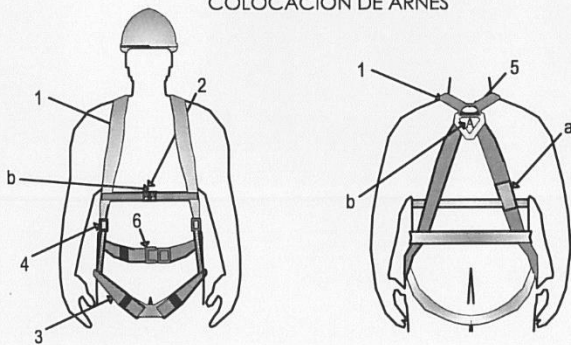
PLANO Nº9: PROTECCIÓN FRENTE A CAÍDAS

DETALLE ARNÉS

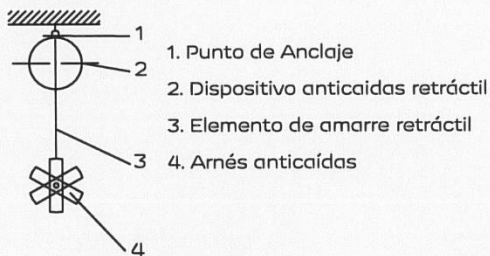


- 1- Bandas principales (tirantes)
- 2- Bandas principales (bandas de muslo)
- 3- Bandas principales
- 4- Punto de enganche (formado por dos elementos de enganche)
- 5- Acolchado

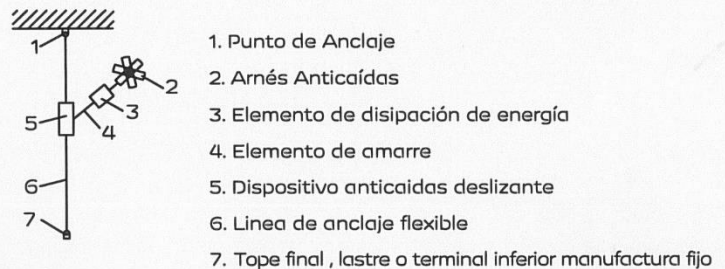
COLOCACIÓN DE ARNÉS



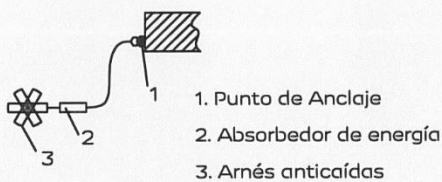
- 1- Tirante
- 2- Enganche Frontal
- 3- Banda de Muslo (banda principal)
- 4- Elemento de Ajusto
- 5- Enganche Dorsal
- a) Marcado
- b) Marcado con la letra A mayúscula



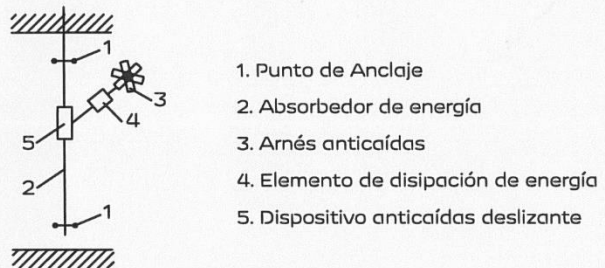
Sistema anticaídas con dispositivo anticaídas retráctil



Sistema anticaídas con dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje flexible



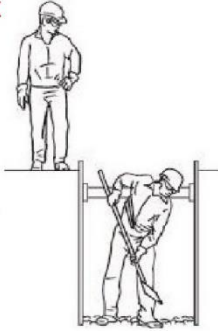
Sistema anticaídas con absorbador de energía



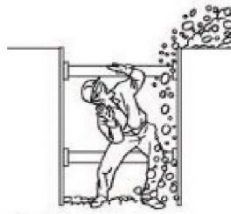
Sistema anticaídas con dispositivo anticaídas deslizante sobre línea de anclaje rígida

PLANO Nº10: TRABAJOS BAJO EL NIVEL DEL SUELO

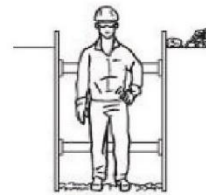
OK



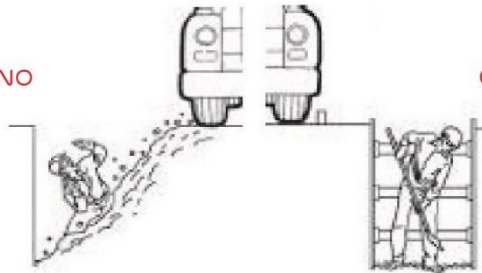
NO



OK



NO



OK



NO



OK



OK



OK

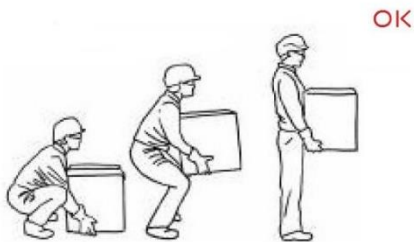
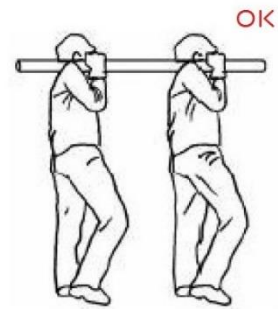
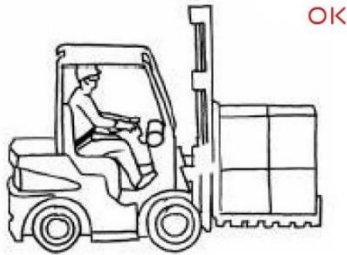
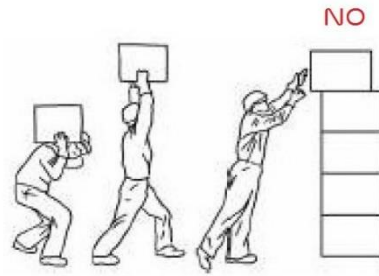


NO

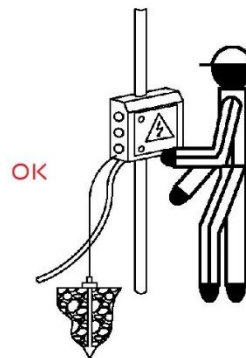
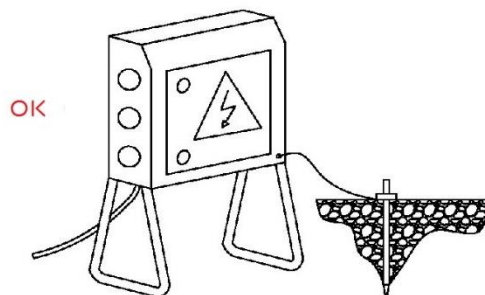
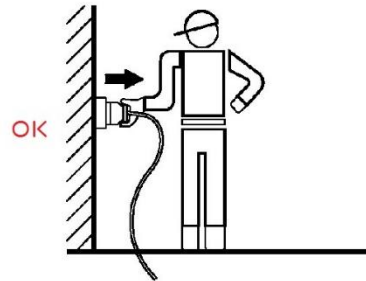
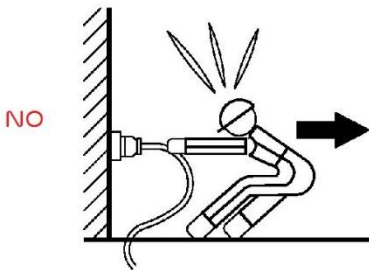
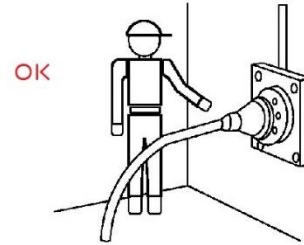
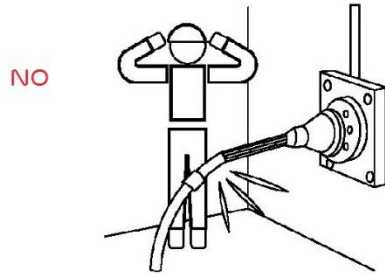


PLANO Nº11: MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS

PREVIAMENTE



PLANO Nº12: ALIMENTACIÓN AUXILIAR ELÉCTRICA



ESTUDIO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

1. ANTECEDENTES Y OBJETO

HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U., es propietaria de la subestación de energía eléctrica denominada “SUBESTACIÓN ROMIÓ”, compuesta por instalaciones a la intemperie en el nivel de tensión de 132 kV y 50 kV, y otras de interior en el de 22 kV, y sita en la localidad de Romió, Concejo de Candamo, Principado de Asturias.

Como se menciona en la Memoria del Proyecto INSTALACIÓN DE NUEVO TRANSFORMADOR 132/20KV- 30 MVA Y 10 CABINAS 20 KV EN “SUBESTACIÓN ROMIÓ”, al que pertenece el presente ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (en adelante, EGRCD); se instalará un transformador de potencia 132/20 kV de 30 MVA y sus cabinas de 20 kV correspondientes que permitirá dar apoyo al aumento de la demanda eléctrica de la zona y garantice la fiabilidad del conjunto de la red y con ello la seguridad y calidad del servicio

El presente EGRCD, tiene por objeto dar cumplimiento a lo establecido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, conforme a lo dispuesto en el Artículo 4, de obligaciones del productor de residuos de construcción y demolición [15].

Este EGRCD servirá de base para que la empresa que en un futuro sea la encargada de realizar la ejecución de la obra, redacte y presente a HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U., en calidad de promotor de la Obra a ejecutar, un Plan de Gestión de Residuos en el que refleje como llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra, en cumplimiento del Artículo 5, de obligaciones del poseedor de residuos de construcción y demolición, del citado Real Decreto.

Dicho Plan de Gestión de Residuos, una vez aprobado por la Dirección Facultativa, y aceptado por HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U., pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

2. DEFINICIONES

Además de las definiciones contenidas en el artículo 3 de la Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos, a los efectos de este real decreto se entenderá por:

Residuo de construcción y demolición: Cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de “Residuo” incluida en el artículo 3.a) de la Ley 10/1998, de 21 de abril, se genere en una obra de construcción o demolición.

Residuo inerte: Aquel residuo no peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. La lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes del residuo y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes, y en particular no deberán suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas.

Obra de construcción o demolición: La actividad consistente en:

1º La construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tal como un edificio, carretera, puerto, aeropuerto, ferrocarril, canal, presa, instalación deportiva o de ocio, así como cualquier otro análogo de ingeniería civil.

2º La realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo, tales como excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos, con exclusión de aquellas actividades a las que sea de aplicación la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas. Se considerará parte integrante de la obra toda instalación que dé servicio exclusivo a la misma, y en la medida en que su montaje y desmontaje tenga lugar durante la ejecución de la obra o al final de la misma, tales como:

- Plantas de machaqueo.
- Plantas de fabricación de hormigón, grava-cemento o suelo-cemento.
- Plantas de prefabricados de hormigón.
- Plantas de fabricación de mezclas bituminosas.
- Talleres de fabricación de encofrados.
- Talleres de elaboración de ferralla.
- Almacenes de materiales y almacenes de residuos de la propia obra.
- Plantas de tratamiento de los residuos de construcción y demolición de la obra.

Productor de residuos de construcción y demolición: Se atiende a:

1º La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; en aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la consideración de productor del residuo la persona física o jurídica titular del bien inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.

2º La persona física o jurídica que efectúe operaciones de tratamiento, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de los residuos.

3º El importador o adquirente en cualquier Estado miembro de la Unión Europea de residuos de construcción y demolición.

Poseedor de residuos de construcción y demolición: La persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la condición de gestor de residuos. En todo caso, tendrá la consideración de poseedor la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición, tales como el constructor, los subcontratistas o los trabajadores autónomos. En todo caso, no tendrán la consideración de poseedor de residuos de construcción y demolición los trabajadores por cuenta ajena.

Tratamiento previo: Proceso físico, térmico, químico o biológico, incluida la clasificación, que cambia las características de los residuos de construcción y demolición reduciendo su volumen o su peligrosidad, facilitando su manipulación, incrementando su potencial de valorización o mejorando su comportamiento en el vertedero.

3. IDENTIFICACIÓN Y ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SEGÚN ORDEN MAM/304/2002

Se considerarán Residuos de Construcción y Demolición (en adelante, RCD) aquellos residuos generados por el desarrollo de obras como resultado de los excedentes de excavación o de los movimientos de tierra generados en el transcurso de dichas obras (obras de excavación), junto con residuos generados en actividades propias del sector, de la construcción, demolición y obra civil en general.

En la siguiente tabla se indican las cantidades de residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra del presente Proyecto. Los residuos están codificados con arreglo a la Lista Europea de Residuos (L.E.R.) publicada por la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero.

GENERACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN					
Residuo	L.E.R.	Densidad (kg/m ³)	Cantidad (t)	Cantidad (m ³)	Ref. (*)
Hormigón	17.01.01	2200	0	0	80 t
Piedra, grava y tierra de excavación	17.05.04	1700	23,341	13.73	N/A
Residuos mixtos de construcción y demolición	17.01.07	1800	5,328	2,96	N/A
Residuos vegetales de corta y poda (0,03 m ³ /m ²)	20.02.01	550	0	0	N/A

(*) Cuando la cantidad de residuos prevista supere estas referencias individualizadas, se deberá establecer una sistemática de segregación de todas las fracciones de residuos en obra previo gestión final.

En las excavaciones para la cimentación de la apartamentada y nuevas canalizaciones se ha estimado que un 50 % de su volumen es tierra reutilizable, y por lo tanto este no se ha considerado.

Así mismo, los residuos metálicos (chatarra) y de madera limpia, tampoco se han considerado, al ser reutilizables.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra en que se produzcan. Cuando por falta de espacio físico en la obra no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el presente apartado.

4. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN DE RESIDUOS EN LA OBRA Y DE SEGREGACIÓN “IN SITU”

Con carácter general, en todas las obras promovidas por HIDROCANTÁBRICO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.A.U., se contemplarán, en la medida de lo posible, las siguientes medidas de prevención y/o minimización de residuos en obra:

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y SEGREGACIÓN DE RESIDUOS EN OBRA
Los materiales, maquinaria, útiles y herramientas necesarios para la ejecución de las obras se situarán en un emplazamiento que minimice su incidencia en el entorno, evitándose, así, la posible contaminación de tierras y sus posterior retirada y gestión.
Materiales, productos químicos y residuos peligrosos deberán implementar medidas suficientes que garanticen que no se realiza contaminación del suelo o de las aguas subterráneas.
Se ordenarán, vallarán y señalizarán las diferentes unidades de obra, reduciendo a lo imprescindible el espacio ocupado, especialmente en entornos sensibles.
Ante obras que lleven operaciones de obra civil como excavación, hormigonado, demolición, etc., el material de desecho resultante se acopiará según: <ul style="list-style-type: none"> a) Directamente sobre camión. b) En recipientes (contenedores) adecuados para este fin. c) Directamente sobre el suelo en área de obra predefinida asegurando que la maniobra no produzca una mayor ocupación de la zona afectada.
Se segregarán, en la medida de lo posible, todos los residuos generados en la obra, con especial atención a las maderas, metales y plásticos, si bien las tierras y restos de excavación en entornos urbanos se podrán gestionar conjuntamente.
La segregación de RCD será obligatoria cuando las cantidades estimadas superen las cantidades de referencia indicadas en la tabla de generación de residuos [Ver nota (*)].
Las diferentes fracciones se depositarán en envases, contenedores o áreas independientes habilitados al uso y correctamente identificados para tal fin.
No se permitirá, bajo ningún concepto, la disposición de residuos peligrosos mezclados con los RCD.
Una vez finalizada la obra, se restituirá el estado de limpieza de la zona y/o se rehabilitarán los espacios ocupados.
Se mantendrá un adecuado estado de mantenimiento de los equipos y maquinaria que evite episodios de fugas o derrames accidentales que provoquen, a su vez, contaminación de tierras.
Ante fugas/derrames accidentales se procederá a la recogida de las tierras contaminadas, a través de medios de recogida adecuados (barreras, bayetas, sepiolitas, otros absorbentes).
Las tierras y materiales impregnados y/o mezclados con residuos peligrosos serán retirados de forma independiente como residuos peligrosos.
No se realizará lavado de equipos en obra, especialmente de canaletas y otros equipos de hormigonado. Los restos de lavado de canaletas / cubas de hormigón serán tratadas como escombros.

5. PREVISIÓN DE REUTILIZACIÓN / DESTINO EN LA MISMA OBRA U OTROS EMPLAZAMIENTOS

Las operaciones y el destino previsto inicialmente para los RCD generados en obra implican:

OPERACIONES DE REUTILIZACIÓN, VALORIZACIÓN O ELIMINACIÓN DE RESIDUOS EN OBRA
Las tierras no contaminadas producidas en obra, principalmente la tierra vegetal, se reutilizará en tareas de rehabilitación del entorno afectado por la obra. Para ello, será retirada y almacenada durante el menor tiempo posible en caballones de altura inferior a 2 metros, evitándose su manipulación y la contaminación con otros materiales.
Únicamente se permitirá la retirada de los RCD de obra por transporte autorizado.
Los RCD retirados de obra se destinarán, preferentemente y por este orden, a la reutilización, reciclado u otra forma de valorización por Gestor autorizado debidamente acreditado.
Los residuos se separarán de forma mecánica, separando manualmente la madera, plásticos y los residuos metálicos.
Tierras, escombros y mezclas de RCD, siempre ausentes de residuos peligrosos, podrán emplearse en rellenos autorizados o serán retirados por gestor para su posterior reutilización o eliminación controlada en vertedero.

6. INSTALACIONES PARA EL ALMACENAMIENTO, MANEJO U OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN

Las instalaciones para el almacenamiento, manejo u otras operaciones de gestión de RCD se ajustarán a las cantidades previstas y el tiempo previsto de ejecución.

En todo caso, los RDC se acopiarán garantizando las medidas de seguridad aplicable, directamente sobre camión, en recipientes (contenedores/big-bags) adecuados para este fin o directamente sobre el suelo en un área de la obra predefinido (parque de maquinaria) asegurando que la maniobra no produce una mayor ocupación de la zona afectada, compactación del suelo o afeción al mismo.

7. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

Prescripciones en relación con el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición en obra:

- Con carácter General:

Gestión de residuos de construcción y demolición: gestión de residuos según Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, realizándose su identificación con arreglo a la Lista Europea de Residuos (L.E.R.), publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o sus modificaciones posteriores.

La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realizará mediante el tratamiento correspondiente por parte de gestores autorizados mediante contenedores o sacos industriales homologados.

Certificación de los medios empleados: es obligación del contratista proporcionar a la Dirección Facultativa de la obra y a la Propiedad, documentación acreditativa de la correcta gestión de los RCD a través del Libro-registro de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en obra, R2, manteniendo albaranes, tickets de pesada y demás documentación acreditativa de la gestión final por entidades autorizadas y homologadas durante un plazo de 5 años, tal y como establece del Real Decreto 105/2008.

Limpieza de las obras: es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

- Con carácter Particular:

El depósito temporal de los RCD se realizará en sacos industriales homologados, contenedores metálicos específicos o áreas de acopio acondicionadas e identificadas para tal fin.

Dicho depósito en acopios también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

El depósito temporal para RCD valorizables (maderas, plásticos, metales, chatarra...) que se realice en contenedores o acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.

Los contenedores deberán estar debidamente identificados para garantizar la segregación.

Se tomarán las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la obra.

En el equipo de obra deberán establecerse los medios humanos, técnicos y procedimientos para la separación de cada tipo de RCD.

Se atenderán los criterios municipales establecidos (ordenanzas, condiciones de licencia de obras...), especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de recuperación o reciclado.

En este caso se deberá asegurar por parte del contratista de disponer de plantas de reciclaje o gestores de RCD autorizados.

Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCD que el destino final (planta de reciclaje, vertedero, cantera, relleno, etc...) cuenta con las preceptivas autorizaciones. Así mismo, se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados e inscritos en el registro pertinente.

Se llevará a cabo un control documental en el que quedarán reflejados los albaranes de retirada y entrega final de cada transporte de residuos.

La gestión tanto documental como operativa de los residuos en obra se regirán conforme a la legislación de aplicación.

Los restos de lavado de canaletas / cubas de hormigón serán tratadas como escombros.

Se evitará en todo momento la contaminación con productos peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos.

Las tierras superficiales que pueden tener un uso posterior para jardinería o recuperación de los suelos degradados será retirada y almacenada durante el menor tiempo posible en caballones de altura no superior a 2 metros.

8. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO PARA LA CORRECTA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN, QUE FORMARA PARTE DEL PRESUPUESTO DEL PROYECTO

A continuación, se desglosa el capítulo presupuestario, correspondiente a la gestión de los residuos de la obra del presente Proyecto, repartido en función del volumen de cada material.

Se entiende que en los precios unitarios anteriores están incluidos todos los conceptos relacionados con la gestión de los residuos, tales como tasas, medios mecánicos, contenedores y transporte.

Residuo	Estimación (t)	Precio unitario gestión final (€/t)	Importe (€)
Hormigón	0	3,00	0,00
Piedra, grava y tierra de excavación	0	3,00	0,00
Residuos mixtos de construcción y demolición	0,1	9,57	0.96
Residuos vegetales de corta y poda	0	6,60	0,00
TOTAL PRESUPUESTO GESTION RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN			0,96

9. CONCLUSIÓN ESTUDIO CONTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Con todo lo anteriormente expuesto, la memoria técnica del Proyecto y el presupuesto reflejado, el técnico que suscribe entiende que queda suficientemente desarrollado el presente Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, para el Proyecto Técnico Administrativo reflejado en su encabezado.

Oviedo, 6 de Mayo de 2019



Fdo.: Claudia Arrojo López

INGENIERA INDUSTRIAL

Claudia Arrojo López