



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DE SUBESTACIÓN
132/66 kV**

Alumno: Alejandro Juan Guevara Requena

Tutor: Prof. D. Francisco José Sánchez Sutil
Dpto: Ingeniería Eléctrica

SANCHEZ SUTIL
FRANCISCO
JOSE -
26004797P

Firmado digitalmente
por SANCHEZ SUTIL
FRANCISCO JOSE -
26004797P
Fecha: 2019.06.20
18:29:50 +02'00'

Junio, 2019

ÍNDICE

Anexo:

MEMORIA.....	9
1. Objeto del proyecto.....	10
2. Antecedentes.....	10
3. Normativa empleada.....	10
Legislación:.....	10
UNE:.....	10
4. Software utilizado.....	12
5. Bibliografía.....	13
6. Generalidades e hipótesis de diseño.....	13
6.1. Características básicas y emplazamiento.....	13
6.2. Hipótesis de diseño:.....	14
6.3. Datos de terreno a efectos de la red de tierras.....	15
7. Características generales de la instalación.....	15
7.1. Configuración y disposición general de las calles del parque de 132 kV.....	16
7.2. Configuración y disposición general de las calles del parque de 132 kV.....	16
8. Sistema eléctrico.....	17
8.1. Distancias:.....	17
8.2. Embarrados.....	19
Embarrados principales.....	19
Embarrados principales. Parque 132 kV:.....	19
Embarrados principales. Parque 66 kV:.....	20
Embarrados secundarios.....	21
Embarrados secundarios. Parque 132 kV.....	21
Embarrados secundarios. Parque 66 kV.....	22
8.1. Piezas de conexión.....	23
8.2. Características de la aparamenta.....	23
Aparamenta Parque 132 kV.....	25
Módulos híbridos PASS M0 145 kV.....	25
Módulos híbridos PASS M00 72,5 kV.....	27
Transformadores de tensión capacitivos:.....	28



Pararrayos.....	29
Transformadores.....	31
Red de tierras.....	32
Red de tierras inferiores.....	32
Red de tierras superiores.....	33
8.3. Sistemas de control y protección.....	33
9.Instalaciones.....	34
9.1. Edificio y servicios auxiliares:.....	34
9.2. Sistemas de control telecomunicaciones.....	35
Sistema de control.....	35
Sistema de telecomunicaciones.....	35
Telecomunicaciones para funciones de protección:.....	35
Red de fibra óptica en la subestación:.....	36
Red de Telefonía.....	36
9.3. Sistema de protección contra incendios e intrusos.....	36
9.4. Cerramientos y señalización.....	36
10.Obra civil.....	37
10.1. Movimiento de tierras.....	37
10.2. Cimentaciones y canales de cables.....	37
11.Estructuras y soportes.....	38
12.Presupuesto.....	38
Anexo:	
CÁLCULOS.....	39
13.Tensiones.....	40
14.Distancias.....	41
14.1. Pasillos de servicio.....	41
Anchuras.....	41
Alturas.....	42
14.2. Distancias contra contactos accidentales.....	42
Instalación interior.....	42
Instalación exterior:.....	42
15.Cálculos eléctricos.....	43
15.1. Corrientes.....	43

Corrientes nominales:.....	43
Corrientes de cortocircuito.....	43
15.2. Embarrados.....	44
16.Cálculos mecánicos.....	45
16.1. Condiciones de diseño.....	45
16.2. Corriente de cresta.....	46
16.3. Tensión en el tubo.....	46
Esfuerzos por viento.....	46
Esfuerzos por peso sobre el tubo.....	46
Esfuerzos por cortocircuito.....	47
Tensión total en el tubo.....	48
16.4. Reacciones sobre aisladores de soporte.....	49
Esfuerzo sobre tubo.....	49
Esfuerzo sobre aisladores.....	49
Esfuerzos por cortocircuito.....	50
Suma de reacciones y comprobación.....	50
16.5. Flecha en el tubo.....	50
16.6. Elongación del embarrado.....	51
16.7. Esfuerzo térmico en cortocircuito.....	51
16.8. Efecto corona.....	51
17.Autoválvulas.....	52
17.1. Parámetros de dimensionado.....	52
Tensión mínima asignada de la autoválvula.....	52
Línea de fuga mínima.....	53
17.2. Selección de autoválvulas.....	53
18.Red de tierras.....	55
18.1. Criterios de cálculo.....	55
18.2. Red de tierras inferiores.....	55
Resistividad del terreno.....	55
Dimensiones de la red.....	55
Conductor.....	55
Tensiones de paso y contacto máximas admisibles.....	56
Evaluación de tensiones de paso y contacto.....	57

Tensión de paso:.....	58
Tensión de contacto.....	58
Análisis de resultados.....	59
18.3. Red de tierras superiores.....	59
Cálculos.....	59
Dimensiones.....	60
Anexo:	
RESULTADOS DE CÁLCULO.....	61
$\theta t < q * R_p$	6
k 1,6.....	6
$\theta t < q * R_p$	7
k 1,6.....	7
$\theta t < q * R_p$	8
k 1,6.....	8
$\theta t < q * R_p$	9
k 1,6.....	9
11.....	13
Anexo:	
Planificación.....	14
Anexo:	
Estudio de seguridad y salud.....	79
19.Objeto del estudio.....	80
20.Características de la obra.....	80
20.1. Situación y descripción de la obra.....	80
20.2. Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra:.....	81
20.3. Control de accesos.....	82
20.4. Trabajos previos, interferencias y servicios afectados.....	82
20.5. Unidades constructivas que componen la obra.....	82
Obra civil.....	82
Cimentaciones de soportes.....	82
Canales de cables.....	82
Montaje de estructuras y equipos.....	83
Trabajos de cableado y trabajos en baja tensión (BT).....	83
Puesta en servicio.....	83

20.6. Identificación de riesgos.....	83
Organización de la seguridad.....	84
Coordinador en materia de seguridad y salud.....	84
Jefes de trabajo de las empresas contratistas.....	84
Vigilante de seguridad de la empresa contratista.....	84
Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra.....	84
Formación.....	85
Medicina preventiva.....	85
Medios de protección.....	85
Locales de descanso y servicios higiénicos.....	86
Disposiciones de emergencia.....	86
Vías de evacuación.....	86
Iluminación.....	86
Instalaciones de suministro y reparto de energía.....	86
Ventilación.....	87
Ambientes nocivos y factores atmosféricos.....	87
Detección y lucha contra incendios:.....	88
Primeros auxilios.....	88
Plan de seguridad.....	88
21.Pliego de condiciones.....	88
21.1. Normativa legal de aplicación.....	88
21.2. NORMATIVA INTERNA DE RED ELÉCTRICA.....	89
22.Presupuesto de seguridad y salud.....	90
Anexo:	
Estudio de Gestión de Residuos.....	91
23.Gestión de residuos de la construcción r.d. 105/2008.....	92
23.1. Antecedentes:.....	92
24.Residuos generados en la obra.....	92
24.1. Introducción:.....	92
24.2. Identificación de los residuos procedentes de la construcción:.....	92
24.3. Clasificación y descripción de los residuos:.....	92
25.Estimación de cantidad de cada tipo de residuo que se generará en la obra.....	93
26.Medidas de prevención de generación de residuos.....	95

26.1. Medidas para el almacenamiento de residuos.....	95
26.2. Medidas para la separación de residuos.....	96
26.3. Reutilización, valorización o eliminación.....	97
26.4. Destinos finales de los residuos generados.....	97
Residuos no peligrosos.....	97
Residuos peligrosos.....	98
27.Prescripciones técnicas.....	99
27.1. Con carácter general:.....	99
27.2. Con carácter particular.....	99
PLANOS.....	102
PLIEGO DE CONDICIONES.....	106
28.Objeto.....	107
29.Normativa aplicable.....	107
30.Equipamiento y montaje.....	107
31.Obra civil.....	109
31.1. Materiales.....	109
Hormigón.....	109
Áridos.....	109
Morteros.....	109
Cementos.....	110
Agua.....	110
Armaduras.....	110
Piezas de hormigón armado.....	110
Materiales siderúrgicos: características y ensayos	110
Laminados y aceros.....	111
31.2. Ejecución de obras.....	111
Movimiento de tierras.....	111
Desbroce y limpieza del terreno.....	111
Demoliciones	111
Escarificación y compactación	111
Hormigones.....	112
Pavimentos de hormigón.....	112
Armaduras.....	112

Laminados.....	113
Encofrados.....	113
Estructura metálica.....	113
Embarrados y conexiones.....	113
Aparamenta.....	113
Seccionadores.....	114
Resto de la aparamenta.....	114
31.3. Transformadores y reactancias de potencia.....	114
31.4. Baterías de condensadores.....	115
31.5. Celdas blindadas de media tensión.....	115
31.6. Cables de potencia.....	115
31.7. Cables de fuerza y control.....	116
31.8. Puesta a tierra.....	116
31.9. Acciones en la edificación.....	116
32.Instalaciones.....	116
32.1. Electricidad.....	116
32.2. Instalaciones de Protección Contra Incendios.....	117
33.Varios.....	117
34.Gestión de calidad.....	118
34.1. Recepción de las obras.....	119
35.Gestión medioambiental.....	120
35.1. Riesgos Ambientales y su Corrección.....	121
Campos eléctricos.....	121
Objeto.....	121
Ámbito de aplicación.....	121
Definiciones.....	121
Medición de campos eléctricos y magnéticos.....	122
Equipos de medida.....	123
Calibración de los equipos.....	123
Método general de medida.....	123
Evaluación de las medidas.....	123
Actuaciones relativas a las medidas de campo electromagnético.....	124
35.2. Almacenamiento de productos.....	124

Objeto.....	124
Ámbito de aplicación.....	124
Definiciones.....	124
Almacenamiento.....	125
Gestión de materias primas peligrosas.....	125
Inspección del almacén de materias primas peligrosas.....	126
35.3. Medidas de Seguimiento y Control.....	126
Utilización del agua y vertidos líquidos.....	127
Envasados, etiquetados, depósito temporal y almacenamiento de los residuos peligrosos	127
Objeto.....	127
Ámbito de aplicación.....	128
Definiciones.....	128
Descripción.....	128
Ubicación de residuos peligrosos.....	128
Almacenamiento.....	128
Control del PCB contenido en aceite dieléctrico usado y equipos desechados.....	130
Objeto.....	130
Ámbito de aplicación.....	130
Definiciones.....	130
Descripción.....	130
Caracterización del contenido de PCB en aceite usado en bidones o depósitos.....	130
Análisis con kit químico.....	131
Caracterización del contenido de PCB de los equipos.....	131
36.Seguridad en el trabajo.....	132
37.Verificación y validación.....	132
37.1. Pruebas en vacío.....	132
37.2. Pruebas en tensión.....	132
MEDICIONES Y PRESUPUESTO.....	133

Anexo: MEMORIA



1. Objeto del proyecto.

El objeto del presente proyecto es la realización de una subestación de intemperie, con la capacidad de transformar una potencia total de 50 MVA. Constará de dos parques, uno de 132 kV siguiendo la configuración de interruptor y medio, y otro de 66 kV, de doble barra. Dichas configuraciones han sido escogidas a efectos de asegurar el suministro en caso de fallo de alguna de las barras.

2. Antecedentes.

Con el fin de mejorar y asegurar el suministro eléctrico en la localidad de San Fernando (Cádiz) y sus alrededores, se ha proyectado la construcción de una subestación reductora, que conecte transporte y distribución, con dos niveles de tensión 132 kV y 66 kV.

3. Normativa empleada.

Legislación:

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

UNE:

Generales:

- **UNE-EN 60071-1/A1:2010** Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
- **UNE-EN 60071-2:1999** Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
- **UNE-EN 60027-1:2009/A2:2009** Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades.
- **UNE-EN 60027-4:2011** Símbolos literales utilizados en electrotécnica. Parte 4: Maquinas eléctricas rotativas.
- **UNE-EN 60617-2:1997** Símbolos gráficos para esquemas. Parte 2: Elementos de símbolos, símbolos distintivos y otros símbolos de aplicación general.
- **UNE-EN 60617-3:1997** Símbolos gráficos para esquemas. Parte 3: Conductores y dispositivos de conexión.
- **UNE-EN 60617-6:1997** Símbolos gráficos para esquemas. Parte 6: Producción, transformación y conversión de la energía eléctrica.

- **UNE-EN 60617-7:1997** Símbolos gráficos para esquemas. Parte 7: Aparamenta y dispositivos de control y protección.
- **UNE-EN 60617-8:1997** Símbolos gráficos para esquemas. Parte 8: Aparatos de medida, lámparas y dispositivos de señalización.
- **UNE 207020:2012 IN** Procedimiento para garantizar la protección de la salud y la seguridad de las personas en instalaciones eléctricas de ensayo y de medida de alta tensión.

Aisladores y pasatapas

- **UNE 21110-2 ERRATUM:1997** Características de los aisladores de apoyo de interior y de exterior para instalaciones de tensión nominal superior a 1000 V.
- **UNE-EN 60137:2011** Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1000 V.

Aparamenta

- **UNE-EN 62271-1/A1:2011** Aparamenta de alta tensión. Parte 1: Especificaciones comunes.
- **UNE-EN 61439-5:2011** Conjuntos de aparamenta de baja tensión. Parte 5: Conjuntos de aparamenta para redes de distribución pública

Seccionadores

- **UNE-EN 62271-102:2005/A2:2013** Aparamenta de alta tensión. Parte 102: Seccionadores y seccionadores de puesta a tierra de corriente alterna.

Interruptores, contactores e interruptores automáticos

- **UNE-EN 62271-104:2010** Aparamenta de alta tensión. Parte 104: Interruptores de corriente alterna para tensiones asignadas iguales o superiores a 52 kV.
- **UNE-EN 62271-106:2012** Aparamenta de alta tensión. Parte 106: Contactores, controladores y arrancadores de motor con contactores, de corriente alterna.
- **UNE-EN 62271-100:2011** Aparamenta de alta tensión. Parte 100: Interruptores automáticos de corriente alterna.

Aparamenta bajo envolvente metálica aislante

- **UNE-EN 62271-203:2013** Aparamenta de alta tensión. Parte 203: Aparamenta bajo envolvente metálica con aislamiento gaseoso para tensiones asignadas superiores a 52 kV.
- **UNE 20324 ERRATUM:2004** Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- **UNE-EN 50102/A1 CORR:2002** Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).

Transformadores de medida y protección

- **UNE-EN 50482:2009** Transformadores de medida. Transformadores de tensión inductivos trifásicos con U_m hasta 52 kV.
- **UNE-EN 61869-1:2010** Transformadores de medida. Parte 1: Requisitos generales.
- **UNE-EN 61869-2:2013** Transformadores de medida. Parte 2: Requisitos adicionales para los transformadores de intensidad.
- **UNE-EN 61869-5:2012** Transformadores de medida. Parte 5: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión capacitivos.
- **UNE-EN 61869-3:2012** Transformadores de medida. Parte 3: Requisitos adicionales para los transformadores de tensión inductivos.
- **UNE-EN 60044-3:2004** Transformadores de medida. Parte 3: Transformadores combinados.

Pararrayos

- **UNE-EN 60099-1/A1:2001** Pararrayos. Parte 1: Pararrayos de resistencia variable con explosores para redes de corriente alterna.
- **UNE-EN 60099-4:2005/A2:2010** Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.

Fusibles de alta tensión

- **UNE-EN 60282-1:2011** Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente.
- **UNE 21120-2:1998** Fusibles de alta tensión. Parte 2: Cortacircuitos de expulsión.

Cables y accesorios de conexión de cables

- **UNE-EN 60228:2005** Conductores de cables aislados.
- **UNE 21027-9:2007/1C:2009** Cables de tensión asignada inferior o igual a 450/750 V, con aislamiento reticulado. Parte 9: Cables unipolares sin cubierta libres de halógenos para instalación fija, con baja emisión de humos. Cables no propagadores del incendio.
- **UNE 211620:2012** Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido y pantalla de tubo de aluminio de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV.

4. Software utilizado.

- MICROSOFT OFFICE: WORD Y EXCEL – (Redacción y cálculos)
- MICROSOFT PROJECT - (Planificación)
- PRESTO - (Presupuesto).



- AUTODESK – AUTOCAD (Planos).

5. Bibliografía

- Enríquez Harper, G., (2008), *Manual del técnico en subestaciones eléctricas*, México DF, México, Limusa.
- Enríquez Harper, G., (2011), *Elementos de diseño de las subestaciones eléctricas*, México DF, México, Limusa.
- Sánchez Sutil, F. J., (2015), *Tema 25 - Características de las subestaciones eléctricas*, Jaén, España.
- Sánchez Sutil, F. J., (2015), *Tema 26 - Subestaciones AIS-GIS-HIS*, Jaén, España.

6. Generalidades e hipótesis de diseño.

6.1. Características básicas y emplazamiento.

De los tres posibles tipos de subestación se ha escogido la configuración híbrida (**HIS**), con partes abiertas aisladas por aire y otras cerradas aisladas en gas hexafluoruro de azufre (SF_6), tecnología híbrida compacta, que aglomera en la misma apartamentación los seccionadores de barras, línea y tierra, el interruptor y el transformador de intensidad necesarios para el correcto funcionamiento y maniobras de la subestación.

La subestación transformará una potencia de 50 MVA, con un cos de 0,9. La potencia de cortocircuito es 500 MVA según la compañía suministradora.

Se encuentra situada en la localidad de San Fernando, provincia de Cádiz. La ubicación exacta en coordenadas UTM es:

- **X : 753481,14** **Huso: 29**
- **Y : 4040211,12**

Interconecta una línea de transporte de 132 kV con otra de distribución de 66 kV. Ambas de doble circuito. Los parques tienen las mismas tensiones nominales que las líneas que conectan, siendo la tensión del parque conectado a la línea de transporte de 132 kV y la tensión del parque conectado a la línea de distribución de 66 kV. Siendo sus configuraciones interruptor y medio y doble barra respectivamente.

La conexión entre ambas se realiza a través de dos transformadores trifásicos de potencia de **30 MVA** cada uno.

Como recién se ha mencionado, ambos parques utilizan tecnología híbrida compacta aislada en SF_6 , que aglomera en la misma apartamentación los seccionadores de barras, línea y tierra, el

interruptor y el transformador de intensidad necesarios para el correcto funcionamiento y maniobras de la subestación.

6.2. Hipótesis de diseño:

- **Condiciones ambientales**

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las siguientes:

- Altura media sobre el nivel del mar: 8 m.
- Temperaturas extremas: +10 °C / +38 °C
- Contaminación ambiental: IV Muy fuerte (Proximidad con la costa → ITC-LAT 07)

Para calcular la sobrecarga del viento se considera un viento horizontal de 140 km/h.

Los embarrados y tendidos se diseñan con las sobrecargas de hielo consideradas para Zona A según “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”.

- **Datos de cortocircuito.**

Dichas corrientes se han obtenido, para el parque de 132 kV, a partir de la potencia de cortocircuito proporcionada por la compañía suministradora, y para el parque de 66 kV, a partir de la reactancia total obtenida de la reactancia del transformador y la reactancia equivalente (Ver anexo de cálculos, punto 15.1).

El proyecto considera una intensidad de cortocircuito de corta duración de **2,187 kA** en 132 kV y de **2,734 kA** en 66 kV.

Intensidad de cortocircuito	
Intensidad de corto Parque 1 (A)	2186,9328378
Intensidad de corto Parque 2 (A)	2733,6660473

Para tales efectos se ha establecido una corriente de cortocircuito de diseño de **40 kA**, muy superior a estos valores, luego cumple perfectamente. Este valor ha sido seleccionado en base a la máxima corriente de cortocircuito soportada por los módulos híbridos **PASS** de la empresa ABB seleccionados (ver punto 8.2).

PASS	M00
Rated voltage	72.5 kV
Rated short-duration power-frequency withstand voltage	140 kV
Rated lightning impulse withstand voltage	350 kV
Rated switching impulse withstand voltage	-
Rated frequency	50-60 Hz
Rated continuous current	2000A/3150 A
Rated short-time withstand current	31,5 kA/40 kA
Rated peak withstand current	80 kA/104kA
Rated duration of short circuit	3s
Circuit breaker operation	SPO/TPO

Catálogo ABB: Plug and Switch System – M00 72,5 kV

PASS	M0
Rated voltage	145 kV
Rated short-duration power-frequency withstand voltage	275 kV
Rated lightning impulse withstand voltage	650 kV
Rated switching impulse withstand voltage	-
Rated frequency	50-60 Hz
Rated continuous current	3150 A
Rated short-time withstand current	40 kA / 63kA
Rated peak withstand current	104 kA / 164 kA
Rated duration of short circuit	3s
Circuit breaker operation	SPO/TPO

Catálogo ABB: Plug and Switch System - M0 145 kV

6.3. Datos de terreno a efectos de la red de tierras.

Se considera una resistividad del terreno de 200 Ohm, además se considera tiempo de duración de falta de 0,5 s.

7. Características generales de la instalación.

Parque de 132 kV:

- Tensión nominal: 132 kV.



- Tensión más elevada para el material: 145 kV.
- Tecnología: **HIS** (Highly Integrated Switchgear).
- Configuración: Interruptor y medio.
- Intensidad de cortocircuito de corta duración: 40 kA.

Parque de 66 kV:

- Tensión nominal: 66 kV.
- Tensión más elevada para el material: 72,5 kV.
- Tecnología: **HIS** (Highly Integrated Switchgear).
- Configuración: Doble barra.

Intensidad de cortocircuito de corta duración: 40 kA.

7.1. Configuración y disposición general de las calles del parque de 132 kV.

Tal y como se ha especificado anteriormente, el parque de 132 kV adoptará una configuración de interruptor y medio. Se realizarán dos calles completas con sus debidas posiciones. La disposición de interruptor y medio consta de dos juegos de barras y tres interruptores por calle, lo que corresponde a un interruptor y medio por posición. Tiene una gran fiabilidad al permitir mantener el servicio aunque cualquier interruptor (o módulo híbrido para nuestro caso) se encuentre fuera de servicio.

Cada calle conecta:

- **Calle 1:**
 - Posición 1.1: Línea 1 de transporte (132 kV).
 - Posición 1.2: Línea 2 de transporte (132 kV).
- **Calle 2:**
 - Posición 2.1: Transformador de 132/66 kV Nº 1.
 - Posición 2.2: Transformador de 132/66 kV Nº 2.

7.2. Configuración y disposición general de las calles del parque de 66 kV.

Tal y como se ha especificado anteriormente, el parque de 66 kV adoptará una configuración de



doble barra con acoplamiento. Se realizarán 4 posiciones. Esta disposición sin llegar a ser tan fiable y versátil como la de interruptor y medio sí que permite separar ambas barras mediante la posición de acoplamiento, transfiriendo la energía de una a otra cuando una de ellas se queda fuera de servicio, ya sea por avería o por mantenimiento preventivo.

Cada calle conecta:

- **Calle 1:**
 - Posición 1: Transformador de 132/66 kV Nº 1.
- **Calle 2:**
 - Posición 2: Transformador de 132/66 kV Nº 2.
- **Calle 3:**
 - Posición 3: Acoplamiento.
- **Calle 4:**
 - Posición 4: Línea 1 de distribución (66 kV).
- **Calle 5:**
 - Posición 5: Línea 2 de distribución (66 kV).
- **Calle 6:**
 - Posición 6: Línea 3 de distribución (66 kV).
- **Calle 7:**
 - Posición 7: Línea 4 de distribución (66 kV).

8. Sistema eléctrico

8.1. Distancias:

Las distancias entre elementos de la subestación determinan las dimensiones de la misma. Para definir las distancias mínimas que deben respetarse se ha utilizado la ITC-RAT-12, que establece las dichas distancias en función de las tensiones del parque.

Distancias mínimas a adoptar para el parque de 132 kV,

Distancia entre conductores:

- Distancias fase-tierra: **1,3 m.**
- Distancias fase-fase: **1,3 m.**



Pasillos de servicio:

- Anchuras:
 - Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un sólo lado: **1 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 m.**
- Alturas:
 - Entre suelo y elementos en tensión no protegidos: **3,8 m.**
 - Entre máquinas y elementos en tensión: **1,4 m.**

Distancias de protección contra contactos accidentales:

- Instalación interior:
 - Entre elementos en tensión y paredes macizas: **1,33 m.**
 - Entre elementos en tensión y enrejados: **1,4 m.**
 - Entre elementos en tensión y cierres de cualquier tipo: **1,6 m.**
- Instalación exterior:
 - Entre elementos en tensión y pared maciza de altura $k < 250(\text{cm}) + d$: **2,3 m.**
 - Entre elementos en tensión y enrejado a cualquier altura: **2,8 m.**

Distancias mínimas a adoptar para el parque de 66 kV,

Distancia entre conductores:

- Distancias fase-tierra: **0,63 m.**
- Distancias fase-fase: **0,63 m.**

Pasillos de servicio:

- Anchuras:
 - Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un sólo lado: **1 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 m.**



- Alturas:
 - Entre suelo y elementos en tensión no protegidos: **3,13 m.**
 - Entre máquinas y elementos en tensión: **0,73 m.**

Distancias de protección contra contactos accidentales:

- Instalación interior:
 - Entre elementos en tensión y paredes macizas: **0,66 m.**
 - Entre elementos en tensión y enrejados: **0,73 m.**
 - Entre elementos en tensión y cierres de cualquier tipo: **0,93 m.**
- Instalación exterior:
 - Entre elementos en tensión y pared maciza de altura $k < 250$ (cm) + d: **1,63 m**
 - Entre elementos en tensión y enrejado a cualquier altura: **2,13 m.**

Con tal de asegurar unas distancias seguras, se ha escogido, para ambos parques, una distancia entre fases y entre fase-tierra de 4 metros.

8.2. Embarrados

Embarrados principales.

Los embarrados principales de la subestación conectan las entradas de la línea con las posiciones de transformación de la subestación. Por normativa, los tubos no podrán ser soldados en ningún punto o tramo, por lo que se ha previsto que su suministro se realice en tiradas continuas y en tramos conformados, cortados y curvados durante su fabricación, debiéndose proceder a pie de obra tan sólo a su limpieza y montaje posterior.

Embarrados principales. Parque 132 kV:

- Aleación: AlMgSiO, 5 F22
- Diámetro exterior/interior: 150/134 mm
- Sección total del conductor: 3589 mm²
- Peso propio: 9,62 kg/m
- Momento de inercia: 903 cm⁴
- Momento resistente: 120 cm³
- Módulo de Young: 70.000 N/mm²



- Límite de fluencia: 160 N/mm²
- Coeficiente de dilatación: 0,024 mm/m°C
- Carga de rotura: 216 N/mm²
- Intensidad máxima admisible: 4418 A

La longitud de los embarrados será de 18 m, la distancia entre apoyos 8 metros y la distancia entre tubos, como se ha definido en el apartado anterior, es de 4 metros.

Estas barras se colocan sobre aisladores de soporte tipo **C6-650**. Tendrán una altura de 1,5 metros.

Las características de los aisladores que sostienen los embarrados principales son:

- Carga de rotura a la flexión: 6000 N
- Carga de rotura a torsión: 3000 N
- Altura: 1500 mm
- Diámetro: 173 mm
- Tensión nominal: 132 kV
- Tensión máxima del material: 650 kV
- Tensión soportada bajo lluvia: 275 kV
- Línea de fuga: 3625 mm.

Embarrados principales. Parque 66 kV:

- Aleación: AlMgSiO, 5 F22
- Diámetro exterior/interior: 120 / 100 mm
- Sección total del conductor: 3466 mm²
- Peso propio: 9,43 kg/m
- Momento de inercia: 811 cm⁴
- Momento resistente: 110 cm³
- Módulo de Young: 69.300 N/mm²
- Límite de fluencia: 160 N/mm²
- Coeficiente de dilatación: 0,024 mm/m°C
- Carga de rotura: 206 N/mm²
- Intensidad máxima admisible: 3785 A

La longitud de los embarrados será de 32 m, la distancia entre apoyos 8 metros y la distancia entre tubos, como se ha definido en el apartado anterior, es de 2 metros.

Estas barras se colocan sobre aisladores de soporte tipo **C4-325**. Tendrán una altura de 0,77 metros.

Las características de los aisladores que sostienen los embarrados principales son:

- Carga de rotura a la flexión: 4000 N
- Carga de rotura a torsión: 2000 N
- Altura: 770 mm
- Diámetro: 159 mm
- Tensión nominal: 66 kV
- Tensión máxima del material: 72,5 kV
- Tensión soportada bajo lluvia: 140 kV
- Línea de fuga: 1160 mm.

En el anexo de cálculos se detallan los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican el uso de estos aisladores de soporte como parte de los embarrados principales.

Embarrados secundarios.

Los embarrados secundarios conectan la apartamenta y los embarrados principales.

Embarrados secundarios. Parque 132 kV.

- Aleación: AlMgSiO, 5 F22
- Diámetro exterior/interior: 100/88 mm
- Sección total del conductor: 1772 mm²
- Peso propio: 4,79 kg/m
- Momento de inercia: 198 cm⁴
- Momento resistente: 100 cm³
- Módulo de Young: 70000 N/mm²
- Límite de fluencia: 160 N/mm²
- Coeficiente de dilatación: 0,024 mm/m°C

- Carga de rotura: 215 N/mm²
- Intensidad máxima admisible: 2321 A

La longitud de los embarrados será de 9,5 metros, la distancia entre apoyos 9,5 metros y la distancia entre tubos, como se ha definido en el apartado anterior, es de 4 metros.

En el anexo de cálculos se describen todos los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican la selección de estos tubos para la función de embarrados secundarios.

Estas barras se colocan sobre aisladores de soporte tipo **C4-650**. Tienen una altura de 1,55 metros.

Las características de los aisladores que sostienen los embarrados secundarios son:

- Carga de rotura a la flexión: 4000 N
- Carga de rotura a torsión: 3000 N
- Altura: 1500 mm
- Diámetro: 172 mm
- Tensión nominal: 132 kV
- Tensión máxima del material: 145 kV
- Tensión soportada bajo lluvia: 275 kV
- Línea de fuga: 3625 mm.

Embarrados secundarios. Parque 66 kV.

- Aleación: AlMgSiO, 5 F22
- Diámetro exterior/interior: 80/68 mm
- Sección total del conductor: 1395 mm²
- Peso propio: 3,66 kg/m
- Momento de inercia: 96, 2
- Momento resistente: 90 cm³
- Módulo de Young: 68,600 N/mm²
- Límite de fluencia: 160 N/mm²
- Coeficiente de dilatación: 0,024 mm/m°C
- Carga de rotura: 225 N/mm²



- Intensidad máxima admisible: 2022 A

La longitud de los embarrados será de 5 metros, la distancia entre apoyos 5 metros y la distancia entre tubos, como se ha definido en el apartado anterior, es de 2 metros.

En el anexo de cálculos se describen todos los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican la selección de estos tubos para la función de embarrados secundarios.

Estas barras se colocan sobre aisladores de soporte tipo **C4-325**. Tienen una altura de 6,1 metros.

Las características de los aisladores que sostienen los embarrados secundarios son:

- Carga de rotura a la flexión: 4000 N
- Carga de rotura a torsión: 2000 N
- Altura: 770 mm
- Diámetro: 159 mm
- Tensión nominal: 66 kV
- Tensión máxima del material: 72,5 kV
- Tensión soportada bajo lluvia: 140 kV
- Línea de fuga: 3626 mm.

En el anexo de cálculos se detallan los cálculos eléctricos y mecánicos que justifican el uso de estos aisladores de soporte como parte de los embarrados secundarios.

8.1. Piezas de conexión

Los embarrados, tanto principales como secundarios, experimentan aumentos y disminuciones volumen en función de la temperatura. Dilataciones que se absorben mediante piezas de conexión elásticas, pues de lo contrario podrían producirse esfuerzos dañinos sobre las bornas de conexión.

Estas deformaciones en los embarrados están debidamente calculadas y justificadas en el anexo de cálculos.

Estas uniones se fabrican en aleación de aluminio, siendo diseñadas para soportar las corrientes permanentes y de cortocircuito previstas.

8.2. Características de la aparamenta

Como se ha establecido antes, la presente subestación es una HIS (Highly Integrated Switchgear),



una instalación híbrida que combina la tecnología tradicional con aislamiento en aire con la tecnología compacta de aislamiento en gas **SF6**. Este gas permite reducir las distancias mínimas necesarias para que no se produzcan arcos eléctricos entre elementos en tensión, lo que se traduce en una serie de módulos compactos que agrupan los seccionadores, el interruptor, las cuchillas de puesta a tierra y los transformadores de medida dentro de una envolvente estanca de gas. Reduciéndose drásticamente el tamaño de la instalación, además de la ventaja que aporta usar módulos estandarizados que vienen ya montados y probados de fábrica, lo que facilita mucho su mantenimiento y/o sustitución.

Las funciones de cada uno de de estos elementos son:

- Seccionador: Su función es abrir o cerrar un circuito, siempre que éste no esté en presencia de una corriente eléctrica. Están diseñados para aislar parte o totalmente una instalación de otra, de forma que se hagan posibles los trabajos de conservación y reparación sin peligro alguno. La ruptura del circuito ha de ser visible.
- Interruptor: Su función es interrumpir y conectar circuitos en condiciones de carga. Además también están los automáticos, con capacidad de corte en caso de cortocircuito.
- Transformador de intensidad: Tienen como función reducir la intensidad de línea a un valor normalizado que pueda ser interpretable por los instrumentos de medida, lo cuales no pueden soportar corrientes tan elevadas. Además esto proporciona seguridad, pues a los paneles de control llega una corriente no peligrosa para su manipulación.



Módulo híbrido PASS de ABB

Aparamenta Parque 132 kV.

- **Módulos híbridos PASS M0 145 kV**



El módulo escogido para el parque de 132 kV es el PASS M0 145 kV de ABB. Cuyas características son:

PASS	M0
Rated voltage	145 kV
Rated short-duration power-frequency withstand voltage	275 kV
Rated lightning impulse withstand voltage	650 kV
Rated switching impulse withstand voltage	-
Rated frequency	50-60 Hz
Rated continuous current	3150 A
Rated short-time withstand current	40 kA / 63kA
Rated peak withstand current	104 kA / 164 kA
Rated duration of short circuit	3s
Circuit breaker operation	SPO/TPO

ABB – Catálogo Módulos PASS

- Tensión nominal: 145 kV
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión nominal soportada a impulsos tipo rayo: 650 kV

- Tensión nominal soportada a frecuencia industrial: 275 kV
- Corriente nominal máxima admisible: 3150 A
- Corriente de cortocircuito soportada: 50 kA.
- Tiempo máximo soportado hasta despeje de falta: 3 s.

Las características de los interruptores automáticos incluidos en dichos módulos son:

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

Las características asignadas a los transformadores de medida (trafos de intensidad):

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

Las características asignadas a los seccionadores son:

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

▪ **Módulos híbridos PASS M00 72,5 kV.**



El módulo escogido para el parque de 66 kV es el PASS M0 72,5 kV de ABB. Cuyas características son:

PASS	M00
Rated voltage	72.5 kV
Rated short-duration power-frequency withstand voltage	140 kV
Rated lightning impulse withstand voltage	350 kV
Rated switching impulse withstand voltage	-
Rated frequency	50-60 Hz
Rated continuous current	2000A/3150 A
Rated short-time withstand current	31,5 kA/40 kA
Rated peak withstand current	80 kA/104kA
Rated duration of short circuit	3s
Circuit breaker operation	SPO/TPO

ABB - Catálogo Módulos PASS

- Tensión nominal: 72,5 kV
- Frecuencia: 50 Hz
- Tensión nominal soportada a impulsos tipo rayo: 325 kV
- Tensión nominal soportada a frecuencia industrial: 140 kV
- Corriente nominal máxima admisible: 2000 A

- Corriente de cortocircuito soportada: 31,5 kA.
- Tiempo máximo soportado hasta despeje de falta: 3 s.

Las características de los interruptores automáticos incluidos en dichos módulos son:

- Gas aislamiento: SF6
- Tiempo de apertura: < 50 ms
- Tiempo de cierre: < 150 ms
- Tensión auxiliar alimentación motor: 125 V
- Tensión auxiliar bobinas de apertura: 125 V
- Tensión auxiliar bobinas de cierre: 125 V

Las características asignadas a los transformadores de medida (trafos de intensidad):

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

Las características asignadas a los seccionadores son:

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

- **Transformadores de tensión capacitivos:**

Tienen como función:

- Transformar las elevadas tensiones existentes en las barras o líneas en otras más reducidas y estandarizadas, adaptadas a los instrumentos de medida y protección, aportando seguridad al personal, manipulando paneles de control cuya tensión no resulte peligrosa.
- Proteger la barra o línea al ocurrir una falta, enviando las altas tensiones producidas al equipo de protección.
- Permitir transporte de señales de elevada frecuencia a través de las líneas.

- Servir como aparato de medición para registro y tarificación de la energía.

En el parque de 132 kV se instalarán transformadores de *ARTECHE*, modelo DDB-145. Un total de 12, colocándose un juego de tres trafos en cada entrada de línea a la subestación y en la entrada a los transformadores de potencia.

Transformadores de tensión capacitivos										
Modelo	Tensión máxima de servicio (kV)	Tensiones de ensayo			Capacidad estándar (pF)	Alta capacidad (pF)	Línea de fuga estándar (mm)	Dimensiones		Peso (kg)
		Frecuencia Industrial (kV)	Impulso (kVp)	Maniobra (kVp)				A (mm)	H (mm)	
DDB-72	72,5	140	325	-	10.300	25.500	1.825	450	1.510	245
DDB-100	100	185	450	-	5.700	14.300	2.500	450	1.600	255
DDB-123	123	230	550	-	5.600	14.000	3.075	450	1.830	300
DDB-145	145	275	650	-	3.900	19.500	3.625	450	1.920	310
DDB-170	170	325	750	-	7.500	16.500	4.250	450	2.065	330
DFK-245	245	460	1.050	-	5.800	11.000	6.125	450	2.885	450
		395	950							

ARTECHE - Catálogo Transformadores de medida. Alta Tensión.

Sus características técnicas:

- Tensión máxima de servicio 145 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 275 kV.
- Tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo: 650 kV
- Capacidad: 3900 pF.
- Línea de fuga: 3625 mm.

Las relaciones de transformación, potencias y clases de precisión se adaptarán a los preceptuado en el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico (Real Decreto 1110/2007) y al sistema de protección y medida.

▪ Pararrayos

Se disponen autoválvulas destinadas a proteger contra las sobretensiones de tipo atmosférico. Normalmente se instalan a ambos lados de los transformadores de potencia y en la entrada de las líneas.

Para el parque de 132 kV se han seleccionado autoválvulas EXLIM Q-E 145. De óxido de Zinc, fabricadas por ABB.

Tensión máxima de red	Tensión nomi-nal	Tensión de trabajo continuo máxima 1)		Capacidad de sobretensiones temporales 2)		Tensión residual máxima con onda de corriente						
		según IEC	según ANSI/IEEE			30/60 μs			8/20 μs			
				U _C kV _{rms}	MCOV kV _{rms}	1 s kV _{rms}	10 s kV _{rms}	0,5 kA kV _{pico}	1 kA kV _{pico}	2 kA kV _{pico}	5 kA kV _{pico}	10 kA kV _{pico}
U _m kV _{rms}	U _r kV _{rms}											
145	108	86	86.0	125	118	208	214	223	242	254	280	313
	120	92	98.0	139	132	231	238	248	268	282	311	347
	132	92	106	153	145	254	262	272	295	311	342	382
	138	92	111	160	151	265	274	285	309	325	357	399
	144	92	115	167	158	277	286	297	322	339	373	417

Tensión máxima de red	Tensión nominal	En-vuelta	Dis-tan-cia de fuga mm	Aislamiento externo *)				Dimensiones					
				1,2/50 μ s seco	50 Hz húmedo (60s)	60 Hz húmedo (10s)	250/2.500 μ s húmedo	Masa kg	$A_{m\acute{a}x.}$	B	C	D	Fig.
				kV _{pico}	kV _{rms}	kV _{rms}	kV _{pico}						
145	108-144	EH145	3685	568	287	261	n.a.	88	1268	-	-	-	1
	108-120	EV145	5302	788	442	406	n.a.	124	1969	600	-	300	3
	132-144	EV145	5302	788	442	406	n.a.	125	1969	-	-	-	2

ABB - Catálogo Autoválvulas

Se instalarán 12 autoválvulas. Una por cada fase de entradas de línea y otra por cada fase de entrada a transformador.

Sus características son:

- Tensión de servicio continuo: 132 kV
- Tensión de mínima asignada: 104,4 kV
- Intensidad máxima de descarga: 10 kA.
- Tensión residual: 254 kV
- Longitud línea de fuga: 5302 mm.

Para el parque de 66 kV se han seleccionado autoválvulas INZP 66/10/2. De óxido de Zinc, fabricadas por INAEL.

Se instalarán 15 autoválvulas, una por cada fase de las salidas de las líneas de distribución y otra por cada fase de las salidas de los transformadores.

Sus características son:

- Tensión de servicio continuo: 66 kV
- Tensión de mínima asignada: 52,3 kV
- Intensidad máxima de descarga: 10 kA.



- Tensión residual: 157 kV
- Longitud línea de fuga: 2125 mm.

- **Transformadores**

La subestación contará con dos transformadores de potencia trifásicos de 30 MVA cada uno, con una relación de transformación de 132/66 kV, cuyas características son:

Instalación: Intemperie

- Nº fases: 3
- Frecuencia nominal: 50 Hz.
- Potencia nominal: 30 MVA
- Relación de transformación: 132/66 kV.
- Tensión máxima de servicio: 145 kV.
- Reactancia de dispersión: 12 %
- Corriente de corto soportable:
 - Lado AT (132 kV): 44 kA.
 - Lado BT (66 kV): 34,6 kA.

Tanto el arrollamiento primario como el secundario serán conectados en estrella, así como una puesta a tierra mediante neutro rígido a tierra. El devanado terciario servirá a la conexión mediante unos arrollamientos de cobre de equipos auxiliares.

Cada transformador tendrá instalado su propio depósito de aceite, para recogerlo en caso de fugas. El volumen del mismo será un 110% del volumen de aceite contenido en un transformador.

La refrigeración se realiza por circulación natural de aceite, que será conforme a la norma UNE 60926, no inhibido, sin aditivos y con baja corrosión; enfriado mediante aire tanto natural como forzado por ventiladores.

Cada transformador contará además con los siguientes accesorios:

- Transformadores de intensidad: En arrollamientos AT, BT y borna terciaria. Se utilizan para regulación de tensión y control de temperatura.
- Relé Buchholz: Detector de fallos internos del transformador. Consta de dos flotadores, funcionando el primero como alarma, situado en la parte superior de del dispositivo, hundiéndose en una zona de acumulación de gases y generando la señal de alarma. El segundo es de disparo y se produce ante una emisión incontrolada de gases, que lo arrastra.

- Equipo de conservación del aceite.
- Armario de control principal con autómata regulador.
- Armario de centralización y transferencia: conectado al control principal.
- Pasatapas: hechos en porcelana, con indicador de nivel de aceite.
- Válvulas de vaciado y llenado de aceite.

Red de tierras

La red de tierras se ha diseñado siguiendo la normativa **ITC-RAT 13**.

- **Red de tierras inferiores**

La red de tierras inferiores se ha diseñado para cumplir las siguientes funciones:

- Asegurar la protección tanto de personas como equipos en caso de potenciales potenciales
- Posibilitar una vía a tierra para las corrientes producidas por descargas atmosféricas o defectos eléctricos.
- Permitir el despeje a tierra.

De cara al diseño de esta red de tierras, se han tomado las condiciones de diseño más desfavorables, las del parque de 132 kV.

Los criterios de diseño escogidos son:

- Resistividad del terreno: 300 Ωm .
- Resistividad de hormigón: 3000 Ωm .
- Resistencia de calzado: 2000 Ωm .
- Intensidad de defecto: 28,5 kA.
- Tiempo de despeje de falta: 0,5 s.

Se ha escogido como cable para la red de tierras inferiores una sección de cobre de 120 mm². Estos cables forman una malla, cubriendo una superficie total de 17500 m², enterrada a una profundidad de 0,6 m. La longitud total del cable enterrado será de 2915 m. El terreno se cubre con una capa de hormigón de 0,2 m.

Aplicando los criterios de diseño de la ITC-RAT 13 y la normativa UNE 60909 se establece que las tensiones de paso y contacto no pueden superar unos valores específicos de tensión de paso y contacto:



- Tensión de paso: 12,648 kV.
- Tensión de contacto: 1,326 kV.

Las tensiones reales que se darán en la subestación serán:

- Tensión de paso: 1,363 kV.
- Tensión de contacto: 4,026 kV.

Como se puede observar, esta red de tierras no cumple las especificaciones máximas en la tensión de contacto, se hace obligatorio montar un mallazo electro-soldado cubierto de hormigón y vallar la subestación.

Los cálculos que justifican el diseño están en el anexo de cálculos.

- **Red de tierras superiores**

La red de tierras superiores se encarga de captar las descargas atmosféricas y conducirla a la malla de tierras inferiores, para disiparlas sin comprometer la seguridad de las personas y los equipos.

Está compuesta por una serie de hilos de guarda, paralelos a las calles y unas autoválvulas (pararrayos).

Estos cables de guarda, fabricados en acero inoxidable, aseguran la protección de las líneas, transformadores y demás elementos de la subestación. Se han determinado siguiendo la norma UNE 21186, fórmulas CIGRE, así como las empleadas en REE.

Estos cálculos vienen justificados en el anexo de cálculos.

8.3. Sistemas de control y protección

La subestación cuenta con un centro de control, situado en el edificio de control.

Este centro de control pilotará una serie de unidades de control, que recogen la información y actúan en función de las órdenes dadas por el centro. .

Los sistemas de protección, cumplirán con las funciones de protección, comunicación y teledisparo.

Estas protecciones se instalarán en las siguientes posiciones:

- Posición de línea:
 - Protección principal: diferencial de línea, diferencial de barras, distancia, sobreintensidad de neutro, reenganche, función térmica, localizador de falta y



oscilografía.

- Teleprotección: Teledetección por onda portadora en caso de fallo de alguno de los interruptores de los extremos de la línea.

- Posición de transformador:

Incorpora las siguientes funciones de protección en los dos niveles de tensión: fallo de interruptor, cierre o arranque con tiempo de retardo, diferencial de transformador, diferencial de barras, función de mínima tensión con corriente alterna y oscilografía.

- Posición de acoplamiento:

Se incluye tan sólo en la posición de acoplamiento del parque de menor tensión, el de 66 kV. Consta de: función de distancia, función instantánea de sobreintensidad, función de sobreintensidad de neutro, diferencial de barras, función de arranque o cierre con tiempo de retraso, función de sincronismo, función de mínima tensión de corriente alterna y oscilografía.

- Posición de barras:

Ambos parques contarán con protecciones diferenciales de barras.

- Generales:

En las posiciones de línea y transformador se añadirán funciones de medida de potencia activa, reactiva y tensión, mediante transformadores de tensión capacitivos.

9. Instalaciones

9.1. Edificio y servicios auxiliares:

La subestación contará con un edificio de mando y control, de 20 de metros de largo, 15 de ancho y una altura de 4 metros. Una única planta. Con zócalo inferior de hormigón visto, cerramiento a base de bloque de hormigón cara vista, cubierta con placas de aluminio impermeabilizadas. La cimentación vendrá determinada por las cargas propias y de uso, así como de las condiciones de cimentación del terreno determinadas por el correspondiente estudio geotécnico. Los cables entre subestación y edificio pasarán por huecos abiertos durante la construcción del mismo y serán sellados al terminar.

La alimentación de los equipos, iluminación, tomas de corriente, etc, del edificio se realizará mediante un cuadro de corriente continua y otro de alterna, alimentado a su vez por un transformador auxiliar, que transforma la tensión del lado de 66 kV a baja tensión (66000/380 V) con una potencia de 3000 VA. Además se dispondrá de un generador de gas-oil para asegurar el

suministros en el caso de que este transformador falle.

Para la alimentación en continua se dispone de baterías rectificadoras.

9.2. Sistemas de control telecomunicaciones

De cara al telecontrol y las comunicaciones el edificio dispondrá de servicios de telefonía, canales de telecomunicación para protección y circuitos de telegestión mediante fibra óptica. Además de los equipos de medida instalados dentro de los armarios de control, que dispondrán de contadores de energía para las correspondientes posiciones de transformación.

Estos armarios de control serán un total de 4, uno para las líneas del parque de 132 kV, otro para los transformadores, otro para las líneas del parque de 66 kV y un último para la posición de acoplamiento. Contando cada uno de ellos con protecciones de distancia y de sobreintensidad, además de protección diferencia y regulación de tensión para las posiciones de transformación.

- **Sistema de control**

El sistema de control estará formado por una unidad central y unidades locales distribuidas.

La unidad central será la encargada de comunicarse con el despacho eléctrico.

Cada unidad local está asociada a una posición recogerán la información para el telecontrol y permitirán la funcionalidad de control (mando, alarmas y señalizaciones) para la operación local de mantenimiento.

- **Sistema de telecomunicaciones**

Se ha previsto complementar la red de telecomunicaciones existente con los equipos precisos que permitan integrar la nueva subestación en la red, de modo que se asegure el correcto funcionamiento del telecontrol y del telemando, de los sistemas de protección y de las necesidades de telegestión remota de los equipos de la ampliación.

- **Telecomunicaciones para funciones de protección:**

Para la comunicación que requiere las funciones de protecciones de línea se han previsto enlaces digitales y/o analógicos.

Las protecciones de distancia, interruptor y otras que requieran de la funcionalidad de teledisparo serán conectadas a teleprotecciones, equipadas con suficientes órdenes para el servicio requerido.

- **Red de fibra óptica en la subestación:**

Se ha previsto una red de fibra óptica, desde el armario central, hasta las dependencias, interiores o exteriores del edificio, que requieren servicios de comunicación de protecciones, servicios de telecontrol, telegestión y sincronización horaria, dando con ello servicio a las nuevas posiciones.

- **Red de Telefonía**

Equipos y terminales preparados para el establecimiento de comunicaciones de voz. Esta soportada por el resto de redes desplegadas en la subestación.

9.3. Sistema de protección contra incendios e intrusos

El sistema de protección contra el fuego constará de una serie de sensores detectores de humo o calor excesivo que serán colocados en el techo del edificio y que darán la señal la alarma. Para la extinción de incendios habrá extintores portátiles de espuma distribuidos apropiadamente.

El sistema contra intrusos consiste en detectores de presencia en la puerta del edificio.

9.4. Cerramientos y señalización

La subestación tendrá dos puertas:

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

Se realizará un vallado rodeando la subestación constituido por postes metálicos galvanizados de perfil circular y una malla de dos metros de altura, del mismo material. Para el anclaje de estas estructuras se dispondrán cimentaciones adecuadas a los esfuerzos que han de soportar, contruidas a base de hormigón y en las que quedarán embebidos los pernos de anclaje correspondientes.

El cerramiento sirve a efectos de mantener alejadas de los elementos en tensión a las personas ajenas a la subestación y evitar robos y daños.

La totalidad de los accesos a la subestación serán señalizados adecuadamente mediante señalización reglamentaria para instalaciones de alta tensión.

10. Obra civil

10.1. Movimiento de tierras

La plataforma de la subestación se realizará con amplitud suficiente para los dos parques y el edificio de control así como las instalaciones auxiliares: aparcamiento, depósito de agua, caseta de grupo a presión, grupo electrógeno, centro de transformación prefabricado...

La plataforma de la subestación está definida en el anexo de planos. El movimiento de tierras será realizado conforme a las instrucciones de la Dirección Facultativa y a la vista del estudio geotécnico que ha de realizarse previamente al inicio de las obras.

10.2. Cimentaciones y canales de cables

Las cimentaciones se encargan de soportar y sujetar los elementos instalados en la subestación. Hechas en hormigón armado se proyectarán para resistir los esfuerzos aplicados y asegurar la estabilidad al vuelco en las peores condiciones posibles. Estarán compuestas por zapatas de hormigón y ancladas a las estructuras mediante pernos de acero galvanizado.

Tendrán canalizaciones de tubo de PVC que permitan el paso de los cables de tierra hacia los equipos, así como tubo para el paso de cables aislados de alimentación y control.

Se construirán las siguientes cimentaciones:

- Parque de 132 kV:
 - Cimentación de transformadores de tensión: 12.
 - Cimentación de autoválvulas: 12.
 - Cimentación de equipos híbridos: 6.
 - Cimentación de aisladores de barras: 18.
- Parque de 66 kV:
 - Cimentación de autoválvulas: 24.
 - Cimentación de equipos híbridos: 8.
 - Cimentación de aisladores de barras: 16.

La bancada de los transformadores de potencia estará formada por vigas sobre las que se

insertarán las vías donde se apoyan los transformadores.

Además cada perno de anclaje de vallado de la subestación también tendrá su propia cimentación.

Los canales de cables serán de tipo prefabricado, del tipo: A en acceso a apartameta, del B en principales de posición, conexión entre casetas y con edificio de control, estando reforzados en la zona de paso de viales.

11. Estructuras y soportes

Serán construidas con perfiles de acero galvanizado normalizados de alma llena. El galvanizado aporta protección contra la corrosión.

La altura de las estructuras cumplirá con las alturas mínimas establecidas por la reglamentación correspondiente. Estas distancias son: 3,8 m para el parque de 132 kV y 3,13 m para el parque de 66 kV. La subestación se ha diseñado con una altura de 7,5 m para el parque de 132 kV y 4,5 m para el parque de 66 kV.

12. Presupuesto

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	OBRA CIVIL	756.810,95	10,92
02	MONTAJE ELECTROMECÁNICO	4.786.556,61	69,08
03	PROTECCIONES, CONTROL Y COMUNICACIONES	1.375.750,00	19,86
04	SEGURIDAD Y SALUD	9.632,11	0,14
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		6.928.749,67	
	12,00 % Gastos generales	831.449,96	
	6,00 % Beneficio industrial	415.724,98	
SUMA DE G.G. y B.I.		1.247.174,94	
	21,00 % I.V.A.	1.716.944,17	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		9.892.868,78	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		9.892.868,78	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de NUEVE MILLONES OCHOCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS con SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS



Anexo:

CÁLCULOS



13. Tensiones

Como ya se ha definido antes, las tensiones nominales de la subestación son 132 kV para el parque de alta tensión y 66 kV para el parque de baja tensión. Según la normativa **ITC-RAT 04**, la instalación entra en la primera categoría: tensión nominal inferior 220 kV y superior a 66 kV.

Dicha normativa también establece la tensión más elevada del material, U_m , para una instalación de alta tensión, la cuál será siempre igual o superior al indicado en la siguiente tabla, cuyos datos han sido extraídos directamente de la norma:

Tensión nominal de la red, U_n (kV)	Tensión más elevada para el material, U_m (kV)
3	3,
6	7,2
10	12
15	17,5
20	24
25	36
30	36
45	52
66	72,5
110	123
132	145
220	245
400	420

A partir de las tensiones más elevadas se define, según la ITC-RAT 12 el nivel de aislamiento de la instalación. Dicha normativa distingue tres grupos:

- Grupo A: Tensión más elevada del material mayor de 1 kV y menor o igual de 36 kV.
- Grupo B: Tensión más elevada del material mayor de 36 kV y menor o igual de 245 kV.
- Grupo C: Tensión más elevada mayor de 245 kV.

Los dos parques de la subestación de este proyecto entran en el grupo B.

La **ITC-RAT 12**, para este grupo, establece los siguiente niveles de aislamiento nominales:

Tensión más elevada para el material, Um (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)
52	95	250	480
72,5	140	325	630
123	230	550	1100
145	275	650	1300
170	325	750	1500
245	460	1050	2100

Al parque de 132 kV le corresponde:

- Tensión más elevada para el material: 145 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 275 kV
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo: 325 kV
- Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases: 1300 mm

Al parque de 66 kV le corresponde:

- Tensión más elevada para el material: 72,5 kV
- Tensión soportada nominal a frecuencia industrial: 140 kV
- Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo: 650 kV
- Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases: 630 mm

14. Distancias

En base al nivel de aislamiento se podrán definir las distancias mínimas de seguridad entre elementos en tensión. A continuación se justifican, pudiendo verificar en el anexo de planos que todas ellas son inferiores a las escogidas, y que por lo tanto la subestación cumple con las exigencias de seguridad definidas por normativa.

14.1. Pasillos de servicio

Anchuras

La ITC-RAT 14 establece: “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”.

Para tal efecto, obliga a que dicha anchura nunca sea inferior, según el caso, a:



- Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado: 1 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 maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados: 1 m.

Estas distancias son independientes del nivel de aislamiento, aplicando tanto a instalaciones de interior como de exterior.

Alturas

La ITC RAT 15 enuncia: *“Los elementos en tensión no protegidos que se encuentran sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima "H" sobre el suelo, medida en centímetros, igual a:*

$$H = 250 + d$$

Siendo “d” la distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases, expresada en centímetros, previamente obtenida (ITC-RAT 12).

Esta norma también establece: *“En las zonas donde se prevea el paso de aparatos o máquinas deberá mantenerse una distancia mínima entre los elementos en tensión y el punto más alto de aquellos no inferior a”:*

$$T = d + 10$$

Estableciendo siempre la altura máxima permitida para el paso de máquinas.

14.2. Distancias contra contactos accidentales

Instalación interior

Según la ITC RAT 15, deben guardarse unas distancias mínimas en horizontal a los elementos en tensión, respetándose dichas separaciones desde el suelo hasta una altura de 200 cm. Estas son:

- Entre elementos en tensión y paredes macizas: $B = d + 3$
- Entre elementos en tensión y enrejados: $C = d + 10$
- Entre elementos en tensión y cierres de cualquier tipo: $E = d + 30$

Instalación exterior:

De igual manera, la ITC RAT 15 establece que, para evitar contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación, deberán existir las siguientes distancias mínimas de seguridad:

- Entre elementos en tensión y el cierre cuando se trata de una pared maciza de altura $k < 250 + d$, (cm): $F = d + 100$
- Entre elementos en tensión y el cierre cuando se trata de un enrejado a cualquier altura: $G = d + 150$



15. Cálculos eléctricos

15.1. Corrientes

Corrientes nominales:

Las corrientes máximas nominales se producirán cuando sólo exista una barra principal en funcionamiento (debido a mantenimiento o avería), resultando en una intensidad de corriente:

$$Intensidad\ Nominal = \frac{Potencia\ Transformación}{\sqrt{3} \cdot Tensión\ Nominal}$$

Es decir, toda la potencia de transformación circula por una única barra.

En los embarrados secundarios sólo aplica la potencia de una de las posiciones de transformación, es decir, la potencia de un único transformador. Siendo dos transformadores, esta potencia es la mitad.

$$Intensidad\ Nominal = \frac{0,5 \cdot Potencia\ Transformación}{\sqrt{3} \cdot Tensión\ Nominal}$$

Corrientes de cortocircuito

Para el cálculo de la intensidad de cortocircuito en el parque de 132 kV se tendrá en cuenta la potencia de cortocircuito proporcionada por la empresa suministradora. Siendo esta de 500 MVA.

El cálculo se realiza entonces:

$$Intensidad\ Cortocircuito = \frac{Potencia\ Cortocircuito}{\sqrt{3} \cdot Tensión\ Nominal}$$

Para el cálculo de la intensidad de corto en el parque de 66 KV tendremos que tener en cuenta parámetros de tensión y potencia base de transformación, pues dicha corriente se calcula mediante el método por unidad sobre el diagrama unifilar de la subestación.

Tensión Base, Ub: 132 kV

Potencia Base, Sb: 50 MVA

La reactancia de dispersión de los transformadores es del 12% (Consultado en su correspondiente hoja de características). Su valor por unidad es entonces:

$$X_{T\ p.u.} = \frac{\frac{V_T}{S_T^2}}{\frac{V_B}{S_B^2}}$$



La impedancia equivalente del embarrado será:

$$X_{embarrado} = \frac{\text{Potencia transportada}}{\text{Potencia de corto}}$$

Esto equivale a una reactancia total que resulta de la asociación de las 3 impedancias.

$$X_{total} = X_{embarrado} \cdot \frac{X_T \cdot X_T}{X_T + X_T}$$

De esta impedancia obtenemos una potencia de cortocircuito en el parque de 66 kV:

$$S_{cc} = \frac{\text{Potencia transportada}}{\text{Reactancia equivalente}}$$

Concluyendo en una corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot \text{Tensión nominal}}$$

Calculadas las corrientes de corto de ambos parques, se ha establecido una intensidad de cortocircuito de 40 kA, basada en la intensidad máxima de cortocircuito soportada por los módulos PSS, corriente para la que la norma **UNE EN 60865** impone un tiempo de despeje de 0,5s.

Considerando estas intensidades podemos dimensionar los embarrados.

15.2. Embarrados

Para el parque de 132 kV se han seleccionado tubos con las siguientes características:

	Embarrado Primario	Embarrado secundario
Aleación	AlMgSiO, 5 F22	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior (mm)	150	100
Diámetro interior (mm)	134	88
Sección (mm ²)	3569	1772
Espesor (mm)	16	12
Peso propio (kg/m)	9,63	4,78
Momento de inercia (cm ⁴)	902	16
Momento resistente (cm ³)	120	100
Módulo de Young (N/mm ²)	70000	70000
Límite de Fluencia, R _p (N/mm ²)	160	160
Coeficiente de dilatación (mm/m°C)	0,023	0,023
Carga de rotura (N/mm ²)	215	215
Intensidad máxima admisible (A)	4408	2320

Teniendo en cuenta la intensidad máxima admisible, 4408 A y 2320 A para los embarrados primario y secundario respectivamente, se calculan las potencias que son capaces de transportar:

$$S = \sqrt{3} \cdot \text{Tensión nominal} \cdot \text{Intensidad máx embarrado}$$

Lo que resulta en un potencia mucho más elevada de la que necesitamos transportar, luego los embarrados seleccionados cumplen dicha exigencia y son válidos.

Los aisladores seleccionados para soportar dichas barras serán:

	Embarrado primario	Embarrado secundario
Nombre	C6-650 POINSA	C4-650 POINSA
Carga de rotura a flexión (N)	6000	4000
Carga de rotura a torsión (N)	3000	3000
Altura del aislador (mm)	1500	1500
Diámetro del aislador (mm)	172	236
Tensión nominal (kV)	132	132
Tensión máxima del material (kV)	145	145
Tensión soportada bajo lluvia eM(kV)	275	275
Tensión soportada al rayo (kV)	650	650

16. Cálculos mecánicos

16.1. Condiciones de diseño

De cara a los cálculos mecánicos para dimensionar los embarrados se han establecido una serie de condiciones de diseño.

1. Situación Geográfica: Altura inferior a 500 m, según la ITC-LAT 07 se considera Zona A. Tal y como esta normativa define, bajo estas condiciones:
 - a) Sobrecarga Viento:
Para garantizar la máxima seguridad de toda la aparamenta se considerará un viento de **140 km/h**, actuando perpendicularmente a las superficies sobre las que incide. Lo que corresponde a una presión de viento **945 N/m²**.
 - b) Sobrecarga Hielo:
No Aplica
2. Parámetros geométricos y de anclaje:
 - a) Longitud del vano: 14 m.

b) Distancia entre fases: 4 m.

A partir de estas condiciones y aplicando los procedimientos recogidos en las normas UNE 60865 y UNE 60909, se han realizado los cálculos mecánicos de los embarrados tal y como se describe de aquí en adelante.

16.2. Corriente de cresta

Tal y como se ha establecido anteriormente, la intensidad de cortocircuito definida para la subestación será $I_{cc} = 40 \text{ kA}$. Dicha corriente es necesaria para el cálculo de la intensidad de cresta, I_p , que según la norma UNE 60909 será necesaria para el cálculo de los embarrados, y la determinación del poder de corte de los interruptores. La ecuación que rige este parámetro es la siguiente:

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

siendo:

- χ : $\chi = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3k}$
- k : Relación de impedancias equivalentes del sistema en el punto de cortocircuito → Para este nivel de tensión su valor es: 0,358.

16.3. Tensión en el tubo

Se calcula teniendo en cuenta los esfuerzos producidos por el viento, el peso propio del tubo y por cortocircuito.

Esfuerzos por viento

Tal y como se ha especificado anteriormente, se considera viento horizontal, incidiendo perpendicularmente sobre la superficie del tubo. Calculándose para el caso más desfavorable contemplado, vientos de 140 km/h.

La fórmula que define el fuerza por unidad de longitud (esfuerzo) producida por el viento, F_f , es la siguiente:

$$F_f = p_v \cdot D$$

siendo:

- p_v : Presión del viento: 945 N/m².
- D : Diámetro exterior del tubo, mm.

Esfuerzos por peso sobre el tubo

Para calcular el esfuerzo debido al peso sobre el tubo F_p tienen en cuenta los esfuerzos producidos tanto por el peso propio del tubo F_{pp} como por el peso del cable de unión con la aparamenta, F_{ca} .

$$F_p = F_{pp} + F_{ca}$$

siendo:



- Esfuerzo peso propio, F_{pp} :

$$F_{pp} = P_{pt} \cdot g$$

siendo

- P_{pt} : Peso propio del tubo (datos del embarrado seleccionado), kg/m.
- g : Constante de gravitación: 9,81 m/s².
- Esfuerzo producido por el peso del cable amortiguador entre tubo y aparamenta, F_{ca} . Este valor será fijo y definido en las especificaciones técnicas del mismo. Para este proyecto se han seleccionado dos cables amortiguadores tipo Lapwing (un tipo para cada parque) que generan un esfuerzo tal que:
 - Embarrados Parque 132 kV → $F_{ca} = 20,93$ N/m
 - Embarrados Parque 66 kV → $F_{ca} = 15,2$ N/m

Esfuerzos por cortocircuito

Se calcularán en la fase intermedia, pues es donde se producirán los mayores esfuerzos al situarse entre las otras dos fases. De tal modo, el esfuerzo estático entre dos conductores paralelos recorridos por una corriente, F_c , es calculado siguiendo la ecuación:

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

siendo:

- μ_0 : $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \left(\frac{V \cdot S}{A \cdot m} \right)$
- a : Distancia entre fases, m.
- I_p : Intensidad de cresta, calculada en el primer apartado, A.

A esta fuerza se le aplican dos coeficientes que dependen del cociente entre la frecuencia de vibración del tubo y la frecuencia de la red: f_c/f .

Un coeficiente tiene en cuenta el efecto dinámico:

$$V_\sigma = 0,756 + 4,49 \cdot e^{-1,68k} + 0,54 \cdot \log \frac{f_c}{f}$$

- siendo k una constante definida por las tablas de la norma **UNE 60865**.

El otro, el reenganche de la línea:

$$V_r = 1 - 0,615 \cdot \log \frac{f_c}{f}$$

Por lo tanto, antes de calcular dichos coeficientes necesitamos calcular la frecuencia de vibración del tubo, f_c :



$$f_c = \frac{\gamma}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

siendo:

- γ : coeficiente de tubo y apoyos = 1,57
- l : longitud del vano, m.
- E : módulo de Young del material, N/mm²
- I : inercia de la sección, cm⁴
- m : masa del tubo por unidad de longitud, incluyendo el cable de amortiguación, kg/m.

Conocidos los valores de los coeficientes, los aplicamos al esfuerzo por cortocircuito calculado anteriormente, al que además se le añadirá otro coeficiente, llamado coeficiente de reparto, que según la norma UNE 60685 vale: $\alpha = 0,5$.

La fórmula resultante es:

$$F_c = \alpha \cdot V_\sigma \cdot V_r \cdot 0,866 \cdot \frac{\mu_0 \cdot I_p^2}{2 \cdot \pi \cdot a} \quad (\text{N/m})$$

Tensión total en el tubo

Cada uno de estos esfuerzos que aplican sobre el tubo generan una tensión que éste debe soportar. Tensión que se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\sigma = \sum_i \frac{P \cdot l^2}{8 \cdot W}$$

siendo:

- i : número de vanos.
- l : longitud del vano.
- P : esfuerzo aplicado F_f , F_p ó F_c .
- W : momento resistente del material.

Obteniéndose, para cada caso, las tensiones producidas por el viento, peso y corto: σ_v , σ_{pp} , σ_c .

Las tensiones de viento y corto aplican en el mismo eje (horizontal, *eje x*) mientras que la tensión peso es perpendicular a la anterior (vertical, *eje y*), luego la resultante será la suma geométrica de estas dos primeras más la tercera. Es decir:

$$\sigma_{TOTAL} = \sqrt{(\sigma_v + \sigma_c)^2 + \sigma_{pp}^2}$$

Esta resultante de tensiones es importante, pues según normativa, el tubo soportará los esfuerzos producidos sobre el mismo si cumple que:



$$\sigma_{total} \leq q \cdot R_p$$

siendo:

- **q** : factor geométrico que manifiesta la resistencia del conductor, pues depende de su sección. Para tubos cilíndricos, la normativa aplicada proporciona la siguiente fórmula de cálculo:

$$q = 1,7 \cdot \frac{1 - \left(1 - 2 \cdot \frac{s}{D}\right)^3}{1 - \left(1 - 2 \cdot \frac{s}{D}\right)^4}$$

siendo:

- **s** : espesor de la pared del tubo.
- **D** : diámetro exterior del tubo.
- **R_p** : límite de fluencia del material del tubo.

16.4. Reacciones sobre aisladores de soporte

Además de los tubos, los aisladores también se encuentran sometidos a esfuerzos, siendo estos todos horizontales. Según la norma UNE 60865, el mayor esfuerzo se produce en los aisladores intermedios, a lo que aplicamos un factor de reparto de esfuerzos en el soporte cuyo valor es 0,5.

Tales esfuerzos son:

Esfuerzos por viento

Esfuerzo sobre tubo

Se trata del esfuerzo producido sobre el tubo que se transmite al aislador que lo soporta. Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$F_v = \alpha \cdot l \cdot F_f$$

siendo:

- **α** : coeficiente de reparto: 0,5.
- **l** : longitud del vano.
- **F_f**: Esfuerzo de viento sobre tubo.

Esfuerzo sobre aisladores

Es el esfuerzo que produce el viento al incidir sobre el propio aislador, que, según la norma UNE 60865, se calcula con la siguiente ecuación:

$$F_{va} = \alpha \cdot l_a \cdot D_a \cdot p_v$$



siendo:

- α : coeficiente de reparto: 0,5.
- l_a : longitud del aislador.
- D_a : diámetro del aislador
- p_v : presión del viento. Descrita previamente.

Esfuerzos por cortocircuito

Se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Fa_v = \alpha \cdot l \cdot F_c$$

siendo:

- α : coeficiente de reparto: 0,5.
- l : longitud del vano.
- F_c : Esfuerzo por cortocircuito.

Suma de reacciones y comprobación

Tal y como se ha establecido al principio de este apartado, todos los esfuerzos en los aisladores aplican en el mismo eje, por lo tanto la resultante es la simple suma de los tres.

El coeficiente de seguridad mínimo que debe cumplir un aislador instalado en los apoyos metálicos de una subestación es 1,5. Con los datos de carga de rotura del aislador seleccionado y la suma de los esfuerzos que este soporta, se calcula este coeficiente:

$$\text{Coeficiente de seguridad} = \frac{\text{carga de rotura}}{\text{suma de esfuerzos sobre aisladores}}$$

16.5. Flecha en el tubo

La flecha máxima para un vano se obtiene, según la norma UNE 60865, de la expresión:

$$f = \frac{P \cdot l^4}{185 \cdot E \cdot I}$$

siendo:

- P : carga vertical sobre el tubo, (peso propio del embarrado + cable de amortiguación).
- l : longitud del vano.
- E : módulo de Young de la barra.
- I : momento de inercia de la sección del tubo.

16.6. Elongación del embarrado

El tubo que forma el embarrado se dilatará por efectos térmicos, dicha elongación se calcula para determinar si se necesita instalar piezas elásticas en las juntas de manera que no se produzcan daños ante los aumentos de temperatura.

Se calcula:

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

siendo:

- l_0 : longitud inicial del tubo.
- α : coeficiente de dilatación lineal del tubo
- $\Delta \theta$: incremento de temperatura que se da entre la temperatura de montaje y la temperatura de servicio.

16.7. Esfuerzo térmico en cortocircuito

Además del esfuerzo mecánico, el cortocircuito también produce sobre el embarrado un esfuerzo térmico, que será necesario calcular para validar el tubo escogido.

La ecuación de cálculo es, según normativa UNE 60685:

$$I_0 = I_p \sqrt{(m + n)}$$

donde:

- I_p : Intensidad de cresta, calculada anteriormente.
- m y n : coeficientes térmicos de disipación, obtenidos de la norma, siendo 0,097 y 0,758 respectivamente.

El valor de esta corriente debe ser menor que la capacidad térmica del tubo, que se calcula multiplicando la densidad de corriente de cortocircuito del tubo, ρ , por su sección:

$$C_t = S \cdot \rho$$

Luego el embarrado seleccionado cumple la exigencia térmica de cortocircuito si:

$$I_0 < C_t$$

16.8. Efecto corona

El efecto corona se produce en líneas de una elevada tensión de transporte, normalmente superior a 66 kV, este efecto se manifiesta como un halo visible azulado apreciable en la oscuridad, de ahí la denominación de efecto corona. Dicho fenómeno da lugar a pérdidas de energía, siendo más problemático a medida que aumenta la tensión de la línea.

Para que se produzca el efecto corona es necesario que la tensión de la línea sea lo suficientemente elevada como para sobrepasar la rigidez dieléctrica del aire. A esta tensión se le conoce como tensión crítica disruptiva U_c , la cuál, para conductores cilíndricos, se calcula mediante la fórmula de Peek:



$$U_c = m_c \cdot m_t \cdot \delta \cdot E_{of} \cdot r_1 \cdot \ln \frac{D}{r_1}$$

siendo:

- m_c : coeficiente de irregularidad del conductor que toma el valor de 1 para tubo cilíndrico y liso.
- m_t : coeficiente meteorológico para tener en cuenta el efecto que produce la humedad, tomando el valor 1 para tiempo seco.
- r_1 : radio exterior del tubo.
- D : distancia entre conductores
- δ : factor de corrección de la densidad del aire:

$$\delta = \frac{3,92 \cdot H}{273 + \Phi}$$

siendo:

- H : presión atmosférica en cm de mercurio.
- Φ : temperatura del aire.
- E_{of} : valor eficaz de campo eléctrico crítico para la aparición del efecto corona. Calculándose, para conductores paralelos, mediante la siguiente ecuación:

$$E_{of} = \frac{30 \cdot m_c \cdot \left(1 + \frac{0,3}{\sqrt{r_1}}\right)}{\sqrt{2}}$$

Si la tensión crítica disruptiva es calculada es superior a las tensión a la que la correspondiente barra opera, significa que nunca se producirá efecto corona. Hay que tener en cuenta que esta tensión disminuirá en condiciones más adversas, como lluvia, niebla o nieve.

17. Autoválvulas

17.1. Parámetros de dimensionado

Tensión mínima asignada de la autoválvula

Se toman las exigencias de seguridad de la REE en el ET025.

En primer lugar se debe determinar la tensión asignada de la autoválvula, que dependerá de la tensión más elevada del material y del tiempo de despeje de la falta, tal y como se indica en la siguiente tabla, extraída de la normativa recién mencionada.



Sistema a tierra	Duración de la falta	Tensión más elevada del material, U_m (kV)	Mínima tensión asignada, U_r (kV)
Efectivo	$< 1 \text{ s}$	≤ 100	$\geq 0,8 \cdot U_m$
Efectivo	$\leq 1 \text{ s}$	≥ 123	$\geq 0,72 \cdot U_m$
No efectivo	$\leq 10 \text{ s}$	≤ 170	$\geq 0,91 \cdot U_m$ $\geq 0,93 \cdot U_m$ (EXLIM T)
No efectivo	$\leq 2 \text{ h}$	≤ 170	$\geq 1,11 \cdot U_m$
No efectivo	$> 2 \text{ h}$	≤ 170	$\geq 1,25 \cdot U_m$

El parque 1 tiene una tensión más elevada de 145 kV. Luego le corresponde una tensión mínima asignada de la autoválvula cuyo valor es:

$$U_r \geq 0,72 \cdot U_m$$

El parque 2 tiene una tensión más elevada de 72,5 kV. Luego le corresponde una tensión mínima asignada de la autoválvula cuyo valor es:

$$U_r \geq 0,8 \cdot U_m$$

Línea de fuga mínima

Según la ITC-LAT 07, a zonas cercanas al mar se le considera un nivel de contaminación de nivel III (Fuerte), aplicando una línea de fuga específica nominal mínima de 25 mm/kV.

Considerando la tensión más elevada del material para cada nivel de tensión y la línea de fuga específica se calcula la línea de fuga mínima de dimensionado:

$$L_{fuga} = L_{min} \cdot U_m$$

- L_{min} : longitud mínima específica.
- U_m : tensión más elevada del material.

17.2. Selección de autoválvulas

Aplicando los cálculos previos y en base a los parámetros obtenidos, se han seleccionado las siguientes autoválvulas:

Parque 132 kV:

- **Autoválvula EXLIM QE :**
 - Tensión residual: 254 kV.
 - Línea de fuga: 5302 mm.
 - Capacidad de energía: 7,8 kJ/kV.
 - Energía disipable por la autoválvula (kJ): 1029,6 kJ.

Parque 66 kV:



- **Autoválvula INZSP 66/10/2 :**
 - Tensión residual: 156 kV.
 - Línea de fuga: 2115 mm.
 - Capacidad de energía: 5,5 kJ/kV
 - Energía total disipable por la autoválvula: 726 kJ.

Una vez seleccionada la autoválvula, se determina la energía absorbida por la autoválvula en caso de sobretensión:

$$W = \frac{U_L - U_{res}}{Z} \cdot U_{res} \cdot 2 \cdot T \cdot n$$

siendo:

- **W** : energía absorbida por la autoválvula
- **U_L** : sobretensión eventual sin pararrayos, determinado por la siguiente tabla, extraída de REE, ET025:

Tensión más elevada del material, U _m (kV)	Sobretensión eventual sin pararrayos, U _L (p.u.)	Impedancia del pararrayos, Z (Ω)
< 145	3	450
145 - 345	3	400
345 - 525	2,6	350
> 525	2,2	300

- **U_{RES}** : tensión residual de la autoválvula.
- **Z** : resistencia de la autoválvula, determinado por la tabla anterior.
- **n** : número consecutivo de descargas posibles. Según UNE 60855 se establece un máximo de 2. (Cláusula IEC 8.5.5).
- **T** : tiempo de propagación de la onda, calculado:

$$T = l/v$$

donde:

- **l** : longitud de la línea. Se desconoce la longitud de la líneas que enlazan con el parque. Para los cálculos se ha tomado un valor arbitrario de 20 km.
- **v** : velocidad de propagación. Valor constante: 0,3 km/μs.

Tomando el valor de tensión residual de la autoválvula escogida en base a los parámetros de tensión y línea de fuga mínimas, se calcula la energía que deberá absorber y compararla con la máxima energía que dicha autoválvula puede disipar; validándola completamente.

18. Red de tierras

18.1. Criterios de cálculo

Se ha calculado la red de tierras teniendo en cuenta los valores máximos de tensiones de paso y contacto establecidas en la ITC-RAT 13 *INSTALACIONES DE PUESTA A TIERRA*.

Se ha considerado la instalación de una malla de tierra principal enterrada que cubra toda la subestación, a fin de garantizar la seguridad del personal y la buena unión con tierra, en pos del correcto funcionamiento de las protecciones.

Para la realización de estos cálculos se han tomado los datos más restrictivos, es decir, los del parque de mayor tensión (132 kV).

18.2. Red de tierras inferiores

Resistividad del terreno

De cara a la realización de los cálculos correspondientes se ha considerado una resistividad del terreno de 200 $\Omega \cdot m$. Además, se ha establecido, para toda la superficie de la subestación, una capa de hormigón de 20 cm de espesor, cuya resistividad tiene un valor un valor 3000 $\Omega \cdot m$.

Dimensiones de la red

La red de tierras inferiores tendrá una longitud de 140 m de largo y 125 m de ancho, abarcando una superficie total 17500 m². Entre cables de tierra existirá una separación de 14 m a lo largo y 12,5 m a lo ancho, resultando en una malla de 20 cables.

Conductor

Será un hilo de cobre desnudo, que, según ITC-RAT 13, independientemente del valor obtenido en el cálculo, nunca podrá seleccionarse una sección inferior a 25 mm².

El estándar IEEE 80 especifica, para conductores de cobre, la siguiente ecuación para el cálculo de esta sección:

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

donde:

I : Corriente de falta a tierra considerada para el diseño de la malla.

t_c : tiempo de despeje de la falta.

T_m : temperatura máxima admisible por el conductor.

T_a : temperatura ambiente



T_{CAP} : capacidad térmica del conductor.

α_r : coeficiente térmico de resistividad a 20°C.

ρ_r : resistividad del conductor a 20°C.

K_0 : inverso del coeficiente térmico de resistividad.

Tensiones de paso y contacto máximas admisibles

La ITC-RAT 13, establece unas tensiones máximas de paso y contacto admisibles:

- Tensión de paso:

$$U_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2R_{al} + 6\rho_s}{1000}\right)$$

- Tensión de contacto:

$$U_c = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{\frac{R_{al}}{2} + 1,5\rho_s}{1000}\right)$$

siendo:

- U_p : Tensión de paso máxima admisible en la instalación que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales.
- U_c : tensión de contacto máxima admisible en la instalación que garantiza la seguridad de las personas, considerando resistencias adicionales.
- U_{ca} : Tensión de contacto aplicada admisible. Tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre una mano y los pies.

Dicho valor está definido por la siguiente tabla, extraída de la ITC-RAT 13:

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0,05	735
0,1	633
0,2	528
0,3	420
0,4	310
0,5	204
1	107
2	90
5	81
10	80

> 10	50
------	----

- U_{pa} : Tensión de paso aplicada admisible. La tensión a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre los dos pies. ($U_{pa}=10U_{ca}$).
- R_{a1} : Resistencia equivalente del calzado. 2000 Ω .
- ρ_s : resistividad del hormigón. 3000 Ω .

Según IEEE-80-2000 estos valores son, para una persona de 70 kg:

- Tensión de paso:

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

- Tensión de contacto:

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

siendo C_s :

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

donde:

- ρ : resistividad del terreno. 200 Ωm .
- ρ_s : resistividad del hormigón. 3000 Ωm .
- h_s : espesor de la capa de hormigón.
- t_s : tiempo de despeje de la falta.

Tal y como indica el apartado, estas son las máximas tensiones que, por normativa, son admisibles en una subestación para unas características de terreno y corriente de falta determinadas.

Una vez se han calculado estos límites, queda determinar las tensiones propias de la subestación en cuestión, y comprobar si permanecen por debajo de los mismos. Estos valores previstos se obtendrán en base a un diseño previo de la malla de red de tierras (Ver apartado de dimensiones de la red).

Evaluación de tensiones de paso y contacto

Tal y como se ha especificado previamente, se va a proceder a calcular las tensiones de paso y contacto en la subestación para determinar si cumplen con las máximas admisibles, definiendo así si es necesario tomar medidas de protección adicionales.

Para dicho cálculo se tomarán en consideración los procedimientos establecidos por IEEE 80-2000.



Tensión de paso:

$$V_p = \rho \cdot K_s \cdot K_i \cdot K_{ii} \cdot \frac{I_c}{L}$$

siendo:

- **K_s** : factor de espaciamiento. Calculado mediante:

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

- **K_{ii}** : factor de corrección por ubicación.
- **K_i** : factor de corrección geométrico de la malla. Calculado mediante.

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

siendo:

- **n** : factor de geometría, calculado mediante:

$$n = n_a \cdot n_b \cdot n_c \cdot n_d$$

- A su vez, cada uno de estos parámetros dependen de las dimensiones de la malla de la red de tierra. Calculándose mediante:

$$n_a = \frac{2 \cdot L}{L_p}$$

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

$$n_c = \left(\frac{L_x \cdot L_y}{A} \right)^{\frac{0,7 \cdot A}{L_x \cdot L_y}}$$

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

Tensión de contacto

$$V_c = \rho \cdot K_m \cdot K_i \cdot \frac{I_g}{L}$$

siendo:

- **K_i** : factor de corrección geométrico de la malla.
- **K_m** : factor de espaciamiento para tensión de malla. Calculado mediante:

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \pi} * \left(\ln \left(\frac{D^2}{16 \cdot h \cdot d} + \frac{(D + 2 \cdot h)^2}{8 \cdot D \cdot d} - \frac{h}{4 \cdot d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \cdot \ln \left(\frac{8}{\pi \cdot (2 \cdot n - 1)} \right) \right)$$

siendo:



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

Análisis de resultados

Una vez obtenidos los cuatro valores finales, esto es, tensión de paso y contacto máximas admisibles y tensión de paso y contacto propias de la subestación en base a la red de tierras diseñada, podemos concluir que, el valor de la tensión de paso sí se encuentra por debajo de la admisible, sin embargo la tensión de contacto supera el valor límite.

De modo que, para que la red de tierras inferiores diseñada pueda ser válida, se ha proyectado la instalación de un mallazo electrosoldado cubierto de hormigón así como el vallado completo de la subestación, a fin de evitar contacto.

18.3. Red de tierras superiores

Tiene como cometido la captación de las descargas atmosféricas y su conducción a la malla enterrada, para que sean disipadas a tierra sin poner en peligro la seguridad del personal y equipos de la subestación.

El sistema de tierras superiores consiste en un conjunto de hilos de guarda paralelos a las calles y en unos pararrayos montados sobre los extremos de los pórticos. Estos hilos de guarda y pararrayos 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 electrogeométrico 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 la aparamenta, 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 pararrayos.

Cálculos

Apantallamiento del transformador: en base a los parámetros de red de tierras superiores previamente definidos, empleamos las siguientes fórmulas:

$$r_s = r_c = r_g = 6,4 \cdot I^{0,75}$$

$$a = \sqrt{r_s^2 - (r_s - h)^2} - \sqrt{r_c^2 - (r_g - y)^2}$$

De las cuales se despeja todo en función de I. Hallado este valor, se puede entonces calcular r . siendo:

- $r_s = r_c = r_g$: radio crítico de cebado de los cables de guarda.

Para que se produzca un cebado directo, la intensidad que un rayo tiene que descargar sobre



alguna fase está determinada por la siguiente ecuación:

$$V_{\text{cebado aisladores}} = \frac{I_d}{2} \cdot Z_{\text{característica}} + 145 \cdot \sqrt{2}$$

Para que se produzca un cebado inverso, la intensidad que un rayo tiene que descargar sobre alguna fase está determinada por la siguiente ecuación:

$$V_{\text{cebado aisladores}} = \frac{I_d}{2} \cdot Z_{\text{cable de guarda}} + 145 \cdot \sqrt{2}$$

Las barras se encuentran entre los cuatro cables de guarda, paralelas a estos, sin embargo es lógico concluir que los cables perpendiculares a las entradas de las líneas proporcionan el mejor apantallamiento. Suponiendo además que estos dos cables de guarda se encuentran próximos, por lo que las zonas de acción de ambos cables cortan por encima de la zona de acción de tierra.

Luego:

$$16 + y \geq r_g$$

Radio crítico de captura:

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

$$r = 8 \cdot I^{0,65} \quad (\text{m})$$

donde:

$$I = U \cdot N / Z$$

siendo:

- U : Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo, kV.
- N : número total de líneas conectadas a la subestación.
- Z : Impedancia característica de la línea.

Dimensiones

A partir del radio crítico de captura se calcula el número de cables de guarda necesarios para proteger la subestación en su totalidad. Este cálculo se realiza mediante la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ cables de guarda} = \frac{L_y}{2 \cdot r}$$

siendo:

L_y : largo de la subestación (de pórtico a pórtico).

R : radio crítico de captura



Anexo:

RESULTADOS DE CÁLCULO

Corrientes

Tensiones	
Tensión Parque 1 (kV)	132
Tensión Parque 2 (kV)	66

Potencia de transformación (MVA)	50
----------------------------------	----

Potencia de cortocircuito (MVA)	500
Intensidades nominales	
Intensidad nominal embarrado principal 132 kV, (A)	218,693283784
Intensidad nominal embarrado secundario 132 kV (A)	109,346641892
Intensidad nominal embarrado principal 66kV (A)	437,3865675679
Intensidad nominal embarrado secundario 66 kV (A)	218,693283784

Potencia obtenida de la Icc (MVA)	500
Reactancia trafo (p.u.)	0,12
Reactancia equivalente (p.u.)	0,1
Reactancia total (p.u.)	0,16
Potencia de corto, parque 2 (MVA)	312,5

Intensidad de cortocircuito	
Intensidad de corto Parque 1 (A)	2186,9328378395
Intensidad de corto Parque 2 (A)	2733,6660472994

Tensiones generales	
Tensión de red (kV)	132
Tensión más elevada del material (kV)	145
Tensión soportada los impulsos tipo rayo (kV)	650
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV)	275

Distancias entre fases	
Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (cm)	130
Distancia escogida entre fases (m)	4

Pasillos de servicio			
Anchuras		Alturas/Distancias	
Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado (m)	1	Entre el suelo y elementos en tensión no protegidos, H (cm)	380
Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados (m)	1,2	Entre máquinas y elementos en tensión, T (cm)	140
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un solo lado (m)	0,8		
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados (m)	1		

Distancias de protección contra contactos accidentales			
Instalación Interior		Instalación Exterior	
Entre elementos en tensión y paredes macizas, B (cm)	133	Entre elementos en tensión y pared maciza de altura $k < 250 + d$ (cm), F (cm)	230
Entre elementos en tensión y enrejados, C (cm)	140	Entre elementos en tensión y enrejado de cualquier altura, G (cm)	280
Entre elementos en tensión y cierres de cualquier tipo, E (cm)	160		

Tensiones generales	
Tensión de red (kV)	66
Tensión más elevada del material (kV)	72,5
Tensión soportada los impulsos tipo rayo (kV)	325
Tensión soportada nominal de corta duración a frecuencia industrial (kV)	140

Distancias entre fases	
Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (cm)	63
Distancia escogida entre fases (m)	2

Pasillos de servicio			
Anchuras		Alturas/Distancias	
Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a un solo lado (m)	1	Entre el suelo y elementos en tensión no protegidos, H (cm)	313
Pasillos de maniobra con elementos en alta tensión a ambos lados (m)	1,2	Entre máquinas y elementos en tensión, T (cm)	73
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a un solo lado (m)	0,8		
Pasillos de inspección con elementos en alta tensión a ambos lados (m)	1		

Distancias de protección contra contactos accidentales			
Instalación Interior		Instalación Exterior	
Entre elementos en tensión y paredes macizas, B (cm)	66	Entre elementos en tensión y pared maciza de altura $k < 250 + d$ (cm), F (cm)	163
Entre elementos en tensión y enrejados, C (cm)	73	Entre elementos en tensión y enrejado de cualquier altura, G (cm)	213
Entre elementos en tensión y cierres de cualquier tipo, E (cm)	93		

Embarrado Principal	
Aleación	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior (mm)	150
Diámetro interior (mm)	134
Sección total del conductor (mm²)	3569
Espesor (mm)	16
Peso propio (kg/m)	9,63
Momento de inercia (cm⁴)	902
Momento resistente (cm³)	120
Módulo de Young (N/mm²)	70000
Límite de Fluencia (N/mm²)	160
Coefficiente de dilatación (mm/m°C)	0,023
Carga de rotura (N/mm²)	215
Intensidad máxima admisible (A)	4408

Embarrado secundario	
Aleación	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior (mm)	100
Diámetro interior (mm)	88
Sección total del conductor (mm²)	1772
Espesor (mm)	12
Peso propio (kg/m)	4,78
Momento de inercia (cm⁴)	196
Momento resistente (cm³)	100
Módulo de Young (N/mm²)	70000
Límite de Fluencia (N/mm²)	160
Coefficiente de dilatación (mm/m°C)	0,023
Carga de rotura (N/mm²)	215
Intensidad máxima admisible (A)	2320

Potencia Nominal en Embarrado Primario (MVA)
1007,8041546888

Potencia Nominal en Embarrado 1 Secundario (MVA)
530,4232393099

Aisladores	
Aisladores soporte C6-650 primario Poinsa	
Carga de rotura a flexión (N)	6000
Carga de rotura a torsión (N)	3000
Altura del aislador (mm)	1500
Diámetro del aislador (mm)	172
Tensión nominal (kV)	132
Tensión máxima del material (kV)	145
Tensión soportada bajo lluvia (kV)	275
Tensión soportada al choque (kV)	650

Aisladores	
Aisladores soporte C4-650 secundario Poinsa	
Carga de rotura a flexión (N)	4000
Carga de rotura a torsión (N)	3000
Altura del aislador (mm)	1500
Diámetro del aislador (mm)	236
Tensión nominal (kV)	132
Tensión máxima del material (kV)	145
Tensión soportada bajo lluvia (kV)	275
Tensión soportada al choque (kV)	650

Embarrado Principal	
Aleación	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior (mm)	120
Diámetro interior (mm)	100
Sección total del conductor (mm²)	3456
Espesor (mm)	20
Peso propio (kg/m)	9,33
Momento de inercia (cm⁴)	812
Momento resistente (cm³)	110
Módulo de Young (N/mm²)	69200
Límite de Fluencia (N/mm²)	160
Coefficiente de dilatación (mm/m°C)	0,023
Carga de rotura (N/mm²)	205
Intensidad máxima admisible (A)	3795

Aisladores	
Aisladores soporte C4-325 primario Poinsa	
Carga de rotura a flexión (N)	4000
Carga de rotura a torsión (N)	2000
Altura del aislador (mm)	770
Diámetro del aislador (mm)	127
Tensión nominal (kV)	66
Tensión máxima del material (kV)	72,5
Tensión soportada bajo lluvia (kV)	140
Tensión soportada al choque (kV)	325

Embarrado secundario	
Aleación	AlMgSiO, 5 F22
Diámetro exterior (mm)	80
Diámetro interior (mm)	68
Sección total del conductor (mm²)	1394
Espesor (mm)	12
Peso propio (kg/m)	3,76
Momento de inercia (cm⁴)	96,1
Momento resistente (cm³)	90
Módulo de Young (N/mm²)	68600
Límite de Fluencia (N/mm²)	160
Coefficiente de dilatación (mm/m°C)	0,023
Carga de rotura (N/mm²)	225
Intensidad máxima admisible (A)	2020

Aisladores	
Aisladores soporte C4-325 secundario Poinsa	
Carga de rotura a flexión (N)	4000
Carga de rotura a torsión (N)	2000
Altura del aislador (mm)	770
Diámetro del aislador (mm)	127
Tensión nominal (kV)	66
Tensión máxima del material (kV)	72,5
Tensión soportada bajo lluvia (kV)	140
Tensión soportada al choque (kV)	325

Potencia Nominal en Embarrado 2 (MVA)
433,8267657718

Potencia Nominal en Embarrado 2 (MVA)
230,9170136651

Datos Generales	
Tensión nominal (kV)	132
Velocidad del viento (km/h)	140
Presión equivalente (N/m²)	945
Longitud del vano (m)	14
Distancia entre fases (m)	4
Icc (A)	2186,9328
Icc considerada (A)	40000
K	0,358
Temperatura de montaje (°C)	35
Temperatura de servicio (°C)	80

Intensidad de cresta	
Intensidad de cresta, Ip (A)	76639,426
X	1,3548064

Esfuerzos sobre el tubo	
Esfuerzos por viento	
Viento sobre el tubo, Ff (N/m)	141,75
Esfuerzo por el propio peso del tubo	
Esfuerzo peso total, Fp (N/m)	115,4003
Esfuerzo peso propio tubo, Fpp (N/m)	94,4703
Esfuerzo peso cable, Fca (N/m)	20,93
Esfuerzo por cortocircuito	
Fuerza estática entre dos conductores paralelos recorridos por una corriente, Fc (N/m)	254,32695
Frecuencia de vibración del tubo, fc , (Hz)	2,0510806
fc/f	0,0410216
Vσ	0,3124225
Vr	1,8529972
Fuerza de cortocircuito neta, Fc (N/m)	73,617216

k1,6

Tensión en el tubo	
Tensión debida al viento, θv (N/mm²)	57,88125
Tensión debida al propio peso, θpp (N/mm²)	47,1217892
Tensión debida a cortocircuito, θc (N/mm²)	103,85017
Tensión total en el tubo, θt (N/mm²)	168,456271
Factor de resistencia del tubo, q	1,41386399
Límite de Fluencia del tubo, Rp (N/mm²)	160
q*Rp (N/mm²)	226,218239

$\theta_t < q \cdot R_p$

Flecha	
Flecha en el tubo (m)	0,03795271
Elongación del embarrado (mm)	14,49
Esfuerzo térmico en cortocircuito	70865,5723
Efecto corona	
Factor de correlación de densidad del aire, δ	0,96727273
Valor campo eléctrico, Eof (kV/cm)	23,5369934
Tensión disruptiva	678,998631

Reacciones sobre los aisladores de soporte	
Viento sobre tubo (N)	992,25
Esfuerzos por cortocircuito (N)	1780,2886
Viento sobre el aislador (N)	121,905
Suma reacciones	2894,4436
Coeficiente seguridad	2,0729372

Carga vertical sobre el tubo, P (N/m)	115,4003
Ct	428280

Coeficiente de irregularidad del conductor, mc	1
Coeficiente meteorológico, mt	1

Datos Generales	
Tensión nominal (kV)	132
Velocidad del viento (km/h)	140
Presión equivalente (N/m²)	945
Longitud del vano (m)	9,5
Distancia entre fases (m)	4
Icc (A)	2186,9328
Icc considerada (A)	40000
K	0,358
Temperatura de montaje (°C)	35
Temperatura de servicio (°C)	80

Intensidad de cresta	
Intensidad de cresta, Ip (A)	76639,426
X	1,3548064

Esfuerzos sobre el tubo	
Esfuerzos por viento	
Viento sobre el tubo, Ff (N/m)	94,5
Esfuerzo por el propio peso del tubo	
Esfuerzo peso total, Fp (N/m)	67,8218
Esfuerzo peso propio tubo, Fpp (N/m)	46,8918
Esfuerzo peso cable, Fca (N/m)	20,93
Esfuerzo por cortocircuito	
Fuerza estática entre dos conductores paralelos recorridos por una corriente, Fc (N/m)	254,32695
Frecuencia de vibración del tubo, fc , (Hz)	2,9472403
fc/f	0,0589448
Vσ	0,3974362
Vr	1,756176
Fuerza de cortocircuito neta, Fc (N/m)	88,756023
k	1,6

Tensión en el tubo	
Tensión debida al viento, θv (N/mm²)	21,3215625
Tensión debida al propio peso, θpp (N/mm²)	15,3022936
Tensión debida a cortocircuito, θc (N/mm²)	57,3825176
Tensión total en el tubo, θt (N/mm²)	80,1778798
Factor de resistencia del tubo, q	1,43123041
Límite de Fluencia del tubo, Rp (N/mm²)	160
q*Rp (N/mm²)	228,996865

$\theta t < q * R_p$

Flecha	
Flecha en el tubo (m)	0,02176396
Elongación del embarrado (mm)	9,8325
Esfuerzo térmico en cortocircuito	Err:511
Efecto corona	
Factor de correlación de densidad del aire, δ	0,96727273
Valor campo eléctrico, Eof (kV/cm)	24,0592533
Tensión disruptiva	509,889543

Reacciones sobre los aisladores de soporte	
Viento sobre tubo (N)	448,875
Esfuerzos por cortocircuito (N)	1208,053
Viento sobre el aislador (N)	167,265
Suma reacciones	1824,193
Coefficiente seguridad	2,1927504

Carga vertical sobre el tubo, P (N/m)	67,8218
--	---------

Coefficiente de irregularidad del conductor, mc	1
Coefficiente meteorológico, mt	1

Datos Generales	
Tensión nominal (kV)	66
Velocidad del viento (km/h)	140
Presión equivalente (N/m²)	945
Longitud del vano (m)	8
Distancia entre fases (m)	2
Icc (A)	2733,666
Icc considerada (A)	31500
K	0,358
Temperatura de montaje (°C)	35
Temperatura de servicio (°C)	80

Intensidad de cresta	
Intensidad de cresta, Ip (A)	60353,548
X	1,3548064

Esfuerzos sobre el tubo	
Esfuerzos por viento	
Viento sobre el tubo, Ff (N/m)	113,4
Esfuerzo por el propio peso del tubo	
Esfuerzo peso total, Fp (N/m)	106,7273
Esfuerzo peso propio tubo, Fpp (N/m)	91,5273
Esfuerzo peso cable, Fca (N/m)	15,2
Esfuerzo por cortocircuito	
Fuerza estática entre dos conductores paralelos recorridos por una corriente, Fc (N/m)	315,44489
Frecuencia de vibración del tubo, fc , (Hz)	6,0201861
fc/f	0,1204037
Vσ	0,5649411
Vr	1,5654065
Fuerza de cortocircuito neta, Fc (N/m)	139,48382

k1,6

Tensión en el tubo	
Tensión debida al viento, θv (N/mm²)	16,4945455
Tensión debida al propio peso, θpp (N/mm²)	15,5239709
Tensión debida a cortocircuito, θc (N/mm²)	45,8828934
Tensión total en el tubo, θt (N/mm²)	64,2801568
Factor de resistencia del tubo, q	1,49076923
Límite de Fluencia del tubo, Rp (N/mm²)	160
q*Rp (N/mm²)	238,523077

$\theta t < q * R_p$

Flecha	
Flecha en el tubo (m)	0,00432131
Elongación del embarrado (mm)	8,28
Esfuerzo térmico en cortocircuito	Err:511
Efecto corona	
Factor de correlación de densidad del aire, δ	0,96727273
Valor campo eléctrico, Eof (kV/cm)	23,8112796
Tensión disruptiva (kV)	484,578278

Reacciones sobre los aisladores de soporte	
Viento sobre tubo (N)	453,6
Esfuerzos por cortocircuito (N)	1261,7796
Viento sobre el aislador (N)	46,205775
Suma reacciones	1761,5853
Coefficiente seguridad	2,2706819

Carga vertical sobre el tubo, P (N/m)	109,6703
--	----------

Coefficiente de irregularidad del conductor, mc	1
Coefficiente meteorológico, mt	1

Datos Generales	
Tensión nominal (kV)	66
Velocidad del viento (km/h)	140
Presión equivalente (N/m²)	945
Longitud del vano (m)	5
Distancia entre fases (m)	2
Icc (A)	2733,666
Icc considerada (A)	31500
K	0,358
Temperatura de montaje (°C)	35
Temperatura de servicio (°C)	80

Intensidad de cresta	
Intensidad de cresta, Ip (A)	60353,548
X	1,3548064

Esfuerzos sobre el tubo	
Esfuerzos por viento	
Viento sobre el tubo, Ff (N/m)	75,6
Esfuerzo por el propio peso del tubo	
Esfuerzo peso total, Fp (N/m)	52,0856
Esfuerzo peso propio tubo, Fpp (N/m)	36,8856
Esfuerzo peso cable, Fca (N/m)	15,2
Esfuerzo por cortocircuito	
Fuerza estática entre dos conductores paralelos recorridos por una corriente, Fc (N/m)	315,44489
Frecuencia de vibración del tubo, fc , (Hz)	8,3155212
fc/f	0,1663104
Vσ	0,6406921
Vr	1,4791345
Fuerza de cortocircuito neta, Fc (N/m)	149,4688
k	1,6

Tensión en el tubo	
Tensión debida al viento, θv (N/mm²)	5,25
Tensión debida al propio peso, θpp (N/mm²)	3,61705556
Tensión debida a cortocircuito, θc (N/mm²)	21,9058953
Tensión total en el tubo, θt (N/mm²)	27,3957248
Factor de resistencia del tubo, q	1,46979866
Límite de Fluencia del tubo, Rp (N/mm²)	160
q*Rp (N/mm²)	235,167785

$\theta_t < q \cdot R_p$

Flecha	
Flecha en el tubo (m)	0,00266918
Elongación del embarrado (mm)	5,175
Esfuerzo térmico en cortocircuito	Err:511
Efecto corona	
Factor de correlación de densidad del aire, δ	0,96727273
Valor campo eléctrico, Eof (kV/cm)	24,395184
Tensión disruptiva	369,244837

Reacciones sobre los aisladores de soporte	
Viento sobre tubo (N)	189
Esfuerzos por cortocircuito (N)	788,61223
Viento sobre el aislador (N)	46,205775
Suma reacciones	1023,818
Coefficiente seguridad	3,9069444

Carga vertical sobre el tubo, P (N/m)	52,0856
--	---------

Coefficiente de irregularidad del conductor, mc	1
Coefficiente meteorológico, mt	1

Datos de dimensionado	
Tensión Parque 1, Ur (kV)	132
Tensión más elevada, Um (kV)	145
Tiempo de despeje (s)	0,5
Longitud mínima específica, Lmin (mm/kV)	25

Datos de dimensionado	
Tensión Parque 2, Ur (kV)	66
Tensión más elevada, Um (kV)	72,5
Tiempo de despeje (s)	0,5
Longitud mínima específica, Lmin (mm/kV)	25

Cálculos de dimensionado	
Tensión mínima asignada de la autoválvula, Ur (kV)	104,4
Línea de fuga mínima, Lfuga (mm)	3625

Cálculos de dimensionado	
Tensión mínima asignada de la autoválvula, Ur (kV)	58
Línea de fuga mínima, Lfuga (mm)	1812,5

Autoválvula EXLIM QE	
Tensión residual (kV)	254
Línea de fuga mínima, Lfuga (mm)	5302
Energía absorbida en caso de sobretensiones, W (kJ)	30,649333
Sobretensión eventual sin pararrayos, UL (p.u.)	3
Tensión residual de la autoválvula, URES (kV)	254
Resistencia de la autoválvula, Z (ohm)	400
Número consecutivo de descargas posibles	2
Tiempo de propagación de la onda	66,666667
Longitud hasta entronque	20
Velocidad de propagación, V (km/us)	0,3
Capacidad de energía (kJ/kV)	7,8
Energía total disipable por la autoválvula (kJ)	1029,6
EXLIM Q36-E145	

Autoválvula INZSP 66/10/2	
Tensión residual (kV)	156
Línea de fuga mínima, Lfuga (mm)	2115
Energía absorbida en caso de sobretensiones, W (kJ)	5,6853333
Sobretensión eventual sin pararrayos, UL (p.u.)	3
Tensión residual de la autoválvula, URES (kV)	156
Resistencia de la autoválvula, Z (ohm)	450
Número consecutivo de descargas posibles	2
Tiempo de propagación de la onda	66,666667
Longitud hasta entronque	20

Autoválvulas

Velocidad de propagación, V (km/us)	0,3
Capacidad de energía (kJ/kV)	5,5
Energía total disipable por la autoválvula (kJ)	726
INZSP 66/10/2	

Tierras inferiores

Tensión (kV)	132
Icc' (A)	1530,853

Sección malla de cobre (mm2)	120
Ancho Red Tierras, Lx (m)	125
Largo Red Tierras, Ly (m)	140
Perímetro, Lp (m)	530
Superficie total (m2)	17500
Separación cables interiores eje X (m)	12,5
Separación cables interiores eje Y (m)	14
Longitud total de cable de tierra, L (m)	2915
Distancia máxima entre puntos, Dm (m)	187,68324
Distancia media entre conductores malla, D (m)	13,25
Profundidad enterrado, h (m)	0,6
Resistividad del terreno, (Ohm-m)	200
Volumen de excavación (m2)	10500
Espesor hormigón (m)	0,2
Volumen de hormigón (m3)	3500
Resistividad del hormigón (Ohm-m)	3000
Sección mínima conductor desnudo cobre, (mm2)	25
Sección conductor hilo desnudo de cobre (mm2)	104,87401
Diámetro del conductor hilo desnudo de cobre, d (m)	0,0115555
Corriente de falta a tierra considerada para diseño de malla	28
Tiempo de despeje de falta, tc (s)	0,5
Temperatura máxima admisible de conductor, Tm (°C)	1084
Temperatura ambiente, Ta (°C)	40
Capacidad térmica del conductor, TCAP (K/cm3°C-1)	3,85
Coefficiente térmico de resistividad a 20°C, α_r (°C-1)	0,00378
Resistencia del conductor a 20°C, ρ_r ($\mu\Omega$ cm)	4,4
Inverso del coeficiente térmico de resistividad, Ko (°C)	245

Resistencia de puesta a tierra (Ohm)	0,7380132
Resistividad del terreno (Ohm)	200
Longitud del conductor enterrado, L (m)	2915
Profundidad enterrado, h (m)	0,6
Superficie malla (m2)	17500

Tensiones admisibles	
Tensión de paso, Up (V)	12648
Tensión de contacto, Uc (V)	1326
Tensión admisible, Uca (V)	204
Resistencia del calzado, Ra1 (Ohm)	2000

Resistividad del hormigón, (Ohm-m)	3000
Tensión de paso máxima (V)	3437,1885
Tensión de contacto máxima (V)	1025,8208
Cs	0,8044796

Tensiones reales	
Tensión de paso, Vp (V)	1363,5308
Tensión de contacto, Vc (V)	4026,5837
Ks	0,3122177
n	11,008829
na	11
nb	1,0008026
nc	1
nd	1
Ki	2,2733066
Km	0,9219964
Kii	1
Kh	1,2649111

Distancias cables de guarda	
Altura del cable de guarda en la zona baja, y (m)	11
Altura del cable de guarda en la zona alta, h (m)	16
Altura de las barras (m)	8
Altura de las bornas del transformador (m)	4,5
Distancia del cable de guarda al transformador (m)	11
Distancia del cable de guarda a la barra (m)	9
Tensión de cebado de los aisladores (kV)	950
Impedancia Característica	400
Impedancia cable de guarda	5

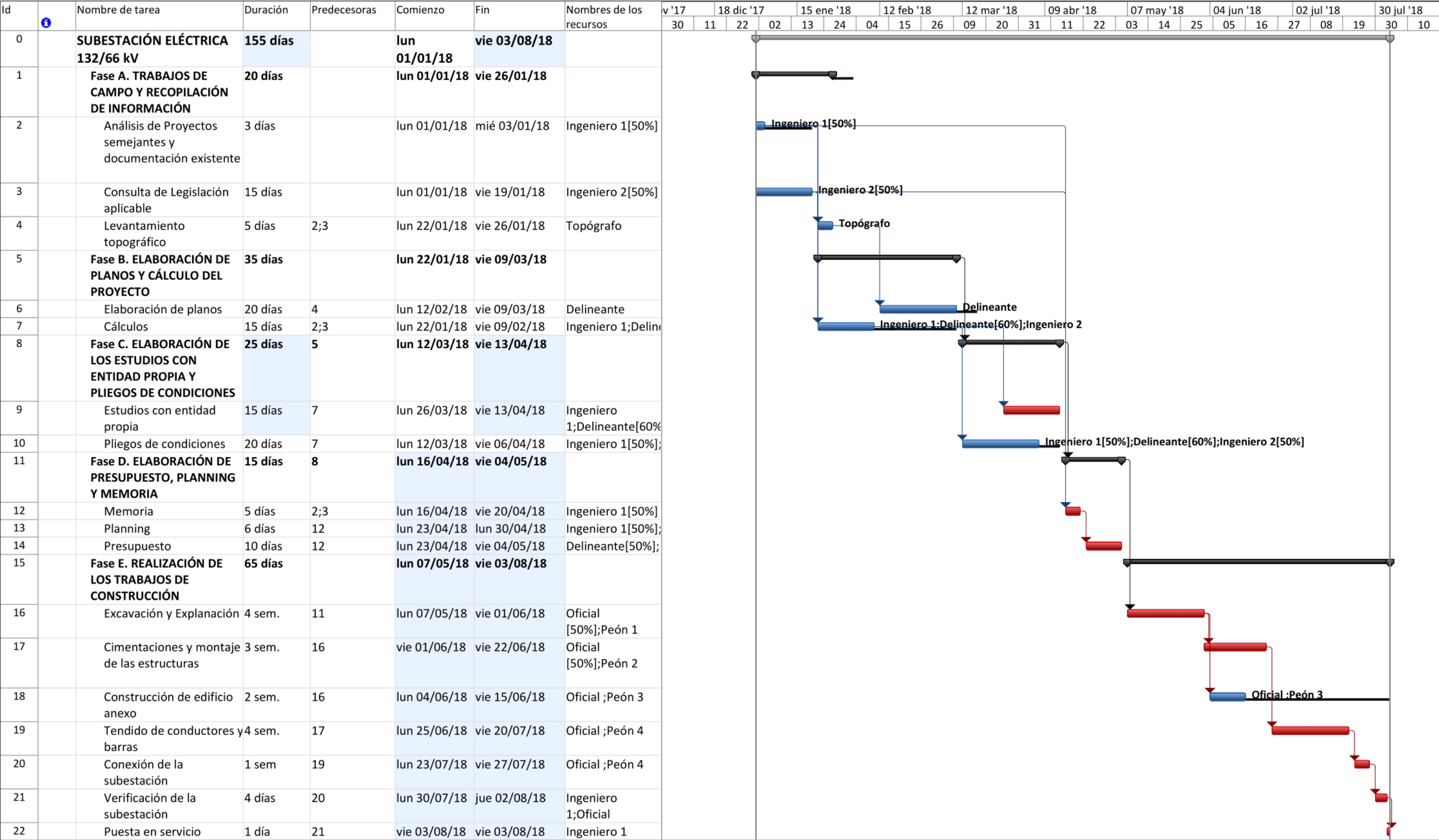
Apantallamiento del transformador	
rs=rc=rg	53,3495398221
I (A)	16,9018511078
Id de cebado directa (kA)	3,7246951673
Id de cebado inverso (kA)	297,975613382

11

Radio Crítico de Captura	
Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (Parque 1), (kV)	650
Número de líneas conectadas a ambos parques, N	4
Impedancia característica	400
I (kA)	6,5
Radio Crítico de Captura, (m)	27,007455
Nº de cables de guarda	3
Longitud total de cable (m)	420

Anexo: Planificación





Proyecto: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA
Fecha: sáb 15/06/19

Tarea

División

Hito

Resumen

Resumen del proyecto

.....

◆

▬

▬

Tareas externas

Hito externo

Tarea inactiva

Hito inactivo

Resumen inactivo

◆

◆

◆

▬

Tarea manual

Sólo duración

Informe de resumen manual

Resumen manual

Sólo el comienzo

▬

▬

▬

▬

Sólo fin

Fecha límite

Tareas críticas

División crítica

Progreso

▬

▬

▬

▬

Margen de demora

Anexo:

Estudio de seguridad y salud



19. Objeto del estudio

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

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

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

20. Características de la obra

20.1. Situación y descripción de la obra

La subestación está situada en la localidad de San Fernando, en la provincia de Cádiz.

La ubicación queda reflejada en el plano de situación geográfica en el Anexo: *Planos* del presente proyecto.

Esta instalación se realiza con tecnología híbrida compacta con aislamiento en aire y en SF6.

Las condiciones ambientales del emplazamiento son las siguientes:

- Altura media sobre el nivel del mar: 8 m
- Temperaturas extremas: +5 °C / +36 °C
- Contaminación ambiental: Muy Alta

Para el cálculo de la sobrecarga del viento, se ha considerado viento horizontal con velocidad de 140 km/h.

El parque de 132 kV de la subestación tendrá una configuración en interruptor y medio, en tecnología híbrida compacta.

El parque de 66 kV de la subestación tendrá una configuración en doble barra, en tecnología híbrida compacta.

Para ello se procederá a realizar las siguientes actividades:



- Las cimentaciones de la reactancia y de las estructuras metálicas de soporte de la aparamenta.
- Se construirán canales cables de reducida profundidad que unirán el parque con el edificio de control.
- Montaje de las estructuras metálicas de soportes de aparamenta.
- Montaje de la aparamenta correspondientes a las calles equipadas y a sus embarrados de conexión.
- Montaje de embarrados principales y secundarios.
- Instalación de los Sistemas de Control, Telecomunicaciones, Protección y Medida.
- Se ampliarán los servicios de c.a y c.c. de Servicios Auxiliares.
- Realización de la red de tierras así como a la instalación de fuerza y alumbrado.

20.2. Presupuesto, plazo de ejecución y mano de obra:

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	OBRA CIVIL.....	758.541,55	12,21
02	MONTAJE ELECTROMECÁNICO	4.786.556,61	77,06
03	PROTECCIONES, CONTROL Y COMUNICACIONES	666.407,88	10,73
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		6.211.506,04	
	12,00 % Gastos generales	745.380,72	
	6,00 % Beneficio industrial	372.690,36	
SUMA DE G.G. y B.I.		1.118.071,08	
	21,00 % I.V.A.	1.539.211,20	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		8.868.788,32	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		8.868.788,32	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de OCHO MILLONES OCHOCIENTOS SESENTA Y OCHO MIL SETECIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS con TREINTA Y DOS CÉNTIMOS

En virtud de estos valores y conforme a lo establecido en el art. 4 del R.D. 1627/1997 para *Obras de construcción o ingeniería civil*, donde se expone que hay obligatoriedad de elaborar un Estudio de Seguridad en los casos en que se superen alguna de las de las circunstancias siguientes:

- Cuando el presupuesto total adjudicado de obra supere 450 k€.
- Cuando el volumen de mano de obra supere 500 jornadas – hombre.
- Cuando la duración sea superior a 30 días y haya 20 o más trabajadores.



Por tanto se procede a elaborar este Estudio de Seguridad y Salud.

20.3. Control de accesos

Dado que la situación de la subestación, está alejada de núcleos urbanos o zonas de paso, la presencia de personal ajeno a la obra es improbable. A pesar de ello, la parcela se encuentra vallada, por lo que no procede ninguna actuación en este campo.

En el portón de acceso se dispondrán señales informativas de riesgo.

20.4. Trabajos previos, interferencias y servicios afectados

Los trabajos de obra civil no estarán interferidos en su mayor parte con ningún otro, si bien en la fase final interferirán con el inicio de los trabajos de montaje.

Los desplazamientos y las maniobras de trabajadores y maquinaria prevista en obra estarán condicionados por la existencia de elementos en tensión. La actuación en cuanto a las vías de paso autorizado se planificará de forma que no afecte a la instalación en servicio y siempre conforme a las normas indicadas en este documento en los apartados que les afecten.

20.5. Unidades constructivas que componen la obra

Obra civil

Consiste en la realización de viales de rodadura de la reactancia, cimentaciones, canales de cables y drenajes.

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

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

- **Cimentaciones de soportes**

Las cimentaciones para todas las estructuras soportantes de la aparamenta así como el vallado se realizarán en dados de hormigón armado.

- **Canales de cables**

Se diseñan para proteger los cables de control y fuerza en su recorrido desde los mandos de cada equipo a las casetas de relés y desde estas últimas hasta el edificio de control. Los canales de cables serán prefabricados de hormigón.

Montaje de estructuras y equipos

En esta fase se instalarán los embarrados altos, las estructuras soportantes de los equipos, los propios equipos y los embarrados de conexión.

Se planificarán las actividades de montaje de forma que no interfieran entre sí y especialmente se cuidará que no afecten a las de obra civil que aún persistan.

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

- **Trabajos de cableado y trabajos en baja tensión (BT)**

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

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

- **Puesta en servicio**

Se prevé que la puesta en servicio se realice por fases terminadas conectando eléctricamente la nueva instalación a la red de transporte y de distribución de electricidad. El parque de 132 kV se conecta a la red de transporte, mientras que el parque de 66 kV se conecta a la de distribución.

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

20.6. Identificación de riesgos

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

- Las condiciones generales del trabajo, a las máquinas y equipos que se manejen, a las instalaciones próximas existentes y a los agentes físicos, químicos y biológicos que puedan existir.
- Las características de organización y control del trabajo que cada empresa tiene establecidas, lo que influye en la magnitud de los riesgos.
- La inadecuación de los puestos de trabajo a las características de los trabajadores especialmente sensibles a ciertos riesgos.

Por ello las empresas contratistas adjudicatarias de los trabajos deben disponer de una evaluación de riesgos genérica concerniente a sus trabajos.

No obstante se prevé que los riesgos que se pueden presentar son:

Organización de la seguridad

- **Coordinador en materia de seguridad y salud**

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

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

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

- **Vigilante de seguridad de la empresa contratista**

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

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

Principios generales aplicables durante la ejecución de la obra

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

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



- e) El mantenimiento de los medios y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra.
- f) La delimitación y el acondicionamiento de las zonas de trabajo.
- g) La recogida de los materiales peligrosos utilizados.
- h) La adaptación, en función de la evolución de obra, del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- i) La cooperación entre promotor y el contratista.

Formación

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

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

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

Medicina preventiva

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

En cualquier momento el promotor podrá solicitar certificados de estos reconocimientos.

Medios de protección

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

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

Locales de descanso y servicios higiénicos

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

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

Disposiciones de emergencia

- **Vías de evacuación**

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

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

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

Dado el limitado número de personas que se prevén van a coincidir en la obra y la no existencia de recintos cerrados no se considera necesario establecer equipos de evacuación ni realizar simulacros al respecto.

- **Iluminación**

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

En el caso, que se realicen trabajos en horario nocturno, se instalará un sistema de alumbrado adecuado al trabajo que se va a realizar y que incluirá las vías de acceso los puntos de trabajo. Complementando al sistema de alumbrado se dispondrá de una alternativa de emergencia de suficiente intensidad (linternas o cualquier otro sistema portátil o fijo).

- **Instalaciones de suministro y reparto de energía**

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



se tomará de la red existente

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

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

- **Ventilación**

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

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

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

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

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

- **Ambientes nocivos y factores atmosféricos**

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

En caso de tormenta eléctrica se suspenderán los trabajos.

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



- **Detección y lucha contra incendios:**

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

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

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

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

- **Primeros auxilios**

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

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

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

- **Plan de seguridad**

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

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

21. Pliego de condiciones

21.1. Normativa legal de aplicación

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

- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales
- Ley 54/03 de 12 de diciembre de Reforma del Marco Normativo de la Prevención de Riesgos Laborales.



- R.D. 1627/97 de 24 de octubre sobre *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción*.
- RD 171/04 de 30 enero, por el que desarrolla el Art. 24 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- R.D. 614/2001 de 8 de junio sobre *Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico*.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre *Manipulación manual de cargas*.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre *Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual*.
- O.M. de 18 de octubre de 1984. *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación*.

21.2. NORMATIVA INTERNA DE RED ELÉCTRICA

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

- TM-001. Organización de la seguridad en los trabajos en instalaciones de AT.
- IM-002. Medidas de seguridad en instalaciones de AT. para trabajos sin tensión.
- IM-013. Medidas de seguridad en trabajos en instalaciones de BT.
- AM-004. Aplicación de la línea de seguridad para trabajos en alturas
- AM-005. Trabajos de manutenzione manual y mecánica.

22. Presupuesto de seguridad y salud

CAPÍTULO 04 SEGURIDAD Y SALUD

ES1	Ud Estudio de seguridad y salud				
	Descomposición				
	PC2	Ud Protecciones colectivas a determinar por la Dirección de Obra	1,000	1.274,50	1.274,50
			1,00	1.274,50	1.274,50
SS1	Ud Instalaciones de higiene y seguridad				
	Descomposición				
	AL1	mes Alquiler barracón. Aseos.	6,000	128,14	768,84
	AL2	mes Alquiler barracón. Vestuario y comedor	6,000	139,12	834,72
	AC	u Acometida de agua y electricidad	2,000	135,00	270,00
			1,00	1.873,56	1.873,56
SS2	Ud Protecciones colectivas				
	Descomposición				
	PC1	Ud Pórtico limitación alturacruce bajo elementos en alta tensión	8,000	310,50	2.484,00
	PC3	Ud Valla autónoma metálica	10,000	33,46	334,60
	PC4	Ud Señal normalizada de tráfico con soporte	5,000	73,80	369,00
	PC5	Ud Cartel indicativo de riesgo con soporte	5,000	18,84	94,20
	PC6	m Cordón balizamiento	500,000	0,89	445,00
	PC7	Ud Cono balizamiento de plástico	40,000	14,79	591,60
	PC8	Ud Topes para camión en excavaciones	2,000	40,40	80,80
	PC9	Ud Baliza luminosa intermitente	8,000	65,47	523,76
			1,00	4.922,96	4.922,96
SS3	Ud Protecciones individuales				
	Descomposición				
	PI1	Ud Casco de seguridad ABS	6,000	3,60	21,60
	PI2	par Guantes de piel protección riesgos mecánicos	6,000	2,55	15,30
	PI3	par Guantes goma	6,000	2,35	14,10
	PI4	par Botas de seguridad Categoría S1+P	6,000	12,82	76,92
	PI5	par Botas de seguridad goma Categoría s1	6,000	6,89	41,34
	PI6	Ud Reconocimiento médico	6,000	24,00	144,00
	PI7	Ud Gafas contra impactos	6,000	18,00	108,00
	PI8	Ud Gafas soldadura	6,000	18,00	108,00
	PI9	Ud Protecciones auditivas	6,000	7,20	43,20
	PI10	Ud Mandil soldador	6,000	20,00	120,00
	PI11	Ud Polainas soldador	6,000	14,75	88,50
	PI12	Ud Arnés seguridad	6,000	36,00	216,00
	PI13	Ud Chaleco reflectante	6,000	20,00	120,00
			1,00	1.116,96	1.116,96
SS4	Ud Extinción de incendios y primeros auxilios				
	Descomposición				
	IN1	Ud Plataforma estacionamiento de maquinaria	6,000	29,07	174,42
	IN2	Ud Extintor polvo ABC 6 kg	3,000	63,55	190,65
	IN3	Ud Botiquín portátil de obra	2,000	39,53	79,06
			1,00	444,13	444,13
TOTAL CAPÍTULO 04 SEGURIDAD Y SALUD.....					9.632,11

Anexo: Estudio de Gestión de Residuos



23. Gestión de residuos de la construcción r.d. 105/2008

23.1. Antecedentes:

El presente Estudio realiza la identificación y estimación de los residuos que se ha previsto se producirán en los trabajos directamente relacionados con la obra. Servirá de base para la redacción del correspondiente Plan de Gestión de Residuos por parte del Constructor. En dicho Plan se desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento en función de los proveedores concretos y su propio sistema de ejecución de la obra.

24. Residuos generados en la obra

24.1. Introducción:

En cumplimiento del **Real Decreto 105/2008**, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, se adjunta el estudio anexo que establece los requisitos exigidos por la legislación sobre la gestión de los residuos que se generen en la obra.

Según el artículo 3 de la **Ley 22/2011**, de 28 de julio, de residuos, se define como residuo “cualquier sustancia u objeto perteneciente a alguna de las categorías que figuran en el anejo de esta Ley, del cual su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse”. En todo caso, tendrán esta consideración los que figuren en el Catálogo Europeo de Residuos (CER), aprobado por las Instituciones Comunitarias”.

Por tanto el **Real Decreto 105/2008** establece que es “Residuo de construcción y demolición: cualquier sustancia u objeto que, cumpliendo la definición de «Residuo» incluida en el artículo 3.a) de la **Ley 22/2011**, de 28 de julio, se genere en una obra de construcción o demolición”.

24.2. Identificación de los residuos procedentes de la construcción:

Aquellos codificados con arreglo a la **Lista Europea de Residuos (LER)** publicada por Orden ministerial de Medio Ambiente **MAM/304/2002** de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores.

24.3. Clasificación y descripción de los residuos:

El Plan de Gestión Integrada de los Residuos de Construcción y Demolición de la Comunidad de Madrid (2006-2016) define como Residuos de Construcción y Demolición aquellos residuos de naturaleza fundamentalmente inerte generados en obras de excavación, nueva construcción,

reparación, remodelación, rehabilitación y demolición, incluidos los de obra menor y reparación domiciliaria. Este Plan de Gestión divide en dos grupos el conjunto de RCD generados, de acuerdo con sus características y origen:

RCDs de Nivel I (tierras y materiales pétreos).- Residuos generados por el desarrollo de las obras de infraestructura de ámbito local o supramunicipal contenidas en los diferentes planes de actuación urbanística o planes de desarrollo de carácter regional, siendo resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en el transcurso de dichas obras. Se trata, por tanto, de las tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación.

RCDs de Nivel II (escombros).- residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliaria y de la implantación de servicios.

Son residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las que entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana.

Se contemplan los residuos inertes procedentes de obras de construcción y demolición, incluidos los de obras menores de construcción y reparación domiciliaria sometidas a licencia municipal o no. Los residuos a generados serán tan solo los marcados a continuación de la Lista Europea establecida en la Orden **MAM/304/2002**. No se consideraran incluidos en el computo general los materiales que no superen 1m³ de aporte y no sean considerados peligrosos y requieran por tanto un tratamiento especial.

25. Estimación de cantidad de cada tipo de residuo que se generará en la obra

La estimación de residuos a generar figura en la siguiente tabla. Tales residuos se corresponden con los derivados del proceso específico de la obra prevista sin tener en cuenta otros residuos derivados de los sistemas de envío, embalajes de materiales, etc. que dependerán de las condiciones de suministro y se contemplarán en el correspondiente Plan de Residuos de las Obras. Dicha estimación se ha codificado de acuerdo a lo establecido en la Orden **MAM/304/2002**. (Lista europea de residuos).

En esta estimación de recursos se prevé la generación de residuos peligrosos. Aceites usados, Disolventes (halogenados y no), residuos de laboratorio, productos químicos caducados, residuos de instalaciones con SF₆... entre otros.



Los códigos expuestos son de acuerdo con lo establecido en la Orden **MAM/304/2002**. (Lista europea de residuos, **LER**).

RESIDUOS NO PELIGROSOS	
Descripción	Código LER
Excedentes de excavación y restos de hormigón	170101
Papel y cartón	200101
Maderas	170201
Plásticos (envases y embalajes)	170203
Chatarras metálicas	170405/170401/170407/170402
Restos asimilables a urbanos	200301
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (si se separan)	150102/150104/150105/150106
Residuos vegetales (podas y talas)	200201

RESIDUOS PELIGROSOS	
Descripción	Código LER
Trapos impregnados	150202*
Tierras contaminadas	170503*
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*
Aceites usados	13020__*

Como indica la propia Orden MAM/304/2002, únicamente los residuos marcados con asterisco son considerados como peligrosos según la **2008/98/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008.

26. Medidas de prevención de generación de residuos

26.1. Medidas para el almacenamiento de residuos.

Los residuos peligrosos han de separarse adecuadamente para impedir que se produzcan mezclas, sobre todo las que supongan un aumento de la peligrosidad de los mismos o puedan dificultar su gestión posterior.

Los envases y sus cierres se diseñan de manera que se evite cualquier fuga y contruidos con materiales no susceptibles de ser atacados por el material que albergan ni de formar con éste combinaciones peligrosas.

Los recipientes destinados a envasar residuos peligrosos en forma de gas comprimido, licuado o disuelto a presión, deben cumplir las obligaciones derivadas de una normativa específica (reglamento sobre aparatos a presión).

Se utilizaran aquellos envases que faciliten la introducción de los residuos y su posterior retirada, considerando los medios disponibles en cada “Centro Productor” y la cantidad de residuos producida.

Todos los contenedores deberán estar debidamente etiquetados. La etiqueta se sitúa en una o más caras del embalaje, de forma que pueda leerse horizontalmente, cuando el embalaje esté colocado en la forma establecida.

La etiqueta debe estar firmemente fijada sobre el envase, anulándose, si fuera necesario, indicaciones o etiquetas anteriores de forma que no induzcan a error. Las dimensiones de la etiqueta nunca son inferiores a 100 x 100 mm utilizándose preferentemente los formatos normalizados DIN-A6 (105 x 148 mm) para contenedores inferiores a 500 l de capacidad y DIN-A5 (148 x 210 mm) para los de superior capacidad. Cada pictograma debe ocupar por lo menos una décima parte de la superficie de la etiqueta. La etiqueta se adhiere en toda su superficie al embalaje que contenga directamente la sustancia. En la etiqueta figura el código de identificación del residuo, el nombre y dirección del titular de los residuos, la fecha de envasado y la naturaleza de los riesgos que presentan los residuos.

Para indicar la naturaleza de los riesgos se usan en los envases los siguientes pictogramas:

- Explosivo
- Comburente
- Extremadamente inflamable
- Fácilmente inflamable
- Tóxico
- Muy tóxico



- Nocivo
- Irritante
- Corrosivo
- Peligroso para el medio ambiente
- Radioactivos

El tiempo de almacenamiento de los residuos peligrosos no podrá exceder de seis meses, salvo autorización especial del órgano competente de la Comunidad Autónoma. En caso de ser necesarias, se establecerán zonas de almacenamiento diferenciadas e independientes dentro del almacén de residuos para cada tipo de residuo.

El almacenamiento se hará en forma que se evite generación de calor, explosiones, igniciones, formación de sustancias tóxicas o cualquier efecto que aumente su peligrosidad o dificulte su gestión. Por ello, se situarán lejos de los focos de ignición y fuentes de calor, a cubierto y los envases deberán estar perfectamente identificados para almacenar un único tipo de residuo o varios tipos de residuos compatibles.

Para su construcción o adaptación se utilizará la “Especificación para construcción o adecuación de almacenes para residuos peligrosos”, considerando en cada caso las condiciones pluviométricas y climatológicas, adaptando la cubierta y la superficie de cerramiento a cada ubicación. Se tendrán en cuenta las direcciones predominantes del viento, tanto para la disposición de la puerta de acceso como para la configuración de la cubierta y la ventilación.

Los residuos de disolventes deberán ser almacenados previendo la suficiente ventilación. Inspección del almacén de residuos peligrosos.

En caso de detectarse deficiencias se tomarán las medidas adecuadas para subsanarlas levantándose la correspondiente no conformidad de acuerdo al procedimiento

26.2. Medidas para la separación de residuos.

Mediante la separación de residuos se facilita su reutilización, valorización y eliminación posterior. Se prevén las siguientes medidas:

Para residuos peligrosos se dispondrá de contenedores adecuados ubicados a pie de obra. La recogida y tratamiento será objeto del Plan de Gestión de Residuos.

Para situar dichos contenedores se reservará una zona con acceso desde la vía pública en el recinto de la obra que se señalizará convenientemente y que se encuentra marcada en el plano del presente Estudio de Gestión de Residuos.

Para toda la recogida de residuos se contará con la participación de un Gestor de Residuos autorizado de acuerdo con lo que se establezca en el Plan de Gestión de Residuos. No obstante lo

anterior, en el Plan de Gestión de Residuos habrá de preverse la posibilidad de que sean necesarios más contenedores en función de las condiciones de suministro, embalajes y ejecución de los trabajos.

En relación con los restantes residuos previstos, las cantidades no superan las establecidas en la normativa para requerir tratamiento separado de los mismos.

26.3. Reutilización, valorización o eliminación.

No se prevé la posibilidad de realizar en obra ninguna de las operaciones de reutilización, valorización ni eliminación. Por lo tanto, el Plan de Gestión de Residuos preverá la contratación de Gestores de Residuos autorizado para su correspondiente retirada y tratamiento posterior.

Los restantes residuos se entregarán a un Gestor de Residuos de la Construcción no realizándose pues ninguna actividad de eliminación ni transporte a vertedero directa desde la obra, excepto en las tierras no contaminadas procedentes de las excavaciones que se transportarán a vertedero autorizado.

En general los residuos que se generarán de forma esporádica y espaciada en el tiempo salvo los procedentes de las excavaciones que se generan de forma más puntual. No obstante, la periodicidad de las entregas se fijará en el Plan de Gestión de Residuos en función del ritmo de trabajos previsto.

26.4. Destinos finales de los residuos generados.

La gestión de los residuos se realizará según lo establecido en la legislación específica vigente.

Siempre se favorecerá el reciclado y valoración de los residuos frente a la eliminación en vertedero controlado de los mismos.

- **Residuos no peligrosos**

- RSU: Los residuos sólidos urbanos y asimilables (papel, cartón, vidrio, envases de plástico) separados en sus distintas fracciones serán llevados a un vertedero autorizado o recogidos por gestores autorizados. En el caso de no ser posible la recogida por gestor autorizado y de tratarse de pequeñas cantidades, se podrán depositar en los distintos contenedores que existan en el Ayuntamiento más próximo.
- Excedentes de excavación, escombros, y excedentes de hormigón: como ya se ha comentado se tratarán de reutilizarse en la obra, si no es posible y existe permiso de los Ayuntamientos afectados y de la autoridad ambiental competente, (y siempre con la aprobación de los responsables de Medio Ambiente y de Permisos de RED ELÉCTRICA), podrán gestionarse mediante su reutilización en firmes de caminos, rellenos etc. Si no son posibles las opciones anteriores se gestionarán en vertedero autorizado.

- Chatarra: se entregará a gestor autorizado para que proceda al reciclado de las distintas fracciones

- **Residuos peligrosos**

Los residuos peligrosos se gestionarán mediante gestor autorizado. Se dará preferencia a aquellos gestores que ofrezcan la posibilidad de reciclaje y valorización como destinos finales frente a la eliminación.

Antes del inicio de las obras los contratistas están obligados a programar la gestión de los residuos que prevé generar. En el Plan de gestión de residuos de construcción se reflejará la gestión prevista para cada tipo de residuo: planes para la reutilización de excedentes de excavación u hormigón, retirada a vertedero y gestiones a través de gestor autorizado (determinando los gestores autorizados), indicando el tratamiento final que se llevará a cabo en cada caso.

Como anexo a dicho plan el contratista deberá presentar la documentación legal necesaria para llevar a cabo las actividades de gestión de residuos:

- Acreditación como productor de residuos en la Comunidad Autónoma en la que se llevan a cabo los trabajos.
- Autorizaciones de los transportistas y gestores de residuos (las correspondientes según se trate de residuos peligrosos o no peligrosos).
- Autorizaciones de vertederos y depósitos.
- Documentos de aceptación de los residuos que se prevé generar (residuos peligrosos).

Al final de los trabajos las gestiones de residuos realizadas quedaran registradas en una ficha de “Gestión de residuos generados en las obras de construcción” (Modelo A012, que se reproduce seguidamente). Además de cumplimentar la ficha el contratista proporcionará la documentación acreditativa de las gestiones realizadas:

- Documentos de control y seguimiento (residuos peligrosos).
- Notificaciones de traslado (residuos peligrosos).
- Albaranes de retirada o documentos de entrega de residuos no peligrosos.
- Permisos de vertido/reutilización de excedentes de excavación.

27. Prescripciones técnicas

27.1. Con carácter general:

Prescripciones a incluir en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición en obra.

Gestión de residuos de construcción y demolición Gestión de residuos según **RD 105/2008** realizándose su identificación con arreglo a la Lista Europea de Residuos 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 empresas homologadas mediante contenedores o sacos industriales.

La 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.

27.2. Con carácter particular.

El depósito temporal de los escombros, se realizará en contenedores metálicos específicos con la ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito en acopios, también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.

El depósito temporal para RCDs 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.

El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados, o al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a la obra a la que prestan servicio. 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 reciclaje o deposición.

En este último caso se deberá asegurar por parte del contratista realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, tanto por las posibilidades reales de ejecutarla como por disponer de plantas de reciclaje o gestores de RCDs adecuados.

La Dirección de Obra será la responsable de tomar la última decisión y de su justificación ante las autoridades locales o autonómicas pertinentes. Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen su visibilidad, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de al menos 15cm a lo largo de toso su perímetro.

La gestión tanto documental como operativa de los residuos peligrosos que se hallen en una obra de derribo o de nueva planta se regirán conforme a la legislación nacional y autonómica vigente y a los requisitos de las ordenanzas municipales Asimismo los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases...) serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipal correspondiente.

Para el caso de los residuos con amianto se seguirán los pasos marcados por la Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos para poder considerarlos como peligroso o no peligrosos.

En cualquier caso siempre se cumplirán los preceptos dictados por el RD 108/1991 de 1 de febrero sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto, así como la legislación laboral al respecto. Los restos de lavado de canaletas / cubas de hormigón serán tratadas como escombros.

Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o 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 cabellones de altura no superior a 2 metros. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación y la contaminación con otros materiales.

Se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción y demolición que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo.

Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo 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. El plan, una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización.



La entrega de los residuos de construcción y demolición a un gestor por parte del poseedor habrá de constar en documento fehaciente, en el que figure, al menos, la identificación del poseedor y del productor, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad, expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, y la identificación del gestor de las operaciones de destino.

El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.

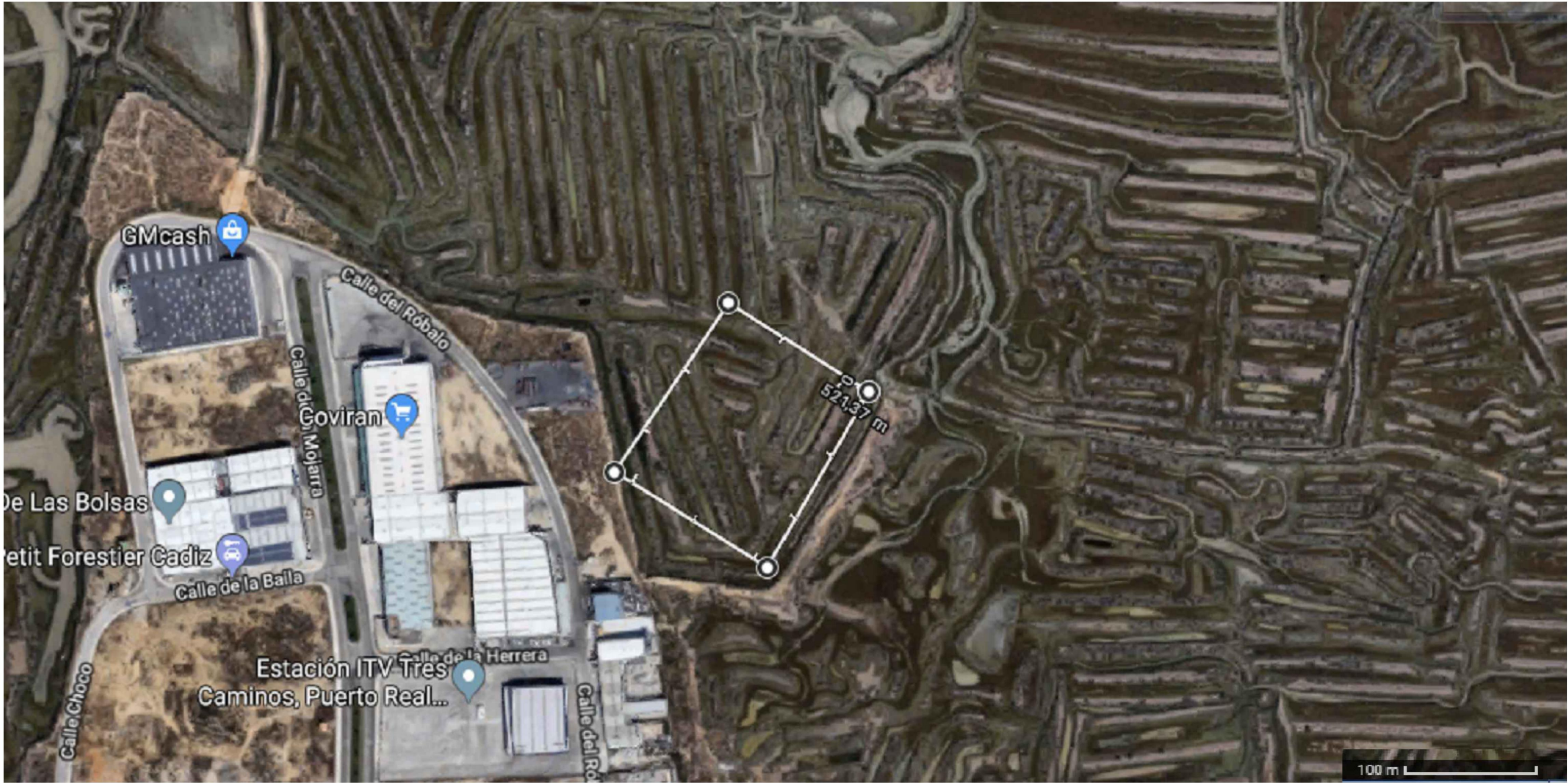
Cuando el gestor al que el poseedor entregue los residuos de construcción y demolición efectúe únicamente operaciones de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, en el documento de entrega deberá figurar también el gestor de valorización o de eliminación ulterior al que se destinarán los residuos. En todo caso, la responsabilidad administrativa en relación con la cesión de los residuos de construcción y demolición por parte de los poseedores a los gestores se regirá por lo establecido en el artículo 33 de la Ley 10/1998, de 21 de abril.



PLANOS



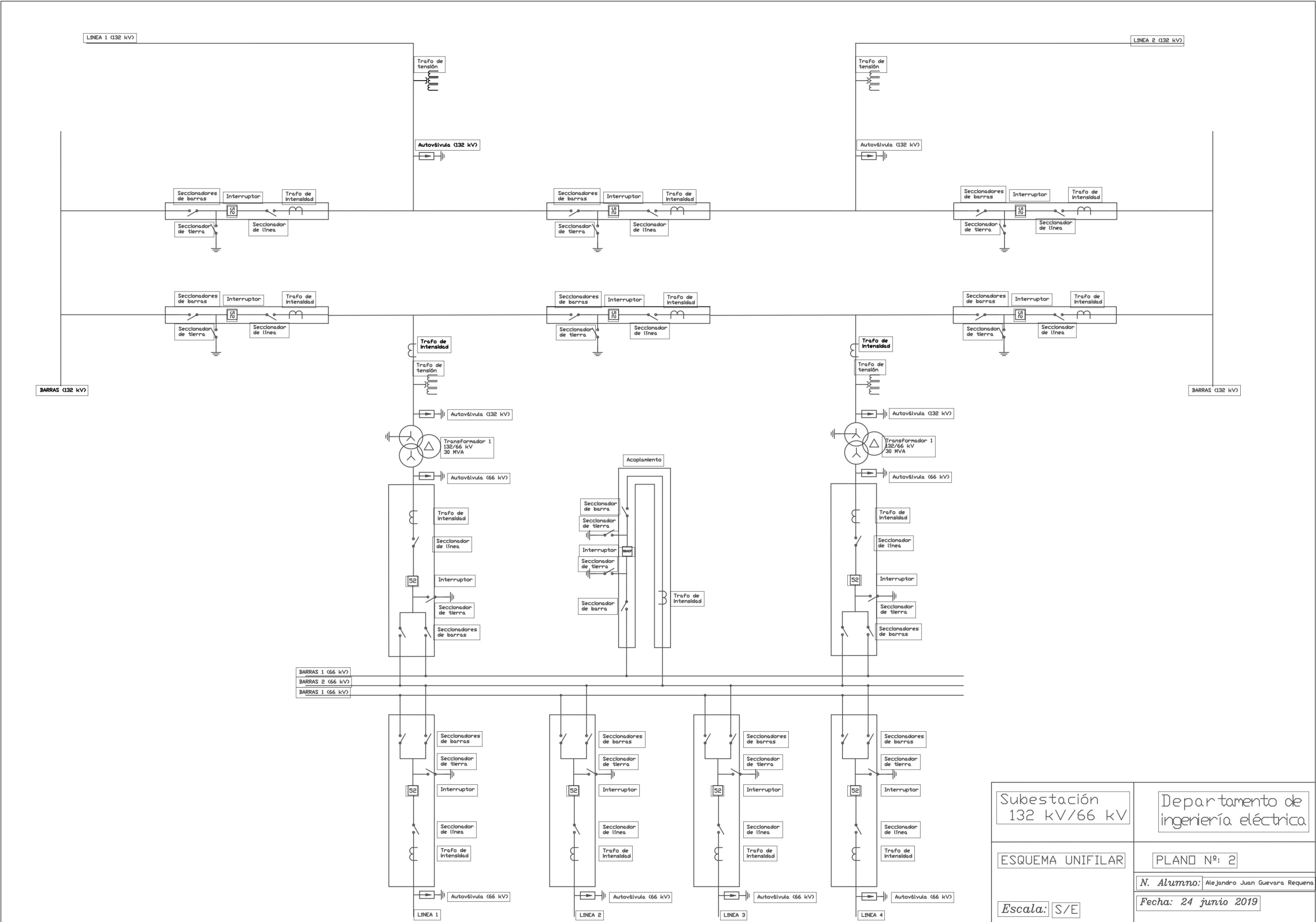
Subestación 132 kV/66 kV	Departamento de ingeniería eléctrica
PLANO DE SITUACIÓN	PLANO N°: 1
Escala: 500 m	N. Alumno: Alejandro Juan Guevara Requena
	Fecha: 24 junio 2019



Subestación 132 kV/66 kV	Departamento de ingeniería eléctrica
PLANO DE EMPLAZAMIENTO	PLANO Nº: 2
Escala:	N. Alumno: Alejandro Juan Guevara Requena
	Fecha: 24 junio 2019

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



Subestación 132 kV/66 kV	Departamento de ingeniería eléctrica
ESQUEMA UNIFILAR	PLANO N°: 2
Escala: S/E	N. Alumno: Alejandro Juan Guevara Requena
	Fecha: 24 junio 2019

PLIEGO DE CONDICIONES



28. Objeto

El objeto del presente Pliego de Condiciones es aportar la información necesaria para definir los materiales y equipos y su correcto montaje para lo que se han considerado los siguientes aspectos.

1. Normativa: Los equipos y su montaje será conforme a la normativa legal y de referencia.
2. Gestión de Calidad: El Plan de Calidad recoge las características técnicas de los equipos y su montaje. Además, la certificación ISO-9000 asegura la calidad de la instalación construida.
3. Gestión medioambiental: Con el objeto de minimizar los impactos puedan acarrear la construcción y funcionamiento de la instalación.
4. Seguridad Laboral: Para asegurar que tanto el montaje como la explotación de los equipos de esta instalación cumplen con las medidas de seguridad requeridas.

29. Normativa aplicable

Se aplicarán por el orden en que se relacionan, cuando no existan contradicciones legales, las siguientes normas:

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

30. Equipamiento y montaje

El presente Proyecto ha sido redactado basándose en los anteriores reglamentos y normas, y más concretamente, en los siguientes, que serán de obligado cumplimiento:

- *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas*. R.D. 337/2014 de 9 de mayo.

En especial las Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) del *Reglamento sobre instalaciones eléctricas, subestaciones y centros de transformación*:

- ITC-MIE-RAT-09: "Protecciones".
- ITC-MIE-RAT-12: "Aislamiento".
- ITC-MIE-RAT-13: "Instalación de puesta a tierra".



- ITC-MIE-RAT-15: "Instalaciones eléctricas de exterior".
- *Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT)*. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología. BOE 18 de septiembre de 2002, e Instrucciones Técnicas Complementarias y sus modificaciones posteriores.
- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.
- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 614/01 de 8 de junio sobre *Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico*.
- R.D. 1215/97 de 18 de julio sobre *Equipos de trabajo*.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre *Manipulación manual de cargas*.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre *Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual*.
- Ley 32/2006 de 18 de octubre Reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.
- *Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas*, de la Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.
- *Reglamento de instalaciones de protección contra incendios*. R.D. 1942/1993, de 5 de noviembre, del Ministerio de Industria y Energía. BOE 14 diciembre de 1993, y sus correcciones posteriores.
- *Normas de procedimiento y desarrollo del R.D. 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios y se revisa el anexo I y los apéndices del mismo*. Orden, del 16 de abril, del Ministerio de Industria y Energía BOE: 28 de abril de 1998
- *Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos Industriales*. R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, BOE del 17 de diciembre de 2004.
- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.

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



31. Obra civil

31.1. Materiales

A tener en cuenta las disposiciones de calidad y preparación de los materiales a utilizar en el presente proyecto:

Hormigón

La composición del hormigón será la adecuada para que la resistencia de proyecto o resistencia característica especificada del hormigón a compresión a los veintiocho días, expresada en N/mm^2 , tal y como se especifica en los artículos 31 y 39 de la EHE sea según su uso, la expresada en el cuadro adjunto.

Las dosificaciones de hormigón a emplear en las distintas estructuras, en contacto con el suelo y por debajo de la cota $\pm 0,00$ de la explanación tendrá una relación agua/cemento menor o igual a 0,5.

Dadas las particulares condiciones de uso de los viales de subestaciones, no es necesaria ninguna exigencia específica para los hormigones a utilizar en esta unidad, que se ejecutará con el tipo de hormigón especificado en el siguiente cuadro:

Áridos

Los áridos serán de cantera, río o bien procedentes de machaqueo, debiendo ser limpios y exentos de tierra-arcilla o materia orgánica. El tamaño máximo del árido estará limitado por el tamiz 40 UNE y su proporción de mezcla definida por porcentaje en peso de cada uno de los diversos tamaños utilizados. Deberán encontrarse saturados y superficialmente secos, a fin de obtener un hormigón de la máxima compacidad, manejable, sin segregación, bien ligado y de la resistencia exigida. Los áridos cumplirán como mínimo las condiciones en el artículo 28 de la EHE.

Morteros

Los morteros para fábricas pueden ser ordinarios, de junta delgada o ligeros. El mortero de junta delgada se puede emplear cuando las piezas sean rectificadas o moldeadas y permitan construir el muro con tendeles de espesor entre 1 y 3 mm. Los morteros ordinarios pueden especificarse por: a) Resistencia: se designan por la letra M seguida de la resistencia a compresión en N/mm^2 . b) Dosificación en volumen: se designan por la proporción, en volumen, de los componentes fundamentales (por ejemplo 1:1:5 cemento, cal y arena). La elaboración incluirá las adiciones, aditivos y cantidad de agua, con los que se supone que se obtiene el valor de f_m supuesto. El mortero ordinario para fábricas convencionales no será inferior a M1. El mortero ordinario para fábrica armada o pretensada, los morteros de junta delgada y los morteros ligeros, no serán inferiores a M5. En cualquier caso, para evitar roturas frágiles de los muros, la resistencia a la

compresión del mortero no debe ser superior al 0,75 de la resistencia normalizada de las piezas.

Cementos

El tipo de cemento utilizado para la ejecución de los hormigones, “cemento de la clase resistente 32,5 N/mm² o superior”, se determinará teniendo en cuenta entre otros factores la aplicación del hormigón, las condiciones ambientales a las que va a estar expuesto y las dimensiones de las piezas y cumplirá como mínimo las condiciones exigidas en la RC-03 y artículo 26 de la EHE. La dosificación del cemento se realizará en base al tipo de hormigón a conseguir y el tipo de cemento a utilizar, de acuerdo a la siguiente tabla:

Agua

Cumplirá como mínimo las condiciones impuestas en el artículo 27 de la EHE. No se utilizarán aguas del mar o aguas salinas análogas, tanto para amasar como para curar hormigones, y se rechazarán, salvo justificación especial, todas aquellas aguas que no cumplan las siguientes condiciones:

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

Armaduras

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

- Barras corrugadas designadas en la tabla 32.2.a del artículo 32 de la EHE como B 400 S y B 500 S y cumplirán como mínimo las condiciones impuestas en el mencionado artículo.
- Mallas electrosoldadas designadas en la tabla 32.3 del artículo 32 de la EHE como B 500 T y cumplirán como mínimo las condiciones impuestas en el mencionado artículo.

Piezas de hormigón armado

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

Materiales siderúrgicos: características y ensayos

Los tornillos serán de la clase ordinaria y de una calidad del acero 5.6 y cumplirán, así como las tuercas y arandelas, las condiciones impuestas en la CTE.

Laminados y aceros

Los aceros laminados para estructuras serán de calidad S275JR de acuerdo con la norma UNEEN 10025. En aquellos casos en los que se suministren perfiles ya elaborados, incluirán 2 manos de pintura protectora antioxidante y su medición se realizará por su peso directo.

31.2. Ejecución de obras

Movimiento de tierras

- **Desbroce y limpieza del terreno**

En función del tipo de terreno existente, la dirección de la obra determinará la cantidad de tierra vegetal, arbolado, tocones, maleza, etc., a retirar y extracciones a realizar. Así mismo decidirá si depositar la extracción en lugares predeterminados para su posterior aprovechamiento o por el contrario retirarla a escombreras autorizadas.

- **Demoliciones**

Comprende el derribo o demolición, total o parcialmente, de todas las construcciones que obstaculicen la obra a realizar y la retirada de la obra del material que no se tenga que reutilizar.

- **Escarificación y compactación**

Pueden presentarse 2 tipos diferentes de terrenos a escarificar:

- a) Terrenos sin firme existente.
- b) Terrenos con firme existente.

En ambos casos la operación consistirá en disgregar el terreno superficial con los medios mecánicos adecuados y previamente a su compactado. La compactación se realizará hasta conseguir una densidad de al menos, un 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado, según norma UNE 103.501/94.

Excavaciones, rellenos, terraplenes, sub. bases granulares, red de drenajes... La medición de la excavación y relleno con el propio material, se realizará por diferencia teórica entre perfiles transversales del terreno tomados antes del inicio de las excavaciones y después de realizada la compactación. En el caso de utilizarse en el relleno material de préstamo, su medición se realizará por el mismo procedimiento. Para la realización de las excavaciones se seguirán las normas establecidas a tenor de las características particulares de la cimentación del terreno, y sus dimensiones se ajustarán a las indicadas en los planos del proyecto. No se procederá a ningún tipo de relleno sin previo reconocimiento de las zonas de vertido y aprobación por parte de Iberdrola Distribución Eléctrica. Los materiales de relleno se ajustarán a las indicaciones del Manual de Métodos “M-HS-02 Explanaciones, Excavaciones y Rellenos Localizados”.

La superficie superior del terraplén se realizará con material granular, y dispondrá de la pendiente suficiente que facilite la salida de aguas o bien dispondrá de un sistema de drenaje. Los materiales de la capa granular, empleados entre la base del firme y la explanada, se ajustará a lo indicado en el artículos 510 del PG-3. Las redes de drenaje definidas en los planos del proyecto, se realizarán habitualmente mediante tubo de hormigón poroso, policloruro de vinilo, polietileno de alta densidad o cualquier otro material sancionado por la experiencia, siendo cubierto con material filtrante una vez colocados en la zanja, ajustándose al artículo 420 del PG-3.

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, así como 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 2°C, ni cuando siendo superior se prevea que puede bajar de 0°C durante las 48 horas siguientes, ni cuando la temperatura ambiente alcance los 40°C. 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 el Capítulo XIII de la EHE. No se iniciará el hormigonado en ningún tajo, sin la inspección previa de Iberdrola Distribución Eléctrica, que comprobará la terminación de encofrados, el estado de las superficies de apoyo, la cuantía y la correcta colocación de las armaduras, de las juntas, así como de cualquier extremo que estime oportuno.

Pavimentos de hormigón

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

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.

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.

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 brutas superiores a 2 mm ni suaves superiores a 6 mm medidos sobre la regla patrón de 1 m de longitud. Su desplazamiento final, respecto a las líneas teóricas de replanteo, no podrá exceder de los 6 mm.

Estructura metálica

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 mismas en sus anclajes mediante pernos u hormigón.
- Aplomado, nivelación y alineación de las mismas.

Embarrados y conexiones

Embarrados de cable y derivaciones: Los embarrados de cable se ejecutarán realizando un tramo de muestra de cada vano tipo, con arreglo a las tablas de tendido. Luego se montarán en el suelo todos los tramos izándolos y regulándolos posteriormente.

Embarrados rígidos de tubo o pletina: Los embarrados de tubo se prepararán y ejecutarán en el suelo, incluyendo el doblado con máquina, empalmes si son necesarios, y taladros. En el caso de los tubos de aluminio, se prevé un equipo de soldadura para la unión de las palas de conexión. Posteriormente se izarán y montarán los diferentes tramos.

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

Aparamenta

Embarrados de cable y derivaciones: Los embarrados de cable se ejecutarán realizando un tramo de muestra de cada vano tipo, con arreglo a las tablas de tendido. Luego se montarán en el suelo todos los tramos izándolos y regulándolos posteriormente.



Embarrados rígidos de tubo o pletina: Los embarrados de tubo se prepararán y ejecutarán en el suelo, incluyendo el doblado con máquina, empalmes si son necesarios, y taladros. En el caso de los tubos de aluminio, se prevé un equipo de soldadura para la unión de las palas de conexión. Posteriormente se izarán y montarán los diferentes tramos.

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

Seccionadores

Se procederá al izado, fijación en sus soportes y una vez nivelados se regularán y ajustarán según instrucciones del fabricante. Se comprobarán los ajustes, engrases finales, así como la penetración de las cuchillas, conforme a las indicaciones del fabricante.

Resto de la aparamenta

Se procederá a la situación, nivelación y fijación a los soportes correspondientes y, en donde proceda, se instalarán las conducciones necesarias hasta las cajas de centralización. Para su montaje se seguirán las instrucciones del fabricante. El montaje de los transformadores de medida, cuando se monte uno por fase, se realizará siguiendo el número de fabricación: el menor fase 0 y el mayor en la fase 8. Una vez montados se medirán aislamientos. En los transformadores de intensidad además, se medirá la polaridad y relación de transformación. En los pararrayos, 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.

31.3. Transformadores y reactancias de potencia

Actividades principales a desarrollar en el montaje:

- Descarga y traslado hasta su emplazamiento definitivo junto con sus accesorios.
- Montaje de accesorios y bornas.
- Tratamiento y llenado de aceite bajo vacío.
- Recepción final.

Concretamente, para el tratamiento y llenado de aceite se realizará lo siguiente:

- Se comprobará la existencia de una ligera sobrepresión de gas en la cuba del transformador.
- Se efectuará el vacío de la cuba, al mismo tiempo se realizará el filtrado del aceite en depósitos aparte.

Una vez conseguidos los valores de rigidez dieléctrica y vacío indicados en la Especificación Técnica de Montaje de Transformadores de Potencia, se iniciará el llenado de la cuba por la parte

inferior hasta alcanzar un nivel cercano a la tapa:

- Se procederá a la rotura de vacío.
- Una vez montados todos los elementos del transformador de potencia se procederá a su llenado final. El aceite antes del llenado debe tener un contenido de humedad de 10 ppm o menos y el contenido de gases no debe exceder del 1%.
- Cuando la cuba no esté preparada para pleno vacío, se procederá solamente al tratamiento del aceite y al llenado del transformador. En el caso de transformadores nuevos, el fabricante del transformador realizará el montaje y supervisará la puesta en servicio del mismo.

31.4. Baterías de condensadores

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

31.5. Celdas blindadas de media tensión

Se realizarán las siguientes operaciones:

- Desembalaje, situación, ensamblado, nivelado y fijación de los diversos elementos que componen el conjunto, en su bancada correspondiente.
- Se realizará la unión de embarrados principales y derivaciones.
- Comprobación y colocación de los aislamientos de embarrados.
- Cableado de interconexiones entre celdas, hasta la caja de centralización, colocación y cableado de todos los aparatos.
- Puesta a tierra.
- Pruebas funcionales de maniobra y control.

31.6. Cables de potencia

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

31.7. 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.

31.8. 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. La malla de tierra se tenderá a la profundidad indicada en el proyecto, siguiendo la disposición indicada en los planos del mismo. Las conexiones se efectuarán con soldadura aluminotérmica y los cruzamientos se harán sin cortar el cable. No se tapará ningún tramo de malla de tierra, ni soldadura alguna, sin la autorización previa de la dirección de obra.

31.9. Acciones en la edificación

Documento básico de seguridad estructural DB-SE-AE “Acciones en la Edificación” del Código técnico de la edificación. R.D. 314/2006 de 17 de marzo, del Ministerio de la Vivienda.

Norma de construcción sismo-resistente: parte general y edificación (NCSR-02). R.D. 997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento. BOE 11 de octubre de 2002.

32. Instalaciones

32.1. Electricidad

Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) e Instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT01 a BT51. R.D 842/2002, de 2 de agosto del Ministerio de Industria y Energía. BOE 18 de septiembre de 2002.

Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales de cables protectores de material plástico. Resolución de 18-ene-88, de la Dirección General de Innovación Industrial. BOE 19 de febrero de 1988.



32.2. Instalaciones de Protección Contra Incendios

Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. R.D 1942/1993, de 5 de noviembre, del Ministerio de Industria y Energía. BOE 14 de diciembre de 1993. Corrección de errores: 7 de mayo de 1994.

Normas de procedimiento y desarrollo del R.D 1942/1993, de 5 de noviembre, por el que se aprueba *el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios* y se revisa el anexo I y los apéndices del mismo. Orden de 16 de abril de 1998, del Ministerio de Industria y Energía. BOE 28 de abril de 1998.

Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, BOE 17-dic-04.

33. Varios

- *Normas tecnológicas de la edificación*. Decreto del Ministerio de la Vivienda nº 3565/72, de 23 de diciembre. BOE del 15 de enero de 1973.
- *Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación*. R.D. 3275/1982 de 12 de noviembre y sus modificaciones posteriores, la última por O.M. de 10/03/00.
- *Instrucciones técnicas complementarias en subestaciones*. Real Decreto nº 842/02 de 2 de agosto, en BOE 18 de septiembre de 2002.
- Recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-T) que le afecten.
- Ley 31/95 de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 614/01 de 8 de junio sobre *Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores frente al riesgo eléctrico*.
- R.D. 1215/97 de 18 de julio sobre *Equipos de trabajo*.
- R.D. 486/97 de 14 de abril sobre *Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo*.
- R.D. 487/97 de 14 de abril sobre *Manipulación manual de cargas*.
- R.D. 773/97 de 30 de mayo sobre *Utilización por los trabajadores de equipos de protección individual*.
- Ley 32/2006 de 18 de octubre Reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.
- *Prescripciones de seguridad para trabajos y maniobras en instalaciones eléctricas*, de la

Comisión Técnica Permanente de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA.

- Instrucciones técnicas de los fabricantes y suministradores de equipos.
- En el caso de discrepancias entre las diversas normas se seguirá siempre el criterio más restrictivo.

34. Gestión de calidad

Afecta a los procesos: ingeniería, construcción, calificación de proveedores, compras, transferencia de instalaciones y gestión de proyectos y también a los recursos: cualificación de las personas, equipos de inspección, medida y ensayo y homologación de equipos. Sistema de calidad certificado que cumple con la normativa ISO 9000.

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.

El Contratista de acuerdo con lo indicado en las Especificaciones Técnicas, o en su defecto en las Normas e Instrucciones de Organismos Oficiales, encargará la realización de ensayos y pruebas a laboratorios homologados.

Mensualmente el Contratista entregará los certificados de calidad de todos los materiales utilizados, indicando las unidades de obra a que afecta. Al término de la obra civil se cumplimentará en Anexo 1 de la Especificación Técnica "IBDE-IO-2015-0005 ET Obra Civil Subestación Iberia".

Movimientos de tierras: Cuando se efectúen movimientos de tierras para explanación de carreteras, viales, etc. se deberán cumplir los valores de Límite de Atterberg, análisis granulométrico, equivalente de arena, Proctor normal/modificado, CBR de laboratorio, materia orgánica y densidad "in situ", según especifica en cada caso las correspondientes normas NLT ó UNE. El control de ejecución de los terraplenes se hará conforme al Manual de Métodos "M-HS-02 Explanaciones, Excavaciones y Rellenos Localizados".

Hormigón: Para garantizar las condiciones de ejecución de las obras de hormigón exigidas en el Capítulo XIII de la EHE, se realizará un control de ejecución a nivel normal conforme al Manual de Métodos "MHS-04 Fabricación y Puesta en Obra de Hormigón".

De acuerdo a la mencionada guía:

- 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 12350-1, UNE-EN 12390-1, UNE-EN 12390-3.



- La comprobación de su consistencia se realizará a pie de obra, mediante el cono de Abrams, según norma UNE-EN 12350-2.

Por otra parte el Contratista especificará al responsable de la planta de hormigonado, las características del hormigón a utilizar, principalmente en lo que respecta a resistencia y consistencia.

Piezas prefabricadas de hormigón armado o pretensado:

- El fabricante presentará un expediente en el que se recojan las características tales como:
- Calidad del Hormigón.
- Calidad del acero.
- Dimensiones y tolerancias.
- Solicitaciones.
- Precauciones durante su montaje.

Armaduras:

- Verificación de la sección equivalente.
- Ensayos y características según Norma UNE 36068:94.
- 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 36092:96.

34.1. Recepción de las obras

Al término de las obras comprendidas en el Proyecto, se hará una recepción de las mismas, levantándose el 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 servicio de la instalación se realizarán las pruebas que se precisen para asegurar su correcto funcionamiento. Se pueden distinguir tres fases, en las cuales se exponen los ejemplos más significativos, teniendo que cumplimentar en cada fase los Planes de Puntos de Inspección correspondientes según la Especificación Técnica "IBDE-IO-2013-0078 ET Montaje Electromecánico Iberia".



Medición y comprobaciones:

- Medida de resistencia de la malla de tierra y de las tensiones de paso y contacto.
- Medida de aislamiento de cables y de la aparamenta de AT.
- Medida de rigidez dieléctrica del aceite de los transformadores y aislamiento de los bobinados.
- Polaridad de los transformadores de intensidad.
- Timbrado de cables de control.

Pruebas locales y P.E.S. de equipos de baja tensión:

- Pruebas funcionales de seccionadores.
- Pruebas funcionales de interruptores.
- Pruebas funcionales de transformadores de potencia.
- Pruebas y puesta en servicio de rectificadores y baterías de acumuladores.
- Puesta en servicio de armarios de servicios auxiliares.

Pruebas de control, telecontrol y puesta en servicio de la aparamenta de AT:

- Comprobación de los circuitos de mando, control, señalización y alarma de interruptores y seccionadores, de intensidades y tensiones de los transformadores de medida, de bloqueos y condicionantes de control.
- Pruebas de regulación de tensión de transformadores de potencia.
- Pruebas de protecciones, equipos de medida, de telecontrol, registradores cronológicos.
- Energización de todos los elementos de la Subestación y prueba de su funcionamiento a tensión normal.
- Puesta en servicio.

A la finalización de la obra, el Contratista entregará un expediente de Fin de Obra que comprenderá:

- Los protocolos de pruebas realizadas.
- Dos copias de planos "AS-BUILT", en rojo y amarillo.

35. Gestión medioambiental

Las obras del proyecto se ejecutan garantizando el cumplimiento de la legislación y reglamentación aplicable. A continuación se detallan los aspectos medioambientales que rigen la

ejecución de este proyecto.

35.1. Riesgos Ambientales y su Corrección

Campos eléctricos

- **Objeto**

Es definir un método normalizado de medida de campos eléctricos (CE) y magnéticos (CM) en las Instalaciones de Eléctrica, para determinar el grado de perturbación que podría producir la emisión de un campo eléctrico y/o de inducción magnética en las mismas. De esta forma se pretende asegurar que la operación en las instalaciones propias no supere los límites estipulados en la recomendación europea que son a frecuencia industrial de 50 Hz las siguientes:

- Campo eléctrico: 5 kV/m.
- Campo magnético: 100 μ T.

- **Ámbito de aplicación**

Este procedimiento es de aplicación a la medición de campos eléctricos y magnéticos existentes en las proximidades de líneas distribución, centros de transformación y red de baja tensión propias del sistema eléctrico.

- **Definiciones**

- Intensidad de campo eléctrico: Si se tiene un conjunto de cargas eléctricas y se coloca una carga de prueba q inmóvil en dicha región, esta carga experimentará una fuerza. Esta fuerza será proporcional a la carga q , de tal modo que el cociente F/q es invariable y representa una propiedad local del espacio que denominamos campo eléctrico E . El campo eléctrico se expresa en voltios por metro (V/m). La intensidad de campo eléctrico en un punto del espacio, es un vector definido por sus componentes espaciales a lo largo de tres ejes ortogonales. Para campos sinusoidales de régimen permanente, cada componente espacial es un número complejo o fasor (véase fasor). Los componentes espaciales (fasores) no son vectores. Las componentes espaciales tienen un ángulo en función del tiempo, mientras que los vectores tienen ángulos espaciales. Una representación de un campo eléctrico sinusoidal de régimen permanente, útil para caracterizar campos de líneas de transmisión de energía eléctrica, es un vector girando en un plano donde describe una elipse cuyo semieje mayor representa la magnitud y dirección del máximo valor del campo eléctrico, y cuyo semieje menor representa la magnitud y dirección del campo un cuarto de ciclo más tarde. El campo eléctrico en dirección perpendicular al plano de la elipse es cero. Véase campos de corriente alterna monofásicos y polifásicos.

- Frecuencia: Número de ciclos completos de variación sinusoidal por unidad de tiempo. Los componentes de los campos eléctrico y magnético tienen una frecuencia fundamental igual a la de las tensiones y corrientes de la línea de transmisión de energía eléctrica. Las frecuencias más utilizadas en líneas de corriente alterna son 60 (en América del Norte) y 50 Hz (en Europa).
- Densidad de flujo magnético: Los campos magnéticos son producidos por cargas en movimiento, es decir, por corrientes eléctricas (también se pueden producir campos magnéticos con imanes permanentes). El campo magnético en un punto dado del espacio puede ser definido como la fuerza que se ejerce sobre un elemento de corriente situado en dicho punto. Esta magnitud, conocida como campo magnético H , se expresa en amperios por metro (A/m). Normalmente, el campo magnético se representa por la inducción magnética o densidad de flujo magnético B . Ambos términos se relacionan a través de la permeabilidad magnética μ ($B = \mu H$). La permeabilidad magnética depende del medio. En el vacío se designa como μ_0 . En el aire y en la mayoría de los materiales no magnéticos (incluido el tejido humano) coincide esencialmente con μ_0 y tiene un valor de $4\pi \times 10^{-7}$ henrios/metro, por lo que la relación entre B y H es invariable y se puede usar indistintamente. Las propiedades vectoriales del campo producido por las corrientes de las líneas de transmisión de energía eléctrica, son las mismas que las indicadas anteriormente para el campo eléctrico. La magnitud del campo se expresa en teslas ($1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$).
- Valor máximo de la intensidad del campo eléctrico: En un punto dado, módulo del semieje mayor de la elipse del campo eléctrico. Véase intensidad del campo eléctrico.
- Valor máximo del campo magnético: En un punto dado, módulo del semieje mayor de la elipse del campo magnético.

- Descripción

Medición de campos eléctricos y magnéticos

Se realizan medidas del nivel de campo electromagnético en el ambiente exterior y/o interior siempre que:

- Se produzca una queja justificada.
- Por iniciativa de la Dirección Territorial de Distribución debido a que exista una variación de las características de los equipos instalados o cualquier otra modificación o ampliación de las instalaciones.

Se responden todas las reclamaciones, quejas y solicitudes de información intentando disminuir la preocupación del reclamante. Si la reclamación persiste o se prevé que puede adquirir



trascendencia el responsable de zona o departamento implicado valorará la necesidad de realizar la medición.

En cualquier caso los responsables de la Instalación podrán solicitar la medición.

Equipos de medida

Se deberá utilizar, para efectuar las mediciones, equipos de medición numérica o de agujas que posean, como mínimo, los siguientes rangos de medición:

- Campo eléctrico: de 1 V a 50 kV
- Campo magnético: de 0,01 μ T a 200 μ T.
- Ancho de banda de frecuencias: 50 Hz.

Calibración de los equipos

Se garantizará que los equipos estén correctamente calibrados conforme a la instrucción técnica NNA-108 “Seguimiento y calibración de los equipos de medición”.

Método general de medida

“Protocolo de medida de Campos Eléctricos y Magnéticos” que establece los criterios para la realización de campos magnéticos en las siguientes instalaciones:

- Líneas aéreas de transporte y distribución.
- Subestaciones transformadoras.
- Centros de transformación.
- Red de baja tensión.
- Viviendas.

Evaluación de las medidas

La evaluación de los niveles de campo eléctrico y magnético consiste en la comparación de los niveles medidos con los niveles máximos admisibles fijados en las recomendaciones existentes en el ámbito estatal y europeo.

La normativa de referencia es la siguiente:

- Recomendación del Consejo de la U.E., de 12 de julio de 1999, relativa a la exposición del público en general a campos electromagnéticos de 0 a 300 Hz (199/519/CE).
- 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. Dicha normativa, o modificaciones posteriores, es la que se utilizará para la comparación de los valores obtenidos.

Actuaciones relativas a las medidas de campo electromagnético

En caso de incumplimiento de los límites establecidos por la normativa antes descrita se procederá según se especifica en el "Tratamiento de no conformidades, acciones correctoras y preventivas".

35.2. Almacenamiento de productos

Objeto

El objeto de esta instrucción es el establecimiento de las condiciones para el almacenamiento y gestión de materias peligrosas, que deben cumplir las instalaciones de Distribución.

Ámbito de aplicación

La presente instrucción técnica es de aplicación a todas las materias primas utilizadas en los procesos de Distribución y calificadas como peligrosas en la legislación vigente.

Podemos destacar las siguientes:

- Gases comprimidos, licuados y disueltos a presión envasados en botellas y botellones (SF₆, acetileno, dióxido de carbono, etc.).
- Productos petrolíferos (aceites y grasas).
- Productos químicos almacenados en sacos, garrafas, bidones y contenedores (disolventes, pinturas, etc.).

Quedan excluidos de la presente los transformadores que contienen aceite dieléctrico que son tratados particularmente en la "Almacenamiento y gestión de los transformadores de Distribución".

Definiciones

- Sustancia peligrosa: Es aquella cuya utilización, manipulación, o almacenamiento, presenta grave riesgo de afecciones y daños a personas, instalaciones o Medio Ambiente.
- Almacenamiento: es el conjunto de recipientes de todo tipo que contengan o puedan contener productos, equipos y/o materiales, incluyendo los tanques y depósitos propiamente dichos, sus cubetos de retención, las calles intermedias de circulación y separación, las tuberías de conexión y las zonas e instalaciones de carga, descarga y trasiego anejas.

- Almacenamiento provisional: almacenamiento no permanente de productos en espera de ser reexpedido, acondicionado u otro tipo de utilidad, y cuyo período de almacenamiento previsto no supere el mes con carácter general, o el tiempo establecido para la ejecución de la obra.
- Zona de carga/descarga: lugar donde se realizan las operaciones de carga y descarga, trasvase entre recipientes y tanques.
- Cubeto: recipiente capaz de retener los productos contenidos en los elementos de almacenamiento o transporte de estos en caso de vertido o fuga de los mismos.

Almacenamiento

Según las necesidades se establecerán los puntos de almacenamiento que deben ser cubiertos, limpios y bien iluminados, donde se conserven adecuadamente los materiales y que ha de constar de:

- Cubeto de retención de posibles derrames.
- Separación entre sustancias incompatibles.
- Las condiciones de almacenamiento deben cumplir:
- El almacenamiento de las materias primas peligrosas debe estar separado de los residuos.
- Todas las sustancias se han de almacenar de manera que puedan ser accesibles con facilidad, evitando lugares incómodos para no aumentar los riesgos en su manipulación y espaciándolas para facilitar su inspección.
- Se etiquetarán adecuadamente aquellos envases y contenedores que estuvieran incorrectamente etiquetados o sin etiqueta, indicando la clase de producto que contienen.
- No se abandonarán, verterán o realizarán depósitos incontrolados, de estas sustancias.
- El recinto de almacenamiento estará suficientemente ventilado.
- Si se cumple la fecha de caducidad de alguna sustancia, será considerada como residuo, aplicándole la normativa sobre la gestión de residuos peligrosos.

Gestión de materias primas peligrosas

Se ha establecido un inventario de sustancias peligrosas con el siguiente contenido:

- Denominación de la sustancia.
- Clasificación de la sustancia: en función de la legislación se indica la peligrosidad, por ejemplo: líquido corrosivo, producto petrolífero, gas comprimido a presión, etc.
- Ubicación: lugar donde se almacena.



- Almacenamiento: forma y capacidad del almacenamiento, por ejemplo: botellas de 50 Kg., tanques de 3000 litros, etc.
- Unidad responsable: se identifica el servicio o departamento responsable del almacenamiento.
- Medidas de seguridad de carácter ambiental: se indican las medidas de seguridad de las que dispone el almacenamiento.

Para la gestión de estas sustancias se tendrá en cuenta:

- Control sobre caducidad del producto.- La periodicidad de este control es coincidente con las inspecciones periódicas.
- Prevención de fugas y derrames.- El personal encargado de su manipulación, en las operaciones de carga, descarga y transferencia, evitará que se produzcan derrames y fugas.
- Atención a normas de seguridad.- Se tienen presentes las normas de seguridad establecidas así como las especificaciones del fabricante para el uso de estas sustancias, disponiendo de los elementos adecuados para su control o neutralización en caso de derrame accidental.
- Hojas de seguridad y análisis del producto.- Se requerirá del fabricante o proveedor, un análisis del producto (cuando corresponda) que podrá incluir los siguientes conceptos:
 - Condiciones de almacenamiento y conservación.
 - Dosis letal mínima.
 - Valores límites biológicos.
 - Índice de riesgo ambiental.
 - Fecha de caducidad del producto.

Inspección del almacén de materias primas peligrosas

El Responsable del Almacén realiza al menos una inspección semestral. La inspección se basa en realizar una serie de verificaciones que tienen como objeto identificar potenciales desvíos en la gestión de materiales peligrosos.

Ante la identificación de incumplimientos o propuestas de mejora el responsable de almacén o la persona que él designe para realizar la verificación, deberá completar el “Registro de no conformidades/propuestas de mejora”.

35.3. Medidas de Seguimiento y Control

Según lo estipulado en el R. D. 1955/2000, de 1 de diciembre y en concreto en el CAPÍTULO VI - Revisiones e inspecciones.



Artículo 163. Revisiones periódicas.

1. Las instalaciones de producción, transporte y distribución de energía eléctrica, a que se hace referencia en el artículo 111, deberán ser revisadas, al menos cada tres años, por técnicos titulados, libremente designados por el titular de la instalación.
2. Los profesionales que las revisen estarán obligados a cumplimentar los boletines, en los que habrán de consignar y certificar expresamente los datos de los reconocimientos. En ellos, además, se especificará el cumplimiento de las condiciones reglamentarias o, alternativamente, la propuesta de las medidas correctoras necesarias.
3. Los citados boletines se mantendrán en poder del titular de las instalaciones, quien deberá enviar copia a la Administración competente.

Artículo 164. Inspecciones.

1. Para las instalaciones cuya autorización corresponde a la Administración General del Estado, las inspecciones sobre las condiciones técnicas, así como sobre el cumplimiento de los requisitos establecidos en las autorizaciones, serán realizadas por la Comisión Nacional de Energía, mediante un procedimiento reglado, con la colaboración de los servicios técnicos de la Administración General del Estado o de las Comunidades Autónomas donde se ubiquen las mismas.
2. Si como consecuencia de las inspecciones realizadas se pusiera de manifiesto alguna irregularidad que precisase la intervención de las Administraciones Públicas, la Comisión Nacional de Energía, en su caso, o el órgano de la Administración competente de la Comunidad Autónoma, lo pondrá en su conocimiento del titular de la instalación junto con la propuesta de resolución y los plazos para subsanar dicha irregularidad.
3. La Comisión Nacional de Energía acordará, en su caso, la iniciación de los expedientes sancionadores y realizar la instrucción de los mismos, cuando sean de la competencia de la Administración General del Estado, e informar, cuando sea requerida para ello, aquellos expedientes sancionadores iniciados por las distintas Administraciones públicas.

Utilización del agua y vertidos líquidos

Envasados, etiquetados, depósito temporal y almacenamiento de los residuos peligrosos

Objeto

El objeto es definir los criterios a seguir respecto al envasado, etiquetado, depósito temporal y almacenamiento de los residuos peligrosos que se producen en las instalaciones.



Ámbito de aplicación

Es de aplicación a la gestión de los residuos peligrosos, producidos en las instalaciones de transporte, transformación y distribución eléctrica.

Definiciones

- Centro productor de residuos: Agrupación de varios centros generadores de residuos desde donde se realiza su gestión unificada.
- Depósito temporal: Lugar de almacenamiento de los residuos peligrosos, dentro del período permitido por la legislación.
- Envasado: Acción de introducir alguna sustancia en un envase para su conservación o transporte.
- Envase: Recipiente para contener cualquier sustancia.
- Etiquetado: Poner el rótulo o marcar el recipiente para valorar e identificar la sustancia que contiene.

Descripción

Ubicación de residuos peligrosos

Cada Centro Productor cuenta con un área, adecuada para el almacenamiento de residuos y señalizada con el cartel “Almacén de Residuos”. Se depositan los residuos recibidos, debidamente clasificados y etiquetados, en contenedores apropiados para cada tipo. La ubicación en cada caso corresponderá con las necesidades de operación y mantenimiento de cada proceso del negocio en los territorios.

Almacenamiento

Envasado

Cada Centro Productor de Residuos posee contenedores adecuados según la normativa, para todos los tipos de residuos que reciba. Los residuos peligrosos deben separarse adecuadamente evitando las mezclas y, en particular, aquellas que supongan un aumento de la peligrosidad de los mismos o puedan dificultar su gestión posterior.

Los envases y sus cierres están concebidos de forma que se evite cualquier pérdida de contenido y contruidos con materiales no susceptibles de ser atacados por el material que contienen ni de formar con éste combinaciones peligrosas. Asimismo, serán sólidos y resistentes a las manipulaciones necesarias sin que se produzcan fugas.

Los recipientes destinados a envasar residuos peligrosos en forma de gas comprimido, licuado o

disuelto a presión, deben cumplir las obligaciones derivadas de una normativa específica (reglamento sobre aparatos a presión).

Se utilizarán aquellos envases que faciliten la introducción de los residuos y su posterior retirada, considerando los medios disponibles en cada “Centro Productor” y la cantidad de residuos producida.

Etiquetado

Todos los contenedores están debidamente etiquetados. La etiqueta se sitúa en una o más caras del embalaje, de forma que pueda leerse horizontalmente, cuando el embalaje esté colocado en la forma establecida.

La etiqueta debe estar firmemente fijada sobre el envase, anulándose, si fuera necesario, indicaciones o etiquetas anteriores de forma que no induzcan a error. Las dimensiones de la etiqueta nunca son inferiores a 100 x 100 mm utilizándose preferentemente los formatos normalizados DIN-A6 (105 x 148 mm) para contenedores inferiores a 500 l de capacidad y DIN-A5 (148 x 210 mm) para los de superior capacidad. Cada pictograma debe ocupar por lo menos una décima parte de la superficie de la etiqueta. La etiqueta se adhiere en toda su superficie al embalaje que contenga directamente la sustancia. En la etiqueta figura el código de identificación del residuo, el nombre y dirección del titular de los residuos, la fecha de envasado y la naturaleza de los riesgos que presentan los residuos.

Condiciones de almacenamiento

El tiempo de almacenamiento de los residuos peligrosos no podrá exceder de seis meses, salvo autorización especial del órgano competente de la Comunidad Autónoma. En caso de ser necesarias, se establecerán zonas de almacenamiento diferenciadas e independientes dentro del almacén de residuos para cada tipo de residuo.

El almacenamiento se hará en forma que se evite generación de calor, explosiones, igniciones, formación de sustancias tóxicas o cualquier efecto que aumente su peligrosidad o dificulte su gestión. Por ello, se situarán lejos de los focos de ignición y fuentes de calor, a cubierto y los envases deberán estar perfectamente identificados para almacenar un único tipo de residuo o varios tipos de residuos compatibles.

Para su construcción o adaptación se utilizará la “Especificación para construcción o adecuación de almacenes para residuos peligrosos”, considerando en cada caso las condiciones pluviométricas y climatológicas, adaptando la cubierta y la superficie de cerramiento a cada ubicación. Se tendrán en cuenta las direcciones predominantes del viento, tanto para la disposición de la puerta de acceso como para la configuración de la cubierta y la ventilación.

Los residuos de disolventes deberán ser almacenados previendo la suficiente ventilación. Inspección del almacén de residuos peligrosos.



El responsable de almacén realiza inspecciones anuales de los almacenes de Residuos Peligrosos cumplimentando el registro destinado para tal fin “Inspección del almacén de Residuos Peligrosos”).

En caso de detectarse deficiencias se tomarán las medidas adecuadas para subsanarlas levantándose la correspondiente no conformidad de acuerdo al procedimiento.

Control del PCB contenido en aceite dieléctrico usado y equipos desechados

Objeto

Tiene por objeto describir el control que debe realizarse al aceite dieléctrico y equipos sospechosos de contener PCBs, destinados a la eliminación, con el fin de garantizar la correcta gestión de los mismos.

Ámbito de aplicación

La presente instrucción técnica deberá ser aplicada al aceite dieléctrico usado y todos los aparatos que contengan aceites sospechosos de contener PCBs que sean propiedad de Eléctrica y cuyo destino sea la eliminación o descontaminación. En los casos en que el servicio este externalizado, el contratista debe cumplir con los procedimientos y requisitos establecidos en la presente Instrucción Técnica. Se excluyen de la presente Instrucción Técnica aquellos equipos que se hallan en funcionamiento en las diferentes instalaciones o bien almacenados en previsión de uso. El control del contenido en PCB de estos elementos, se realiza de acuerdo al “Procedimiento para la detección y gestión de los transformadores MT/BT contaminados con PCB” o sus modificaciones.

Definiciones

- PCB (Policlorobifenilos): Líquido aislante formado por una mezcla de varios isómeros y compuestos homólogos, obtenidos por sustitución de, al menos, dos átomos de hidrógeno de la molécula de bifenilo por átomos de cloro.
- Aparatos que contienen PCB: Cualquier aparato que contenga o haya contenido PCB tales como, los transformadores, condensadores, etc., en una cantidad superior a 0,05 %.
- Almacén de PCBs: Lugar específicamente habilitado para el almacenamiento temporal de los aparatos que contienen PCB que van a ser eliminados.

Descripción

Caracterización del contenido de PCB en aceite usado en bidones o depósitos

El aceite usado es analizado con objeto de determinar si contiene PCB en una cantidad superior al 0,05% en peso (50 ppm).



Análisis con kit químico

Se efectúan las siguientes operaciones:

- Antes de su incorporación a un depósito o la retirada por gestor del aceite dieléctrico almacenado se realiza un análisis mediante kit de cloro para determinar la posibilidad de que se halle contaminado con PCB.
- Se toma una muestra del aceite y se aplica un KIT QUÍMICO siguiendo las instrucciones especificadas en el mismo. El Kit de ensayo utilizado para realizar este test es el modelo Clor-n-oil 50 de la marca Dexsil. Se extrae una pequeña muestra con una cantidad mínima de 5 ml. a través del dispositivo de vaciado, o en su defecto con una pipeta directamente del depósito.
- Si el resultado del análisis es negativo, se puede determinar que el aceite no contiene PCB y que por tanto se puede incorporar al depósito y gestionarse como exento de PCB. En caso de detectarse la presencia de estos compuestos (resultado positivo) se toma una muestra que es enviada a analizar a un laboratorio homologado para determinar la cantidad precisa de esta sustancia. La muestra lleva adherida una etiqueta identificativa para su posterior identificación La analítica de laboratorio se realizará sólo cuando se estime que la diferencia del coste como residuo sin PCB más el coste de la analítica, sea significativamente inferior al coste de la gestión de aceite contaminado con PCB.
- Una vez confirmada su presencia mediante análisis cromatográfico el contenido del bidón será retirado lo antes posible por un gestor autorizado para PCBs. El kit utilizado es gestionado como residuo de laboratorio. Durante la extracción y realización del ensayo hay que cumplir las normas de seguridad relativas a la manipulación de estos compuestos, así como evitar toda posible contaminación El resultado del análisis del Kit químico se anota en el registro RNNA-106/01 “Resultados analítica Kit químico.
- Envío de las muestras posiblemente contaminadas al laboratorio.
- Establecerá una zona adecuada para el almacenamiento de las muestras y debe ponerse en contacto con el laboratorio designado para el análisis cromatográfico para que procedan a la recogida de las mismas.

Caracterización del contenido de PCB de los equipos

Recepción de aparatos en Almacén Regulador

Los transformadores, condensadores y otros equipos especiales con aceite son transportados hasta el Almacén Regulador de cada zona o UOT. Una vez allí se determinará su utilidad (conservación, reparación o retirada) según Procedimiento Interno para el tratamiento de



Transformadores de Distribución.

Los transformadores y demás equipos considerados como desechables son almacenados por separado y en condiciones adecuadas. El responsable de Logística se encarga de registrar los datos del aparato recepcionado, de acuerdo a su Ficha Inventario y/o a su placa de características, en la base de datos del Almacén.

Toma de muestras y envío al laboratorio

Antes de ser retirados por el gestor, se lleva a cabo una toma de muestras y un análisis de las mismas en un laboratorio homologado para verificar si existe o no contaminación por PCBs o PCTs.

Para ello el responsable del almacén se pondrá en contacto con el laboratorio de análisis designado para que procedan a la toma de muestras y a la recogida de las mismas.

36. Seguridad en el trabajo

Conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en obras de construcción, al amparo de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, se incluye en el presente proyecto, el *Estudio de Seguridad y Salud* correspondiente para su ejecución.

37. Verificación y validación

De acuerdo con los sistemas de gestión certificados, se garantiza el correcto montaje verificado y validando la instalación y equipos mediante:

37.1. Pruebas en vacío

Una vez finalizados los trabajos de obra civil y montaje electromecánico se procederá a la realización de las pruebas en vacío de la Instalación de acuerdo con las instrucciones técnicas correspondientes recogida en la normativa interna.

37.2. Pruebas en tensión

Las pruebas en tensión tendrán por objeto comprobar la adecuación al uso de la instalación conforme a los criterios funcionales establecidos en el Proyecto.

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

MEDICIONES Y PRESUPUESTO



LISTADO DE MATERIALES VALORADO (Pres)

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
AC	2,000	u	Acometida de agua y electricidad	135,00	270,00
				Grupo AC	270,00
AL1	6,000	mes	Alquiler barracón. Aseos.	128,14	768,84
				Grupo AL1	768,84
AL2	6,000	mes	Alquiler barracón. Vestuario y comedor	139,12	834,72
				Grupo AL2	834,72
AP1	6,000	Ud	PASS M0 (145 kV)	205.000,00	1.230.000,00
				Grupo AP1	1.230.000,00
AP2	8,000	Ud	PASS M00 (72.5 kV)	165.000,00	1.320.000,00
				Grupo AP2	1.320.000,00
AP3	12,000	Ud	Autoválvula 132 kV	4.500,00	54.000,00
AP3.1	12,000	Ud	Soporte Autoválvula	124,00	1.488,00
				Grupo AP3	55.488,00
AP4	15,000	Ud	Autoválvula 66 kV	1.650,00	24.750,00
AP4.1	15,000	Ud	Soporte Autoválvula	1.050,00	15.750,00
				Grupo AP4	40.500,00
CAB1	2.915,000	m	Conductor desnudo de cobre	12,92	37.661,80
CAB2	420,000		Cable de tierra	6,70	2.814,00
				Grupo CAB	40.475,80
IN1	6,000	Ud	Plataforma estacionamiento de maquinaria	29,07	174,42
				Grupo IN1	174,42
IN2	3,000	Ud	Extintor polvo ABC 6 kg	63,55	190,65
				Grupo IN2	190,65
IN3	2,000	Ud	Botiquín portátil de obra	39,53	79,06
				Grupo IN3	79,06
MA1	367,500	h	PALA CARGADORA	40,13	14.747,78
				Grupo MA1	14.747,78
MA2	1.270,500	h	RETROEXCAVADORA	36,43	46.284,32
				Grupo MA2	46.284,32
MA3	147,000	h	CAMIÓN BOMBA	169,73	24.950,31
MA3.1	1.172,500	h	Regla vibrante de 3 m	4,66	5.463,85
				Grupo MA3	30.414,16
MA4	373,000	h	Grúa	35,00	13.055,00
				Grupo MA4	13.055,00
MA5	32,065	h	Dumper de descarga frontal	9,38	300,77
				Grupo MA5	300,77
MA6	420,000		Tensadora de cable	0,56	235,20
				Grupo MA6	235,20
MA7	24,000	h	Equipo de oxicorte	7,36	176,64
				Grupo MA7	176,64
MA8	32,000	h	Equipo soldadura eléctrica	3,19	102,08
				Grupo MA8	102,08
MA9	24,000	h	Cesta elevadora de brazo articulado	120,31	2.887,44
				Grupo MA9	2.887,44
MAT1	3.690,000	m³	Hormigón HA-25/B/20/Ila	76,88	283.687,20
MAT1.1	17.500,000	Ud	Separador homologado para cimentaciones	0,13	2.275,00
MAT1.2	303.450,000	kg	Acero en barras coarrugadas	0,62	188.139,00
MAT10	12,000	Ud	Aislador soporte C4-325 Poinsa	1.321,00	15.852,00

LISTADO DE MATERIALES VALORADO (Pres)

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
MAT11	6,000	Ud	Conductor de tubo 66 kV (Secundario)	27,80	166,80
MAT12	12,000	Ud	Aislador soporte C4-325 Poinsa	1.246,00	14.952,00
MAT15	23.000,000	kg	Acero laminado en perfiles	0,96	22.080,00
MAT3	6.000,000	kg	Ladrillo	0,06	360,00
MAT4	6.000,000	kg	Cemento	0,11	660,00
MAT5	9.006,000	Ud	Conductor de tubo 132 kV (Primario)	0,96	8.645,76
MAT6	12,000	Ud	Aislador soporte C6-650 Poinsa	1.457,00	17.484,00
MAT7	6,000	Ud	Conductor de tubo 132 kV (Primario)	40,00	240,00
MAT8	12,000	Ud	Aislador soporte C4-650 Poinsa	1.347,00	16.164,00
MAT9	6,000	Ud	Conductor de tubo 66 kV (Primario)	29,40	176,40
				Grupo MAT	570.882,16
P10	360,000	h	Oficial montador estructura metálica	19,37	6.973,20
				Grupo P10	6.973,20
P11	360,000	h	Ayudante montador estructura metálica	18,29	6.584,40
				Grupo P11	6.584,40
P2	2.887,500	h	Oficial ferrallista	19,37	55.930,88
				Grupo P2	55.930,88
P3	455,000	h	Oficial estructurista	0,13	59,15
				Grupo P3	59,15
P4	100,000	h	Albañil	20,00	2.000,00
				Grupo P4	2.000,00
P4.1	100,000	h	Ayudante de albañil	16,00	1.600,00
				Grupo P4.....	1.600,00
P5	1.700,460	h	Oficial electricista	19,11	32.495,79
				Grupo P5	32.495,79
P6	809,460	h	Ayudante electricista	17,50	14.165,55
				Grupo P6	14.165,55
P7	624,325	h	Oficial construcción	18,56	11.587,47
				Grupo P7	11.587,47
P8	1.260,765	h	Ayudante construcción	17,53	22.101,21
				Grupo P8	22.101,21
PC1	8,000	Ud	Pórtico limitación alturacruce bajo elementos en alta tensión	310,50	2.484,00
				Grupo PC1	2.484,00
PC2	1,000	Ud	Protecciones colectivas a determinar por la Dirección de Obra	1.274,50	1.274,50
				Grupo PC2	1.274,50
PC3	10,000	Ud	Valla autónoma metálica	33,46	334,60
				Grupo PC3	334,60
PC4	5,000	Ud	Señal normalizada de tráfico con soporte	73,80	369,00
				Grupo PC4	369,00
PC5	5,000	Ud	Cartel indicativo de riesgo con soporte	18,84	94,20
				Grupo PC5	94,20
PC6	500,000	m	Cordón balizamiento	0,89	445,00
				Grupo PC6	445,00
PC7	40,000	Ud	Cono balizamiento de plástico	14,79	591,60
				Grupo PC7	591,60
PC8	2,000	Ud	Topes para camión en excavaciones	40,40	80,80
				Grupo PC8	80,80
PC9	8,000	Ud	Baliza luminosa interminente	65,47	523,76

LISTADO DE MATERIALES VALORADO (Pres)

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	IMPORTE
				Grupo PC9	523,76
PI1	6,000	Ud	Casco de seguridad ABS	3,60	21,60
PI10	6,000	Ud	Mandil soldador	20,00	120,00
PI11	6,000	Ud	Polainas soldador	14,75	88,50
PI12	6,000	Ud	Arnés seguridad	36,00	216,00
PI13	6,000	Ud	Chaleco reflectante	20,00	120,00
				Grupo PI1	566,10
PI2	6,000	par	Guantes de piel protección riesgos mecánicos	2,55	15,30
				Grupo PI2	15,30
PI3	6,000	par	Guantes goma	2,35	14,10
				Grupo PI3	14,10
PI4	6,000	par	Botas de seguridad Categoría S1+P	12,82	76,92
				Grupo PI4	76,92
PI5	6,000	par	Botas de seguridad goma Categoría s1	6,89	41,34
				Grupo PI5	41,34
PI6	6,000	Ud	Reconocimiento médico	24,00	144,00
				Grupo PI6	144,00
PI7	6,000	Ud	Gafas contra impactos	18,00	108,00
				Grupo PI7	108,00
PI8	6,000	Ud	Gafas soldadura	18,00	108,00
				Grupo PI8	108,00
PI9	6,000	Ud	Protecciones auditivas	7,20	43,20
				Grupo PI9	43,20
PM1	24,000	Ud	Terminales 132 kV	350,00	8.400,00
				Grupo PM1	8.400,00
PM2	24,000	Ud	Terminales 66 kV	230,00	5.520,00
				Grupo PM2	5.520,00
TR1	1.428,000	h	Camión basculante	40,09	57.248,52
				Grupo TR1	57.248,52
TR2	397,000	h	Camión	30,00	11.910,00
				Grupo TR2	11.910,00
TRA1	2,000	Ud	Transformador	850.000,00	1.700.000,00
TRA1.1	2,000	Ud	Bancada	46.900,00	93.800,00
TRA2	12,000	Ud	Transformador de tensión (132 kV)	7.500,00	90.000,00
TRA2.1	12,000	Ud	Bancada transformador de tensión	1.315,50	15.786,00
TRA3	6,000	Ud	Transformador de tensión (66 kV)	5.900,00	35.400,00
TRA3.1	6,000	Ud	Bancada transformador de tensión	1.060,00	6.360,00
				Grupo TRA	1.941.346,00
				Resumen	
				Mano de obra	153.480,74
				Materiales	4.747.122,87
				Maquinaria	652.396,06
				Otros	1.375.750,00
				TOTAL	5.553.103,62

PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS, MEDICIONES Y GRÁFICOS

CÓDIGO	RESUMEN		CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 01 OBRA CIVIL				
U01	m² DESBROCE				
	Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la construcción de la subestación: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad mínima de 25 cm.				
	Descomposición				
	MA1	h PALA CARGADORA	0,021	40,13	0,84
	TR1	h Camión basculante	0,024	40,09	0,96
	P8	h Ayudante construcción	0,008	17,53	0,14
			17.500,00	1,94	33.950,00
U02	m³ EXCAVACIÓN				
	Descomposición				
	MA2	h RETROEXCAVADORA	0,121	36,43	4,41
	TR1	h Camión basculante	0,096	40,09	3,85
	P8	h Ayudante construcción	0,051	17,53	0,89
			10.500,00	9,15	96.075,00
U03	m³ CIMENTACIÓN				
	Descomposición				
	MA3	h CAMIÓN BOMBA	0,042	169,73	7,13
	MA3.1	h Regla vibrante de 3 m	0,335	4,66	1,56
	MAT1	m³ Hormigón HA-25/B/20/Ila	1,050	76,88	80,72
	MAT1.1	Ud Separador homologado para cimentaciones	5,000	0,13	0,65
	MAT1.2	kg Acero en barras coarrugadas	86,700	0,62	53,75
	P2	h Oficial ferrallista	0,825	19,37	15,98
	P3	h Oficial estructurista	0,130	0,13	0,02
			3.500,00	159,81	559.335,00
U04	Ud EDIFICIO MANDO Y CONTROL				
	Descomposición				
	MAT3	kg Ladrillo	6.000,000	0,06	360,00
	MAT4	kg Cemento	6.000,000	0,11	660,00
	MAT1	m³ Hormigón HA-25/B/20/Ila	15,000	76,88	1.153,20
	P4	h Albañil	100,000	20,00	2.000,00
	P4.1	h Ayudante de albañil	100,000	16,00	1.600,00
	TR2	h Camión	30,000	30,00	900,00
			1,00	6.673,20	6.673,20
UM6	m Red de tierras inferiores				
	Descomposición				
	CAB1	m Conductor desnudo de cobre	1,000	12,92	12,92
	P5	h Oficial electricista	0,124	19,11	2,37
	P6	h Ayudante electricista	0,124	17,50	2,17
	P7	h Oficial construcción	0,091	18,56	1,69
	P8	h Ayudante construcción	0,091	17,53	1,60
	MA5	h Dumper de descarga frontal	0,011	9,38	0,10
			2.915,00	20,85	60.777,75
	TOTAL CAPÍTULO 01 OBRA CIVIL				756.810,95

PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS, MEDICIONES Y GRÁFICOS

CÓDIGO	RESUMEN		CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 02 MONTAJE ELECTROMECAÁNICO				
UM1	Ud Embarrado Primario 132 kV				
	Descomposición				
	MAT5	Ud Conductor de tubo 132 kV (Primario)	3,000	0,96	2,88
	MAT6	Ud Aislador soporte C6-650 Poinsa	6,000	1.457,00	8.742,00
	P5	h Oficial electricista	50,000	19,11	955,50
	P6	h Ayudante electricista	50,000	17,50	875,00
	MA4	h Grúa	30,000	35,00	1.050,00
	P7	h Oficial construcción	40,000	18,56	742,40
	P8	h Ayudante construcción	40,000	17,53	701,20
	PM1	Ud Terminales 132 kV	6,000	350,00	2.100,00
	TR2	h Camión	10,000	30,00	300,00
	MAT15	kg Acero laminado en perfiles	4.500,000	0,96	4.320,00
	MA7	h Equipo de oxicorte	3,000	7,36	22,08
	MA8	h Equipo soldadura eléctrica	4,000	3,19	12,76
	MA9	h Cesta elevadora de brazo articulado	3,000	120,31	360,93
	P10	h Oficial montador estructura metálica	50,000	19,37	968,50
	P11	h Ayudante montador estructura metálica	50,000	18,29	914,50
			2,00	22.067,75	44.135,50
UM2	Ud Embarrado Secundario 132 kV				
	Descomposición				
	MAT7	Ud Conductor de tubo 132 kV (Primario)	3,000	40,00	120,00
	MAT8	Ud Aislador soporte C4-650 Poinsa	6,000	1.347,00	8.082,00
	P5	h Oficial electricista	50,000	19,11	955,50
	P6	h Ayudante electricista	50,000	17,50	875,00
	MA4	h Grúa	30,000	35,00	1.050,00
	P7	h Oficial construcción	40,000	18,56	742,40
	P8	h Ayudante construcción	40,000	17,53	701,20
	PM1	Ud Terminales 132 kV	6,000	350,00	2.100,00
	TR2	h Camión	10,000	30,00	300,00
	MAT5	Ud Conductor de tubo 132 kV (Primario)	4.500,000	0,96	4.320,00
	MA7	h Equipo de oxicorte	3,000	7,36	22,08
	MA8	h Equipo soldadura eléctrica	4,000	3,19	12,76
	MA9	h Cesta elevadora de brazo articulado	3,000	120,31	360,93
	P10	h Oficial montador estructura metálica	50,000	19,37	968,50
	P11	h Ayudante montador estructura metálica	50,000	18,29	914,50
			2,00	21.524,87	43.049,74
UM3	Ud Embarrado Primario 66 kV				
	Descomposición				
	MAT9	Ud Conductor de tubo 66 kV (Primario)	3,000	29,40	88,20
	MAT10	Ud Aislador soporte C4-325 Poinsa	6,000	1.321,00	7.926,00
	P5	h Oficial electricista	50,000	19,11	955,50
	P6	h Ayudante electricista	50,000	17,50	875,00
	MA4	h Grúa	30,000	35,00	1.050,00
	P7	h Oficial construcción	40,000	18,56	742,40
	P8	h Ayudante construcción	40,000	17,53	701,20
	PM2	Ud Terminales 66 kV	6,000	230,00	1.380,00
	TR2	h Camión	10,000	30,00	300,00
	MAT15	kg Acero laminado en perfiles	3.500,000	0,96	3.360,00
	MA7	h Equipo de oxicorte	3,000	7,36	22,08
	MA8	h Equipo soldadura eléctrica	4,000	3,19	12,76
	MA9	h Cesta elevadora de brazo articulado	3,000	120,31	360,93
	P10	h Oficial montador estructura metálica	40,000	19,37	774,80
	P11	h Ayudante montador estructura metálica	40,000	18,29	731,60
			2,00	19.280,47	38.560,94

PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS, MEDICIONES Y GRÁFICOS

CÓDIGO	RESUMEN		CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
UM4	Ud Embarrado Secundario 66 kV				
	Descomposición				
	MAT11	Ud Conductor de tubo 66 kV (Secundario)	3,000	27,80	83,40
	MAT12	Ud Aislador soporte C4-325 Poinsa	6,000	1.246,00	7.476,00
	P5	h Oficial electricista	50,000	19,11	955,50
	P6	h Ayudante electricista	50,000	17,50	875,00
	MA4	h Grúa	30,000	35,00	1.050,00
	P7	h Oficial construcción	40,000	18,56	742,40
	P8	h Ayudante construcción	40,000	17,53	701,20
	PM2	Ud Terminales 66 kV	6,000	230,00	1.380,00
	TR2	h Camión	10,000	30,00	300,00
	MAT15	kg Acero laminado en perfiles	3.500,000	0,96	3.360,00
	MA7	h Equipo de oxicorte	3,000	7,36	22,08
	MA8	h Equipo soldadura eléctrica	4,000	3,19	12,76
	MA9	h Cesta elevadora de brazo articulado	3,000	120,31	360,93
	P10	h Oficial montador estructura metálica	40,000	19,37	774,80
	P11	h Ayudante montador estructura metálica	40,000	18,29	731,60
			2,00	18.825,67	37.651,34
UM5	Ud Transformador Trifásico 30 MVA				
	Descomposición				
	TRA1	Ud Transformador	1,000	850.000,00	850.000,00
	TRA1.1	Ud Bancada	1,000	46.900,00	46.900,00
	P5	h Oficial electricista	24,000	19,11	458,64
	P6	h Ayudante electricista	24,000	17,50	420,00
	MA4	h Grúa	3,000	35,00	105,00
	TR2	h Camión	5,000	30,00	150,00
			2,00	898.033,64	1.796.067,28
UM7	Ud PASS M0 (145 kV)				
	Descomposición				
	AP1	Ud PASS M0 (145 kV)	1,000	205.000,00	205.000,00
	P5	h Oficial electricista	18,000	19,11	343,98
	MA4	h Grúa	2,000	35,00	70,00
	TR2	h Camión	5,000	30,00	150,00
UM8	Ud PASS M00 (72.5 kV)				
	Descomposición				
	AP2	Ud PASS M00 (72.5 kV)	1,000	165.000,00	165.000,00
	P5	h Oficial electricista	18,000	19,11	343,98
	MA4	h Grúa	2,000	35,00	70,00
	TR2	h Camión	5,000	30,00	150,00
			8,00	165.563,98	1.324.511,84
UM9	Ud Transformadores de tensión 132 kV				
	Descomposición				
	TRA2	Ud Transformador de tensión (132 kV)	1,000	7.500,00	7.500,00
	TRA2.1	Ud Bancada transformador de tensión	1,000	1.315,50	1.315,50
	P5	h Oficial electricista	13,000	19,11	248,43
	MA4	h Grúa	1,000	35,00	35,00
	TR2	h Camión	4,000	30,00	120,00
			12,00	9.218,93	110.627,16
UM10	Ud Transformadores de tensión 66 kV				
	Descomposición				
	TRA3	Ud Transformador de tensión (66 kV)	1,000	5.900,00	5.900,00
	TRA3.1	Ud Bancada transformador de tensión	1,000	1.060,00	1.060,00
	P5	h Oficial electricista	13,000	19,11	248,43
	MA4	h Grúa	1,000	35,00	35,00
	TR2	h Camión	4,000	30,00	120,00

PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS, MEDICIONES Y GRÁFICOS

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
		6,00	7.363,43	44.180,58
UM11	Ud Autoválvulas 132 kV			
	Descomposición			
AP3	Ud Autoválvula 132 kV	1,000	4.500,00	4.500,00
AP3.1	Ud Soporte Autoválvula	1,000	124,00	124,00
P5	h Oficial electricista	15,000	19,11	286,65
MA4	h Grúa	3,000	35,00	105,00
TR2	h Camión	5,000	30,00	150,00
		12,00	5.165,65	61.987,80
UM12	Ud Autoválvulas 66 kV			
	Descomposición			
AP4	Ud Autoválvula 66 kV	1,000	1.650,00	1.650,00
AP4.1	Ud Soporte Autoválvula	1,000	1.050,00	1.050,00
P5	h Oficial electricista	15,000	19,11	286,65
MA4	h Grúa	3,000	35,00	105,00
TR2	h Camión	5,000	30,00	150,00
		15,00	3.241,65	48.624,75
UM13	m Red de tierras superiores			
	Descomposición			
CAB2	Cable de tierra	1,000	6,70	6,70
MA6	Tensadora de cable	1,000	0,56	0,56
P7	h Oficial construcción	0,093	18,56	1,73
		420,00	8,99	3.775,80
TOTAL CAPÍTULO 02 MONTAJE ELECTROMECAÁNICO				4.786.556,61

PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS, MEDICIONES Y GRÁFICOS

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 03 PROTECCIONES, CONTROL Y COMUNICACIONES			
CR1	Ud Bastidores, cuadros y convertidores			
		1,00	250.750,00	250.750,00
CR2	Ud Sistemas de control			
		1,00	234.700,00	234.700,00
CR3	Ud Sistemas de comunicación			
		1,00	246.000,00	246.000,00
CR4	Ud Protecciones			
		1,00	154.000,00	154.000,00
CR5	Ud Servicioes auxiliares, baterías y alumbrado			
		1,00	430.300,00	430.300,00
CR6	Ud Cables			
		1,00	60.000,00	60.000,00
	TOTAL CAPÍTULO 03 PROTECCIONES, CONTROL Y COMUNICACIONES			1.375.750,00

PRESUPUESTO, DESCOMPUESTOS, MEDICIONES Y GRÁFICOS

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
	CAPÍTULO 04 SEGURIDAD Y SALUD			
ES1	Ud Estudio de seguridad y salud			
	Descomposición			
PC2	Ud Protecciones colectivas a determinar por la Dirección de Obra	1,000	1.274,50	1.274,50
		1,00	1.274,50	1.274,50
SS1	Ud Instalaciones de higiene y seguridad			
	Descomposición			
AL1	mes Alquiler barracón. Aseos.	6,000	128,14	768,84
AL2	mes Alquiler barracón. Vestuario y comedor	6,000	139,12	834,72
AC	u Acometida de agua y electricidad	2,000	135,00	270,00
		1,00	1.873,56	1.873,56
SS2	Ud Protecciones colectivas			
	Descomposición			
PC1	Ud Pórtico limitación alturacruce bajo elementos en alta tensión	8,000	310,50	2.484,00
PC3	Ud Valla autónoma metálica	10,000	33,46	334,60
PC4	Ud Señal normalizada de tráfico con soporte	5,000	73,80	369,00
PC5	Ud Cartel indicativo de riesgo con soporte	5,000	18,84	94,20
PC6	m Cordón balizamiento	500,000	0,89	445,00
PC7	Ud Cono balizamiento de plástico	40,000	14,79	591,60
PC8	Ud Topes para camión en excavaciones	2,000	40,40	80,80
PC9	Ud Baliza luminosa interminente	8,000	65,47	523,76
		1,00	4.922,96	4.922,96
SS3	Ud Protecciones individuales			
	Descomposición			
PI1	Ud Casco de seguridad ABS	6,000	3,60	21,60
PI2	par Guantes de piel protección riesgos mecánicos	6,000	2,55	15,30
PI3	par Guantes goma	6,000	2,35	14,10
PI4	par Botas de seguridad Categoría S1+P	6,000	12,82	76,92
PI5	par Botas de seguridad goma Categoría s1	6,000	6,89	41,34
PI6	Ud Reconocimiento médico	6,000	24,00	144,00
PI7	Ud Gafas contra impactos	6,000	18,00	108,00
PI8	Ud Gafas soldadura	6,000	18,00	108,00
PI9	Ud Protecciones auditivas	6,000	7,20	43,20
PI10	Ud Mandil soldador	6,000	20,00	120,00
PI11	Ud Polainas soldador	6,000	14,75	88,50
PI12	Ud Arnés seguridad	6,000	36,00	216,00
PI13	Ud Chaleco reflectante	6,000	20,00	120,00
		1,00	1.116,96	1.116,96
SS4	Ud Extinción de incendios y primeros auxilios			
	Descomposición			
IN1	Ud Plataforma estacionamiento de maquinaria	6,000	29,07	174,42
IN2	Ud Extintor polvo ABC 6 kg	3,000	63,55	190,65
IN3	Ud Botiquín portátil de obra	2,000	39,53	79,06
		1,00	444,13	444,13
	TOTAL CAPÍTULO 04 SEGURIDAD Y SALUD.....			9.632,11
	TOTAL.....			6.928.749,67

RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	OBRA CIVIL.....	756.810,95	10,92
02	MONTAJE ELECTROMECAÁNICO	4.786.556,61	69,08
03	PROTECCIONES, CONTROL Y COMUNICACIONES	1.375.750,00	19,86
04	SEGURIDAD Y SALUD	9.632,11	0,14
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		6.928.749,67	
12,00 % Gastos generales.....		831.449,96	
6,00 % Beneficio industrial		415.724,98	
SUMA DE G.G. y B.I.		1.247.174,94	
21,00 % I.V.A.		1.716.944,17	
TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA		9.892.868,78	
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL		9.892.868,78	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de NUEVE MILLONES OCHOCIENTOS NOVENTA Y DOS MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS con SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS

, a 19 de mayo de 2019.

El promotor

La dirección facultativa