

Trabajo Fin de Máster

Título del trabajo:

Proyecto de una Subestación Eléctrica 220/30 kV " PE Los Ruejos" para evacuar la energía necesaria para el parque eólico "Los Ruejos" y la planta fotovoltaica "Los Ruejos".

English title:

Project of an Electrical Substation 220/30 kV "PE Los Ruejos" to evacuate the energy necessary for the wind farm "Los Ruejos" and the photovoltaic plant "Los Ruejos".

Autor:

Jaime Lázaro García

Director:

Antonio Joaquín Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura- Máster en Ingeniería Industrial

Universidad de Zaragoza
2022/2023

ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO

1) MEMORIA

ANEXO I- CÁLCULOS JUTIFICATIVOS

2) PRESUPUESTO

3) ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

4) PLIEGO DE CONDICIONES

5) PLANOS

DOCUMENTO I

MEMORIA

ÍNDICE MEMORIA- PROYECTO DE SET “PE Los Ruejos”

1.- ANTECEDENTES.....	7
2.- OBJETO Y ALCANCE	9
3.- NOMENCLATURA.....	10
4.- PETICIONARIO Y PROMOTOR	11
5.- CRITERIO DE IMPLANTACIÓN	12
6.- EMPLAZAMIENTO	13
7.- NORMATIVA LEGAL.....	15
8.- OBRAS E INSTALACIONES QUE SE PROYECTAN	18
8.1- INTRODUCCIÓN	18
8.2- Esquemas unifilares	19
8.3. Características Generales	20
8.3.1 Características Eléctricas	20
8.3.2 Aislamiento.....	20
8.3.3 Distancia mínimas	21
8.3.4 Intensidad de Cortocircuito.....	23
8.4 Transformador de potencia	23
8.5 Protecciones	24
8.5.1 Generalidades.....	25
8.5.2 Posición de transformador 220/30 kV	25
8.5.3 Posiciones de línea 220 kV	26
8.5.4 Posiciones de línea 30 kV	27
8.5.5 Posiciones de baterías de condensadores 30 kV	27
8.6 Sistema de 220 kV	28
8.6.1 Interruptores de Potencia	30
8.6.2 Seccionadores.....	30
8.6.3 Transformadores de Intensidad	31
8.6.4 Transformadores de Tensión Inductivos	31
8.6.5 Autoválvulas	32
8.7 Embarrados	33
8.7.1 Generalidades de los embarrados	33
8.7.2 Embarrado de 220kV	33
8.7.3 Embarrado de 30kV	34
8.8 Sistema de 30 kV	34
8.8.1 Salida de 30 kV	34
8.8.2 Reactancia	35
8.8.3 Celdas 30 kV	36
8.8.3.1 Generalidades.....	36
8.8.3.2 Posiciones de Línea.....	37
8.8.3.3 Posiciones de Transformador	38

8.8.3.4 Posiciones de BESS	39
8.8.3.5 Posiciones de Batería de Condensadores (BBCC)	40
8.8.3.6 Posiciones de Trafo de Servicios Auxiliares	40
8.8.4 Transformador de Servicios Auxiliares	41
8.8.5 Baterías de Condensadores Compactas de 6 MVAR	41
8.9 Servicios Auxiliares	42
8.9.1 Sistema de BT, Corriente Alterna	42
8.9.2 Sistema de BT, Corriente Continua	42
8.10 Sistema de Puesta a Tierra.....	43
8.10.1 Red de Tierra Inferior	43
8.10.2 Red de Tierra Aérea.....	44
8.11 Cuadros de Control y Armarios de Protecciones	44
8.11.1 Unidades de Control.....	44
8.11.2 Armarios de Control y Armarios de Protección	45
8.12 Sistemas Complementarios	46
8.13 Grupo Electrógeno	47
8.14 Cables.....	47
8.14.1 Cables de Baja Tensión.....	47
8.14.2 Cables de Fibra Óptica	47
8.15 Obra Civil	48
8.15.1 Obra Civil Intemperie	48
8.15.1.1 Descripción	48
8.15.1.2 Movimiento de tierras.....	48
8.15.1.3 Sistema de tierras.....	49
8.15.1.4 Saneamiento.....	49
8.15.1.5 Accesos y viales	50
8.15.1.6 Transformador de potencia (TP)	50
8.15.1.7 Estructuras metálicas	51
8.15.1.8 Canalizaciones Eléctricas	51
8.15.1.9 Cierre de las Subestación	51
8.15.1.10 Elementos auxiliares de seguridad.....	52
8.15.2 Obra Civil Edificios	52
8.15.2.1 Movimiento de Tierras	53
8.15.2.2 Cimentación.....	53
8.15.2.3 Red enterrada de saneamiento.....	53
8.15.2.4 Solera	54
8.15.2.5 Estructura	54
8.15.2.6 Cubiertas.....	54
8.15.2.7 Albañilería.....	54
8.15.2.8 Solados y alicatados.....	55
8.15.2.9 Carpintería	55
8.15.2.10 Cerrajería	55
8.15.2.11 Instalaciones	56
8.15.2.12 Vidrería	56
8.15.2.13 Pintura	56
8.16 Estructura Metálica	56
8.17 Normativa Prevención de Incendios.....	57
8.17.1 Parque Intemperie	57
8.17.2 Edificio de Mando y Control	57
9.- OBRAS E INSTALACIONES QUE SE PROYECTAN.....	59

10.- RELACIÓN DE ORGANISMOS AFECTADOS.....	60
11.- PRESUPUESTO.....	60
12.- CONCLUSIÓN	61
13.- BIBLIOGRAFÍA.....	61

ÍNDICE DE IMÁGENES- PROYECTO DE SET “PE Los Ruejos”

<i>Imagen 1. Esquema de conexión de la instalación</i>	8
<i>Imagen 2. Datos descriptivos de la parcela.....</i>	12
<i>Imagen 3. Área formada por las esquinas que conforman el vallado.....</i>	14

1.- ANTECEDENTES

ENDESA S.A. tiene proyectada la instalación del Parque Eólico “Los Ruejos” de 20 MVA de potencia autorizada y de la planta fotovoltaica “Los Ruejos” de 5 MVA de potencia autorizada, en el término municipal de Villarreal de Huerva, en la provincia de Zaragoza, ambas instalaciones objeto de otro proyecto.

Estas infraestructuras, con una potencia nominal autorizada total (capacidad de acceso) de 20 MVA, evacuarán a la red de transporte en la Subestación “PE Los Ruejos” 220/30 kV, que este a su vez, evacúa la energía a una subestación eléctrica de 400/220kV, propiedad de Red Eléctrica (REE).

Para la realización de la evacuación de la energía generada por el parque eólico y la planta fotovoltaica mencionados anteriormente, se diseñarán las siguientes infraestructuras eléctricas:

- Subestación “PE Los Ruejos” 220/30 kV, objeto del presente Proyecto.
- Línea Aérea de Alta Tensión (LAAT) a 220 kV con origen en la Subestación “PE Los Ruejos” 220/30 kV y fin en la Subestación perteneciente a Red Eléctrica de 400/220 kV, haciendo paso por el Centro de Medida (CM) “PE Los Ruejos”.

A continuación, se puede observar un esquema de la conexión a tratar:

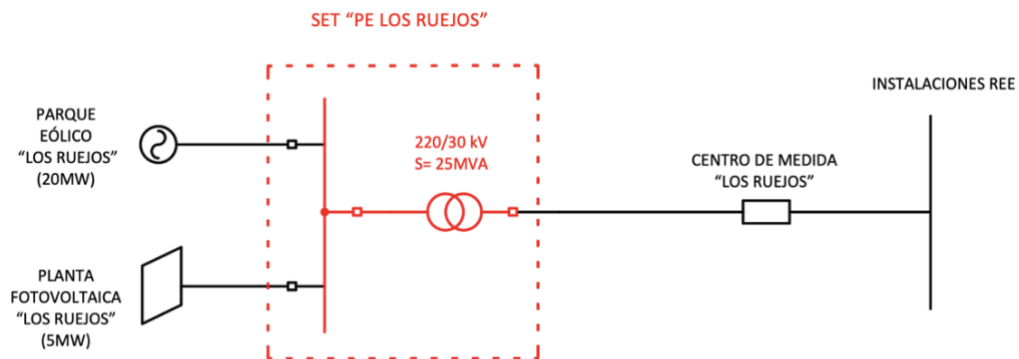


Imagen 1. Esquema de conexión de la instalación

En el proyecto a presentar, se establecerán, las características a las que habrá que adaptarse la instalación a realizar, siempre de acuerdo con lo indicado en la normativa vigente aplicada, y mediante la cual se pretende realizar la tramitación oficial en cuanto a la Autorización Administrativa Previa.

2.- OBJETO Y ALCANCE

El objeto del presente proyecto es la realización de una Subestación 220/30 kV “PE Los Ruejos” con un transformador de 25 MVA, ubicada en el término municipal de Villarreal de Huerva (provincia de Zaragoza) necesaria para la evacuación de la energía generada por el parque eólico “Los Ruejos” y la planta fotovoltaica “Los Ruejos” proyectados en la zona.

El Proyecto consiste en la definición de una subestación eléctrica de transformación para la evacuación mediante una nueva LAAT para su posterior evacuación a la red de transporte de la energía generada por los nuevos parques eólicos y fotovoltaicos trazados.

Para la evacuación del nuevo parque eólico “Los Ruejos” y la planta fotovoltaica “Los Ruejos” se proyecta esta nueva subestación denominada “PE Los Ruejos” de configuración trafo-línea con transformación 220/30 kV, de 25 MVA de potencia.

Los niveles de tensión de la subestación serán 220 kV (Posición de salida de la línea), y 30 kV (evacuación del parque eólico mediante 2 circuitos y de la planta fotovoltaica mediante 1 circuito).

En el proyecto de la subestación se incluyen las instalaciones y servicios auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento.

De forma adicional, se proyecta un edificio de control en donde se instalará el control de las instalaciones comunes y las celdas de 30 kV, así como otras instalaciones.

Todas las obras que aquí se definen, se proyectan adaptándose a los Reglamentos Técnicos vigentes y demás normas reguladoras de este tipo de instalaciones, en particular el R.D. 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

3.- NOMENCLATURA

Se repetirán algunos conceptos técnicos a lo largo del proyecto, por lo cual, se emplearán una serie de abreviaturas que se muestran a continuación:

REE = Red Eléctrica de España
AT= Alta Tensión
MT = Media Tensión
CM = Centro de Medida
SET = Subestación Eléctrica Transformadora
BBCC = Batería de condensadores
SSAA = Servicios Auxiliares
GE = Grupo electrógeno
TSA= Transformador de Servicios Auxiliares
TT= Transformador de Tensión
TI = Transformador de Intensidad
TP = Transformador de Potencia
PF = Punta Franklin
50= Relé de sobreintensidad
87= Protección diferencial
86= Relé de disparo y bloqueo
63= Protecciones del transformador
LAAT = Línea Aérea Alta Tensión
SF6= Hexafluoruro de azufre
BESS= Battery Energy Storage System (Sistema de Almacenamiento de energías de baterías)
IP= Índice de Protección
SIC=Sistema Integrado de Control
HMI= Interfaz Hombre-Máquina
UCP= Unidad de Control y Protección
UCS= Unidad Concentrada de todas las posiciones
PVC= Policloruro de Vinilo

4.- PETICIONARIO Y PROMOTOR

La entidad promotora que actuará en la instalación objeto del presente Proyecto es la siguiente sociedad mercantil:

1.- Datos del Promotor	
Denominación Social	ENDESA S.A.
CIF	A-81948077
Dirección Social	Calle Ribera del Loira Número 60, 28042, Madrid, MADRID

5.- CRITERIO DE IMPLANTACIÓN

La Subestación “PE Los Ruejos” objeto del presente proyecto, está ubicada en la provincia de Zaragoza, específicamente, en el Término Municipal de Villarreal de Huerva, polígono 7, parcela 42 y con referencia catastral 50297A00700042 [1] .Su planta tendrá unas dimensiones máximas exteriores de 78,00 por 45,00 metros, quedando en total una superficie construida de 3.510 m². Para su acceso, se plantea un camino de nueva construcción en la misma parcela.

La subestación se sitúa a unos 0,5 km al noreste, aproximadamente, del núcleo urbano de Villarreal de Huerva, siendo éste el núcleo de población más cercano.

Consulta Descriptiva y Gráfica de datos catastrales de las parcelas ocupadas:

[illegible]

Imagen 2. Datos descriptivos de la parcela

6.- EMPLAZAMIENTO

Como se ha citado previamente, la Subestación Eléctrica (SET) “PE Los Ruejos” se ubicará en el Término Municipal de Villarreal de Huerva, provincia de Zaragoza, aproximadamente a 0,50 km al Noreste de la localidad de Villarreal de Huerva.

El acceso a la misma se realizará mediante la carretera A-2509, a la altura con el cruce del Camino de la Estación. Una vez llegado al cruce, aproximadamente a unos 100 m, se encuentra la subestación.

La Subestación se encuentra a unos 858 m.s.n.m. La climatología de la zona es de tipo mediterráneo continental, con inviernos fríos y veranos calurosos.

Las posiciones de las esquinas que conforman el vallado de la Subestación “PE LA CONDESA” en coordenadas UTM son las siguientes:

VÉRTICE	COORDENADAS UTM (HUSO 30 -ETRS89)	
	X_{UTM}	Y_{UTM}
1	643.867,51	4.562.219,89
2	643.795,67	4.562.250,27
3	643.778,16	4.562.208,84
4	643.849,99	4.562.178,47



Imagen 3. Área formada por las esquinas que conforman el vallado

Las posiciones de las esquinas que configuran la explanación de la Subestación “PE Los Ruejos” en coordenadas UTM serán las siguientes:

VÉRTICE	COORDENADAS UTM (HUSO 30 -ETRS89)	
	X_{UTM}	Y_{UTM}
A	643.865,54	4.562.220,69
B	643.794,88	4.562.252,24
C	643.776,19	4.562.208,05
D	643.850,79	4.562.176,50

7.- NORMATIVA LEGAL

En la redacción de la presente documentación se han tenido en cuenta las Normas y Reglamentos que a continuación se indican.

• Obra civil y estructuras

- Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio por el que se aprueba la Instrucción de hormigón estructural, EHE-08.

• Instalaciones eléctricas

- 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 01a 09.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus Instrucciones técnicas complementarias ITC-BT.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Real Decreto 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. (excepto los Capítulos II, IV, V y el anexo I derogados por el R.D.123/2017).
- Real Decreto 123/2017, de 24 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre el uso del dominio público radioeléctrico.

- R.D. 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 647/2020, de 7 de julio, por el que se regulan aspectos necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión de determinadas instalaciones eléctricas.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- P.O. 12.1 Solicitudes de acceso para la conexión de nuevas instalaciones a la red de transporte (Recogido en la resolución de 11-02-2005, BOE 01/03/05).
- P.O. 12.2 Instalaciones conectadas a la red de transporte: requisitos mínimos de diseño, equipamiento, funcionamiento y seguridad y puesta en servicio (Recogido en la resolución de 11-02-2005, BOE 01/03/05).
- Normas Particulares de la Compañía Eléctrica de la zona.
- Normas UNE y CEI aplicables.
- Recomendaciones UNESA aplicables.

• Seguridad y Salud

- Ley 54/2003, de 24 de marzo, por la que se reforma el marco normativo de la prevención de riesgos laborales.

- • Normativa ambiental

- Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.

- Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

8.- OBRAS E INSTALACIONES QUE SE PROYECTAN

8.1- INTRODUCCIÓN

En la subestación objeto del presente Proyecto a realizar, se transforma la energía que llega del parque eólico “Los Ruejos” de 20 MVA nominales en 2 circuitos de 30 kV y de la planta fotovoltaica “Los Ruejos” de 5 MVA nominales en 1 circuito de 30 kV.

El total de la energía se evacua a través de una única línea aérea de 220kV que conectará con la subestación “SET PE Los Ruejos”, objeto de otro proyecto.

Número de niveles de Tensión	2
Tensión (kV)	220,30
N.º de transformadores de potencia	1
Ejecución 220 kV	Intemperie
Ejecución 30 kV	Interior Celdas Blindadas

Los elementos de la Subestación se ubicarán en un recinto vallado que tendrá las dimensiones máximas de 45,00 por 78,00 metros, en los que situaremos los sistemas 220 kV y el edificio donde se alojarán las celdas de 30 kV, al igual que los cuadros de control, SSAA y otras instalaciones necesarias para el proyecto.

8.2- Esquemas unifilares

La subestación eléctrica será de tipo intemperie y posee la siguiente configuración:

- Una (1) posición intemperie de transformador de potencia 220/30 kV, de 25 MVA ONAN-ONAF, con regulación en carga, con salida rígida.
- Un (1) conjunto de celdas de 36 kV formado por celdas blindadas aisladas en SF6 con configuración de simple barra y relés de protección incorporados constituido por:
 - Tres (3) posiciones de líneas.
 - Una (1) posición de baterías de condensadores.
 - Una (1) posición de transformador, lado 30 kV.
 - Una (1) posición de BESS.
 - Una (1) Posición de transformador de servicios auxiliares.
 - Una (1) batería de condensadores de 6 MVAR.
 - Un (1) transformador de servicios auxiliares de 160kVAs.
- Sistema integrado de control y protección (SICOP).
- Sistema de Servicios Auxiliares formado por un transformador de MT/BT y baterías de corriente continua de 125Vcc.
- Sistema de comunicaciones en tiempo real mediante fibra óptica, para el telemando y las protecciones comunicadas.
- Grupo electrógeno para el suministro alternativo de los SSAA de la subestación.
- Sistemas de protección contra incendios y de detección de intrusos.

8.3. Características Generales

8.3.1 Características Eléctricas

Las características eléctricas que constituirán la aparamenta serán las siguientes:

Nivel de tensión del parque	220 kV	30 kV
Tensión nominal	220 kV _{ef}	30 kV _{ef}
Tensión más elevada para el material	245 kV _{ef}	36 kV _{ef}
Frecuencia nominal	50 Hz	50 Hz
Tensión soportada a frecuencia	460 kV _{ef}	70 kV _{ef}
Tensión soportada bajo impulso tipo rayo	1050 kV _{cr}	170 kV _{cr}
Conexión del neutro	Rígido a tierra	A través de reactancia
Intensidad nominal del embarrado	-	1250 A
Intensidad nominal posición de línea	2000 A	630 A
Intensidad nominal posición de transformador	2000 A	1250 A
Intensidad máxima de defecto trifásico	40 kA	25 kA
Duración máxima del defecto trifásico	0,5 s	0,5 s

8.3.2 Aislamiento

Los niveles de aislamiento asociados con los valores normalizados de la tensión más elevada para materiales del grupo B de acuerdo con los niveles de tensión según ITC-RAT 12 [2], serán:

Tensión más elevada para el material (Um)kV eficaces	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV cresta)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)
<u>Nivel 220 kV</u> 245	1050	460

Los niveles de aislamiento asociados con los valores normalizados de la tensión más elevada para materiales del grupo A de acuerdo con los niveles de tensión según ITC-RAT 12, serán:

Tensión más elevada para el material (Um)kV eficaces	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV cresta)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)
<u>Nivel 30 kV</u> 36	170	70

8.3.3 Distancia mínimas

Las distancias mínimas entre fases y fase-tierra para estos niveles de aislamiento vienen fijadas en el reglamento en la ITC-RAT 12, y son las indicadas en la siguiente tabla:

Tensión más elevada para el material (Um) kV eficaces	Distancia mínima entre fases en el aire (mm)	Distancia mínima fase tierra en el aire (mm)
245	2.100	2.100
36	320	320

De igual manera, en las zonas accesibles, la parte más baja de cualquier elemento aislante, por ejemplo, el borde superior de la base metálica de los aisladores estará situado a la altura mínima sobre el suelo de 230 cm según el apartado 4.1.5 de la ITC-RAT 15.

En el parque de 220 kV, 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 $H = 250 + d = 460 \text{ cm}$ ($d = 210 \text{ cm}$, según ITC-RAT 12 Tabla 2), en el caso de pasillos de servicios, cuya anchura sea mayor de 1 m con elementos en tensión a un solo lado o a 1,2 metros con elementos en tensión a ambos lados, distancias todas ellas respetadas según se puede observar en los planos de la subestación adjuntos.

En el caso de la línea de 220 kV, dicho pórtico no deberá rematar a una altura inferior a 7m, pudiéndose conseguir una altura de:

$$D_{220kV}=D_{add}+D_{el}=5,3+1,7=7m$$

donde D_{el} se indica en el apartado 5.2 del ITC-LAT 07 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, en función de la tensión de diseño de 245 kV.

Para impedir los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deberá existir entre éstos y el cierre una distancia de X cm para el caso de 220 kV y 182 cm para el nivel de 30 kV, obteniéndose dicha distancia mediante la siguiente expresión dada por el ITC-RAT 15 apartado 4.3.1, para cerramiento compuesto por un enrejado de cuadrícula no mayor de 50x50mm de cualquier altura $K \geq 220$ cm,

$$G= d+150 \text{ (d=210cm)}= 370 \text{ cm (220 kV)}$$

$$G = d+150 \text{ (d = 32cm)} = 182 \text{ cm (30 kV)}$$

En el apartado de planos se podrá ver la disposición en planta y alzado de los equipos del parque intemperie, así como las distancias adoptadas en el diseño.

8.3.4 Intensidad de Cortocircuito

Los elementos deberán de estar preparados para poder soportar corrientes de corta duración de por lo menos 25 kA para la aparamenta de 30kV, y de 40 kA para el caso de la aparamenta de 220 kV.

En el Anexo I, correspondiente a los cálculos justificativos, se puede observar que la intensidad de cortocircuito nunca supera estos valores con lo que la aparamenta estará correctamente dimensionada.

8.4 Transformador de potencia

El parque intemperie dispondrá de los siguientes transformadores de potencia:

- Un (1) transformador trifásico de 25 MVA, para la evacuación del parque eólico “Los Ruejos” y planta fotovoltaica “Los Ruejos”, con regulación en carga, con salida rígida.

De las siguientes características:

TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFASICO TR1:

- ✓ Potencia nominal transformador trifásico.....25/30 MVA (ONAN / ONAF)
- ✓ Relación de transformación.....220± 10x1.1% / 30 kV
- ✓ Grupo de conexión.....YNd11
- ✓ Frecuencia nominal.....50 Hz
- ✓ Refrigeración.....ONAN/ONAF
- ✓ Intensidad de cortocircuito (I_{cc}).....12%

El transformador dispondrá de regulación en carga con tomas y de los siguientes accesorios:

- ✓ Depósito de expansión.
- ✓ Indicador de nivel de aceite.
- ✓ Desecador de silicagel.
- ✓ Protección Buchholz.
- ✓ Termómetro.
- ✓ Válvula de alivio de sobrepresión.
- ✓ Tapón de vaciado y toma de muestras.
- ✓ Válvulas de filtrado.
- ✓ Radiadores desmontables con válvula de independización.
- ✓ Calzas aislantes.

8.5 Protecciones

En caso de las protecciones, atenderemos a la normativa de Endesa de Especificaciones Técnicas en Distribución Eléctrica S.L.U. SRZ001[3].

En nuestro proyecto, la línea con la que contamos es menor a 10 km, por ello, deberá estar habilitada, tanto la función principal como secundaria. La función diferencial longitudinal (87L) contará con un equipo multifunción 1 tanto como un equipo multifunción 2. También, se deberá activar en ambos equipos con la función (21) [3].

En el caso de los transformadores que estén en AT/MT , que en este caso, cumple para dicha subestación, se colocará un diferencial de transformador (87T) y con un bloque de conexión de los interruptores (86T).

Los diferenciales de línea (87L) se interconectarán mediante una fibra óptica directa punto a punto.

Para las posiciones de MT, se tendrá que disponer con un único relé multifunción por posición, todo dependiendo de la función protectora que se use si es el caso de que se aplique en el circuito, si es de medida, acoplamiento, SSAA o BBCC.

8.5.1 Generalidades

La marca y modelo de los diferentes relés de protección de la subestación se ajustarán a la normativa de la compañía de distribución o transporte en el momento de la ejecución de la misma.

8.5.2 Posición de transformador 220/30 kV

Las medidas que se indicarán serán las siguientes:

- En 220 kV: Intensidad, potencia activa y potencia reactiva.
- En 30 kV: Intensidad, tensión, potencia activa y potencia reactiva.

Las protecciones y automatismos en 220 kV serán:

- Distancia tripolar, con teleprotección.....21
- Direccional del neutro.....67N
- Diferencial de línea.....87L
- Diferencial de transformador.....87T
- Sobreintensidad temporizada inversa e instantánea.....50/51
- Sobreintensidad temporizada inversa e instantánea
neutro.....50N/51N
- Fallo de interruptor.....50BF
- Vigilancia de circuitos de disparo.....3
- Mínima tensión.....27
- Máxima tensión.....59
- Reenganche teledisparo.....94
- Switch on to fault.....SOTF
- Frecuencia.....81M/m
- Relé de enclavamiento.....86
- Protección diferencial de línea.....86L
- Función de teleprotección.....85

Las protecciones y automatismos en 30 kV serán:

- Diferencial de transformador.....87T
- Sobreintensidad temporizada inversa e instantánea.....50/51
- Sobreintensidad temporizada inversa e instantánea
neutro.....50N/51N
- Regulador.....90T
- Fallo de interruptor.....50BF
- Vigilancia de circuitos de disparo.....3
- Bloqueo conexión de interruptor.....86
- Frecuencia.....81M/m
- Mínima tensión.....27
- Máxima tensión.....59
- Máxima tensión de neutro.....59N

Las protecciones comunes a ambos devanados serán:

- Temperatura.....26
- Imagen Térmica.....49
- Buchholz.....63B
- Sobrepresión.....63L
- Nivel de aceite del regulador.....63BJ
- Protección de presión de gas (Relé Jansen).....63J
- Liberador de sobrepresión.....63LCLT

8.5.3 Posiciones de línea 220 kV

Las medidas que se indicarán serán las siguientes:

- Tensión, intensidad, potencia activa y potencia reactiva.

Las protecciones y automatismos serán:

- Distancia tripolar, con teleprotección.....21
- Direccional de neutro.....67N
- Diferencial de línea.....87L
- Fallo de interruptor.....50s+62
- Automatismo reenganchador (*)......79

- Vigilancia de circuitos de disparo.....3
- Cierre o arranque temporizado.....2
- Mínima tensión.....27
- Máxima tensión.....59
- Sincronismo.....25

(*) Para la activación de esta función se deberán tener en cuenta los requisitos legales a tal fin (detección de presencia de tensión superior al 85% de la nominal y temporización de 3 minutos previos a la reconexión).

8.5.4 Posiciones de línea 30 kV

Las medidas que se indicarán serán las siguientes:

- Tensión, intensidad, potencia activa y potencia reactiva.

Las protecciones serán:

- Sobreintensidad temporizada inversa e instantánea.....51/50
- Sobreintensidad temporizada inversa e instantánea de neutro.....51N/50N
- Sobreintensidad de desequilibrio de neutro.....51C
- Vigilancia de circuitos de disparo.....3
- Fallo de interruptor.....50BF
- Mínima tensión.....27
- Protección máxima tensión.....59
- Frecuencia.....81M/m
- Relé de enclavamiento.....86

8.5.5 Posiciones de baterías de condensadores 30 kV

Las medidas que se indicarán serán las siguientes:

- Tensión, intensidad, potencia activa y potencia reactiva.

Las protecciones serán:

- Sobreintensidad temporizada inversa e instantánea.....51/50
- Sobreintensidad temporizada inversa e instantánea de neutro.....51N/50N
- Sobreintensidad de desequilibrio de neutro.....51C
- Vigilancia de circuitos de disparo.....3
- Fallo de interruptor.....50BF
- Mínima tensión.....27
- Protección máxima tensión.....59
- Relé de enclavamiento.....86

8.6 Sistema de 220 kV

En la parte de alta tensión de la parte de la subestación con un nivel de tensión de 220 kV se encontrará ubicada en un recinto vallado en el que se dispondrá de un transformador de potencia y la aparenta necesaria para dicho nivel de tensión (interruptor, seccionador con puesta a tierra, transformadores de intensidad, transformadores de tensión y autoválvulas), así como sus correspondientes estructuras metálicas de soporte.

También se instalarán elementos del esquema de 30 kV tales como la reactancia de puesta a tierra del sistema, la batería de condensadores y el aparellaje necesario para su maniobra.

Las barras de 30 kV del parque interior recibirán la energía generada en el parque eólico “Los Ruejos” y planta fotovoltaica “Los Ruejos”, que será evacuada al sistema por medio de una línea aérea de alta tensión (LAAT) de 220 kV. Se dispondrá por lo tanto de una posición de transformador de potencia, elevador, con salida rígida de línea, con sus correspondientes equipos de medida y facturación.

La topología en el parque de 220 kV será una posición de transformador de potencia (220/30 kV 25 MVA), con salida rígida de línea hacia la Línea Aérea Interconexión, formada por:

- Un (1) pórtico de línea conteniendo por un (1) juego de tres (3) cadenas de aisladores de 245kV.
- Un (1) juego de tres (3) pararrayos autoválvula de óxido metálico, con contador de descargas en zona salida línea.
- Un (1) juego de tres (3) transformadores de tensión tipo inductivo para medida y protección.
- Un (1) conjunto de 3 seccionadores unipolares con puesta a tierra para salida de línea de 245 kV.
- Un (1) juego de tres (3) transformadores de intensidad para medida y protección.
- Un (1) conjunto de 3 interruptores unipolares automáticos de corte en SF6.
- Un (1) juego de tres (3) pararrayos autoválvula de óxido metálico, con contador de descargas en zona de transformador.

La línea de 220 kV estará protegida mediante una protección direccional de neutro (67N), una protección de distancia (21) y otra protección diferencial longitudinal (87L).

La parte del transformador de potencia estará protegida mediante tres relés de sobreintensidad de fase (50), más una protección de sobreintensidad de neutro para faltas a tierra (51N).

La actuación de la protección diferencial (87T) y la de las protecciones del propio transformador (63N- 63BJ-63B-26), estarán concentradas en un relé de disparo y bloqueo (86), con rearme manual, que dispara los interruptores del transformador.

Las protecciones propias del transformador y la protección diferencial dan orden de disparo a los interruptores situados a ambos lados del transformador, mientras que las protecciones de sobreintensidad del transformador, disparan al interruptor de nivel de tensión al que van asociadas.

En el lado de alta tensión se dispondrá de contador electrónico combinado de energía activa y reactiva bidireccional.

Los circuitos de intensidad y tensión de los equipos de medida y protección, estarán alimentados de los transformadores de intensidad y tensión correspondientes.

8.6.1 Interruptores de Potencia

Para la apertura y cierre de la salida rígida de línea, se ha dispuesto la instalación de interruptores unipolares automático de SF₆, para montaje en intemperie.

Sus características principales son:

- Tensión de servicio [kV].....245
- Frecuencia [Hz].....50
- Intensidad nominal de servicio [A].....2.000
- Poder de corte nominal bajo cortocircuito [kA].....40
- Tensión de ensayo con onda 1,2/50 μ s [kV].....1.050

Los interruptores estarán dotados de mando eléctrico de operación acumulada en el resorte. Cada interruptor monopolar tendrá un mando eléctrico.

Se instalará un total de 1 juego de 3 interruptores monopolares de 220 kV.

8.6.2 Seccionadores

Se ha previsto el montaje de seccionadores unipolares para 245 kV de tipo intemperie de doble apertura con columna central.

Las características técnicas principales de estos seccionadores son las siguientes:

- Tensión nominal [kV].....245
- Frecuencia [Hz].....50
- Intensidad nominal de servicio [A].....2.000

- Intensidad admisible de corta duración [kA].....40
- Intensidad admisible (valor cresta) [kA].....105
- Mando..... AE-90

Los seccionadores estarán equipados con accionamiento por motor eléctrico.

Se instalarán un total de 1 juego de 3 seccionadores unipolares con cuchillas de puesta a tierra de 220 kV.

8.6.3 Transformadores de Intensidad

Para ello, se instalarán al lado del interruptor de 220 kV, tres transformadores de intensidad que alimentarán los circuitos de medida y protección.

A continuación, se describen las principales características de estos transformadores:

- Tensión más elevada [kV].....245
- Tensión de servicio [kV].....220
- Frecuencia [Hz].....50
- Relación de transformación [kV].....100-200/5-5-5-5A

Potencias y clases de precisión

- Arrollamiento de medida.....20 VA Cl. 0,2s
- Arrollamiento de medida para telecontrol.....30 VA Cl. 0,5-5P-20
- Arrollamiento de protección 1..... 30 VA Cl. 5P20
- Arrollamiento de protección 2..... 30 VA Cl. 5P20
- Arrollamiento de protección 3..... 30 VA Cl. 5P20

8.6.4 Transformadores de Tensión Inductivos

Se instalarán un juego de tres transformadores de tensión inductivos cuyas características eléctricas más importantes serán las siguientes:

- Tensión más elevada [kV]..... 245
- Tensión de servicio [kV].....220
- Frecuencia [Hz]..... 50
- Relación de transformación [kV]..220:√3/0,11:√3–0,11: √3 kV–0,11: √3

Las potencias y clases de precisión para todos los transformadores de tensión serán los siguientes:

- Arrollamiento de medida 20 VA Cl. 0,2
- Arrollamiento de protección 1.....50 VA Cl. 0,5-3P
- Arrollamiento de protección 2.....50 VA Cl. 0,5-3P

8.6.5 Autoválvulas

Para poder proteger la instalación contra posibles sobretensiones de origen atmosférico, o de cualquier otra causa que pueda producirse, se ha proyectado el montaje de dos juegos de tres pararrayos tipo autoválvula, conectados uno de ellos en la entrada de la línea y otro junto al transformador.

Las características más relevantes son las siguientes:

- Tensión de servicio continuo U_c [kV].....154
- Tensión asignada U_r [kV].....192
- Corriente nominal de descarga (8/20 μ Sg).....10 kA
- Clase.....Medium
- Servicio.....Intemperie

Se instalarán 6 autoválvulas fabricadas de óxido de zinc con recubrimiento exterior de porcelana equipadas con un contador de descargas y sobre un soporte metálico individual.

8.7 Embarrados

8.7.1 Generalidades de los embarrados

Los embarrados principales y auxiliares se elegirán de forma que las temperaturas máximas previstas no provoquen calentamientos por encima de 40 °C sobre la temperatura ambiente.

De esta forma, soportarán los esfuerzos electrodinámicos y térmicos de las corrientes de cortocircuito previstas, sin que se produzcan deformaciones permanentes.

A continuación, se reflejan las intensidades nominales y de diseño, tanto en régimen permanente como en condiciones de cortocircuito, apreciándose que se han elegido unos valores para el diseño de embarrados superiores a los nominales con un margen de seguridad suficiente:

Sistema de 400 kV (No hay embarrado propiamente dicho):

- Intensidad nominal de la instalación.....72,90 A
- Intensidad de cortocircuito soportada:.....40 kA

Sistema de 30 kV:

- Intensidad nominal de la instalación.....534,58 A
- Intensidad de cortocircuito soportada:.....25 kA

8.7.2 Embarrado de 220kV

La conexión de la aparamenta en alta tensión se realizará mediante cable dúplex de aluminio – acero LARL-517 RAIL, cuyas características son:

- Sección total.....516,80 mm²
- Composición.....45+7 hilos de aluminio y acero respectivamente
- Diámetro.....229,61 mm
- Peso.....1.600 kg/km

- Resistencia eléctrica (a 20º C):.....0,0584 Ω /km
- Corriente admisible (sin sol y sin viento).....889,70 A (Por conductor)

Las conexiones entre el conductor citado anteriormente y los diferentes elementos se realizará a través de racores de conexión de fabricación con técnica de ánodo masivo, de diseño circular y equipados con tornillería de acero inoxidable.

Se emplearán conectores bimetálicos en caso de unión de metales de electronegatividades diferentes (cobre-aluminio).

8.7.3 Embarrado de 30kV

En cuanto a la salida de las bornas en el devanado secundario del transformador de potencia, el embarrado estará formado por un tubo de cobre de 50 mm de diámetro exterior y 40 mm de diámetro interior (sección 707 mm²), que admite un paso de corriente permanente de 1.421 A.

La conexión entre el embarrado de salida del transformador de potencia y la celda de transformador de 30 kV se hace a través de tres ternas de cable de potencia de 630 mm² de aluminio, tipo RH5Z1 18/30 kV y terminales flexibles, que soportan una intensidad máxima de 1.352,64 A.

8.8 Sistema de 30 kV

8.8.1 Salida de 30 kV

En la salida del transformador de 220/30 kV se va a colocar la siguiente aparamenta exterior:

Un (1) juego de tres (3) unidades de pararrayos autoválvula de óxido metálico con envolvente polimérica de las siguientes características:

- Tensión máxima de servicio (U_m).....36kV
- Tensión nominal del pararrayos.....36kV
- Tensión de operación continua.....29kV
- Distancia de fuga mínima 900 mm
- Corriente de descarga asignada 10 kA

- Nivel de aislamiento.....170kV
- Servicio.....Intemperie
- Clase.....2

Tres (3) aisladores apoyo.

Nueve (9) terminales exteriores para cable 18/30 kV.

Una (1) unidad de transformador de intensidad toroidal, para protección contra faltas a tierra, a instalar en la puesta a tierra de la reactancia, con las características siguientes:

- Tensión nominal.....36 kV
- Relación de transformación.....500 / 5 A
- Potencia y Clase de precisión.....15 VA CL.5P20

Tres (3) unidades de transformadores de intensidad para protección de la reactancia, a instalar en el primario de ésta, de las siguientes características:

- Tensión nominal.....36 kV
- Relación de transformación.....500 / 5 A
- Potencia y Clase de precisión.....15 VA CL.5P20

Tres (3) unidades de seccionadores unipolares para desconexión de la reactancia, a instalar en el primario de ésta, de las siguientes características:

- Tensión nominal.....36 kV
- Intensidad nominal.....630 A
- Intensidad de corta duración.....25 kA
- Mando.....Manual

8.8.2 Reactancia

Con el objetivo de poder detectar posibles faltas monofásicas que se puedan efectuar en las barras de 30 kV, se procederá a la instalación de una reactancia en la salida de 30 kV del transformador. La ausencia de la reactancia provocará que la no haya circulación de corriente por tierra, por lo cual, produciría sobretensiones no deseadas.

La corriente de falta se limitará a 500 y una duración de falta de unos 30 segundos.

La reactancia tendrá las siguientes características:

- Tipo.....Trifásica en baño de aceite mineral
- Instalación.....Intemperie
- Numero de fases.....3
- Frecuencia nominal.....50 Hz
- Modo de refrigeración.....ONAN
- Conexión.....Zig-Zag (ZN0)
- Máxima corriente de falta a tierra (por neutro).....500 A
- Duración máxima de la falta a tierra.....30 s
- Máxima corriente en régimen continuo (falta resistente) 50 A
- Impedancia homopolar de fase.....70/104 Ω

8.8.3 Celdas 30 kV

8.8.3.1 Generalidades

Las celdas son del tipo blindado y encapsulado trifásico con aislamiento de gas hexafluoruro de azufre (SF₆). La configuración eléctrica es de simple barra.

El conjunto de celdas para maniobra está formado por un embarrado simple barra distinguido con las siguientes posiciones:

Embarrado:

- Una (1) posición de transformador.
- Tres (3) posiciones de línea.
- Una (1) posición de BESS.
- Una (1) posición de SSAA.
- Una (1) posición de BBCC.
- Medida de tensión en barras.
- Dos (2) medidas de intensidad en barras.

Características generales de las celdas:

- Tensión nominal de aislamiento.....36 kV
- Tensión de servicio.....30 kV
- Intensidad nominal del embarrado.....1.250 A
- Corriente de cortocircuito simétrica admisible.....25 kA

8.8.3.2 Posiciones de Línea

Sin medida de intensidad en barra.

Tres detectores de presencia de tensión capacitivos.

Tres transformadores de intensidad:

- Nivel de aislamiento.....0,72 kV
- Relación de transformación..... 300 - 600/ 5-5 A
- Potencia y clase de precisión devanado 1.....15 VA, cl. 0,5
- Potencia y clase de precisión devanado 2.....30 VA, cl. 5P20

Un interruptor automático:

- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Intensidad nominal.....630 A
- Poder de corte en cortocircuito.....25 kA
- Capacidad de cierre en cortocircuito.....63 kA
- Ciclo de maniobra O-0,3 s-CO-15 s-CO

Un seccionador de barras con puesta a tierra:

- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Intensidad nominal.....630 A
- Intensidad de corta duración.....25 kA
- Mando de las cuchillas.....Manual

Tres transformadores de intensidad (en el embarrado):

- Nivel de aislamiento.....0,72 kV
- Relación de transformación..... 300 - 600/ 5-5 A

- Potencia y clase de precisión devanado 1.....10 VA, cl. 0,2s
- Potencia y clase de precisión devanado 2.....10 VA, cl. 0,2s

8.8.3.3 Posiciones de Transformador

Tres detectores de presencia de tensión.

Tres transformadores de intensidad:

- Nivel de aislamiento.....0,72 kV
- Relación de transformación.....600 – 1.200/ 5-5 A
- Potencia y clase de precisión devanado 1.....10 VA, cl. 0,5s
- Potencia y clase de precisión devanado 2.....30 VA, 5P20
- Potencia y clase de precisión devanado 3.....30 VA, 5P20

Un interruptor automático:

- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Intensidad nominal.....1.250 A
- Poder de corte en cortocircuito.....25 kA
- Capacidad de cierre en cortocircuito.....80 kA
- Ciclo de maniobra.....O-0,3 s-CO-3 min-CO

Un seccionador de barras con puesta a tierra:

- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Intensidad nominal.....1.250 A
- Intensidad de corta duración.....25 kA
- Mando de cuchillas.....Manual

Tres transformadores de tensión inductivos (en el embarrado):

- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Tensión nominal.....33 kV
- Frecuencia.....50 Hz
- Tensión eficaz de ensayo 1 minuto 50Hz.....70 kV
- Tensión de cresta de ensayo con onda 1,2/50 μ s.....170 kV

Relación de transformación:

- 1º devanado.....33.000/ $\sqrt{3}$ / 110/ $\sqrt{3}$ V
- 2º devanado.....33.000/ $\sqrt{3}$ / 110/ $\sqrt{3}$ V
- 3º devanado.....33.000/ $\sqrt{3}$ / 110/ $\sqrt{3}$ V

Potencia y clase de precisión:

- 1º devanado.....20 VA, cl. 0,2
- 2º devanado.....25 VA, cl. 0.5-3P
- 3º devanado.....50 VA, cl. 3P

8.8.3.4 Posiciones de BESS

Tres detectores de presencia de tensión capacitivos.

Tres transformadores de intensidad:

- Nivel de aislamiento.....0,72 kV
- Relación de transformación..... 300 - 600/ 5-5 A
- Potencia y clase de precisión devanado 1.....15 VA, cl. 0,2s
- Potencia y clase de precisión devanado 2.....30 VA, cl. 5P20

Un interruptor automático:

- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Intensidad nominal.....630 A
- Poder de corte en cortocircuito.....25 kA
- Capacidad de cierre en cortocircuito.....63 kA
- Ciclo de maniobra.....O-0,3 s-CO-15 s-CO

Un seccionador de barras con puesta a tierra:

- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Intensidad nominal.....630 A
- Intensidad de corta duración.....25 kA
- Mando de cuchillas.....Manual

8.8.3.5 Posiciones de Batería de Condensadores (BBCC)

Tres detectores de presencia de tensión capacitivos

Tres transformadores de intensidad:

- Nivel de aislamiento.....0,72 kV
- Relación de transformación..... 200 - 400/ 5-5 A
- Potencia y clase de precisión devanado 1.....15 VA, cl. 0,5s
- Potencia y clase de precisión devanado 2.....30 VA, 5P20

Un interruptor automático:

- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Intensidad nominal.....630 A
- Poder de corte en cortocircuito.....25 kA
- Capacidad de cierre en cortocircuito.....80 kA
- Ciclo de maniobra.....O-0,3 s-CO-3 min-CO

Un seccionador de barras con puesta a tierra:

- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Intensidad nominal.....630 A
- Intensidad de corta duración.....25 kA
- Mando de cuchillas.....Manual

8.8.3.6 Posiciones de Trafo de Servicios Auxiliares

Un interruptor seccionador de 3 posiciones:

- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Intensidad nominal.....630 A
- Intensidad de corta duración.....25 kA
- Poder de cierre.....80 kA
- Mando Manual

Tres fusibles

- Intensidad nominal.....10 A

8.8.4 Transformador de Servicios Auxiliares

Se procederá a instalar un transformador SSAA dentro del edificio proyectado y sus características principales serán las siguientes:

- Potencia nominal.....160 kVA
- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Relación de transformación..... $\pm 2,5 \pm 5 + 7,5\%$ /0,42 kV
- Grupo de conexión.....Dyn11

8.8.5 Baterías de Condensadores Compactas de 6 MVAR

Se procederá a la instalación de una batería de condensadores, formada por una cabina compacta de envolvente metálica, preparada para trabajar protegida o en intemperie (IP55), y en cuyo interior se sitúan los condensadores, en número de 12, hasta totalizar una potencia de 6 MVAR, el transformador de intensidad para la protección de desequilibrio y el dispositivo de puesta a tierra de seguridad del equipo.

Los seccionadores de la celda de batería quedarán enclavados mediante cerradura cuya llave sólo será accesible una vez abierto el interruptor situado en la batería de condensadores.

La composición del conjunto constará de los siguientes elementos:

12 botes de condensadores:

- Potencia nominal.....500 kVAr (6 MVAR)
- Tensión nominal.....18.200 V (17,5 kV)
- Configuración.....Doble estrella

Un transformador de intensidad toroidal para desequilibrio:

- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Relación de transformación.....5/ 5 A
- Secundario.....10 VA cl. 5P10

Un seccionador de puesta a tierra:

- Nivel de aislamiento.....36 kV
- Intensidad de corta duración.....16 kA
- Mando de cuchillas.....50 μ H

8.9 Servicios Auxiliares

Parar el suministro que se realizará de energía en baja tensión en los distintos sistemas de maniobra y control se proporcionará de energía procedente de un transformador encapsulado de 160kVA de relación 30 kV/ 420 V, que será ubicado en la sala del edificio a proyectar, donde tomará la energía y siendo protegido mediante una celda de servicios auxiliares con ruptofusible.

8.9.1 Sistema de BT, Corriente Alterna

Los cuadros de servicios auxiliares de corriente alternan a 400 V tomarán la energía del citado transformador.

Estos cuadros suministrarán energía a todos aquellos receptores que precisen de alimentación con corriente alterna, tales como los rectificadores de corriente continua, los equipos de control de la Subestación y la alimentación de los circuitos de fuerza y alumbrado de todo el edificio.

Se instalará un Grupo Electrónico (GE) de 100 kVA para poder hacer frente a posibles interrupciones en el suministro eléctrico.

8.9.2 Sistema de BT, Corriente Continua

Con el fin de suministrar corriente continua a los dispositivos que lo precisen, se procederá a la instalación de dos equipos constituidos por baterías de NiCd de 125 Vcc y sus correspondientes equipos rectificadores, con alimentación de corriente alterna independiente para cada uno de ellos.

La alimentación de los equipos de protección y control de cada posición se repartirá entre dos circuitos independientes. Cada uno de estos circuitos estará conectado a uno de los sistemas de baterías.

Los equipos de comunicaciones serán alimentados a 48 Vcc. Para esto se emplearán convertidores Vcc/Vcc de 125 Vcc/48 Vcc, instalados en los mismos armarios que los equipos de comunicación

8.10 Sistema de Puesta a Tierra

8.10.1 Red de Tierra Inferior

La instalación constará de una malla de retícula cuadrada, para la puesta a tierra, formada por conductores de cobre y picas, enterrados a una profundidad mínima de 0,8 m, en zanjas rellenas de tierra vegetal para facilitar la disipación de la corriente.

La sección a emplear, atendiendo a la conservación de los conductores, a la máxima corriente de falta, así como a la distribución de potenciales, será de 120 mm² en cobre.

Las conexiones previstas se fijarán a la estructura y carcasas del aparellaje mediante tornillos y grapas especiales de aleación de cobre, que permitan no superar la temperatura de 200 °C en las uniones y que aseguren su continuidad.

Según especificación de la ITC-RAT 13, a esta malla se conectarán las tierras de protección (herrajes metálicos, armaduras, puertas, bastidores, etc.) con el fin de aumentar la seguridad del personal que transite por la subestación y las de servicio, como son los neutros de los transformadores de potencia, los neutros de los transformadores de tensión e intensidad, los de las reactancias o resistencias, y las puestas a tierra de las protecciones contra sobretensiones.

En aplicación del reglamento de alta tensión, una vez efectuada la instalación de puesta a tierra se medirán las tensiones de paso y de contacto, asegurándose de que los valores obtenidos están dentro de los márgenes que garantizan la seguridad de las personas.

8.10.2 Red de Tierra Aérea

Para ello, se instalarán 3 pararrayos tipo Punta Franklin (PF), con el fin de proteger la instalación frente a descargas atmosféricas. Uno de los pararrayos se situará anexo al transformador a instalar, el otro en el tejado del edificio de control y el otro se colocará en el pórtico de entrada de la línea de 220 kV.

8.11 Cuadros de Control y Armarios de Protecciones

8.11.1 Unidades de Control

La Subestación Eléctrica contará con un Sistema Integrado de Control (SIC). El SIC estará diseñado para recoger en tiempo real toda la información de la subestación eléctrica, para su envío al sistema de telecontrol superior y almacenamiento local para la gestión a través del HMI, permitiendo la ejecución de órdenes remotas sobre los elementos de campo. De igual modo, se permite el acceso a las protecciones para la visualización y configuración de las mismas.

Esta información se gestionará desde dos puntos: localmente (consola local de control y protección) y desde el Despacho de explotación.

El SIC estará formado principalmente por los siguientes elementos:

- Unidades de control y protección para cada posición (UCP).
- Unidad concentradora de todas las posiciones (UCS).
- Consola local de control (tipo PC).
- Sistema de comunicaciones para interconexión de la UCS con las UCPs.
- Armario para alojamiento físico de los componentes.

La comunicación interna entre los distintos componentes del SIC será por medio de cables de fibra óptica con protección contra roedores, en los canales de cables del edificio.

La configuración de comunicaciones ha de ser en estrella, de manera que sin pasar por la UCS siempre se permita la conexión directa entre UCPs de distintas posiciones para garantizar el funcionamiento correcto de posibles enclavamientos eléctricos entre ellas.

El protocolo de comunicación a emplear entre UCP y UCS debe responder a la configuración propuesta.

El protocolo de comunicaciones previsto para la conexión con telecontrol será del tipo normalizado IEC 60870-5-104.

8.11.2 Armarios de Control y Armarios de Protección

En cada uno de los edificios de control se instalarán, en una sala, todos los cuadros de control necesarios para garantizar la supervisión, monitorización, control y protección, así como los equipos de telemando y comunicaciones de las zonas de cada una de las propiedades de la subestación.

El cuadro de control alojará los conmutadores de símbolo y mando, señalización y alarmas y la medida instantánea.

Los relés para las protecciones del parque irán alojados en sus correspondientes bastidores.

Para que la compañía eléctrica disponga de telemedida se instalarán convertidores de tensión y potencia activa y reactiva.

Adicionalmente, los relés podrán incorporar osciloperturbógrafo, que permitirán el registro de algunos ciclos de las diversas magnitudes medidas con anterioridad a que se produzca una falta, para realizar un análisis posterior de la misma.

Los equipos necesarios para realizar las funciones de mando, medida, protección, señalización, alarmas y telemando se alojarán en un conjunto de armarios metálicos, constituyendo el denominado cuadro de control. Los armarios son de apertura frontal con dos puertas superpuestas. La primera de metacrilato transparente de protección y la segunda formada por un bastidor móvil para alojar racks de 19".

En el interior del armario se alojan los relés de protección, relés auxiliares, magnetotérmicos y bornas. En el frontal del armario se colocan los equipos de medida, protección y control. Estos equipos se montan en cajas de $\frac{1}{4}$ de rack de 19”, en 6 alturas, previstos para su montaje empotrado en panel.

Los equipos de protección contienen un display gráfico de control. La presentación del estado del interruptor y seccionadores se hace mediante un mímico interactivo. El mando se realiza a través de pulsadores que lleva la propia protección y que actúan directamente o a través de relés auxiliares, realizando las funciones de conexión-desconexión del interruptor, reenganchador servicio-fuera servicio, mando local-telemando, etc. La indicación de alarmas se realiza mediante unos leds de la protección y su correspondiente pantalla en la que aparecen indicadas. Las funciones de telemando se realizan a través de todos los elementos anteriormente descritos.

El cableado interior de los armarios se realiza mediante hilo flexible de cobre, con aislamiento libre de halógenos (ES07Z1), no propagador del fuego, de secciones $1,5\text{mm}^2$ y $2,5\text{mm}^2$.

Los cables irán por dentro de canaletas, con aberturas laterales para salidas de cable y tapas extraíbles. Cada punta de cable tendrá el terminal correspondiente y las interconexiones se realizarán a través de regletas terminales formadas por bornas seccionables o no seccionables, debidamente rotuladas.

8.12 Sistemas Complementarios

La subestación contará con una serie de sistemas que complementan la operatividad de la misma garantizando la seguridad en condiciones de riesgo o simplemente manteniendo las condiciones ambientales suficientes:

- Alumbrado y Fuerza.
- Sistema contra-incendios.
- Sistema anti-intrusismo.
- Climatización dependencias del edificio.
- Instalaciones suministro agua.

- Instalaciones saneamiento.
- Materiales de protección, seguridad y señalización.

8.13 Grupo Electrónico

Se instalará un grupo electrógeno de 100 kVA para poder hacer frente a posibles interrupciones en el suministro eléctrico. El grupo electrógeno de emergencia y sus instalaciones complementarias se ubicarán en un recinto independiente, convenientemente aislado, dentro del edificio.

8.14 Cables

8.14.1 Cables de Baja Tensión

Los conductores de la subestación, serán de Cobre (Cu) o de Aluminio (Al) , dependiendo de la sección adecuada de intensidad que transportan en cada caso.

El cálculo técnico de los cables se realizará por:

- Densidad de corriente.
- Caída de tensión.
- Cortocircuito.

El material de aislamiento será de polietileno reticulado químicamente (XLPE), para un nivel de aislamiento de 0,6/1 KV.

Cuando se utilicen por temas de seguridad, se realizarán mediante una corona de alambres de acero galvanizado.

La cubierta exterior del cable será de policloruro de vinilo (PVC) de color negro, Deberá llevar grabada, de forma indeleble, la identificación del conductor y nombre del fabricante.

8.14.2 Cables de Fibra Óptica

Se usarán cables dieléctricos antirroedores multimodo de 48 fibras ópticas.

8.15 Obra Civil

8.15.1 Obra Civil Intemperie

8.15.1.1 Descripción

La subestación se alojará en un recinto vallado en el que habrá que desarrollar diversas obras civiles, para que pueda cumplir las funciones previstas, entre las que destacan las siguientes:

- Explanación y nivelación del terreno.
- Ejecución y/o acondicionamiento de accesos.
- Excavación y hormigonado de anclajes de aparamenta.
- Realización de las zanjas para la red de tierras.
- Realización de las atarjeas exteriores para el paso de cableado de control y potencia con tapas de hormigón.
- Bancada para el transformador de potencia.
- Depósito de recogida de aceite.
- Realización del vallado perimetral con malla de simple torsión y alambre de espino.
- Extendido de capa de gravilla de remate.

8.15.1.2 Movimiento de tierras

Se efectuarán los correspondientes movimientos de tierras a fin de poder conseguir las explanaciones necesarias para la subestación y sus instalaciones:

CUADRO DE SUPERFICIES CONSTRUIDAS	
EDIFICIO/ZONA	ÁREA (m ²)
Parque Intemperie	3.282,00
Edificio Control	204,00
Edificio de residuos	24,00
TOTAL CONSTRUIDA	3.510,00

CUADRO DE SUPERFICIES OCUPADAS	
EDIFICIO/ZONA	ÁREA (m ²)
Subestación	4.128,56
Vial de acceso	362,00
TOTAL OCUPADA	4.490,56

8.15.1.3 Sistema de tierras

Se realizarán las excavaciones necesarias para el enterramiento del mallado de cable de cobre que forma la red de tierras de la subestación siendo la profundidad de 0,8 m. Además, se enterrarán dos tierras perimetrales, uno exterior a la valla del recinto más otro interior, junto con otro en el exterior del edificio de control.

A esta malla se conectarán el cable de cobre y las pantallas de los cables de las líneas subterráneas, las tierras de protección y las tierras de servicio. Con esta configuración de electrodo se reducen casi completamente las tensiones de paso y contacto, anulándose el peligro de electrocución del personal de la instalación.

Todas las conexiones enterradas se realizarán por medio de soldadura aluminotérmica de alto punto de fusión tipo Cadwell, y los cables de tierra se fijarán a los soportes metálicos de la aparamenta de la subestación con piezas de conexión a compresión adecuadas.

8.15.1.4 Saneamiento

La recogida de aguas pluviales, se efectuará por medio de colectores formados por cunetas y tuberías de cemento de distintos diámetros.

A los colectores se conducirán todas las aguas pluviales, así como las procedentes de las canalizaciones de cables.

8.15.1.5 Accesos y viales

Los viales en el interior de la subestación tendrán 4,0 m de ancho de calzada como mínimo.

El eje de acceso que da entrada a la subestación tendrá 5,0 m de ancho de calzada como mínimo y cumplirá con los siguientes requerimientos:

- Capacidad portante para un vehículo de 15.000 kg con ejes separados 4,5m y actuando 5.000 kg sobre el eje delantero y 10.000 kg, sobre el eje posterior, con una sobrecarga de uso de 2.000kg.
- En los tramos curvos el carril de rodamiento ha de quedar delimitado por el trazado de una corona circular, los radios de los cuales serán de 5,30 m, y 12,50 m, con una anchura libre para la circulación de 7,20 m.
- Altura libre que permita el paso de un vehículo de 3,50 m, de altura, con un margen de seguridad de 0,20 m.
- Pendiente inferior al 15%.

8.15.1.6 Transformador de potencia (TP)

Para el caso de la instalación del transformador de potencia se proyectará la construcción de su bancada correspondiente.

La bancada estará constituida por muros de cemento armado sobre solera del mismo material. La parte superior estará formada por un forjado unidireccional formado por viguetas de hormigón pretensado.

La bancada se diseñará para ser capaz de almacenar el volumen de aceite del transformador. Se utilizará hormigón armado HA-25/P/20 con resistencia característica de $f_{ck} = 250 \text{ kp/cm}^2$.

Se han proyectado un depósito de hormigón enterrado, con capacidad para alojar todo el aceite del transformador.

8.15.1.7 Estructuras metálicas

La obra por realizar consiste en construir los cimientos soporte de la estructura metálica de los sistemas de 220 y 30 kV.

Para los bastidores encargados de soportar los conductores de alta tensión conectados al transformador de potencia, así como la aparamenta de medida y protección, se utilizarán cimentaciones del tipo “zapata aislada”.

Serán de hormigón en masa (excepto armaduras para retracción del hormigón) y traerán las placas de anclaje de las estructuras sobre sus peanas (2ª fase de hormigonado).

Se preverán en las cimentaciones la canalización, de tal forma, que permita facilitar el trazado de los cables de la red de tierras y de los conductores de control hasta la sala de armarios de control.

8.15.1.8 Canalizaciones Eléctricas

En el caso del tendido de cables de los aparatos eléctricos hasta los paneles de control de la Subestación, se preverá una red de canalizaciones de cables con las correspondientes tapas de registro.

Las zanjas de cables son del tipo normalizado con una anchura de 0,45 m interior con tapas de hormigón prefabricado de 0,54 m.

El cruce de viales dentro de la Subestación se realizará con tubos hormigonados.

8.15.1.9 Cierre de las Subestación

Todo el recinto de la Subestación estará protegido por un cierre de malla metálica para evitar el acceso a la misma de personas ajenas al servicio. En los planos correspondientes puede apreciarse la disposición adoptada.

La altura del cierre será como mínimo de 2,20 m de acuerdo a lo especificado en el punto 3.1 de la ITC-RAT 15, del Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión y sus fundamentos técnicos.

8.15.1.10 Elementos auxiliares de seguridad

En los edificios de la Subestación se ha dispuesto de equipos de detención y extinción de incendios.

Los equipos de detención constarán de una serie de elementos detectores, instalados en lugares apropiados, que ante la presencia de humos y calor actuarán como alarmas.

Los detectores irán adosados al techo de cada dependencia.

Los equipos de extinción de incendios constarán de extintores portátiles de espuma carbónica, nieve carbónica y polvo de granito de diversos tamaños.

Se colocarán los materiales de seguridad para las tensiones de 220 kV y 30 kV, tales como banquetas, detectores de tensión, pértigas, guantes aislantes, etc. así como los carteles indicaciones con las 5 reglas de oro, límite de zona de trabajo y requisitos previos.

8.15.2 Obra Civil Edificios

Se construirá un edificio con las instalaciones necesarias, contando con las siguientes dimensiones exteriores de 20,40 metros de largo por 10 metros de ancho, contando con las siguientes salas:

EDIFICIO DE OBRA CIVIL	
SALA /ZONA	ÁREA (m ²)
Sala de celdas	38,97
Grupo de Electrógeno	10,70
TSA (Transformador SSAA)	4,93
Sala Parque Eólico	30,19
Aseo-Vestuario	19,19
Usos Varios	10,08
Sala de Control	28,98
Oficina	15,10
Pasillo	15,78
Sala de Contadores	6,00
SUPERFICIE TOTAL ÚTIL	179,92

El parque intemperie contará a su vez con un edificio de Residuos de 8x3 metros.

8.15.2.1 Movimiento de Tierras

Para ello, se realizará una limpieza previa y desbroce del solar y en presencia de la dirección facultativa de la obra, se efectuará el replanteo de acuerdo con el plano de planta, para proceder a la excavación de las zapatas y zanjas de cimentación, debiendo en cualquier caso llegar con los pozos de las zapatas hasta encontrar el terreno resistente de acuerdo con los datos del terreno.

En cualquier caso, se extremarán durante la excavación las medidas de seguridad, procediendo a realizar las entibaciones necesarias.

8.15.2.2 Cimentación

Se plantean cimentaciones con zapatas aisladas, atadas entre sí para el edificio, dadas las características y resistencias del terreno sobre el que se sustentará el mismo.

Los cimientos se llenarán de hormigón de la resistencia característica adecuada, habiéndose limpiado previamente todas las tierras caídas durante la excavación.

Antes de proceder al hormigonado se colocarán los anclajes de pilares y muros, así como las armaduras de zapatas.

Los muros de cimentación, así mismo, se ajustarán a las especificaciones contenidas en los planos y demás documentos del presente proyecto.

8.15.2.3 Red enterrada de saneamiento

La red de saneamiento irá enterrada en zanja sobre lecho de arena siendo la tubería de PVC. La parte de la misma que deba quedar enterrada por la cimentación o la solera se ejecutará de la manera más esmerada.

Los pasos de muros se ejecutarán mediante la colocación de un contratubo de plástico flexible que permita una libre dilatación sin fractura del propio tubo, quedando sellado el espacio entre las dos tuberías.

8.15.2.4 Solera

La solera se ejecutará sobre un relleno de tierras compactadas con hormigón de resistencia característica adecuada, con juntas de construcción distribuidas con una distancia máxima de 8,00 m.

La solera se ejecutará con una pendiente hacia los sumideros.

La terminación de las soleras que deban de quedar vistas sin revestimiento de solado posterior, se ejecutará mediante fratasado mecánico con acabado en cuarzo.

8.15.2.5 Estructura

Se plantea una estructura a base de pilares metálicos, sobre los que se asientan las cerchas de formación de pendiente y las correas necesarias para la realización de los faldones de la cubierta.

8.15.2.6 Cubiertas

La cubierta del edificio será a dos aguas, con pendientes descendentes del 30% y realizadas de teja cerámica curva colocada sobre faldones contruidos con placas cerámicas autoportantes tipo ITECE.

8.15.2.7 Albañilería

La fachada exterior se resolverá a base de bloques vistos tipo Split de mortero de cemento en color paja, jaharrado interior de mortero de cemento, cámara con aislamiento, tabique de hueco doble y lucido interior de yeso, remarcando los cabeceros y vierteaguas de las ventanas, con piezas de bloque visto tipo liso de manera que queden realzados los citados huecos.

Las distribuciones interiores se realizarán con tabique hueco doble lucido de yeso por ambas caras, excepto en las divisiones de los aseos que estarán jaharradas con mortero de cemento y posteriormente alicatadas.

Las estancias correspondientes a la sala de control, contarán con falso techo registrable a base de placas de escayola.

8.15.2.8 Solados y alicatados

Todos los solados del edificio se ejecutarán de terrazo microgramo gris.

Los alicatados en los aseos se ejecutarán con azulejos de 20 x 10 en color blanco.

Los cuartos de celdas presentarán un suelo técnico, formado por piezas de panel tipo “permali” desmontables, montadas sobre perfilería metálica específica, de manera que pueda ser practicable el espacio bajo el mismo, por donde discurren todos los cableados de control y potencia.

El pavimento exterior se resolverá a base de piezas de terrazo para exteriores antideslizantes, con dimensiones de 30x30, rematadas por un bordillo de remate.

8.15.2.9 Carpintería

La carpintería interior se ejecutará en madera para barnizar, en cambio, en el caso de la carpintería exterior se ejecutará de aluminio anodizado en color, en las ventanas correspondientes a la sala de control y despacho, siendo de piezas prefabricadas de hormigón el resto de las ventanas, en las que dos de las piezas de cada hueco serán practicables mediante bastidores de acero galvanizado.

8.15.2.10 Cerrajería

Las puertas exteriores del edificio, así como las posibles rejas de protección de las ventanas, se ejecutarán con perfilería metálica en acero galvanizado.

8.15.2.11 Instalaciones

Se ejecutarán según diseño y dimensionado de los planos correspondientes de instalaciones, teniendo en cuenta que la instalación de fontanería y la instalación de calefacción se realizará de acuerdo con el Código Técnico de la Edificación, que las instalaciones de electricidad con el reglamento electrotécnico para baja tensión y normas de la compañía suministradora.

El abastecimiento de agua se realizará a través de un depósito de agua potable ubicado en el exterior y provisto de un pequeño grupo de presión, la producción de agua caliente se realizará mediante un termo eléctrico. Para el saneamiento se construirá en el exterior del edificio un depósito estanco que sirva para recoger y tratar la pequeña cantidad de aguas residuales que se produzcan.

8.15.2.12 Vidrería

La carpintería exterior ira dotada con vidrio "Climalit" tipo 4+6+4.

8.15.2.13 Pintura

La pintura será al plástico picado en paredes y al plástico liso en techos.

8.16 Estructura Metálica

Los soportes para la aparamenta del parque intemperie estarán constituidos por perfiles metálicos normalizados y galvanizados.

De la misma manera, se construirán las estructuras de soporte del embarrado y el pórtico de salida de la línea de evacuación. Estas estructuras estarán dimensionadas para soportar los esfuerzos ejercidos por los conductores, así como efectos atmosféricos adversos.

8.17 Normativa Prevención de Incendios

De acuerdo con el RD 2267/04, respecto a su configuración y ubicación, la Subestación presenta dos tipos de establecimiento, tipo E la parte ocupada por el parque intemperie, puesto que ocupa un espacio abierto con una cobertura no mayor del 50% de la superficie ocupada, y tipo C el edificio de control, como establecimientos industriales que ocupan totalmente un edificio y se encuentran a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos.

Para una estación transformadora se considera una densidad de carga fuego media de 300 MJ/mm^2 , con riesgo de activación medio (tabla 2.1 apéndice 1). Según estos datos el nivel de riesgo intrínseco de la instalación es bajo (tabla 1.3 apéndice 1), lo que justifica que sean suficientes las prescripciones del ITC-RAT 13 para prevención de incendios en la S.E.T.

8.17.1 Parque Intemperie

La superficie del parque de la subestación estará recubierta de una capa de grava a la que se tratará con herbicidas para evitar el crecimiento de hierbas que supongan al secarse riesgo de incendio.

Los transformadores y reactancias cuentan con dispositivos de protección (Interruptores automáticos de corte en SF_6) que los desconectan del resto de la red ante situaciones en las que se pudiera dar peligro de incendio como cortocircuitos, sobrecargas y otras causas que puedan suponer calentamientos excesivos.

8.17.2 Edificio de Mando y Control

Se aplicará las prescripciones del apartado 5.1 de la ITC-RAT 14 para prevención de incendios en el edificio de la subestación con lo que no será necesaria la instalación de un equipo fijo de extinción de incendios.

Para la determinación de las protecciones contra incendios a que puedan dar lugar las instalaciones eléctricas de alta tensión, además de otras disposiciones específicas en vigor, tal y como se indica en la ITC-RAT 14, se tendrá en cuenta:

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

Con carácter general se aplicará lo indicado por el Código Técnico de la Edificación, Documento Básico– Seguridad en caso de Incendio (CTE-DB-SI), en lo que respecta a las características de los materiales de construcción, resistencia al fuego de las estructuras, compartimentación, evacuación, y en particular, sobre aquellos aspectos que no hayan sido recogidos en este Reglamento y afecten a la edificación.

Tal y como indica la ITC-RAT 14 se colocará un extintor (como mínimo) de eficacia 89B en aquellas instalaciones en las que no sea obligatoria la disposición de un sistema fijo. Este extintor deberá colocarse siempre que sea posible en el exterior de la instalación para facilitar su accesibilidad y, en cualquier caso, a una distancia no superior a 15 metros de la misma.

Si existe personal itinerante de mantenimiento con la misión de vigilancia y control de varias instalaciones que no dispongan de personal fijo, este personal itinerante deberá llevar, como mínimo, dos extintores de eficacia 89B, no siendo precisa en este caso la existencia de extintores en los recintos que estén bajo su vigilancia y control.

El plazo de ejecución de las obras a que se refiere el presente proyecto es de 9 meses. Se muestra el cronograma.

[illegible]

10.- RELACIÓN DE ORGANISMOS AFECTADOS

Las administraciones públicas que se verían afectadas por las instalaciones de la subestación eléctrica 220/30 kV “PE Los Ruejos”:

- Ayuntamiento de Villarreal de Huerva

11.- PRESUPUESTO

Ahora, se va a mostrar el presupuesto de la ejecución de la nueva Subestación Eléctrica “PE Los Ruejos”.

1. TRANSFORMADOR DE POTENCIA	480.000,00 €
2. APARAMENTA 220 kV	221.040,00 €
3. APARAMENTA 30 kV	283.475,00 €
4. EMBARRADOS Y CABLEADOS	86.810,00 €
5. SOPORTES Y ESTRUCTURAS	70.000,00 €
6. RED DE TIERRAS	35.000,00 €
7. SERVICIOS AUXILIARES	106.100,00 €
8. CONTROL, PROTECCION Y MEDIDA	125.100,00 €
9. VARIOS	44.000,00 €
10. OBRA CIVIL	464.200,00 €
11. MONTAJE ELECTROMECHANICO	50.000,00 €
12. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	24.000,00 €
13. SEGURIDAD Y SALUD LABORAL	6.650,00 €
14. PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS	2.775,00 €
15. DESMANTELAMIENTO DE LA SE	20.000,00 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL:	2.019.150,00 €

TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	2.019.150,00 €
GASTOS GENERALES + BENEFICIO INDUSTRIAL (19%)	383.640,00 €
I.V.A. (21%)	504.586,00 €
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	2.907.376,00 €

El presupuesto GENERAL del Proyecto de la Subestación 220/30 kV “PE Los Ruejos” asciende a la cantidad de **DOS MILLONES NOVECIENTOS SIETE MIL TRESCIENTOS SETENTA Y SEIS (2.907.376,00 €)**.

12.- CONCLUSIÓN

Con lo expuesto anteriormente en la presente memoria, cálculos justificativos, presupuesto, planos y demás documentos adjuntos, se consideran suficientemente descritos los elementos constitutivos y las actuaciones constructivas derivadas del presente proyecto Subestación 220/30kV "PE Los Ruejos" solicitándose la Autorización Administrativa Previa y la Autorización Administrativa de Construcción.

13.- BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Sede Electrónica del Catastro - Fondo mapa de España
- [2]. BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO
- [3]. SRZ001-Especificaciones Particulares Endesa Distribución Eléctrica, S.L.U.



Zaragoza, Junio de 2023
El ingeniero Industrial
Jaime Lázar García

Trabajo Fin de Máster

Título del trabajo:

Proyecto de una Subestación Eléctrica 220/30 kV " PE Los Ruejos" para evacuar la energía necesaria para el parque eólico "Los Ruejos" y la planta fotovoltaica "Los Ruejos".

English title:

Project of an Electrical Substation 220/30 kV "PE Los Ruejos" to evacuate the energy necessary for the wind farm "Los Ruejos" and the photovoltaic plant "Los Ruejos".

Autor:

Jaime Lázaro García

Director:

Antonio Joaquín Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura- Máster en Ingeniería
Industrial

Universidad de Zaragoza
2022/2023

ANEXO I

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

INDICE ANEXO I: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

1.- TENSIONES NOMINALES Y NIVELES DE AISLAMIENTO	5
2.- DISTANCIAS MÍNIMAS.....	6
3.- RÉGIMEN DE CORTOCIRCUITO.....	7
3.1- GENERALIDADES	7
3.2- CÁLCULO DE IMPEDANCIAS EQUIVALENTES	7
3.2.1- RED DE 220 kV “SE PE Los Rujos”	7
3.2.2- LÍNEA DE 220 KV a SE “ PE Los Rujos”	8
3.2.3- TRANSFORMADOR DE POTENCIA 220/30 kV SE “PE Los Rujos”	9
3.2.4 TRANSFORMADOR DE 30/0,69 (5.500 kVA), AEROGENERADOR	9
3.2.5 AEROGENERADOR TIPO (5.000 kW)	9
3.2.6 CONJUNTO TRANSFORMADOR Y AEROGENERADOR TIPO	10
3.2.7 PLANTA FOTOVOLTAICA “ LOS RUEJOS”	10
3.3 CIRCUITO EQUIVALENTE RESULTANTE	11
3.3.1 CÁLCULO INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO PUNTO A-220 kV	12
3.3.2 CÁLCULO INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO PUNTO B-30 kV	14
4. INTENSIDADES NOMINALES	16
4.1 INTENSIDAD POSICIÓN TRAF0 1 DE 25 MVA LADO DE 220 KV.....	16
4.2 INTENSIDAD POSICIÓN TRAF0 1 DE 25 MVA LADO DE 30 KV	17
4.3 INTENSIDAD POSICIÓN BATERÍA DE CONDENSADORES (BBCC)	17
4.4 INTENSIDAD POSICIÓN TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES (SSAA)	17
5. CÁLCULOS DE CONDUCTORES	18
5.1 SISTEMA DE 220 kV	18
5.1.1 INTENSIDAD ADMISIBLE	18
5.2 SISTEMA DE 30 kV	19
5.2.1. INTENSIDAD ADMISIBLE EMBARRADO SALIDA TRANSFORMADOR (LADO 30 kV)	19
5.2.2 INTENSIDAD ADMISIBLE CABLE UNIÓN TRANSFORMADOR CON CELDA DE TRANSFORMADOR	20
5.2.3 CALENTAMIENTO	20
5.2.4 INTENSIDAD ADMISIBLE CABLE UNIÓN ENTRE CELDA BBCC CON BATERÍA DE CONDENSADORES 1	21
5.2.5 INTENSIDAD ADMISIBLE CABLE UNIÓN ENTRE CELDA SSAA CON TRAFOS SSAA	21
5.2.6 CALENTAMIENTO	22
6. EFECTO CORONA.....	22
7. CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS	25
7.1. RED DE TIERRAS INFERIORES	25
7.2. RED DE TIERRAS SUPERIORES	29
8. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD	30
8.1. TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN	30

8.2. TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD EN MEDIA TENSIÓN	31
8.2.1 TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD EN LA CELDA DE LÍNEA.....	31
8.2.2. TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD EN LA CELDA DE BBCC	32
8.2.3. TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD EN LA CELDA DEL TRANSFORMADOR	34
9. CÁLCULO DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN	35
9.1. TRANSFORMADOR DE TENSIÓN EN LÍNEA DE 220 kV.....	35
9.2. TRANSFORMADOR DE TENSIÓN EN LÍNEA DE 30 kV.....	35
10. TENSIONES MÁXIMAS DE PASO Y CONTACTO	36
11. COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO.....	39
11.1 NIVEL 220 kV	39
11.2 NIVEL 30 kV.....	41

1.- TENSIONES NOMINALES Y NIVELES DE AISLAMIENTO

Los niveles de aislamiento asociados con los valores normalizados de la tensión más elevada para materiales del grupo B de acuerdo con los niveles de tensión según ITC-RAT 12 , serán:

Tensión más elevada para el material (Um) kV eficaces	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV cresta)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)
<u>Nivel 220 kV</u> 245	1050	460

Los niveles de aislamiento asociados con los valores normalizados de la tensión más elevada para materiales del grupo A de acuerdo con los niveles de tensión según ITC-RAT 12, serán:

Tensión más elevada para el material (Um)kV eficaces	Tensión soportada nominal a los impulsostipo rayo (kV cresta)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)
<u>Nivel 30 kV</u> 36	170	70

2.- DISTANCIAS MÍNIMAS

Las distancias mínimas entre fases y fase-tierra para estos niveles de aislamiento vienen fijadas en el reglamento en la ITC-RAT 12, y son las indicadas en la siguiente tabla:

Tensión más elevada para el material (Um) kV eficaces	Distancia mínima entre fases en el aire (mm)	Distancia mínima fase tierra en el aire (mm)
245	2.100	2.100
36	320	320

De igual manera, en las zonas accesibles, la parte más baja de cualquier elemento aislante, por ejemplo, el borde superior de la base metálica de los aisladores estará situado a la altura mínima sobre el suelo de 230 cm según el apartado 4.1.5 de la ITC-RAT 15.

En el parque de 220 kV, 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 $H = 250 + d = 460\text{cm}$ ($d=210\text{cm}$, según ITC-RAT 12 Tabla 2), en el caso de pasillos de servicios, cuya anchura sea mayor de 1 m con elementos en tensión a un solo lado o a 1,2 metros con elementos en tensión a ambos lados, distancias todas ellas respetadas según se puede observar en los planos de la subestación adjuntos.

En el caso de la línea de 220 kV, dicho pórtico no deberá rematar a una altura inferior a 7m, pudiéndose conseguir una altura de:

$$D_{220\text{kV}} = D_{\text{add}} + D_{\text{el}} = 5,3 + 1,7 = 7\text{m}$$

donde D_{el} se indica en el apartado 5.2 del ITC-LAT 07 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, en función de la tensión de diseño de 245 kV.

Para impedir los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deberá existir entre éstos y el cierre una distancia de X cm para el caso de 220 kV y 182 cm para el nivel de 30 kV, obteniéndose dicha distancia mediante la siguiente expresi3ndada por el ITC-RAT 15 apartado 4.3.1, para cerramiento compuesto por un enrejado de cuadrícula no mayor de 50x50mm de cualquier altura $K \geq 220\text{ cm}$,

$$G = d + 150 \text{ (} d=210\text{cm)} = 370 \text{ cm (220 kV)}$$

$$G = d + 150 \text{ (} d = 32\text{cm)} = 182 \text{ cm (30 kV)}$$

En el apartado de planos se podrá ver la disposición en planta y alzado de los equipos del parque intemperie, así como las distancias adoptadas en el diseño.

3.- RÉGIMEN DE CORTOCIRCUITO

3.1- GENERALIDADES

En este apartado se pretenden estimar las intensidades máximas de cortocircuito que pueden aparecer en el nivel de 220 kV ó 30 kV.

Los datos obtenidos servirán determinar los esfuerzos térmicos y dinámicos a los que se verán sometidos los embarrados, la aparamenta y los restantes elementos que componen la subestación. Esta información es de especial relevancia para poder realizar la elección de los poderes de corte y decierre de los interruptores, la intensidad de corta duración admisible por los seccionadores o los transformadores de intensidad, así como su clase de precisión.

3.2- CÁLCULO DE IMPEDANCIAS EQUIVALENTES

Para el cálculo de la I_{cc} se convertirán las magnitudes eléctricas a valores por unidad (p.u.) con objeto de simplificar los cálculos.

Tomaremos como valores base los valores nominales:

$S_b = 25$ MVA (potencia nominal del transformador de potencia 220/30 kV).

$U_b = 220$ kV, 30 kV, 0,69 kV ⁽¹⁾

(1) En función de en qué tensión se encuentre el punto de falta, dicha tensión será la tensión base o referencia. Para los transformadores el valor p.u. es independiente que se calcule en el lado de alta o en el de baja.

3.2.1- RED DE 220 kV “SE PE Los Ruejos”

A continuación, elegiremos la potencia de cortocircuito trifásica en la red de transporte sistema eléctrico peninsular español. Para ello, cogeremos de dicho anexo, el valor de potencia más cercano a la ubicación de la SE a construir, en este caso, será la SE Calamocha de 220 kV, ubicada a una distancia aproximada de 36,5 km de la ubicación de la misma.

$S_{cc_220_CALAMOCHA} = 2.831 \text{ MVA}$ (Dato tomado del informe Anual de la Corriente de Cortocircuito en la red de transporte del Sistema Eléctrico Peninsular en el año 2022 – SE Calamocha 220 kV).

Con lo que la reactancia, resultará de la siguiente manera:

$$X_{220} \approx Z_{220} = U^2 \cdot \frac{S_b(\text{MVA})}{S_{220}(\text{MVA})} = 1^2 \cdot \frac{25}{2.831} = 0,00883 \text{ p.u.}$$

Donde: $U \text{ (p.u.)} = \frac{U \text{ (kV)}}{U_b \text{ (kV)}} = \frac{220}{220} = 1 \text{ p.u.}$

3.2.2- LÍNEA DE 220 KV a SE “ PE Los Ruejos”

La línea área de 220 kV que irá proyectada hasta la SET tendrá una longitud aproximada de 5,05 km, y estará compuesta por conductores de tipo Aluminio Acero LARL 417 (RAIL), Dúplex Simple Circuito:

Impedancia del tramo aéreo por kilómetro:

$$R = 0,0368 \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,3219 \Omega/\text{km}$$

La impedancia de la línea resulta:

$$Z_{LAAT} = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} \cdot L = \sqrt{0,0368^2 + 0,3219^2} \cdot 5,05 = 1,6361 \Omega$$

Impedancia equivalente en p.u:

$$Z_{LAAT} \text{ (p.u.)} = \frac{Z \cdot S_b(\text{MVA})}{U_b^2} = \frac{1,6361 \cdot 25}{220^2} = 0,000845 \text{ p.u.}$$

Donde: $U \text{ (p.u.)} = \frac{U \text{ (kV)}}{U_b \text{ (kV)}} = \frac{220}{220} = 1 \text{ p.u.}$

3.2.3- TRANSFORMADOR DE POTENCIA 220/30 kV SE "PE Los Ruejos"

$S = 25 \text{ MVA}$.

$r_t = 220/30 \text{ kV}$.

$U_{cc} = 12 \%$.

$S = 30 \text{ MVA}$.

$S_b = 30 \text{ MVA}$.

$$X_{\text{TRAFO}} = \frac{u_{cc}(\%)}{100} \cdot \frac{S_b(\text{MVA})}{S(\text{MVA})} = \frac{12}{100} \cdot \frac{25}{30} = 0,12 \text{ p.u.}$$

Donde: $U (\text{p.u.}) = \frac{U (\text{kV})}{U_b(\text{kV})} = \frac{220}{220} = 1 \text{ p.u.}$

3.2.4 TRANSFORMADOR DE 30/0,69 (5.500 kVA), AEROGENERADOR

$U_{cc} (\text{trafo generador}) = 10\%$

$S_n (\text{trafo generador}) = 5,5 \text{ MVA}$

$$X_{\text{TAG}} = \frac{u_{cc}(\%)}{100} \cdot \frac{S_b(\text{MVA})}{S(\text{MVA})} = \frac{10}{100} \cdot \frac{25}{5,5} = 0,4545 \text{ p.u.}$$

Donde: $U (\text{p.u.}) = \frac{U (\text{kV})}{U_b(\text{kV})} = \frac{220}{220} = 1 \text{ p.u.}$

3.2.5 AEROGENERADOR TIPO (5.000 kW)

La reactancia subtransitoria de los aerogeneradores es $X''_d = 0,08 \Omega$. Lo cual equivale a:

$$X''_d (\%) = X'' (\Omega) \cdot \frac{S (\text{MVA})}{U^2 (\text{kV})} \cdot 100 = 0,08 \cdot \frac{5}{0,69^2} \cdot 100 = 84,02\%$$

Siendo S y U los valores de potencia y tensión respectivamente, de la placa de características del aerogenerador.

$$X''_G = \frac{X_d(\%)}{100} \cdot \frac{S_b}{S} = \frac{84,02}{100} \cdot \frac{25}{5} = 4,201 \text{ p.u.}$$

3.2.6 CONJUNTO TRANSFORMADOR Y AEROGENERADOR TIPO

Consistirá en realizar la suma de las reactancias del transformador y del aerogenerador.

$$Z_{TAG+G} = X_{TAG} + X''_G = 0,4545 + 4,201 = 4,6555 \text{ p.u.}$$

3.2.7 PLANTA FOTOVOLTAICA “ LOS RUEJOS”

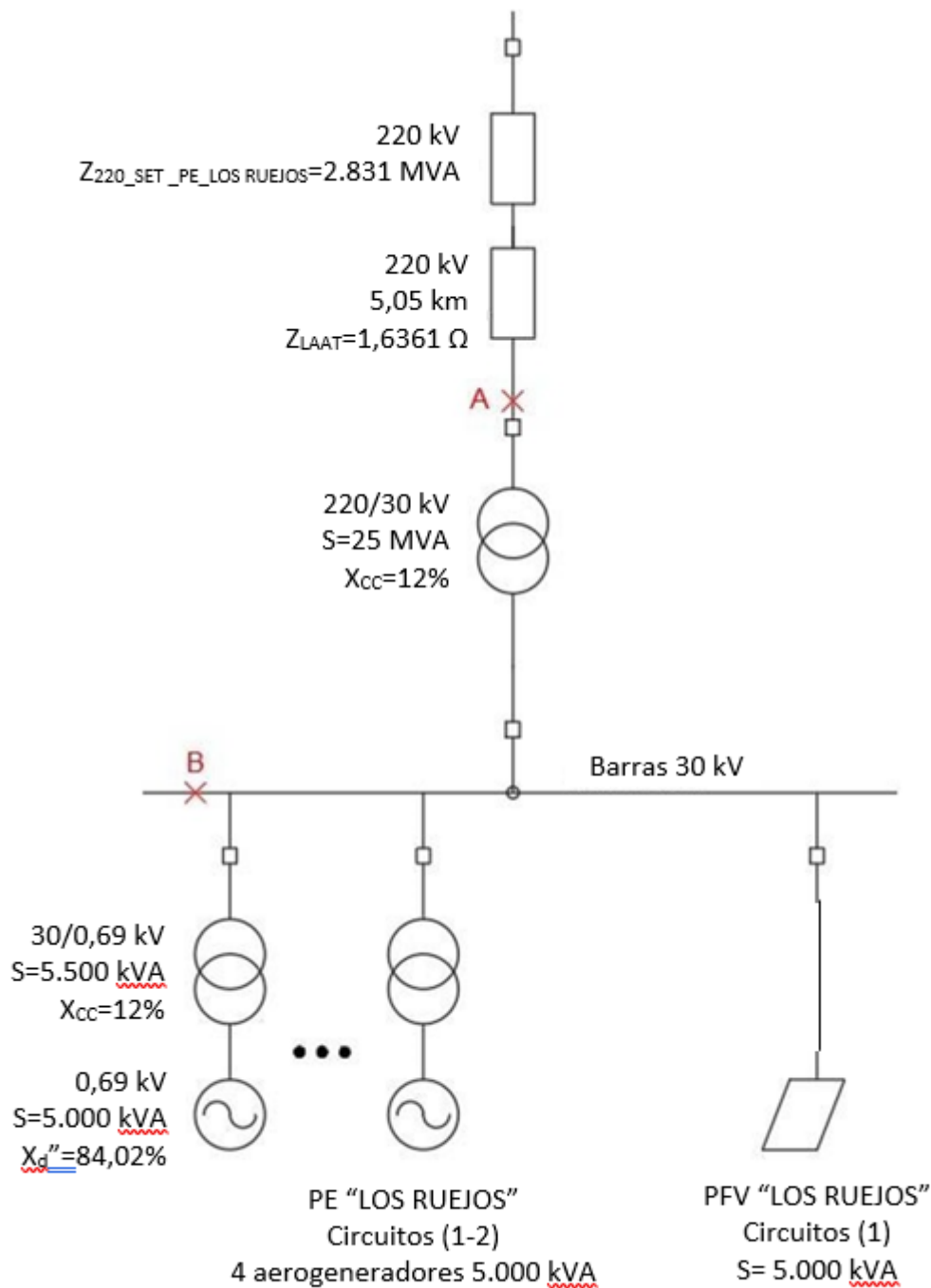
$S_{FV} = 5 \text{ MVA}$

Con lo que la reactancia resultante será la siguiente:

$$Z_{FV} = \frac{S_b(\text{MVA})}{S(\text{MVA})} = \frac{25}{5} = 5 \text{ p.u.}$$

3.3 CIRCUITO EQUIVALENTE RESULTANTE

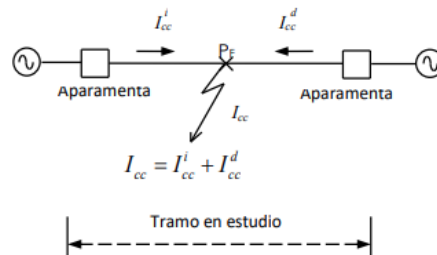
Los anteriores resultados se reflejarán en el siguiente circuito equivalente:



3.3.1 CÁLCULO INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO PUNTO A-220 kV

Tomando como referencia el esquema anterior, se va a realizar el cálculo de la I_{cc} que soportaría en caso de falta en el punto A en estudio.

En caso de falta, las fuentes de tensión situadas a ambos lados del punto de falta (PF) contribuyen a la formación de la I_{cc} .

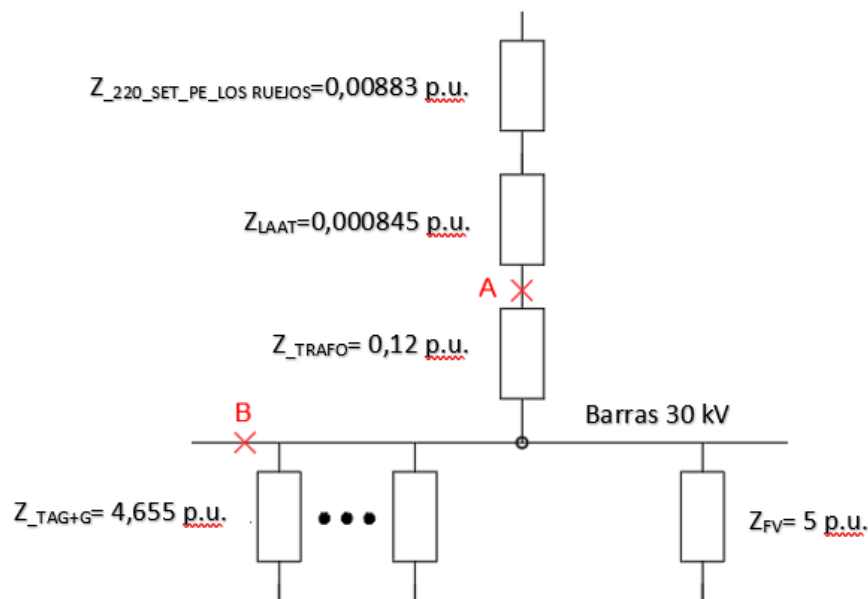


Para dimensionar los conductores y aparamenta del tramo en estudio, se debe seleccionar la mayor I_{cc}^i y I_{cc}^d , que es la correspondiente al lado con menor impedancia, por ser el lado que aportará más intensidad en caso de falta.

Sin embargo, tomaremos como intensidad de falta el aporte de las fuentes existentes en caso de falta (hipótesis conservadora como si la falta se produjera en la salida de la línea de 220 kV).

La reactancia equivalente en el punto A se obtiene haciendo el cortocircuito equivalente de las impedancias consideradas.

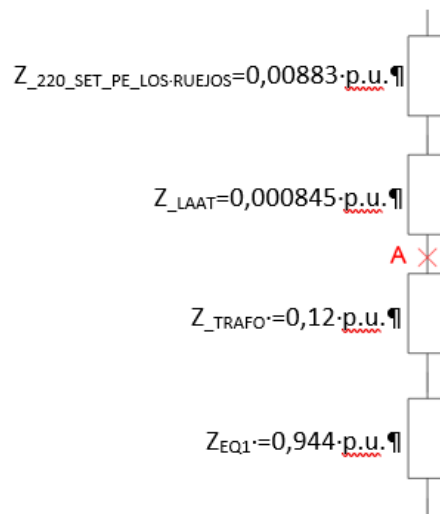
Se partirá del siguiente esquema equivalente:



Por una parte, se obtendrá lo siguiente correspondiente a la impedancia del parque fotovoltaico y el del parque eólico:

$$Z_{EQ1} = \frac{1}{4 \cdot \frac{1}{Z_{TAG+G}} + \frac{1}{Z_{FV}}} = \frac{1}{4 \cdot \frac{1}{4,6555} + \frac{1}{5}} = 0,944 \text{ p. u.}$$

Por tanto, se obtendrá el siguiente equivalente considerando Z_{EQ1} :



$$Z_{EQ2} = Z_{EQ1} + Z_{TRAFO} = 0,944 + 0,12 = 1,064 \text{ p. u.}$$

$$Z_{EQ3} = Z_{220_SET_PE_LOS_RUEJOS} + Z_{LAAT} = 0,00883 + 0,000845 = 0,009675 \text{ p. u.}$$

$$Z_A = Z_{EQ2} // Z_{EQ3}$$

$$Z_A = \frac{1}{\frac{1}{Z_{EQ2}} + \frac{1}{Z_{EQ3}}} = \frac{1}{\frac{1}{1,064} + \frac{1}{0,009675}} = 0,009587 \text{ p. u.}$$

Con la cual, se puede calcular la corriente de cortocircuito instantánea en la salida de 220 kV:

$$S_A(\text{MVA}) = \frac{S_b(\text{MVA})}{Z_A(\text{p. u.})} = \frac{25}{0,009587} = 2607,70 \text{ MVA.}$$

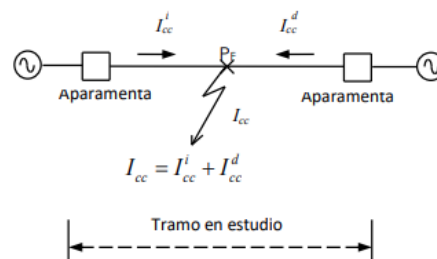
$$I_A(\text{kA}) = \frac{S_A(\text{MVA})}{\sqrt{3} \cdot U(\text{kV})} = \frac{2607,70}{\sqrt{3} \cdot 220} = 6,84 \text{ kA}.$$

La apartamenta de 220 kV tienen una resistencia a corrientes de corta duración de 40 kA, por lo que el sistema se considera correctamente dimensionado.

3.3.2 CÁLCULO INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO PUNTO B-30 kV

Tomando como referencia el esquema anterior, se va a realizar el cálculo de la I_{cc} que soportaría en caso de falta en el punto B en estudio.

En caso de falta, las fuentes de tensión situadas a ambos lados del punto de falta (PF) contribuyen a la formación de la I_{cc} .

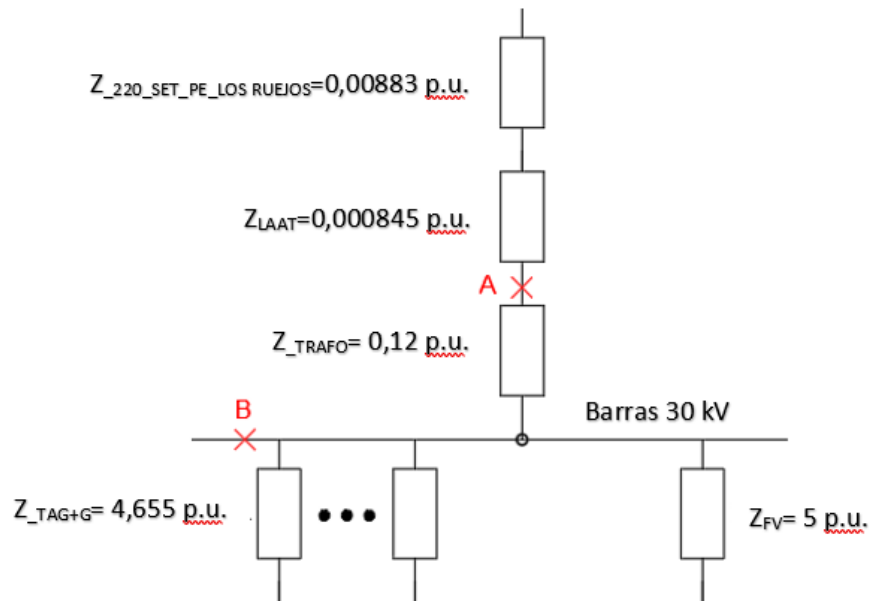


Para dimensionar los conductores y apartamenta del tramo en estudio, se debe seleccionar la mayor I_{cc}^i y I_{cc}^d , que es la correspondiente al lado con menor impedancia, por ser el lado que aportará más intensidad en caso de falta.

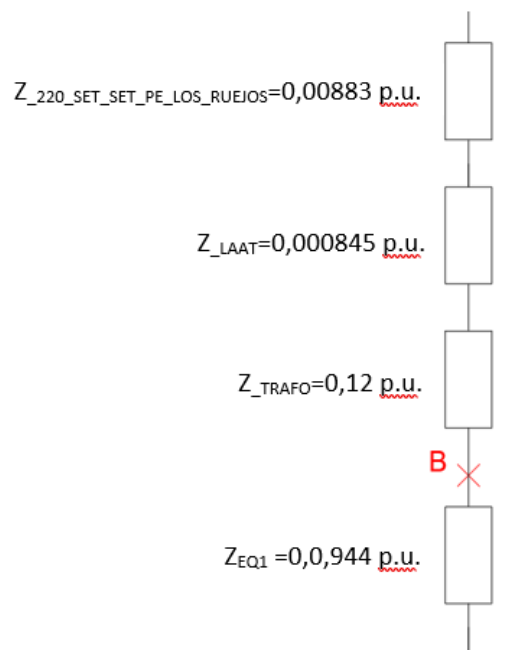
Sin embargo, tomaremos como intensidad de falta el aporte de las fuentes existentes en caso de falta (hipótesis conservadora como si la falta se produjera en el embarrado de 30 kV asociado al Parque Eólico de la subestación).

La reactancia equivalente en el punto B se obtiene haciendo el cortocircuito equivalente de las impedancias consideradas.

Se partirá del siguiente esquema equivalente:



Según los cálculos anteriores, se obtendrá el siguiente esquema equivalente simplificado:



$$Z_{EQ4} = Z_{220_SET_PE_LOS_RUEJOS} + Z_{LAAT} + Z_{TRAFO} = 0,00883 + 0,000845 + 0,12 \\ = 0,1297 \text{ p. u.}$$

$$Z_B = \frac{1}{\frac{1}{Z_{EQ4}} + \frac{1}{Z_{EQ1}}} = \frac{1}{\frac{1}{0,1297} + \frac{1}{0,944}} = 0,114 \text{ p. u.}$$

Con lo cual, se puede calcular la corriente de cortocircuito instantánea en el embarrado de 30 kV asociado a “PE Los Ruejos”

$$S_B(\text{MVA}) = \frac{S_b(\text{MVA})}{Z_B(\text{p. u.})} = \frac{25}{0,114} = 219,30 \text{ MVA.}$$

$$I_B(\text{kA}) = \frac{S_B(\text{MVA})}{\sqrt{3} \cdot U(\text{kV})} = \frac{219,30}{\sqrt{3} \cdot 30} = 4,22 \text{ kA.}$$

La aparatura de 30 kV tienen una resistencia a corrientes de corta duración de 25 kA, por lo que el sistema se considera correctamente dimensionado.

4. INTENSIDADES NOMINALES

4.1 INTENSIDAD POSICIÓN TRAFO 1 DE 25 MVA LADO DE 220 KV

La intensidad primaria en el transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_{P_T1} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{25.000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 65,61 \text{ A}$$

Donde:

S = Potencia del transformador en kVA.

V_p = Tensión primaria en kV.

I_{P_T1} = Intensidad primaria en A.

4.2 INTENSIDAD POSICIÓN TRAF0 1 DE 25 MVA LADO DE 30 KV

La intensidad secundaria en el transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_{S_T1} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_s} = \frac{25.000}{\sqrt{3} \cdot 30} = 481,13 \text{ A}$$

Donde:

S = Potencia del transformador en kVA.

V_s = Tensión primaria en kV.

I_{S_T1} = Intensidad secundaria en A.

4.3 INTENSIDAD POSICIÓN BATERÍA DE CONDENSADORES (BBCC)

La intensidad en la posición de batería de condensadores viene dada por la expresión:

$$I_{BBCC} = \frac{S_{BBCC}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{6.000}{\sqrt{3} \cdot 30} = 115,47 \text{ A}$$

Donde:

S_{BBCC} = Potencia de la batería en kVar.

V = Tensión nominal en kV.

I_{BBCC} = Intensidad de la batería en A.

4.4 INTENSIDAD POSICIÓN TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES (SSAA)

La intensidad en el primario del transformador de servicios auxiliares viene dada por la siguiente expresión:

$$I_{SSAA} = \frac{S_{TSA}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 30} = 3,08 \text{ A}$$

Donde:

S_{TSA} = Potencia del transformador de SSAA en KVA

V = Tensión nominal en kV.

I_{SSAA} = Intensidad servicios auxiliares en KVA

5. CÁLCULOS DE CONDUCTORES

5.1 SISTEMA DE 220 kV

5.1.1 INTENSIDAD ADMISIBLE

La intensidad máxima prevista para la tensión de 220 kV viene dada por la potencia nominal del transformador 220/30 kV, siendo ésta igual a:

$$I_{P_T1} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{25.000}{\sqrt{3} \cdot 220} = 65,61 \text{ A}$$

Las conexiones de las bornas de 220 kV del transformador de potencia con el resto de la aparamenta del mismo nivel de tensión, se realizará mediante cable simplex desnudo de aluminio acero, tipo LA-455, de 454,50 mm² de sección y diámetro exterior de 27,70 mm, que para una temperatura ambiente de 40 °C, con sol y sin viento, admite una intensidad de 806,56 A.

Intensidad máxima admisible

La intensidad máxima admisible según el reglamento ITC-LAT-07 de Líneas Aéreas de Alta Tensión vigente, puede transportar el conductor LA-455 es de:

$$I_{\max} = D \cdot S \cdot k \cdot n$$

Donde:

D = Es la densidad de corriente reglamentaria admisible según la sección del cable en A/mm².

S = Sección del cable en mm².

K = Es un coeficiente que depende de la composición del cable.

n= Número de conductores.

En nuestro caso tenemos que:

D = 1,87 A/mm² (obtenida interpolando linealmente)

S = 454,5 mm²

K = 0,95

n = 1

Por lo tanto:

$$I_{\max} = 806,56 \text{ A.}$$

Superior a la máxima del cable que discurre por el cable (65,61 A).

Intensidad de cortocircuito admisible

La corriente de cortocircuito admisible se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}} = \frac{93 \cdot 454,5}{\sqrt{0,5}} = 59,77 \text{ kA}$$

Siendo:

I_{cc} = Intensidad de cortocircuito admisible en amperios.

k = Coeficiente de valor 93 para el aluminio y 142 para el cobre.

S = Sección del conductor en mm^2 .

t = Tiempo estimado de despeje de la falta en segundos.

Sustituyendo valores en la expresión, considerando las características del conductor equivalente y un tiempo de despeje de 0,5 segundo será:

$$I_{cc} = 59,77 \text{ kA} > I_{cc\text{diseño}}(220 \text{ kV}) = 40 \text{ kA}$$

Por tanto, podemos considerar que el conductor empleado tiene una sección suficiente, por ello, se considera correctamente dimensionado.

5.2 SISTEMA DE 30 kV

5.2.1. INTENSIDAD ADMISIBLE EMBARRADO SALIDA TRANSFORMADOR (LADO 30 kV)

La intensidad máxima prevista para la tensión de 30 kV viene dada por la potencia del transformador a plena carga:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{25.000}{\sqrt{3} \cdot 30} = 481,125 \text{ A}$$

El embarrado de salida de las bornas de 30 kV del transformador se realizará con tubo de cobre de 50 mm de diámetro y 40 mm de diámetro interior (707 mm^2 de sección), que, al aire, admite una intensidad de 1.421 A en servicio continuo y en un rango de temperaturas operativa de hasta 65°C.

5.2.2 INTENSIDAD ADMISIBLE CABLE UNIÓN TRANSFORMADOR CON CELDA DE TRANSFORMADOR

La intensidad máxima admisible para 3 ternas de cable aislado tipo RH5Z1 18/30 kV de 630 mm² de aluminio, en contacto, y a una temperatura máxima de 55 °C, dentro de canal, es:

$$I_{\max} = n \cdot I_{\text{cond}} \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 = 3 \cdot 830 \cdot 0,84 \cdot 0,71 \cdot 0,9 = 1.336,53 \text{ A} > 481,125 \text{ A}$$

Siendo:

n = Número de cables por fase.

C₁= Coeficiente de reducción por aumento de temperatura en canal (55°C).

C₂= Coeficiente de reducción por agrupamiento de ternas.

C₃= Coeficiente de reducción por desequilibrio.

5.2.3 CALENTAMIENTO

Por último, se va a comprobar que las secciones elegidas son válidas para la intensidad de cortocircuito máxima calculada. La intensidad máxima admisible en régimen de cortocircuito, que se determina mediante la expresión ya conocida:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}}$$

Siendo:

I_{cc} = Intensidad de cortocircuito admisible en amperios.

k = Coeficiente de valor 93 para el aluminio y 142 para el cobre.

S = Sección del conductor en mm².

t = Tiempo estimado de despeje de la falta en segundos.

Sustituyendo los valores en la expresión correspondiente y para un tiempo de 0,5 segundos:

$$I_{cc} = \frac{142 \cdot 707}{\sqrt{0,5}} = 141,978 \text{ kA}$$

Superior a los 25 kA, que es la intensidad límite térmica de los embarrados de las celdas elegidas.

El conductor utilizado posee una sección suficiente; por lo que se considera correctamente dimensionado.

Sustituyendo valores en la expresión, para el embarrado de salida del transformador, 50/40 mm (707 mm² de sección), y un tiempo de despeje de 0,5 segundos:

$$I_{cc} = 141,98 \text{ kA} > I_{cc\text{diseño}}(30 \text{ kV}) = 25 \text{ kA}$$

Se puede comprobar que el tubo seleccionado posee una sección suficiente.

5.2.4 INTENSIDAD ADMISIBLE CABLE UNIÓN ENTRE CELDA BBCC CON BATERÍA DE CONDENSADORES 1

La intensidad máxima prevista para la tensión de 30 kV viene dada por la potencia de la batería de condensadores, siendo cada batería de 6 MVA:

$$I_{BBCC} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{6.000}{\sqrt{3} \cdot 30} = 115,47 \text{ A}$$

La intensidad máxima admisible para 1 terna de cable aislado tipo RH5Z1-OL 18/30 kV de 240 mm² de aluminio, en contacto, y a una temperatura máxima de 55 °C, dentro de canal, es:

$$I_{\max} = n \cdot I_{\text{cond}} \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 = 1 \cdot 455 \cdot 0,84 \cdot 0,71 \cdot 0,9 = 244,23 \text{ A} > 115,47 \text{ A}$$

Siendo:

I_{cc} = Intensidad de cortocircuito admisible en amperios.

k = Coeficiente de valor 93 para el aluminio y 142 para el cobre.

S = Sección del conductor en mm².

t = Tiempo estimado de despeje de la falta en segundos.

5.2.5 INTENSIDAD ADMISIBLE CABLE UNIÓN ENTRE CELDA SSAA CON TRAFOS SSAA

La intensidad máxima prevista para la tensión de 30 kV viene dada por la potencia del transformador de SSAA, siendo cada transformador de 160 kVA:

$$I_{SSAA} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 30} = 3,08 \text{ A}$$

La intensidad máxima admisible para 1 terna de cable aislado tipo RH5Z1-OL 18/30 kV de 240 mm² de aluminio, en contacto, y a una temperatura máxima de 55 °C, dentro de canal, es:

$$I_{\max} = n \cdot I_{\text{cond}} \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 = 1 \cdot 455 \cdot 0,84 \cdot 0,71 \cdot 0,9 = 244,23 \text{ A} > 3,08 \text{ A}$$

Siendo:

I_{cc} = Intensidad de cortocircuito admisible en amperios.

k = Coeficiente de valor 93 para el aluminio y 142 para el cobre.

S = Sección del conductor en mm^2 .

t = Tiempo estimado de despeje de la falta en segundos.

5.2.6 CALENTAMIENTO

Por último, se va a comprobar que las secciones elegidas son válidas para la intensidad de cortocircuito máxima calculada. La intensidad máxima admisible en régimen de cortocircuito, que se determina mediante la expresión ya conocida:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}}$$

Siendo:

I_{cc} = Intensidad de cortocircuito admisible en amperios.

k = Coeficiente de valor 93 para el aluminio y 142 para el cobre.

S = Sección del conductor en mm^2 .

t = Tiempo estimado de despeje de la falta en segundos.

Sustituyendo los valores en la expresión correspondiente y para un tiempo de 0,5 segundos:

$$I_{cc} = \frac{93 \cdot 240}{\sqrt{0,5}} = 31,565 \text{ kA}$$

Superior a los 25 kA, que es la intensidad límite térmica de los embarrados de las celdas elegidas.

6. EFECTO CORONA

El efecto corona se produce cuando el conductor adquiere un potencial lo suficientemente elevado como para dar un gradiente de campo eléctrico radial igual o superior a la rigidez dieléctrica del aire. Este fenómeno puede ocasionar deterioro de los aislantes y perturbaciones radioeléctricas.

Será interesante por lo tanto comprobar si en algún punto de la subestación se llega a alcanzar la tensión crítica disruptiva.

Para ello nos basaremos en la fórmula de Peek para un conductor:

$$U_c = V_c \cdot \sqrt{3} = \frac{29,8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot m_c \cdot m_T \cdot \delta \cdot r \cdot n \cdot \ln \frac{D}{r_e}$$

Donde:

U_c = Tensión compuesta crítica eficaz en kV para la que empiezan las pérdidas por efecto corona, o sea, tensión crítica disruptiva.

V_c = Tensión simple correspondiente.

29,8 = Valor máximo o de cresta, en kV/cm, de la rigidez dieléctrica del aire a 25 °C de temperatura, y a la presión barométrica de 76 cm de columna de mercurio.

m_c = Coeficiente de rugosidad del conductor (consideramos 0,85 para cables).

m_T = Coeficiente meteorológico (consideramos tiempo seco, $m_T = 1$, húmedo, $m_T = 0,8$).

r = Radio del conductor en cm.

r_e = Radio equivalente del conductor en cm.

D = Distancia media geométrica entre fases, en cm.

δ = Factor de corrección de la densidad del aire, función de la altura sobre el nivel del mar.

El valor de δ se calculará de la siguiente forma:

$$\delta = \frac{3,921 \cdot h}{273 + \theta}$$

Donde:

h = Presión barométrica en cm de columna de mercurio.

θ = Temperatura en grados centígrados, correspondiente a la altitud de punto que se considere

El valor de h es función de la altitud sobre el nivel del mar. En nuestro caso vamos a considerar un valor de h de 68,57 cm (858 metros sobre el nivel del mar) y una temperatura media de 15 °C.

En caso de producirse efecto corona en alguno de los conductores se evaluarán las pérdidas producidas por efecto corona en el tramo correspondiente. Para ello utilizaremos otra fórmula desarrollada por Peek.

$$P_{\text{pérdida por fase y longitud}} = \frac{241}{\delta} \cdot (f + 25) \cdot \sqrt{\frac{r}{D}} \cdot \left[\frac{U_{me}}{\sqrt{3}} - \frac{U_c}{\sqrt{3}} \right]^2 \cdot 10^{-5}$$

$$P_{\text{pérdida total}} = P_{\text{pérdida por fase y longitud}} \cdot n. \text{fases} \cdot \text{longitud}$$

$P_{\text{pérdida por fase y longitud}}$ = Pérdida por efecto corona en kW por fase y por km.

$P_{\text{pérdida total}}$ = Pérdida por efecto corona total en la línea o tramo.

U_c = Tensión compuesta crítica eficaz en kV para la que empiezan las pérdidas por efecto corona, o sea, tensión crítica disruptiva.

U_{me} = Tensión máxima eficaz en kV. r = Radio del conductor en cm.

D = Distancia media geométrica entre fases, en cm.

δ = Factor de corrección de la densidad del aire, función de la altura sobre el nivel del mar.

f = Frecuencia de la red en Hz (50 Hz).

El efecto corona depende en gran medida, del diámetro del conductor. En nuestro caso, vamos a considerar el caso más desfavorable, que sería los tramos en los que se utiliza el cable desnudo de aluminio hacer, tipo LA-455, de 454,5 mm² de sección de aluminio y diámetro exterior 27,7 mm para el conexionado de la aparamenta. El conductor LA-455 tiene, por tanto, un radio de 1,385 cm.

Los conductores se disponen en un plano horizontal, a una distancia entre fases de 4 metros. La distancia geométrica será:

$$D = \sqrt[3]{D_{1-2} \cdot D_{2-3} \cdot D_{1-3}} = 503,97 \text{ cm}$$

De esta forma, podemos calcular el valor de tensión crítica disruptiva:

$$\delta = \frac{3,921 \cdot h}{273 + \theta} = \frac{3,921 \cdot 68,57}{273 + 15} = 0,93$$

$$U_c = V_c \cdot \sqrt{3} = \frac{29,8}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,93 \cdot 1,385 \cdot 1 \cdot \ln \frac{503,97}{1,385} = 188,50 \text{ kV}$$

$$U_c = 188,50 \text{ kV} < 220 \text{ kV}$$

Se puede comprobar que la tensión nominal de línea de la instalación queda por encima del umbral de tensión crítica, por lo que se espera efecto corona en tiempo húmedo.

Así pues, se procede a evaluar las pérdidas producidas por el efecto corona en tiempo húmedo:

$$P_{\text{pérdida por fase y longitud}} = \frac{241}{\delta} \cdot (f + 25) \cdot \sqrt{\frac{r}{D}} \cdot \left[\frac{U_{me}}{\sqrt{3}} - \frac{U_c}{\sqrt{3}} \right]^2 \cdot 10^{-5}$$

$$P_{\text{pérdida total}} = P_{\text{pérdida por fase y longitud}} \cdot n. \text{ºfases} \cdot \text{longitud}$$

$$P_{\text{pérdida por fase y longitud}} = \frac{241}{0,93} \cdot (50 + 25) \cdot \sqrt{\frac{1,385}{503,96}} \cdot \left[\frac{220}{\sqrt{3}} - \frac{188,50}{\sqrt{3}} \right]^2 \cdot 10^{-5}$$

$$= 3,37 \text{ kW/km}$$

$$P_{\text{pérdida total}} = P_{\text{pérdida por fase y longitud}} \cdot n. \text{ºfases} \cdot \text{longitud} = 3,37 \cdot 3 \cdot 0,028$$

$$= 0,283 \text{ kW}$$

Como se puede comprobar, las pérdidas producidas (0,001132 %) por efecto corona son insignificantes en relación a la potencia transportada por línea (25 MW).

7. CÁLCULO DE LA RED DE TIERRAS

7.1. RED DE TIERRAS INFERIORES

La red de puesta a tierra de la subestación consistirá en un mallado de 80,00 x 47,00 m aproximadamente de cable de cobre de 120 mm² de sección enterrado a una profundidad de 0,8 m con un perimetral exterior y otro interior a la valla, más uno exterior a los edificios de control.

Como señala la ITC-RAT 13 en su punto 2.1 se procedió a realizar el estudio del terreno en el que se va a ubicar la subestación eléctrica, obteniéndose una resistividad media del mismo de 350 Ω·m. Aplicando la fórmula para esta configuración de electrodo que nos da el reglamento:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$$

Siendo:

R = Resistencia de tierra del electrodo en Ohmios.

ρ = Resistividad del terreno en Ohmios x metro.

L= Longitud total de los conductores enterrados (unos 2.250 m).

r= Radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

Siendo el área ocupada por la red de unos 3.760 m², podemos calcular la resistencia de la malla:

$$R = \frac{\rho}{4r} \sqrt{\frac{\pi}{S}} + \frac{\rho}{L} = 2,685 \Omega$$

Las tensiones máximas admisibles de paso y contacto se calcularán según especifica la citada instrucción, considerando que el acabado en grava para el suelo de la subestación presenta una resistividad de $3.000 \Omega \cdot m$.

Calcularemos la resistividad superficial equivalente y los valores máximos admisibles de la tensión de paso y de contacto.

$$\rho_{sup} = \left(1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho}{\rho_s}}{2 \cdot h_s + 0,106} \right) \right) \cdot \rho_s$$

$$\rho_{sup} = \left(1 - 0,106 \cdot \left(\frac{1 - \frac{350}{3.000}}{2 \cdot 0,1 + 0,106} \right) \right) \cdot 3000 = 2.082 \Omega \cdot m$$

Calcularemos los valores máximos admisibles con acabado en grava (interior del recinto cerrado) y sin grava (exterior):

$$V_c = U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{\left(\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_s \right)}{1000} \right)$$

$$V_p = 10 \cdot U_{ca} \cdot \left(1 + \frac{(2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho_s)}{1000} \right)$$

Siendo:

U_{ca} = Tensión de contacto aplicada admisible en el cuerpo humano (107 V) obtenidos de la tabla 1 de la ITC-RAT 13 para una duración de la falta de 1 seg).

t = Duración de la falta en segundos (se considerará 1 seg).

S = Resistividad superficial del terreno.

ρ_s = Espesor de la capa superficial (0,1 m).

R_{a1} = Resistencia equivalente del calzado de un pie cuya suela sea aislante (2.000Ω).

Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

VALORES ADMISIBLES DE V_p Y V_c		
	Tensión de paso V_p	Tensión de contacto V_c
Interior (con grava)	18.717 V	548 V
Exterior (sin grava)	7.597 V	270 V

En nuestro caso, anteriormente, se menciona un valor de potencia de cortocircuito más elevada de 2.607,70 MVA en la salida rígida de 220 kV. Se considera el caso más desfavorable en 220 kV donde la Intensidad de falta a considerar será 6,84 kA.

En definitiva, en nuestros cálculos vamos a considerar una intensidad de defecto a tierra según la norma UNE-EN 50522 “Puesta a tierra en instalaciones de tensión superior a 1 kV en corriente alterna” (Tabla 1) con un factor de reducción de 0,2 de la intensidad de cortocircuito fase tierra, antes considerada.

Acto continuo, se muestra la Tabla 1, considerada antes en la UNE-EN 50522:

Tabla 1 – Corrientes a considerar para el diseño de los sistemas de puesta a tierra

Tipo de sistema de alta tensión		Para las cargas térmicas ^{a e}		Para la elevación del potencial de tierra y las tensiones de contacto
		Electrodo de tierra	Conductor de tierra	
Sistemas con neutro aislado				
		I_{kEE}''	I_{kEE}''	$I_E = r \cdot I_C$ ^b
Sistemas con puesta a tierra resonante				
Incluye corto tiempo de puesta a tierra para la detección				
	Subestaciones sin bobinas de extinción de arco ^f	I_{kEE}''	I_{kEE}''	$I_E = r \cdot I_{RES}$ ^b
	Subestaciones con bobinas de extinción de arco	I_{kEE}''	I_{kEE}'' ^c	$I_E = r \cdot \sqrt{I_L^2 + I_{RES}^2}$ ^{b h}
Sistemas con puesta a tierra del neutro de baja impedancia				
Incluye corto tiempo de puesta a tierra para la detección ^g				
	Subestaciones sin neutro puesto a tierra	I_{k1}''	I_{k1}''	$I_E = r \cdot I_{k1}''$
	Subestaciones con neutro puesto a tierra	I_{k1}''	I_{k1}''	$I_E = r \cdot (I_{k1}'' - I_N)$ ^d

^a Si son posibles diversas trayectorias de corriente, puede considerarse la distribución de corriente resultante al diseñar el sistema del electrodo de tierra.

^b Si no hay desconexión automática de los defectos a tierra, la necesidad de considerar doble falta a tierra depende de la experiencia en la operación.

^c El conductor de tierra de la bobina Petersen ha de ser dimensionado de acuerdo con la corriente máxima de la bobina.

^d Debe ser comprobado si una falta externa puede ser decisiva.

^e La sección mínima del anexo C debe considerarse.

^f En el caso del que el sistema no esté bien compensado la aproximación general del 10% I_C puede no aplicarse. La componente reactiva/ capacitiva de la corriente residual debe ser considerada adicionalmente.

^g La puesta a tierra de corta duración del sistema de puesta a tierra resonante arranca automáticamente en menos de 5 s después de cada detección de falta.

^h En caso de un defecto en la subestación la corriente capacitiva de falta I_C debe considerarse. En caso de grandes bobinas externas a la subestación esto pueda considerarse.

Leyenda:

I_C Corriente capacitiva de defecto a tierra calculada o medida.

I_{Res} Corriente residual de defecto a tierra (véase la figura 3b) Si no se conoce el valor exacto, puede asumirse el 10% de I_C .

I_L Suma de las corrientes asignadas de las bobinas de extinción de arco montadas en paralelo en la subestación en cuestión.

I_{kEE}'' Corriente de doble falta a tierra calculada de acuerdo con la Norma IEC 60909.
(Para I_{kEE}'' puede usarse como valor máximo el 85% de la corriente simétrica de cortocircuito inicial).

I_{k1}'' Corriente simétrica de cortocircuito inicial para un cortocircuito fase-tierra, calculada de acuerdo con la Norma EN 60909.

I_E Corriente a tierra (véase el figura 2).

I_N Corriente a través de la puesta a tierra del neutro del transformador (véase el figura 2).

r Factor de reducción (véase el anexo I).

Si las líneas y cables de salida de la subestación tienen diferentes factores de reducción, debe determinarse la corriente en cuestión (de acuerdo con el anexo L).

Por tanto, la corriente a utilizar será de 1,368 kA.

Cálculo del conductor:

Según lo establecido en la norma Standard 80 IEEE:

$$A = \frac{I \cdot \sqrt{T_C \cdot \alpha_r \cdot \rho_r \cdot 10.000}}{\sqrt{T_{CAP} \cdot L_n \cdot \frac{k_o + T_M}{k_o + T_a}}} = 8,838 \text{ mm}^2$$

Donde:

I: Intensidad de falta supesta (calculada anteriormente).....	1,368 kA
T _C : Tiempo de duración de la falta	1 seg (Apart. 3.1 ITC-RAT 13)
α _r : Coeficiente térmico de resistividad a temp. de ref.	0,00397 °C ⁻¹
k _o =1/α _o	234 °C
α _o = 1/ k _o : Coeficiente térmico de resistividad a 0º C	0,00427 °C ⁻¹
ρ _r : Resistividad del conductor a temperatura de ref.....	1,72 μΩ·cm
T _{CAP} : Factor de capacidad térmica para el Cu.....	3,42 J/cm ³ °C
T _M : Temperatura máxima permisible.....	200°C
T _a : Temperatura ambiente.....	35°C

Extraemos por tanto, que el valor de sección de conductor que deberemos de instalar en la malla deberá de ser igual o superior a 8,838 mm².

Máxima densidad de corriente de acuerdo con apartado 3.1 de la ITC-RAT 13:

$$I_{sth} = 160 \text{ A/mm}^2.$$

Sección mínima del conductor según apartado 3.1 de la ITC-RAT 13:

$$S = I / I_{sth} = 8,55 \text{ mm}^2.$$

Según apartado 3.4 de la ITC-RAT 13 la sección mínima del electrodo de puesta a tierra será de 50 mm² para conductores de cobre.

Se utilizará cable de cobre desnudo de 120 mm² respecto a los conductores ya que es el valor más común para un nivel de tensión de 220 kV.

7.2. RED DE TIERRAS SUPERIORES

Sirve para la protección frente a posibles descargas atmosféricas que se produzcan en el ambiente provocando un riesgo en la aparamenta eléctrica y al personal de la SET. Es por ello, que se encarga de disipar cualquier tipo de descarga a la malla enterrada de tierra.

La red de tierras estará compuesta por puntas Franklin repartidas dentro del interior del recinto vallado de la subestación.

Dichas puntas de Franklin son pararrayos que protegen externamente al edificio y a la aparamenta de posibles descargas directas de los rayos.

Para realizar el cálculo de la red de tierras superiores se debe de establecer el radio crítico del cebado (r), que se expresa de la siguiente forma:

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

Donde:

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

Donde:

U = tensión soportada nominal a impulsos de tipo rayo ($U=1050$ kV)

N =número de líneas de la SET ($n=1$)

Z =Impedancia de las líneas ($Z=400 \Omega$)

Sustituyendo todos los valores correspondientes se obtendrá la siguiente expresión:

$$I = 1,1 \cdot U \cdot \frac{N}{Z} = 1,1 \cdot 1050 \cdot \frac{1}{400} = 2,89 \text{ kA}$$

$$r = 8 \cdot I^{0,65} = 8 \cdot 2,89^{0,65} = 15,95 \text{ m}$$

De esta forma, colocaremos las puntas de Franklin de tal forma que cubran con radio crítico de unos 16 metros toda la subestación.

Podemos observar la disposición de los pararrayos en los planos que hacen referencia a la planta y sección de la subestación y el plano de planta general de tierras.

8. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

8.1. TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD EN ALTA TENSIÓN

La intensidad máxima para la tensión de 220 kV, se obtiene para una potencia del transformador de potencia de 25/30 MVA. Suponiendo una potencia máxima, la intensidad máxima será:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{30}{\sqrt{3} \cdot 220} = 78,73 \text{ A}$$

Por ello, se puede decir que la relación de transformación 100-200 es correcta.

Contaremos con cinco secundarios que corresponderán a dos protecciones de línea, dos posiciones del transformador y una posición de línea al contador, en la que estará compuesta por tres posiciones de protección y dos de medida.

Los dos secundarios de medida serán de tipo 1 con un 0,2s y un factor de seguridad de 5 (FS-5).

En cuanto a la potencia de precisión, se deberá de elegir conforme a la norma UNE-EN 61869, para ello, se escogerá una de las más usadas por los fabricantes, entre las que se encuentran potencias de 10, 15, 20 y 30 VA.

Para ello, para calcular las pérdidas, elegiremos un cable de 6 mm² de sección y 40 m de longitud entre el transformador y la sala de control y protección, con una corriente nominal de 5 A.

$$P = I^2 \cdot R = I^2 \cdot 2 \cdot \frac{\rho \cdot L}{S} = 5^2 \cdot 2 \cdot \frac{0,01786 \cdot 40}{6} = 5,95 \text{ VA}$$

Además, se tiene que considerar las pérdidas de carga de los relés de protección, que en nuestro caso para un nivel de intensidad de 5 A la potencia disipada será de 0,3 VA.

$$S_D = 5,95 + 0,3 = 6,25 \text{ VA}$$

Es por ello, que tendremos que elegir un valor superior a la suma de la potencia del cable seleccionado y la potencia disipada.

En nuestro caso, la potencia aparente que seleccionaremos es de 20 VA para una línea de 220 kV, al 31,25 %. Por tanto, podemos determinar que se cumplen las especificaciones comentadas anteriormente.

Para el caso de los secundarios de protección, se va a elegir un 5P. El 5 hace referencia a la precisión, mientras que, la P hace referencia a la protección sin límite de flujo remanente.

Calculando el valor de K_r :

$$k_r = C \cdot \frac{8 \cdot I_L}{I_n} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 78,73}{100} = 12,597$$

De esta forma para que se quede sobredimensionada, se tomarán los tres secundarios de protección de 30VA 5P20.

8.2. TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD EN MEDIA TENSIÓN

8.2.1 TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD EN LA CELDA DE LÍNEA

Por cada celda de línea pasan como máximo 10 MW, por tanto:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_p \cos \varphi} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 30 \cdot 0,9} = 213,83 \text{ A}$$

Por ello, se puede decir que la relación de transformación 300-600 es correcta.

En este caso, contaremos con dos secundarios formados por uno de medida y otro de protección.

Para el secundario de medida se elegirá un punto de medida de tipo 2 con una clase de precisión de 0,5 para posibles medidas de facturación y control.

En cuanto a la potencia de precisión, se deberá de elegir conforme a la norma UNE-EN 61869, para ello, se escogerá una de las más usadas por los fabricantes, entre las que se encuentran potencias de 10, 15, 20 y 30 VA.

Para ello, para calcular las pérdidas, elegiremos un cable de 6 mm² de sección y 20 m de longitud entre el transformador y la sala de control y protección, con una corriente nominal de 5 A.

$$P = I^2 \cdot R = I^2 \cdot 2 \cdot \frac{\rho \cdot L}{S} = 5^2 \cdot 2 \cdot \frac{0,01786 \cdot 20}{6} = 2,98 \text{ VA}$$

Además, se tiene que considerar las pérdidas de carga de los relés de protección, que en nuestro caso para un nivel de intensidad de 5 A la potencia disipada será de 0,3 VA.

$$S_D = 2,98 + 0,3 = 3,28 \text{ VA}$$

Es por ello, que tendremos que elegir un valor superior a la suma de la potencia del cable seleccionado y la potencia disipada.

En nuestro caso, la potencia aparente que seleccionaremos es de 10 VA para una línea de 30 kV, al 32,8 %. Por tanto, podemos determinar que se cumplen las especificaciones comentadas anteriormente.

Para el caso de los secundarios de protección, se va a elegir un 5P. El 5 hace referencia a la precisión, mientras que, la P hace referencia a la protección sin límite de flujo remanente.

Calculando el valor de K_r :

$$k_r = C \cdot \frac{8 \cdot I_L}{I_n} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 213,83}{300} = 11,404$$

De esta forma para que se quede sobredimensionada, se tomará un secundario de protección de 30 VA 5P20.

8.2.2. TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD EN LA CELDA DE BBCC

La potencia que pasa por la batería de condensadores (BBCC) es de 6 MVar, por tanto:

$$I_P = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_P} = \frac{6}{\sqrt{3} \cdot 30} = 115,47 \text{ A}$$

Por tanto, la relación de transformación será de 200-400 es correcta.

En este caso, contaremos con dos secundarios formados por uno de medida y otro de protección.

Para el secundario de medida se elegirá un punto de medida de tipo 2 con una clase de precisión de 0,5 para posibles medidas de facturación y control.

En cuanto a la potencia de precisión, se deberá de elegir conforme a la norma UNE-EN 61869, para ello, se escogerá una de las más usadas por los fabricantes, entre las que se encuentran potencias de 10, 15, 20 y 30 VA.

Para ello, para calcular las pérdidas, elegiremos un cable de 6 mm² de sección y 20 m de longitud entre el transformador y la sala de control y protección, con una corriente nominal de 5 A.

$$P = I^2 \cdot R = I^2 \cdot 2 \cdot \frac{\rho \cdot L}{S} = 5^2 \cdot 2 \cdot \frac{0,01786 \cdot 20}{6} = 2,98 \text{ VA}$$

Además, se tiene que considerar las pérdidas de carga de los relés de protección, que en nuestro caso para un nivel de intensidad de 5 A la potencia disipada será de 0,3 VA.

$$S_D = 2,98 + 0,3 = 3,28 \text{ VA}$$

Es por ello, que tendremos que elegir un valor superior a la suma de la potencia del cable seleccionado y la potencia disipada.

En nuestro caso, la potencia aparente que seleccionaremos es de 10 VA para una línea de 30 kV, al 32,8 %. Por tanto, podemos determinar que se cumplen las especificaciones comentadas anteriormente.

Para el caso de los secundarios de protección, se va a elegir un 5P. El 5 hace referencia a la precisión, mientras que, la P hace referencia a la protección sin límite de flujo remanente.

Calculando el valor de K_r:

$$k_r = C \cdot \frac{8 \cdot I_L}{I_n} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 213,83}{200} = 17,106$$

De esta forma para que se quede sobredimensionada, se tomará el secundario de protección de 30 VA 5P20.

8.2.3. TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD EN LA CELDA DEL TRANSFORMADOR

Suponemos que por la celda del transformador circula la potencia máxima de 25 MVA procedente del parque fotovoltaico y eólico, obtendremos:

$$I_P = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_P} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 30} = 481,125 \text{ A}$$

Por tanto, la relación de transformación será de 600-1.200 es correcta.

En este caso, contaremos con tres secundarios formados por uno de medida y dos de protección.

Para el secundario de medida se elegirá un punto de medida de tipo 2 con una clase de precisión de 0,5 para posibles medidas de facturación y control.

En cuanto a la potencia de precisión, se deberá de elegir conforme a la norma UNE-EN 61869, para ello, se escogerá una de las más usadas por los fabricantes, entre las que se encuentran potencias de 10, 15, 20 y 30 VA.

Para ello, para calcular las pérdidas, elegiremos un cable de 6 mm² de sección y 20 m de longitud entre el transformador y la sala de control y protección, con una corriente nominal de 5 A.

$$P = I^2 \cdot R = I^2 \cdot 2 \cdot \frac{\rho \cdot L}{S} = 5^2 \cdot 2 \cdot \frac{0,01786 \cdot 20}{6} = 2,98 \text{ VA}$$

Además, se tiene que considerar las pérdidas de carga de los relés de protección, que en nuestro caso para un nivel de intensidad de 5 A la potencia disipada será de 0,3 VA.

$$S_D = 2,98 + 0,3 = 3,28 \text{ VA}$$

Es por ello, que tendremos que elegir un valor superior a la suma de la potencia del cable seleccionado y la potencia disipada.

En nuestro caso, la potencia aparente que seleccionaremos es de 10 VA para una línea de 30 kV, al 32,8 %. Por tanto, podemos determinar que se cumplen las especificaciones comentadas anteriormente.

Para el caso de los secundarios de protección, se va a elegir un 5P. El 5 hace referencia a la precisión, mientras que, la P hace referencia a la protección sin límite de flujo remanente.

Calculando el valor de K_r :

$$k_r = C \cdot \frac{8 \cdot I_L}{I_n} = 2 \cdot \frac{8 \cdot 481,125}{600} = 12,83$$

De esta forma para que se quede sobredimensionada, se tomarán los dos secundarios de protección de 30 VA 5P20.

9. CÁLCULO DE LOS TRANSFORMADORES DE TENSIÓN

En el caso de los transformadores de tensión, seguiremos la norma IEC 61869 que especifica la protección y la medida de los transformadores y la orden TEC/1281/2019 referente a las instrucciones técnicas complementarias del Reglamento de puntos de medida del sistema eléctrico.

Por tanto, se podrá determinar el punto de medida dependiendo de la zona en la que se encuentre respecto a los cálculos realizados anteriormente en los transformadores de intensidad.

9.1. TRANSFORMADOR DE TENSIÓN EN LÍNEA DE 220 kV

En el transformador de tensión de la línea de 220 kV se instalará un secundario de medida de 0,2 que permitirá la lectura a los clientes del mismo.

Los dos secundarios restantes serán de 30 VA Cl, 0,5-3P, que permitirán la lectura de los aparatos de protección y medida.

9.2. TRANSFORMADOR DE TENSIÓN EN LÍNEA DE 30 kV

El transformador a instalar en el embarrado de media tensión dentro de la posición de la celda del transformador de 30 kV, constará de un secundario de medida de 25 VA 0,2 que permitirá la lectura a los clientes del mismo.

Otro secundario será de 25 VA 0,5-3P y permitirá la lectura en los aparatos de protección y medida.

Y, por otro lado, el último secundario de medida será de protección 10 VA 6P.

10. TENSIONES MÁXIMAS DE PASO Y CONTACTO

Los valores reales de tensión de paso y contacto se van a calcular según el método propuesto en la ANSI/I.E.E.E. GUIDE FOR SAFETY IN AC SUBSTATION GROUNDING 1986 para esta configuración de electrodo cuyas fórmulas se resumen en el siguiente cuadro:

$$E_s = \rho \cdot K_s \cdot K_j \frac{I}{L}$$

$$E_m = \rho \cdot K_m \cdot K_j \frac{I}{L}$$

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

$$K_j = 0,644 + 0,148n$$

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

$$K_{ij} = \frac{1}{(2n)^{2/n}}$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}} ; h_0 = 1$$

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

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p}$$

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

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

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

Donde:

E_m = Diferencia de potencial del conductor de la malla y la superficie del terreno al centro de la malla.

E_s = Tensión de contacto a una distancia horizontal de un metro.

ρ = Resistividad del terreno (350 $\Omega \cdot m$).

I = Intensidad de defecto (1.368 A).

L_c = Longitud del cable enterrado (unos 2.250 m).

L_p = Longitud del perímetro de la red (254 m).

L_x = Máxima longitud del cable de tierra en el eje longitudinal (80 m)

L_y = Máxima longitud del cable de tierra en el eje transversal (47 m)

D_m = Distancia máxima entre dos puntos de la red de tierras

h = Profundidad de enterramiento (0,8 m).

A = Área cubierta por la malla (3.760 m²).

D = Separación media entre conductores paralelos (unos 3,75 m).

d = Diámetro del conductor (0,01236 m).

n = Número efectivo de conductores en paralelo.

Procedemos a calcular los coeficientes:

$$n = 18,029$$

$$n_a = 17,717$$

$$n_b = 1,018$$

$$n_c = 1$$

$$n_d = 1$$

$$K_s = 0,354$$

$$K_j = 0,644 + 0,148 \cdot 18,029 = 3,312$$

$$K_{ij} = \frac{1}{(2n)^{2/n}}$$

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_o}} = \sqrt{1 + \frac{0,8}{1}} = 1,342$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D + 2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ij}}{K_h} \ln \frac{8}{\pi(2n + 1)} \right] = 0,588$$

Por ello, la longitud efectiva L_M de la red de conductores será la siguiente:

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

Donde, L_R es la longitud total de todas las picas enterradas del perímetro y L_r es la longitud de cada pica. Se tomará como valor normalizado de cada pica una longitud de 3 metros. Por tanto, $L_M=2669,29$ m.

Entonces:

$$E_m = \rho \cdot K_m \cdot K_j \cdot \frac{I}{L_M}$$

$$E_m = 349,32 \text{ V}$$

Donde:

$$L_S = 0,75 \cdot L_C + 0,85 \cdot L_R = 1911,73$$

$$E_s = \rho \cdot K_s \cdot K_j \cdot \frac{I}{L_S}$$

$$E_s = 293,64 \text{ V}$$

Para que sean admisibles los resultados, se tiene que cumplir que:

$$E_s < V_p$$

$$E_m < V_c$$

	V_p Admisible	V_p Calculada (E_s)	V_c Admisible	V_c Calculada (E_m)
Interior (con grava)	18.717 V	293,6 V	548 V	349,3 V
Exterior (sin grava)	7.597 V	293,6 V	270 V	349,3 V

Para que la tensión de contacto cumpla aún más en el exterior del recinto, se instalará la valla de la Subestación a 1 m del perímetro de la malla hacia el interior y conectada a esta.

Con lo que nuestro sistema no presentará peligros significativos para el personal por trasvase de potenciales peligrosos.

En aplicación del Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión, una vez efectuada la instalación de puesta a tierra se medirán las tensiones de paso y de contacto, asegurándose de que los valores obtenidos están dentro de los márgenes que garantizan la seguridad de las personas.

11. COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO

Se pretende coordinar el aislamiento del conjunto de la aparamenta con los niveles de protección de los pararrayos a instalar, así como calcular la distancia, medida a lo largo de las conexiones, que protegen dichos pararrayos comprobando así su correcto funcionamiento.

Los pararrayos elegidos son de ZnO por lo que las consideraciones técnicas para la elección de este tipo de pararrayos es la siguiente, cumpliendo la normativa UNE-EN IEC 60071 partes 1 y 2.

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

A continuación, se comprobará la adecuación de los pararrayos elegidos para los dos niveles principales de tensión:

11.1 NIVEL 220 kV

Tensión más elevada de la red: 245 kV

BIL (Basic Impulse Insulation Level) de los aparatos: 1.050 kV

$$1.º \ U_{\max} = 245 \text{ kV} \qquad U_{\text{simple}} = \frac{245}{\sqrt{3}} = 141,45 \text{ kV}$$

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

$$U_1 = \frac{141,45}{0,8} = 176,81 \text{ kV}$$

Por lo cual, indica que el pararrayos de 176,81 kV puede soportar continuamente 141,45 kV sin descargar.

2.º Aplicando el coeficiente de defecto a tierra que es de 1,4 de la tensión simple máxima y admitiendo un tiempo de despeje de la puesta a tierra (p.a.t.) de 2 segundos, tendremos:

$$U_2 = \frac{U_{max} \cdot 1,4}{K_t} = \frac{141,45 \cdot 1,4}{1,0327} = 191,76 \text{ kV}$$

Donde K_t es la capacidad del pararrayos contra sobretensiones temporales, el cual depende del tiempo de duración de la sobretensión y se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$K_t = \frac{1}{\left(\frac{t}{10}\right)^{0,02}}$$

Siendo “t” el tiempo de duración de la sobretensión dado en segundos.

3.º Se elige el tipo de pararrayos de manera que la tensión nominal sea de un valor comercial superior a la mayor de las dos tensiones nominales calculadas (U_1 y U_2), en este caso 192 kV.

La clase se fija considerando la máxima corriente de descarga que se pueda presentar en caso de un cortocircuito. En este caso, “Station type” de 10 kA, de tipo estación uso medio SM.

4.º La tensión residual de un pararrayos de $U_r=192$ kV es de 452 kV.

$$\left(\frac{\text{BIL}}{\text{Tensión residual}}\right) \geq 1,4$$

$$\left(\frac{1050}{525}\right) = 2,3 \geq 1,4$$

Por tanto, podemos decir que cumple la coordinación de seguridad exigida.

11.2 NIVEL 30 kV

Tensión más elevada de la red: 36 kV

BIL (Basic Impulse Insulation Level) de los aparatos: 170 kV

$$1.º \quad U_{\max} = 36 \text{ kV} \qquad U_{\text{simple}} = \frac{36}{\sqrt{3}} = 20,78 \text{ kV}$$

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

$$U_1 = \frac{20,78}{0,8} = 25,98 \text{ kV}$$

Por lo cual, indica que el pararrayos de 25,98 kV puede soportar continuamente 20,78 kV sin descargar.

2.º Aplicando el coeficiente de defecto a tierra que es de 1,73 de la tensión simple máxima y admitiendo un tiempo de despeje de la puesta a tierra (p.a.t.) de 2 segundos, tendremos:

$$U_2 = \frac{U_{\max} \cdot 1,73}{K_t} = \frac{20,78 \cdot 1,73}{1,0327} = 34,81 \text{ kV}$$

Es decir, eligiendo un pararrayos de 34,81 kV se podría soportar una sobretensión de un 80% durante 2 segundos.

3.º Se elige el tipo de pararrayos de manera que la tensión nominal sea de un valor comercial superior a la mayor de las dos tensiones nominales calculadas (U_1 y U_2), en este caso 36 kV.

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

4.º La tensión residual de un pararrayos de $U_r = 36 \text{ kV}$ es de 93,3 kV.

$$\left(\frac{\text{BIL}}{\text{Tensión residual}} \right) \geq 1,4$$

$$\left(\frac{170}{93,3} \right) = 1,82 \geq 1,4$$

Por tanto, podemos decir que cumple la coordinación de seguridad exigida.

Trabajo Fin de Máster

Título del trabajo:

Proyecto de una Subestación Eléctrica 220/30 kV " PE Los Ruejos" para evacuar la energía necesaria para el parque eólico "Los Ruejos" y la planta fotovoltaica "Los Ruejos".

English title:

Project of an Electrical Substation 220/30 kV "PE Los Ruejos" to evacuate the energy necessary for the wind farm "Los Ruejos" and the photovoltaic plant "Los Ruejos".

Autor:

Jaime Lázaro García

Director:

Antonio Joaquín Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura- Máster en Ingeniería
Industrial

Universidad de Zaragoza
2022/2023

DOCUMENTO II

PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

_Toc127782780

1.- PRESUPUESTOS PARCIALES	4
1.1- TRANSFORMADOR DE POTENCIA	4
1.2- APARAMENTA 220 kV	4
1.3- APARAMENTA 30 kV	5
1.4 EMBARRADOS Y CABLES	6
1.5 SOPORTES Y ESCTRUCTURAS	6
1.6 RED DE TIERRAS	6
1.7 SERVICIOS AUXILIARES	6
1.8 CONTROL, PROTECCIÓN Y MEDIDA	6
1.9 VARIOS	7
1.10 OBRA CIVIL	7
1.11 MONTAJE ELECTROMECAÁNICO	7
1.12 PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	7
1.13 SEGURIDAD Y SALUD LABORAL	7
1.14 PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS	7
1.15 DESMANTELAMIENTO DE LA SE	8
2.- PRESUPUESTO GENERAL	8

1.- PRESUPUESTOS PARCIALES

1.1- TRANSFORMADOR DE POTENCIA

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
1.1.	Transformador trifásico en baño de aceite 220/30 kV de 25/30 MVA (ONAN/ONAF) con regulación de tensión en el lado de 220 kV $\pm 10 \times 1,1\%$; YNd11, intensidad de cortocircuito 12%; 50 Hz y neutro de 220 kV accesible.	1,00	480.000,00	480.000,00
Total Transformador de Potencia (Euros)				480.000,00

1.2- APARAMENTA 220 kV

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
2.1.	Interruptor tripolar automático para 220kV de tipo intemperie y corte SF6. Con mando tipo resorte rearmable mediante motor eléctrico. Tensión aislamiento 245 kV, intensidad nominal 2.000 A. Poder de corte 40 kA.	3,00	14.500,00	43.500,00
2.2.	Seccionador de línea, tripolar de 3 columnas, giratorio, con cuchillas de p.a.t. y dispositivo de mando eléctrico para maniobra de las cuchillas principales. Tensión aislamiento 245 kV, intensidad nominal 2.000 A, intensidad asignada de corta duración (1 s) 40 kA.	3,00	12.600,00	37.800,00
2.3.	Pararrayos autoválvula Uc=154 kV, Ur=192 kV de tensión asignada y 10 kA de corriente de descarga, clase 3. Se incluye contador de descarga	6,00	5.200,00	31.200,00
2.4.	Transformador de intensidad unipolar relación de transformación primaria 100-200/5-5-5-5-5A, cinco secundarios: 1er secundario para medida fiscal, 20 VA, cl. 0,2s, 2º secundario para medida local, 30 VA, cl. 0,5-5P-20 y 3er, 4º y 5º para protecciones, 30VA, cl. 5P20). Tensión máxima 245kV. (Incluye caja de formación de intensidades)	3,00	16.000,00	48.000,00
2.5.	Transformador de tensión inductivo en líneas, relación primaria 220/ $\sqrt{3}$, tres secundarios, 1er secundario para medida fiscal, 110/ $\sqrt{3}$, 20 VA, cl. 0,2, 2º secundario para medida y protección, 110/ $\sqrt{3}$, 50 VA, cl. 0,5-3P y 3er secundario para protección, 110/ $\sqrt{3}$, 50VA, cl. 0,5-3P (Incluye caja de formación de tensiones)	3,00	17.380,00	52.140,00
2.6.	Aisladores de apoyo 220kV	3,00	2.800,00	8.400,00
Total Aparamenta 220 kV (Euros)				221.040,00

1.3- APARAMENTA 30 kV

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
3.1.	Celda blindada (aislamiento en SF6) de transformador de 36 kV, en armario metálico prefabricado, normalizado y homologado, con embarrado de 1.250 A, conteniendo básicamente en su interior, interruptor automático de corte en SF6, de 1.250 A, 25 kA, seccionador (con puesta a tierra), transformadores de tensión y de intensidad (2 devanados de protección, y 1 de medida), transformadores de tensión en embarrado (devanados de protección, medida), relés de protección, etc.	1,00	33.500,00	33.500,00
3.2.	Celda blindada de línea colectora de parque (aislamiento en SF6) 36 kV, en armario metálico prefabricado, normalizado y homologado, con embarrado de 1.250 A, conteniendo básicamente en su interior, interruptor automático de corte en SF6, de 630 A, 25 kA, seccionador (con puesta a tierra), transformadores de intensidad (1 devanados de protección y 1 de medida) relés de protección, etc.	1,00	30.000,00	30.000,00
3.3.	Celda blindada de línea colectora de parques (aislamiento en SF6) 36 kV, en armario metálico prefabricado, normalizado y homologado, con embarrado de 1.250 A, conteniendo básicamente en su interior, interruptor automático de corte en SF6, de 630 A, 25 kA, seccionador (con puesta a tierra), transformadores de intensidad (devanados de protección, medida), relés de protección, etc.	2,00	31.250,00	62.500,00
3.4.	Celda blindada de BESS (aislamiento en SF6). 36 kV, en armario metálico prefabricado normalizado y homologado, con embarrado de 1.250 A, conteniendo básicamente en su interior, interruptor automático de corte en SF6, de 630 A, 25 kA, seccionador (con puesta a tierra), transformadores de intensidad (devanados de protección, medida), relés de protección, etc.	1,00	30.000,00	30.000,00
3.5.	Celda blindada para batería de condensadores (BBCC) (aislamiento en SF6). 36 kV, en armario metálico prefabricado, normalizado y homologado, con embarrado de 1.250 A, conteniendo básicamente en su interior, interruptor automático de corte en SF6, de 630 A, 25 kA, seccionador (con puesta a tierra), transformadores de intensidad (devanados de protección, medida), relés de protección, etc.	1,00	30.000,00	30.000,00
3.6.	Celda blindada para protección de transformador de SS.AA. 36 kV, en armario metálico prefabricado normalizado y homologado, con embarrado de 1.250 A, conteniendo básicamente en su interior, interruptor automático de corte en SF6, de 630 A, 25 kA, seccionador (con puesta a tierra), transformadores de intensidad (devanados de protección y medida), relés de protección, etc.	1,00	28.500,00	28.500,00
3.7.	Suministro de baterías de condensadores de 30 kV de 6 MVAR, en cabina metálica blindada, tipo exterior, conectados en doble estrella, con protección para sobretensiones y sobreintensidades.	1,00	27.500,00	27.500,00
3.8.	Suministro de transformador de SS.AA. de relación 30/0,420 kV. de 160 kVA de potencia, con grupo de conexión Dyn11, de aislamiento seco, para montaje en interior. (Incluye envoltorio metálica)	1,00	12.000,00	12.000,00
3.9.	Reactancia de puesta a tierra 30kV - 500 A y demás material adicional para su conexión como seccionadores, transformadores de intensidad, relés de protección, etc..	1,00	23.000,00	23.000,00
3.10.	Pararrayos autoválvulas unipolar de Uc=29kV, Ur=36kV, Intensidad de descarga 10 kA, cl.2. Se incluye contador de descargas.	3,00	975,00	2.925,00
3.11.	Aisladores de apoyo barras salida trafo, 36 kV	3,00	400,00	1.200,00
3.12.	Transformador de intensidad toroidal, instalado en p.a.t. reactancia, 0,6/1 kV, 500/5 A, 15 VA, clase 5P20	4,00	250,00	1.000,00
3.13.	Seccionador unipolar desconexión reactancia, 36 kV, 630 A, intensidad límite térmica 25 kA, accionamiento manual.	3,00	450,00	1.350,00

Total Aparamenta 30 kV (Euros)
283.475,00

1.4 EMBARRADOS Y CABLES

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
4.1.	ml. cable LA-455.	300,00	35,00	10.500,00
4.2.	Tubo de cobre Ø 50/40 para 30 kV.	18,00	95,00	1.710,00
4.3.	Cable RH5Z1 18/30 630 mm ² Aluminio	360,00	125,00	45.000,00
4.4.	Cable RH5Z1 18/30 240 mm ² Aluminio	150,00	64,00	9.600,00
4.5.	Piezas de conexión y pequeño material.	P.A.	14.000,00	14.000,00
4.6.	Conjunto cadenas de aisladores para pórtico.	1,00	6.000,00	6.000,00
Total Embarrados y Cableados(Euros)				86.810,00

1.5 SOPORTES Y ESCTRUCTURAS

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
5.1.	kg. Estructura metálica para soporte de embarrados, apartamenta, y pórticos.	25.000,00	2,80	70.000,00
Total Soportes y Estructuras (Euros)				70.000,00

1.6 RED DE TIERRAS

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
6.1.	Cable de cobre desnudo, piezas de conexión a los soportes, soldaduras aluminotérmicas.	P.A.	35.000,00	35.000,00
Total Red de Tierras (Euros)				35.000,00

1.7 SERVICIOS AUXILIARES

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
7.1.	Armario de servicios auxiliares C.A.	2,00	28.750,00	57.500,00
7.2.	Armario de servicios auxiliares C.C.	1,00	13.100,00	13.100,00
7.3.	Equipo rectificador-cargador de baterías de 125 V c.c.	2,00	11.250,00	22.500,00
7.4.	Equipo rectificador-cargador de baterías de 48 V c.c.	1,00	6.500,00	6.500,00
7.5.	Grupo Electrógeno de 100kVAs	1,00	6.500,00	6.500,00
Total Servicios Auxiliares (Euros)				106.100,00

1.8 CONTROL, PROTECCIÓN Y MEDIDA

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
8.1.	Armario de control y protección, con cableado	2,00	32.550,00	65.100,00
8.2.	Medida de exportación comprobante para instalaciones tipo 1, activa 0,2s, reactiva 0,2	2,00	15.000,00	30.000,00
8.3.	Remota de Telecontrol	1,00	30.000,00	30.000,00
Total Control, Protección y Medida (Euros)				125.100,00

1.9 VARIOS

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
9.1.	Punta Franklin para perturbaciones atmosféricas, de radio de acción de 50 m con mástil autoportante de 20 m.	2,00	6.500,00	13.000,00
9.2.	Punta Franklin para perturbaciones atmosféricas, de radio de acción de 50 m	2,00	1.500,00	3.000,00
9.3.	Alumbrado del parque, vallado, acabado en general	P.A.	8.000,00	8.000,00
9.4.	Sistema de teledisparo	1,00	20.000,00	20.000,00
Total Varios (Euros)				44.000,00

1.10 OBRA CIVIL

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
10.1.	Obra Civil Parque Intemperie y acceso SET.	P.A.	250.000,00	250.000,00
10.2.	Edificio de Celdas, Control y Operacion	204,00	950,00	193.800,00
10.3.	Edificio de Residuos	24,00	850,00	20.400,00
Total Obra Civil (Euros)				464.200,00

1.11 MONTAJE ELECTROMECAÁNICO

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
11.1.	Montaje electromecánico	P.A.	50.000,00	50.000,00
Total Montaje Electromecánico (Euros)				50.000,00

1.12 PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
12.1.	Pruebas y puesta en servicio	P.A.	24.000,00	24.000,00
Total Pruebas y Puesta en Servicio (Euros)				24.000,00

1.13 SEGURIDAD Y SALUD LABORAL

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
13.1	Presupuesto de Seguridad y Salud Laboral	1	6.650,00	6.650,00
Total Seguridad y Salud Laboral				6.650,00

1.14 PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
14.1	Gestión de los residuos generados en la construcción de la SET, incluye el almacenamiento, servicio de entrega y recogida, tanto de los residuos peligrosos como los no peligrosos, por gestor autorizado.	1	2.775,00	2.775,00
Total Seguridad y Salud Laboral				2.775,00

1.15 DESMANTELAMIENTO DE LA SE

Núm	Designación	Unidades	P.U.	Total (Euros)
15.1	Presupuesto de desmantelamiento de la SE al acabar su vida útil	1	20.000,00	20.000,00
Total Desmantelamiento de la SE				20.000,00

2.- PRESUPUESTO GENERAL

1. TRANSFORMADOR DE POTENCIA	480.000,00 €
2. APARAMENTA 220 kV	221.040,00 €
3. APARAMENTA 30 kV	283.475,00 €
4. EMBARRADOS Y CABLEADOS	86.810,00 €
5. SOPORTES Y ESTRUCTURAS	70.000,00 €
6. RED DE TIERRAS	35.000,00 €
7. SERVICIOS AUXILIARES	106.100,00 €
8. CONTROL, PROTECCION Y MEDIDA	125.100,00 €
9. VARIOS	44.000,00 €
10. OBRA CIVIL	464.200,00 €
11. MONTAJE ELECTROMECHANICO	50.000,00 €
12. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO	24.000,00 €
13. SEGURIDAD Y SALUD LABORAL	6.650,00 €
14. PRODUCCIÓN Y GESTIÓN DE RESIDUOS	2.775,00 €
15. DESMANTELAMIENTO DE LA SE	20.000,00 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL:	2.019.150,00 €

TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	2.019.150,00 €
GASTOS GENERALES + BENEFICIO INDUSTRIAL (19%)	383.640,00 €
I.V.A. (21%)	504.586,00 €
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	2.907.376,00 €

El presupuesto GENERAL del Proyecto de la Subestación 220/30 kV "PE Los Ruejos" asciende a la cantidad de **DOS MILLONES NOVECIENTOS SIETE MIL TRESCIENTOS SETENTA Y SEIS (2.907.376,00 €)**.



Zaragoza, Junio de 2023
El ingeniero Industrial
Jaime Lázaro García

Trabajo Fin de Máster

Título del trabajo:

Proyecto de una Subestación Eléctrica 220/30 kV " PE Los Ruejos" para evacuar la energía necesaria para el parque eólico "Los Ruejos" y la planta fotovoltaica "Los Ruejos".

English title:

Project of an Electrical Substation 220/30 kV "PE Los Ruejos" to evacuate the energy necessary for the wind farm "Los Ruejos" and the photovoltaic plant "Los Ruejos".

Autor:

Jaime Lázaro García

Director:

Antonio Joaquín Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura- Máster en Ingeniería
Industrial

Universidad de Zaragoza
2022/2023

DOCUMENTO III

ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

_Toc127782368

1.- OBJETO	5
2.- DATOS GENERALES	5
2.1- DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS	5
2.2- ACTIVIDADES PRINCIPALES	6
2.3- SITUACIÓN Y CLIMATOLOGÍA	6
2.4- PLAZO DE EJECUCIÓN Y PERSONAL PREVISTO	7
2.5- OFICIOS	7
2.6- MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILARES	8
2.7- INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES	9
3.- IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, ANÁLISIS Y MEDIDAS PREVENTIVAS	9
3.1- RIESGOS PROFESIONALES	9
3.1.1- RIESGOS GENERALES	10
3.1.2- RIESGOS ESPECÍFICOS	25
4.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES	30
4.1- RIESGOS PREVISIBLES	30
4.2- MEDIDAS PREVENTIVAS	30
4.2.1- CUADROS DE DISTRIBUCIÓN	30
4.2.2- PROLONGADORES, CLAVIJAS, CONEXIONES Y CABLES	31
4.2.3- HERRAMIENTAS Y ÚTILES ELÉCTRICOS PORTÁTILES	31
4.2.4- MÁQUINAS Y EQUIPOS ELÉCTRICOS	31
4.2.5- NORMAS DE CARÁCTER GENERAL	31
4.2.6- ESTUDIO DE REVISIONES DE MANTENIMIENTO	32
5.- CONDICIONES AMBIENTALES	32
5.1- VENTILACIÓN	32
5.2- TEMPERATURA	32
5.3- FACTORES ATMOSFÉRICOS	33
6.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	33
6.1- REVISIONES PERIÓDICAS	33
7.- ALMACENAMIENTO Y USOS DE GASES	33
7.1- ALMACENAMIENTO	33
7.2- USO DE BOTELLAS	34
8.- FORMACIÓN E INFORMACIÓN DEL PERSONAL	34
8.1- CHARLA DE SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS PARA PERSONAL DE INGRESO EN OBRA	35
8.2- CHARLA SOBRE RIESGOS ESPECÍFICOS	35
9.- REUNIONES DE SEGURIDAD	35

10.- MEDICINA ASISTENCIAL Y PRIMEROS AUXILIOS	36
10.1- CONTROL MÉDICO	36
10.2- MEDIOS DE ACTUACIÓN Y PRIMEROS AUXILIOS	36
10.3- MEDICINA ASISTENCIAL EN CASO DE ACCIDENTE O EMFERMEDAD PROFESIONAL	37
11.- VESTUARIOS Y ASEOS	37
12.- RECURSOS PREVENTIVOS	37

1.- OBJETO

El presente Estudio de Seguridad y Salud Laboral tiene por objeto establecer las directrices generales encaminadas a disminuir, en lo posible, los riesgos de accidentes laborales y enfermedades profesionales, minimizar las consecuencias de los accidentes que se produzcan mediante la planificación de la medicina asistencial y de primeros auxilios y definir las instalaciones de higiene y bienestar, durante la ejecución de los trabajos correspondientes al proyecto de la Subestación “PE Los Ruejos” en el término municipal de Villarreal de Huerva, municipio de la provincia de Zaragoza.

En este estudio, se va establecer las condiciones a tener en cuenta por la empresa constructora, que debe elaborar y aplicar el Plan de seguridad y salud bajo el control de la dirección facultativa de las obras de acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se implementa la obligación de la inclusión del Estudio de Seguridad y Salud en el trabajo en proyectos de construcción de estas características.

2.- DATOS GENERALES

2.1- DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS

La obra objeto del presente estudio consiste en la construcción y montaje de la Subestación Eléctrica “PE Los Ruejos” en el término municipal de Villarreal de Huerva, en la provincia de Zaragoza.

El Parque Eólico “Los Ruejos” consta de 4 aerogeneradores SG 5.0-170 IIB de 5,0 MW de potencia unitaria, con una altura de buje de 115 metros, resultando una potencia total instalada de 20 MW.

Cada aerogenerador se conecta a 1 centro de transformación de 0,69/30 kV, que va instalado en la torre del mismo.

La Planta Fotovoltaica “Los Ruejos” que contará con una potencia autorizada de 5 MW.

Los centros de transformación se interconexionarán con la subestación “PE Los Ruejos” 220/30 kV, por medio de dos líneas subterráneas de 30 kV.

Estas líneas discurrirán mayoritariamente por zanjas construidas en el lateral del vial del parque.

La construcción y montaje comprende las siguientes actividades que se citan de acuerdo con la secuencia de ejecución:

- Apertura y construcción de los caminos de acceso al emplazamiento y de los caminos interiores de acceso a los aerogeneradores.
- Construcción de las plataformas de montaje para los aerogeneradores.
- Excavación, armado y hormigonado de la cimentación de los aerogeneradores.
- Apertura de la zanja de cables y realización de arquetas.
- Tendido de cables de media tensión y fibra óptica y tapado de la zanja.
- Montaje de los aerogeneradores.
- Pruebas de funcionamiento.

2.2- ACTIVIDADES PRINCIPALES

Las principales actividades que se van a ejecutar en el desarrollo de los trabajos detallados, serán los siguientes:

- Replanteo y estaquillado
- Implantación de obra y Señalización
- Acopio y Manipulación de materiales
- Transporte de materiales y equipos dentro de la obra
- Obras de excavación
- Movimiento de tierras (terraplenes y rellenos)
- Armaduras (ferralla)
- Encofrados
- Obras de hormigón
- Montaje de estructuras metálicas y prefabricados.
- Maniobras de izado, situación en obra y montaje.
- Tendido y conexionado de cables e instalaciones eléctricas.
- Retirada de materiales y equipos existentes dentro de la obra
- Acabados
- Puesta en marcha de las instalaciones

2.3- SITUACIÓN Y CLIMATOLOGÍA

La Subestación “PE Los Ruejos”, sobre cuya construcción trata el presente Estudio de Seguridad y Salud, está situado en la provincia de Zaragoza, en el término municipal de Villarreal de Huerva.

La zona donde se situará la Subestación Eléctrica tiene un clima semiárido. La estación más lluviosa es la primavera, siendo abril el mes con más precipitaciones y diciembre el mes más seco. La temperatura máxima promedio son unos 31 °C en julio y 10,5 °C en enero. Los meses con la humedad relativa más alta son enero y Diciembre (72%) y los meses de Julio y Agosto (50%) los que presentan unos datos más bajos.

2.4- PLAZO DE EJECUCIÓN Y PERSONAL PREVISTO

El plazo total de ejecución de las obras se establece en NUEVE (9) meses.

El personal necesario en punta del conjunto de las obras, no da una previsión máxima de VEINTE (20) personas.

2.5- OFICIOS

La mano de obra prevista para estará compuesta por los siguientes oficios:

- Jefes de Equipo, Mandos de Brigada
- Encofradores
- Ferrallistas
- Albañiles
- Pintores
- Montadores de estructuras metálicas
- Montadores de equipos mecánicos
- Montadores de equipos e instalaciones eléctricas
- Gruistas y maquinistas
- Especialistas de acabados diversos
- Ayudantes

La mano de obra indirecta va a estar compuesta por los siguientes oficios:

- Jefes de Obra
- Técnicos de ejecución/Control de Calidad/Seguridad
- Encargados
- Administrativos

2.6- MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES

La maquinaria y los medios auxiliares más significativos que se prevén utilizar para la ejecución de los trabajos objeto del presente Estudio, son los que se relacionan a continuación:

MAQUINARIA:

- Maquinaria de transporte por carretera
- Máquinas excavadoras
- Grúa autopropulsada
- Camión autocargante
- Camión hormigonera autopropulsado
- Camión basculante
- Dumpers autovolquetes
- Bobcat
- Máquina de excavación con martillo hidráulico
- Compactadores de tambor

MAQUINAS HERRAMIENTAS:

- Cabrestantes de izado y de tendido
- Máquinas de compresión
- Compresor
- Martillo neumático
- Grupos electrógenos
- Equipos de soldadura oxiacetilénica-oxicorte
- Equipos de soldadura eléctrica
- Radiales y esmeriladoras
- Taladradoras de mano
- Compactadores de pata de cabra

HERRAMIENTAS MANUALES:

- Herramientas de mano (cinces y punzones, martillos, alicates, destornilladores, limas, llaves)
- Herramientas de izado (eslingas, poleas, cuerdas, cables, cadenas, aparejos, grilletes, trácteles, etc.)
- Juego alzapobinas, rodillos, etc.

MEDIOS AUXILIARES:

- Plataforma elevadora autopropulsada
- Escaleras manuales
- Cuadros eléctricos auxiliares
- Equipos de medida:
- Comprobador de secuencia de fase
- Medidor de aislamiento
- Medidor de tierras
- Pinzas amperimétricas
- Discriminadores de tensión
- Termómetros

2.7- INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES

Para el suministro de energía a las máquinas y herramientas eléctricas propias de los trabajos objeto del presente Estudio de seguridad, los contratistas instalarán cuadros de distribución con toma de corriente en las instalaciones de la propiedad o alimentados mediante grupos electrógenos.

Tanto los riesgos previsibles como las medidas preventivas a aplicar para los trabajos en instalaciones, elementos y máquinas eléctricas son analizados en los apartados siguientes.

3.- IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS, ANÁLISIS Y MEDIDAS PREVENTIVAS**3.1- RIESGOS PROFESIONALES**

A continuación, analizaremos los riesgos y medidas preventivas a aplicar durante los trabajos de ejecución previstos en las obras o previsibles trabajos posteriores (mantenimientos, etc.), así como las derivadas del uso de maquinaria, medios auxiliares y manipulación de instalaciones, máquinas o herramientas eléctricas. Estos riesgos y medidas preventivas será necesario concretarlas y desarrollarlas para cada trabajo concreto (en el plan de seguridad del contratista ó en los procedimientos de mantenimiento a realizar en las instalaciones).

Para disminuir en lo posible los riesgos, se debe de actuar sobre los factores que, por separado o en conjunto, determinan las causas que producen los accidentes. Nos estamos refiriendo al factor humano y al factor técnico.

La actuación sobre el factor humano, basada fundamentalmente en la formación, mentalización e información de todo el personal que participe en los trabajos del presente Proyecto, así como en aspectos ergonómicos y condiciones ambientales, será analizada con mayor detenimiento en otros puntos de Estudio.

Por lo que respecta a la actuación sobre el factor técnico, se actuará básicamente en los siguientes aspectos.

- Protecciones colectivas.
- Protecciones personales.
- Controles y revisiones técnicas de seguridad.

Siempre que sea posible, se dará prioridad al uso de protecciones colectivas, ya que su efectividad es muy superior a la de las protecciones personales.

Como complemento de las protecciones colectivas será obligatorio el uso de las protecciones personales. Los mandos intermedios y el personal de seguridad vigilarán y controlarán la correcta utilización de estas prendas de protección.

Con el fin de no repetir innecesariamente la relación de riesgos analizaremos primero los riesgos generales, que pueden darse en cualquiera de las actividades, y después seguiremos con el análisis de los específicos de cada actividad.

3.1.1- RIESGOS GENERALES

Se entiende como riesgos generales, aquellos que afectan a todos los trabajadores, independientemente de la actividad que realicen.

RIESGOS GENERALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
1.- CAÍDA DE PERSONAS AL MISMO NIVEL.	1) Deficiencias en el suelo.	– Respetar y cumplir las señalizaciones. – Trabajar en una superficie lo más uniforme y lisa posible y lo suficientemente amplia. – Utilizar los pasos y vías existentes. – Tener la iluminación adecuada. – Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas. – Utilizar el calzado adecuado. – Mantener orden y limpieza en la zona de trabajo.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
1.- CAÍDA DE PERSONAS AL MISMO NIVEL.	2) Pisar o tropezar con objetos en el suelo	– Respetar y cumplir las señalizaciones. – Utilizar los pasos y vías existentes. – Tener la iluminación adecuada. – Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas. – Utilizar el calzado adecuado. – Mantener orden y limpieza en la zona de trabajo.
	3) Existencia de vertidos o líquidos.	– Respetar y cumplir las señalizaciones. – Utilizar los pasos y vías existentes. – Tener la iluminación adecuada. – Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas. – Utilizar el calzado adecuado. – Mantener orden y limpieza en la zona de trabajo. – Contener de forma correcta el vertido.
	4) Superficies en mal estado por condiciones atmosféricas (heladas, nieve, agua, etc.).	– Respetar y cumplir las señalizaciones. – Utilizar los pasos y vías existentes. – Tener la iluminación adecuada. – Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas. – Utilizar el calzado adecuado. – Extremar las precauciones al trabajar en estas condiciones atmosféricas. – Posponer la realización del trabajo.
	5) Resbalones/tropezones por malos apoyos del pie.	– Respetar y cumplir las señalizaciones. – Utilizar los pasos y vías existentes. – Tener la iluminación adecuada. – Utilizar el calzado adecuado.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
2.- CAÍDA DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL.	1) Generales del entorno de trabajo y en instalaciones	– Se prestará atención cuando se circule cerca de huecos, pozos, bordes de forjado o excavaciones, etc. – No se pasará por zonas que no ofrezcan garantías de estabilidad y resistencia (pasarelas, plataformas, escaleras, etc.). – Se cumplirá la normativa interna de la obra, así como las indicaciones de la señalización existente. En cada tajo observarán las normas internas del mismo. – Para zanjas de alturas de 2 m. o más, se colocarán barandillas con rodapiés, listón intermedio y listón superior a una altura mínima de 90 cm. – Para trabajos a alturas menores de dos metros se colocarán vallas, se señalizarán los huecos o se taparán de forma efectiva. – Para trabajos a alturas mayores de dos metros es obligado el uso de protecciones anticaídas adecuadas: – Utilización de la Línea de Vida y el Arnés Anticaídas (el cinturón solo sirve para trabajos en altura estáticos). – Utilización de plataformas elevadoras. – Utilización de medios instalados previamente para el montaje y/o mantenimiento de la instalación. – No se utilizará maquinaria diseñada solo para elevación de cargas para transportar o elevar personas. – Se elaborarán procedimientos para los trabajos de mantenimiento con riesgo de caídas en altura.
	2) Desde escaleras portátiles.	– Verificación del buen estado de conservación y resistencia de todos los componentes. – No estarán pintadas, para poder ver mejor si sufren roturas parciales. – Sólo podrá estar subido en la escalera un operario. – La escalera sobresaldrá 1m. aproximadamente sobre el plano a donde se deba acceder. – El ascenso se hará de frente con las manos libres de objetos y agarrándose a los peldaños. – Si se trabaja por encima de los 2 m. se utilizará arnés de seguridad, que se deberá anclar a un punto fijo diferente de la escalera. – Colocación correcta y estable de la escalera (separada ¼ de la longitud, piso firme y nivelado).
	3) Desde escaleras fijas	– Tener la iluminación adecuada. – Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas. – Utilizar el calzado adecuado. – Utilizar los EPI's correspondientes. – Mantener orden y limpieza en la zona de trabajo.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
3.- CAÍDA DE OBJETOS.	4) Manipulación de objetos y herramientas.	– Respetar y cumplir las señalizaciones. – Utilizar el casco de seguridad y calzado adecuado. – Señalización de la zona de trabajo. – No trabajar a diferentes niveles en la misma vertical, si es necesario se utilizarán medios sólidos de separación. – Tener los materiales necesarios para el trabajo dentro de recipientes adecuados. Usar cuerda de servicio o poleas para subir o bajar materiales.
4.- DESPRENDIMIENTOS, DESPLOMES Y DERRUMBES	1) Desprendimientos de elementos de montaje fijos. 2) Desprendimiento de muros. 3) Desplome de muros. 4) Hundimiento de zanjas o galerías.	– En todas las excavaciones y zanjas se cumplirá con las medidas impuestas por la legislación vigente, en particular se aplicarán las recomendaciones de la NTP 278 (anexo I). – Respetar y cumplir las señalizaciones. – En la medida de lo posible se evitará que los operarios realicen trabajos en el interior de zanjas. – Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas. – Utilizar el casco de seguridad. – Antes del inicio del trabajo se comprobará el estado de los elementos situados por encima de la zona de trabajo, si estos se encuentran en mal estado no se iniciará el mismo. Comprobación del estado de las entibaciones y del terreno antes de cada jornada y después de una lluvia copiosa. – Señalización de la zona de acopio. Mantener distancias de la mitad de la profundidad de la zanja entre zanja y acopios cercanos o vallado. Esta distancia será igual a la profundidad de la zanja si el terreno es arenoso. – Evitar la circulación por las proximidades de taludes inestables. – No transitar por zanjas o excavaciones que tengan un entibado o taluzado deficiente sobrepasando la distancia de seguridad.
5.- CHOQUES Y GOLPES.	1) Objetos fijos o móviles. 2) Herramientas manuales, portátiles, eléctricas u otros objetos.	– Utilizar la ropa de trabajo adecuada. – Utilizar el casco de seguridad. – Utilizar el calzado adecuado. – Mantener la zona de trabajo limpia y ordenada. – Tener iluminación adecuada. – Respetar la señalización.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
6.- VEHÍCULOS Y MAQUINARIA	1) Generales del entorno de trabajo	– Se prestará especial atención a la circulación de vehículos y maquinaria. – Se procurará transitar por las zonas delimitadas para los trabajos, sin invadir las destinadas a la circulación de vehículos. – Será obligatorio el cumplimiento de la normativa interna de la obra (en el caso de que los trabajos se realicen en el interior de una obra). – Los técnicos que trabajen en vías abiertas a la circulación de vehículos deberán llevar ropa reflectante.
	2) Atropello a peatones.	– Sólo conducción por personal con el permiso adecuado. – Respetar y cumplir las señalizaciones. – Tener iluminación adecuada. – Comunicar y/o corregir as deficiencias detectadas. – Atención a circunstancias extraordinarias (obras, trabajos, zonas oscuras, lluvia, etc.). – Revisar periódicamente el estado del vehículo/máquina automotriz. – Desplazarse por lugares indicados para ello. – Precaución con pasos y accesos a garajes, naves, oficinas, etc.
	3) Choques y golpes entre vehículos y/o contra elementos fijos.	– Los trabajadores seguirán estrictamente las normas de circulación. – Sólo conducción por personal con el permiso adecuado.
	4) Vuelco de vehículos.	– Respetar y cumplir las señalizaciones. – Tener iluminación adecuada. – Comunicar y/o corregir las deficiencias detectadas. – Atención a circunstancias extraordinarias (obras, trabajos, zonas oscuras, lluvia, etc.). – Mantenimiento programado de los vehículos, tanto de la empresa como particulares (ITV, etc.) – Revisar periódicamente el estado del vehículo/máquina automotriz. – Desplazarse por lugares indicados para ello. – Utilizar el cinturón de seguridad del vehículo. – Evitar la fatiga y el sueño. Los trabajadores no realizarán actividades peligrosas ni tomarán medicamentos que puedan reducir sus reflejos ni su atención al conducir (hablar por teléfonos móviles, etc.) – Adoptar la velocidad adecuada.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
7.- ATRAPAMIENTOS	1) Atrapamientos por herramientas manuales.	– Respetar y cumplir las señalizaciones. – Tener la iluminación adecuada. – Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas. – Utilizar el calzado adecuado. – Formación de los operarios en la utilización de la maquinaria. – No emplear prendas holgadas, anillos, pulseras, pelo suelto... No tocar partes en movimiento.
	2) Atrapamientos por herramientas portátiles eléctricas.	– Respetar y cumplir las señalizaciones. – Tener la iluminación adecuada. – Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas. – Utilizar el calzado adecuado. – Formación de los operarios en la utilización de la maquinaria. – No emplear prendas holgadas, anillos, pulseras, pelo suelto, ... – No tocar partes en movimiento. – Transportar la máquina desconectada hasta el lugar de trabajo – Los elementos móviles estarán protegidos.
	3) Atrapamientos por máquinas fijas.	– Respetar y cumplir las señalizaciones. – Tener la iluminación adecuada. – Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas. – Utilizar el calzado adecuado. – Formación de los operarios en la utilización de la maquinaria. – No emplear prendas holgadas, anillos, pulseras, pelo suelto, ... – No tocar partes en movimiento. – Máquinas en buen estado con protecciones, resguardos y dispositivos de seguridad. – Emplear herramientas auxiliares adecuadas: empujadores, ganchos
	4) Atrapamientos por objetos.	– Respetar y cumplir las señalizaciones. – Tener la iluminación adecuada. – Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas. – Utilizar el calzado adecuado. – Formación de los operarios en la utilización de la maquinaria. – No emplear prendas holgadas, anillos, pulseras, pelo suelto, ... – No tocar partes en movimiento. – Nunca se trabajará debajo de objetos que no estén estables.
7.- ATRAPAMIENTOS		

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
	5) Atrapamientos por mecanismos en movimiento.	– Respetar y cumplir las señalizaciones. – Tener la iluminación adecuada. – Comunicar y/o corregir deficiencias detectadas. – Utilizar el calzado adecuado. – Formación de los operarios en la utilización de la maquinaria. – No emplear prendas holgadas, anillos, pulseras, pelo suelto, ... – No tocar partes en movimiento. – Los elementos móviles estarán protegidos. – Respetar distancias entre maquinaria y zonas de paso y trabajo. – Se procurará trabajar en espacios amplios.
8.- CORTES	1) Cortes por herramientas portátiles eléctricas. 2) Cortes por herramientas manuales. 3) Cortes por máquinas fijas. 4) Cortes por objetos superficiales. 5) Cortes por objetos punzantes.	– Cuando se transite por zonas con obstáculos, escombros, tablones, etc., se extremarán las precauciones para evitar lesiones. – Evitar la existencia de puntas o superficies cortantes o elementos incisivos. – Proteger o señalizar las superficies cortantes que no se puedan eliminar. – Utilizar las herramientas adecuadas a cada trabajo y en buenas condiciones. – Utilizar guantes de protección mecánica. – Utilizar casco de protección. – Utilizar ropa adecuada de manga larga. – Utilizar calzado especial.
9.- PROYECCIONES	1) Impacto por fragmentos o partículas sólidas. 2) Proyecciones líquidas.	– Instalar si es posible las máquinas que puedan originar proyecciones en lugares apartados o compartimentos cerrados. – Instalar pantallas de separación o mantas para evitarla dispersión de proyecciones. – Delimitar o señalizar la zona donde se puedan producir proyecciones. – Utilizar gafas o pantalla facial. Utilizar ropa de trabajo adecuada con manga larga. – Utilizar casco de protección.
10.- CONTACTOS TÉRMICOS.	1) Contactos con fluidos o sustancias calientes/fríos. 2) Contactos con focos calor/frío. 3) Contacto con proyecciones.	– Aislar térmicamente las partes susceptibles de producir quemaduras por contacto, delimitar o señalizar estas partes, de no ser posible su aislamiento térmico. – Utilizar guantes de protección térmica o mecánica. – Utilizar casco de protección. – Utilizar ropa de trabajo de características térmicas u otras características adecuadas, que cubran totalmente el cuerpo.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
11.- CONTACTOS QUÍMICOS.	1) Contacto con sustancias corrosivas. 2) Contacto con sustancias irritantes/ alergizantes. 3) Otros contactos con sustancias químicas.	– Disponer los productos químicos en recipientes adecuados y etiquetados en lugares separados. – Delimitar o señalizar las zonas donde puedan existir productos químicos. – Utilizar guantes, ropa de trabajo, calzado, casco, protección ocular o facial y protección respiratoria, según proceda, de características adecuadas. – Previo a la utilización de un producto químico deberán conocerse las condiciones de utilización.
12.- CONTACTOS ELÉCTRICOS	1) Contactos directos o indirectos. 2) Descargas eléctricas.	a) En las instalaciones y equipos: – Formación e información a los trabajadores. – Mantener los elementos en tensión alejados de las zonas accesibles. – Disponer de protecciones magnetotérmicas y diferenciales en todas las líneas de derivación en baja tensión. – Disponer de los equipos e protección individual precisos, tales como; ▪ casco aislante ▪ guantes aislantes ▪ protección facial u ocular ▪ ropa de trabajo ▪ calzado de protección. – Los equipos portátiles de alumbrado serán de tensiones de seguridad o estarán alimentados a través de transformadores de separación de circuitos. – Todos los equipos eléctricos portátiles serán de doble aislamiento o aislamiento reforzado o estarán provistos de toma de tierra y protegidos por interruptores diferenciales de alta sensibilidad. – Se evitará entrar en instalaciones eléctricas o accionar equipos eléctricos si no se está cualificado y expresamente autorizado para ello. – En proximidad de ellas no se utilizaron escaleras o elementos metálicos largos.
12.- CONTACTOS ELÉCTRICOS	1) Contactos directos o indirectos. 2) Descargas eléctricas.	b) Para trabajos en instalaciones sin tensión: – Formar e informar a los trabajadores. – Colocar equipos de puesta a tierra y en cortocircuito adecuados. – Verificar la ausencia de tensión previa a los trabajos. – Disponer y utilizar los equipos de bloqueo y de señalización y delimitación. – Mantener distancias de seguridad a elementos en tensión.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
		c) Trabajos en proximidad de instalaciones eléctricas con tensión: - Formar e informar a los trabajadores. - Mantener las distancias de seguridad: 3m. para tensiones hasta 66kV 5m. Para tensiones mayores de 66 y hasta 220 kV 7m. para tensiones superiores a 220 kV - Señalizar, vallar o apantallar la zona para impedir el contacto con elementos en tensión. - En caso de apertura de zanjas, demandar información a las Empresas Eléctricas sobre conducciones eléctricas enterradas.
13.- ARCO ELÉCTRICO	- Calor. - Proyecciones. - Radiaciones no ionizantes.	a) Para trabajos en instalaciones sin tensión: - Formar e informar a los trabajadores. - Verificar la ausencia de tensión. - Utilizar todos los equipos de protección individual tales como: casco, aislante, gafas o pantalla de protección facial. Ropa adecuada de manga larga... b) Trabajos en proximidad de instalaciones eléctricas con tensión: - Formar e informar a los trabajadores. - Mantener las distancias de seguridad: 3 m para tensiones hasta 66 kV 5 m Para tensiones mayores de 66 y hasta 220 kV 7 m para tensiones superiores a 220 kV - Señalizar, vallar o apantallar la zona para impedir el contacto con elementos en tensión.
14.- SOBREENFUERZO	- Esfuerzos al empujar o tirar de objetos - Esfuerzo por el uso de herramientas. - Movimientos bruscos. - Esfuerzos al levantar, sostener o manipular cargas.	- Utilizar las herramientas adecuadas siguiendo las instrucciones del fabricante. - Potenciar los hábitos correctos de trabajo. - Formar en los métodos y procedimientos de trabajo seguros en la manipulación de cargas.
15.- EXPLOSIONES	Atmósferas explosivas.	- Los trabajos en recintos cerrados y con atmósferas explosivas deberán procedimentarse. - La instalación eléctrica del recinto cumplirá la reglamentación vigente. - Evitar la acumulación de gases combustibles. - Dotar de ventilación forzada la zona de trabajo.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
15.- EXPLOSIONES	2) Máquinas, equipos y botellas de gases. 3) Voladuras o Material explosivo.	– La instalación y equipo deberán cumplir la reglamentación vigente. – Colocar válvulas anti retroceso en los equipos de soldadura oxiacetilénica. – Dejar las botellas de gases fuera de la zona de trabajo. – Correcta identificación de los gases comprimidos.
16.- INCENDIOS	1) Acumulación de material combustible. 2) Almacenamiento y trasvase de productos inflamables. 3) Focos de ignición y/o atmósfera inflamable. 4) Proyecciones de chispas o partículas calientes. 5) Descargas de electricidad estática. 6) Sobrecarga de la red eléctrica.	– Los trabajos con riesgo de incendio deberán procedimentarse. – Deberá de haber un Plan de Emergencia y Evacuación en los centros que lo precisen. – El personal estará formado en los procedimientos de trabajo, así como en los Planes de Emergencia y Evacuación. – Se evitará el contacto de las sustancias combustibles con fuentes de calor intempestivas: Fumar, recalentamientos de máquinas, instalaciones eléctricas inapropiadas, operaciones de fuego abierto descontroladas, superficies calientes, trabajos de soldadura, chispas de origen mecánico o debidas a electricidad estática. – Se ventilarán los vapores inflamables. – Se limitará la cantidad de sustancia combustible en la zona de trabajo. – Los combustibles se almacenarán en locales y recipientes adecuados. – Se evitará trabajar con sustancias de elevada inflamabilidad. – Se cumplirá la legislación vigente para la protección contra incendios tanto en la instalación como el mantenimiento. – Las instalaciones eléctricas cumplirán las reglamentaciones vigentes en particular en lo relativo a cargas, protecciones, instalaciones antideflagrantes. – Se dotarán a los lugares de trabajo de extintores adecuados.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
17.- CONFINAMIENTO	1) Golpes, choques, cortes, o atrapamientos por espacio reducido. 2) Posición incómoda, esfuerzos. 3) Atmósfera nociva o viciada. 4) Temperatura excesiva. 5) Riesgo de inundación. 6) Riesgo eléctrico en medios conductores. 7) Situaciones de aislamiento o incomunicación. 8) Dificultades para rescate.	– Establecer procedimientos de trabajo en recintos confinados. – Utilizar procedimientos de descargo y etiquetado de equipos. – Establecer procedimientos de rescate. – Formar e informar a los trabajadores. – En los trabajos que requieran el uso de sustancias volátiles, no se realizarán operaciones que puedan provocar su deflagración. – Limitar el acceso al recinto a las personas autorizadas, el Jefe de trabajo controlará las personas que accedan. – Establecer sistemas de comunicación visual o acústica. – Mantener las condiciones respirables del recinto ventilando o bien utilizar equipos de protección respiratoria. – Controlar la temperatura del recinto o el tiempo de presencia. – Alumbrado portátil con transformadores de seguridad. – Utilizar máquinas portátiles neumáticas o eléctricas con alimentación a 24 V, o con sistema de separación de circuitos o con protección por relé diferencial de alta sensibilidad. – Mantener las botellas de oxígeno y acetileno fuera del recinto en caso de trabajos de soldadura acetilénica. – Mantener los grupos de soldadura eléctrica fuera del recinto. – Utilizar los equipos de protección individual adecuados al trabajo a realizar.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
18.- TRÁFICO	1) Choques entre vehículos. 2) Atropello de peatones. 3) Atropello en situaciones de trabajo. 4) Vuelco de vehículos por accidente de tráfico. 5) Fallos mecánicos de vehículos. 6) Choques de vehículos contra objetos fijos.	a) Actuaciones sobre el hombre (peatón, viajero o conductor): - Formación e información sobre Seguridad Vial. - Conductas preventivas ante situaciones de riesgo. - Conducción en diferentes situaciones atmosféricas. - Colocación correcta de la carga. - Pautas de actuación en el accidente de tráfico. - Revisión psicofísica del conductor. - Observar las limitaciones de seguridad. - Cumplir las indicaciones de señalización. - Observar las prioridades de conducción. - Utilizar el cinturón de seguridad del vehículo. - Evitar la fatiga y el sueño. - No conducir bajo los efectos del alcohol u otras sustancias dopantes. Los trabajadores no realizarán actividades peligrosas ni tomarán medicamentos que puedan reducir sus reflejos ni su atención al conducir los vehículos (hablar por teléfonos móviles, etc.). b) Actuaciones sobre el vehículo: - Revisión de cada vehículo. - Mantenimiento programado de los vehículos, tanto de la empresa como particulares (ITV, etc.) - Control diario antes de su utilización/lista de chequeo. - Cumplimiento del plan de mantenimiento de cada vehículo. - Comunicación de anomalías detectadas durante su utilización. - Revisar periódicamente el estado del vehículo/máquina automotriz. c) Actuaciones sobre la vía: - Conocimiento de las características de las vías habituales. - Protección pasiva de la zona de trabajo, señalización. - Se programarán los desplazamientos para que sean los menos posibles.
19.- AGRESIÓN DE ANIMALES	1) Picaduras de insectos. 2) Ataque de perros. 3) Agresión por otros animales.	- Vestir ropa de trabajo correctamente. - En caso de existencia de insectos, procurar no realizar el trabajo en las horas de mayor insolación. - Utilizar repelentes, insecticidas o dispositivos para ahuyentarlos. - No darles nunca la espalda ni realizar movimientos bruscos en su presencia. - Si es necesario protegerse en el vehículo. - Acudir al servicio de atención médica próximo.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
20.- SOBRECARGA TÉRMICA	1) Exposición prolongada al calor. 2) Exposición prolongada al frío. 3) Cambios bruscos de temperatura. 4) Estrés térmico.	– Es necesario dejar ventilar el centro durante el tiempo adecuado para evitar ambientes térmicos elevados y/o cargados. – Cuando esté expuesto durante el trabajo a temperatura ambiente elevada, beba con frecuencia agua u otro líquido no alcohólico y tome suficiente sal en las comidas. – Si trabaja al sol cúbrase la cabeza. – Tenga en cuenta que los pies y la cabeza son las partes del cuerpo más expuestas al frío. Procure mantener los pies secos. – Mantenga la piel limpia para facilitar la transpiración.
21.- RUIDO	1) Exposición al ruido.	– Utilización de los elementos de protección si se sobrepasan los límites reglamentarios (orejeras, tapones, etc.). – A ser posible utilizar maquinaria de bajo nivel sonoro. – En caso necesario reducir el tiempo de exposición.
22.- VIBRACIONES	1) Exposición a vibraciones.	– Utilizar maquinaria con bajo nivel de vibraciones. – A ser posible utilizar manguitos anti vibratorios o "silent-blocks" en máquinas. – Utilizar protecciones personales en brazos y piernas.
23.- RADIACIONES IONIZANTES	1) Exposición a radiaciones ionizantes (rayos X, rayos gamma, etc.) 2) Contacto con productos radiactivos.	– Procedimentar los trabajos. – Señalización y delimitación de las zonas expuestas. – No permanecer en el radio de acción de la fuente emisora de la radiación. – Enclavamiento de la fuente. – Utilizar ropas y elementos de protección adecuados.
24.- RADIACIONES NO IONIZANTES	1) Exposición a radiación no ionizante ultravioleta. 2) Exposición a radiación no ionizante infrarroja. 3) Exposición a radiación visible o luminosa.	– No permanezca demasiado tiempo expuesto a la radiación solar. – No permanezca en zonas donde se realicen soldadura eléctrica si no existen pantallas de protección o utiliza protecciones personales adecuadas. – Utilizar los elementos de protección personal. – Los trabajadores con marcapasos no deberán acceder a zonas con riesgo de radiaciones no ionizantes que sean capaces de afectar a aparatos eléctricos – Señalizar la zona de trabajo con riesgo de radiaciones no ionizantes.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
25.- VENTILACIÓN	1) Ventilación ambiental insuficiente. 2) Ventilación excesiva. 3) Condiciones de ventilación especiales. 4) Atmósferas bajas en oxígeno.	– Los trabajos en recintos cerrados deben procedimentarse. – Organizar el trabajo teniendo en cuenta la posibilidad de actuar sobre la alimentación del aire. – En los tajos en los que la presencia de polvo sea elevada, será necesario el empleo de epi's adecuados. – Prever la necesidad de ventilación forzada. Siempre que se dude de la calidad del aire, utilizar equipos de respiración autónomos.
26.- ILUMINACIÓN	1) Iluminación ambiental insuficiente. 2) Deslumbramientos y reflejos.	– Tener prevista iluminación adicional o de socorro, en función de la zona (24 V. Antideflagrante, etc.). – Modificar el equipo de lámparas. – Actuar sobre la superficie reflejante.
27.- CONDICIONES AMBIENTALES DEL PUESTO DE TRABAJO EN OFICINAS	1) Iluminación del Puesto. 2) Ventilación/Calidad del aire. 3) Humedad. 4) Temperatura. 5) Ruido molesto.	– Cuando observe deficiencias en su lugar de trabajo en las condiciones de iluminación, ventilación, calidad del aire, temperatura o ruido molesto, utilice el cauce establecido de Comunicación de Riesgos. – Caso de no estar prohibido, se debe evitar en la medida de lo posible fumar en el puesto de trabajo. – En caso de excesiva radiación solar se deberá utilizar las cortinas, persianas, etc.; para reducirla. – Utilizar, en la medida de lo posible, un tono de voz bajo con el objeto de mantener un nivel de ruido aceptable.

RIESGO	CAUSADO POR	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
28.- CONFIGURACIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO EN OFICINAS	1) Espacios de Trabajo. 2) Distribución de Equipos. 3) Características de Equipos (PDV's, pantallas, iluminación, reflejos, etc.).	– En Puestos de trabajo con PVD, en los que se realicen trabajos con ellas superiores a 4 horas por jornada, es conveniente cambiar de actividad al menos 10 minutos cada hora. – El asiento será adecuado para la tarea a realizar. – Retirar los equipos innecesarios de la superficie de trabajo. – Al introducir datos con Pantallas de Visualización: – mantener los brazos de cerca de su costado, con los codos pegados al cuerpo; – las PVD deberán estar en buenas condiciones de uso, es decir se sustituirán aquellas que presenten defectos en su visualización por el uso o anomalías similares. – el teclado debe estar al nivel de los codos y levemente inclinado para mantener relajadas las muñecas; – Disponer el borde superior del monitor al nivel de los ojos o algo por debajo, para evitar la fatiga en el cuello y en la cabeza; – la pantalla debe mantenerse limpia, lo más alejada posible de las ventanas y paralela a las mismas. También es recomendable cerrar las persianas de las ventanas; – El asiento debe disponer de 5 patas con la altura y el respaldo regulables; ajuste la altura de la silla de tal forma que, al estar sentado, sus pies estén planos sobre el piso o sobre un reposapiés, con las rodillas a la altura de su cintura; – Para usuarios intensivos de ordenador, es recomendable el uso de portadocumentos para evitar la fatiga en los ojos y en el cuello. – Comunicar a su Responsable Jerárquico las deficiencias detectadas de la instalación o hacer uso de los partes de anomalías.
29.- EXPOSICIÓN A INTEMPERIE	1) Condiciones Generales del entorno de trabajo	– En los trabajos al aire libre aplicar las medidas para protegerse de las inclemencias del tiempo y de la radiación solar. – Durante los días calurosos se procurarán adoptar todas las precauciones necesarias: ▪ Protección con cremas solares ▪ Ingestión de líquidos para evitar la deshidratación. ▪ Se utilizarán las prendas de protección adecuadas. – Durante los días de mucho frío se adoptarán las medidas de protección oportunas: ▪ Se utilizarán las prendas de protección adecuadas.

3.1.2- RIESGOS ESPECÍFICOS

Nos referimos aquí a los riesgos y medidas preventivas propios de actividades concretas que pueden estar presentes en una o varias fases de la obra.

A continuación, se analizarán las actividades más significativas.

SEÑALIZACIÓN

NORMAS GENERALES DE SEÑALIZACIÓN

Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas según el RD. 485/1997.

Se acotará y señalizará la zona de trabajo, a la cual se accederá siempre por accesos concretos. Se señalarán aquellas zonas en las que existan los siguientes riesgos:

Caída desde altura de objetos:

- Zonas donde se realicen maniobras con cargas suspendidas hasta que se encuentren totalmente apoyadas.
- Caídas de personas sobre plataformas, forjados, etc. en las que además se montarán barandillas resistentes en todo el perímetro o bordes.
- Caídas de personas dentro de huecos, etc. para lo que se protegerán con barandillas o tapas de suficiente resistencia.
- Aquellos huecos que se destapen para introducción de equipos, etc., que se mantendrán perfectamente controlados y señalizados durante la maniobra, reponiéndose las correspondientes protecciones nada más finalizar éstas.

Productos inflamables:

- En las zonas de ubicación se dispondrá de al menos un extintor portátil de polvo polivalente.
- Es obligatoria la delimitación y el acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, en particular si se trata de materias o sustancias peligrosas.

Vías y salidas de emergencia:

- Los pictogramas serán lo más sencillos posible, evitándose detalles inútiles para su comprensión. Podrán variar ligeramente o ser más detallados que los indicados en el apartado 3, siempre que su significado sea equivalente y no existan diferencias o adaptaciones que impidan percibir claramente su significado.
- Las señales serán de un material que resista lo mejor posible los golpes, las inclemencias del tiempo y las agresiones medio ambientales.
- Las dimensiones de las señales, así como sus características colorimétricas y fotométricas, garantizarán su buena visibilidad y comprensión.
- Las señales se instalarán preferentemente a una altura y en una posición apropiadas en relación al ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos, en la proximidad inmediata del riesgo u objeto que deba señalizarse o, cuando se trate de un riesgo general, en el acceso a la zona de riesgo.
- El lugar de emplazamiento de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y fácilmente visible. Si la iluminación general es insuficiente, se empleará una iluminación adicional o se utilizarán colores fosforescentes o materiales fluorescentes.
- A fin de evitar la disminución de la eficacia de la señalización no se utilizarán demasiadas señales próximas entre sí.
- Las señales deberán retirarse cuando deje de existir la situación que las justificaba.

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general.
- Chaleco reflectante.
- Vallas metálicas.
- Cinta o cadena de señalización.

SEÑALIZACIÓN EN ENTORNO URBANO

La señalización, balizamiento y en su caso, defensas en las obras que afecten a la libre circulación por las vías públicas, se atenderán a las normas establecidas o instrucciones complementarias que ordene la administración competente.

- En entorno urbano, los trabajadores irán provistos de prendas de color amarillo o naranja, con elementos retrorreflectantes.
- Se acotará la zona de trabajo mediante cerramientos rígidos (vallas metálicas) en población. Las excavaciones no se quedarán nunca sin proteger o señalizar.
- Cuando circulen vehículos, los cerramientos se colocarán dependiendo de las características del terreno a una distancia, como mínimo, de 1 m para firmes de hormigón.

- Cuando por razones de la obra se ocupen los espacios destinados a la circulación peatonal (aceras, pasos, etc.) se habilitarán pasos alternativos debidamente señalizados y protegidos.
- Se colocarán balizas luminosas de señalización por la noche.
- Se extremarán las precauciones en cruzamientos de carreteras, zonas transitadas y/o cruzamiento de servicios.
- Al término de la jornada, en las zonas transitadas se señalizarán y protegerán los posibles obstáculos que puedan ser causa de daños a terceros.

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general.
- Chaleco reflectante.
- Vallas metálicas.
- Cinta o cadena de señalización.

SEÑALIZACIÓN EN ENTORNO NO URBANO

- Se acotará la zona de trabajo mediante cerramientos rígidos (vallas metálicas) o cintas de limitación. En este último caso, se colocará una cinta delimitadora a una altura mínima de 1 metro respecto del suelo, rodeando el perímetro de la excavación. Dicha cinta se fijará a piquetas, situadas a una distancia mínima de 2 metros entre ellas.
- La señalización habrá de ser claramente visible por la noche, disponiendo de bandas reflectantes verticales de 10 cm de anchura.
- Los recintos vallados o balizados llevarán siempre luces propias, colocadas a intervalos máximos de 30 metros y siempre en los ángulos salientes.
- Las excavaciones no se quedarán nunca sin proteger o señalizar.
- En entorno no urbano, los trabajadores irán provistos de prendas de color amarillo o naranja, con elementos retrorreflectantes siempre que realicen trabajos próximos a carreteras o caminos por donde pueda haber circulación de vehículos.

Equipos de Protección Individual y Colectiva:

- Equipo de protección general.
- Chaleco reflectante.
- Vallas metálicas.
- Cinta o cadena de señalización.

TRABAJOS CON RIESGO ELÉCTRICO

Todo trabajo en una instalación eléctrica, o en su proximidad, que conlleve un riesgo eléctrico deberá de efectuarse sin tensión, salvo en el caso de que las condiciones de explotación o de continuidad del suministro así lo requieran (4.4.b R.D. 614/2001).

En ningún caso se prevé la realización de trabajos en tensión. En caso de ser necesaria la realización de este tipo de trabajos, se elaborará un plan específico para ello.

- **Trabajos sin tensión:** trabajos en instalaciones eléctricas que se realizan después de haber tomado todas las medidas necesarias para mantener la instalación sin tensión.
- **Zona de peligro o zona de trabajos en tensión:** espacio alrededor de los elementos en tensión en el que la presencia de un trabajador desprotegido supone un riesgo grave e inminente de que se produzca un arco eléctrico, o un contacto directo con el elemento en tensión, teniendo en cuenta los gestos o movimientos normales que puede efectuar el trabajador sin desplazarse.
- **Zona de proximidad:** espacio delimitado alrededor de la zona de peligro, desde la que el trabajador puede invadir accidentalmente esta última. Donde no se interponga una barrera física que garantice la protección frente al riesgo eléctrico.
- **Trabajo en proximidad:** trabajo durante el cual el trabajador entra, o puede entrar, en la zona de proximidad, sin entrar en la zona de peligro, bien sea con una parte de su cuerpo, o con las herramientas, equipos, dispositivos o materiales que manipula.

TRABAJOS EN ALTURA

MEDIDAS GENERALES

Se destacan las siguientes medidas:

Para evitar la caída de objetos:

- Coordinar los trabajos de forma que no se realicen trabajos superpuestos. Sin embargo, si existiera la necesidad ineludible de trabajos simultáneos sobre la misma vertical, se instalarán protecciones (redes, marquesinas, etc.).
- Acotar y señalizar las zonas con riesgo de caída de objetos.
- Señalizar y controlar la zona donde se realicen maniobras con cargas suspendidas, que serán manejadas desde fuera de la zona de influencia de la carga, y acceder a esta zona sólo cuando la carga esté prácticamente arriada.

Para evitar la caída de personas:

- Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente. Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, un pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.
- La altura de 2,00 m. a la que se hace mención se medirá desde la superficie en la que esté situado el trabajador hasta la del nivel inferior en la que quedaría retenido el mismo si no se dispusiera de un medio de protección.
- La altura mínima de las barandillas se fija, al igual que en otras normativas, en 90 cm. No obstante, se debe considerar que tanto por los ensayos realizados en España, como en otros países europeos, y debido al incremento de la talla media de las personas, la altura mínima de recogida que se hace constar en distintas Normas Europeas, por ejemplo, la Norma UNE 76502:1990 "Andamios de servicio y de trabajo, con elementos prefabricados. Materiales, medidas, cargas de proyecto y requisitos de seguridad", es de 100 cm. Por otra parte, en la Norma UNE-EN 1495:1998 "Plataformas Elevadoras o Plataformas Elevadoras sobre Mástil", la citada altura se fija en 110 cm.
- Se entiende como "otros sistemas de protección colectiva de seguridad equivalente" aquellos destinados a impedir la caída a distinto nivel como pueden ser: cerramiento de huecos con tapas, entablados continuos, mallazos, etc.
- La cita del texto "reborde de protección" se refiere al rodapié.
- Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse arnés de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalente.
- Se entiende por "trabajos en altura" aquellos que se ejecutan en un lugar por encima del nivel de referencia, entendiendo como tal la superficie sobre la que se puede caer. Tal y como se indica en el apartado anterior, a partir de 2,00 m. se requiere la protección contra las caídas de altura; ello no significa que cuando se trabaje en alturas inferiores no deban utilizarse los medios y equipos adecuados para cada caso.

4.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS PROVISIONALES

La acometida eléctrica general alimentará una serie de cuadros de distribución de los distintos contratistas, los cuales se colocarán estratégicamente para el suministro de corriente a sus correspondientes instalaciones, equipos y herramientas propias de los trabajos.

4.1- RIESGOS PREVISIBLES

Los riesgos implícitos a estas instalaciones son los característicos de los trabajos y manipulación de elementos (cuadros, conductores, etc.) y herramientas eléctricas, que pueden producir accidentes por contactos tanto directos como indirectos. Como riesgos más frecuentes de estas instalaciones tenemos:

- Contactos eléctricos directos o indirectos.
- Derivados de caídas de tensión en la instalación por sobrecarga.
- Mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.
- Caída del personal al mismo y a distinto nivel.

4.2- MEDIDAS PREVENTIVAS

Las principales medidas preventivas a aplicar en instalaciones, elementos y equipos eléctricos serán los siguientes:

4.2.1- CUADROS DE DISTRIBUCIÓN

- Serán estancos, permanecerán todas las partes bajo tensión inaccesibles al personal y estarán dotados de las siguientes protecciones:
- Interruptor general.
- Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Diferencial de 300 mA.
- Toma de tierra de resistencia máxima 20 ohmios.
- Diferencial de 30 mA para las tomas monofásicas que alimentan herramientas o útiles portátiles.
- Tendrán señalizaciones de peligro eléctrico.
- Solamente podrá manipular en ellos el electricista.
- Los conductores aislados utilizados tanto para acometidas como para instalaciones, serán de 1.000 voltios de tensión nominal como mínimo.

4.2.2- PROLONGADORES, CLAVIJAS, CONEXIONES Y CABLES

- Los prolongadores, clavijas y conexiones serán de tipo intemperie con tapas de seguridad en tomas de corriente hembras y de características tales que aseguren el aislamiento, incluso en el momento de conectar y desconectar
- Los cables eléctricos serán del tipo intemperie sin presentar fisuras y de suficiente resistencia a esfuerzos mecánicos.
- Los empalmes y aislamientos en cables se harán con manguitos y cintas aislantes vulcanizadas.
- Las zonas de paso se protegerán contra daños mecánicos.

4.2.3- HERRAMIENTAS Y ÚTILES ELÉCTRICOS PORTÁTILES

- Las lámparas eléctricas portátiles tendrán el mango aislante y un dispositivo protector de la lámpara de suficiente resistencia. En estructuras metálicas y otras zonas de alta conductividad eléctrica se utilizarán transformadores para tensiones de 24 V.
- Todas las herramientas, lámparas y útiles serán de doble aislamiento.
- Todas las herramientas, lámparas y útiles eléctricos portátiles, estarán protegidos por diferenciales de alta sensibilidad (30 mA).

4.2.4- MÁQUINAS Y EQUIPOS ELÉCTRICOS

- Además de estar protegidos por diferenciales de media sensibilidad (300 mA), irán conectados a una toma de tierra de 20 ohmios de resistencia máxima y llevarán incorporado a la manguera de alimentación el cable de tierra conectado al cuadro de distribución.

4.2.5- NORMAS DE CARÁCTER GENERAL

- Bajo ningún concepto se dejarán elementos de tensión, como puntas de cables terminales, etc., sin aislar.
- Las operaciones que afecten a la instalación eléctrica, serán realizadas únicamente por el electricista.
- Cuando se realicen operaciones en cables cuadros e instalaciones eléctricas, se harán sin tensión.
- Todos los trabajos de mantenimiento de la red eléctrica provisional de la obra serán realizados por personal capacitado.
- Queda terminantemente prohibido puentear las protecciones.

- Se realizará una adecuada comprobación y mantenimiento periódico de las instalaciones, equipos, herramientas de la obra.
- Se darán instrucciones sobre las medidas a adoptar en caso de incendio o accidente de origen eléctrico.

4.2.6- ESTUDIO DE REVISIONES DE MANTENIMIENTO

- Se realizará un adecuado mantenimiento y revisiones periódicas de las distintas instalaciones, equipos y herramientas eléctricas, para analizar y adoptar las medidas necesarias en función de los resultados de dichas revisiones.

5.- CONDICIONES AMBIENTALES

Los trabajadores no deberán estar expuestos a niveles sonoros ni a factores externos nocivos (gases, vapores, ...).

En caso de que algunos trabajadores deban penetrar en una zona cuya atmósfera pudiera contener sustancias tóxicas o nocivas, o no tener oxígeno en cantidad suficiente o ser inflamable, la atmósfera confinada deberá ser controlada y se deberán adoptar medidas adecuadas para prevenir cualquier peligro.

5.1- VENTILACIÓN

- Teniendo en cuenta los métodos de trabajo y las cargas físicas impuestas a los trabajadores, estos deberán disponer de aire limpio en cantidad suficiente.
- En caso de que se utilice una instalación de ventilación, deberá mantenerse en buen estado de funcionamiento y los trabajadores no deberán estar expuestos a corrientes de aire que perjudiquen su salud.

5.2- TEMPERATURA

- La temperatura debe ser la adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo que se apliquen y las cargas físicas impuestas a los trabajadores.
- La temperatura de los locales de descanso, de los locales para el personal de guardia, de los servicios higiénicos, de los comedores y de los locales de primeros auxilios deberá corresponder al uso específico de dichos locales.

5.3- FACTORES ATMOSFÉRICOS

- Deberá protegerse a los trabajadores contra las inclemencias atmosféricas que puedan comprometer su seguridad y salud.

6.- MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

- Cada contratista dispondrá en obra de extintores de Polvo o Gas en número suficiente para cubrir las necesidades de los riesgos de incendio que generen los trabajos que realiza, así como para la protección de sus instalaciones y oficinas, almacenes, vehículos etc.
- Estos extintores deberán ser de fácil acceso y manipulación y deberán estar convenientemente señalizados.
- Los locales destinados a descanso de los trabajadores, comedores y vestuarios estarán en perfecto estado de limpieza y en ellos se prohíbe hacer fuego.

6.1- REVISIONES PERIÓDICAS

- La persona designada al efecto por los distintos contratistas, comprobará periódicamente el estado de los extintores y sustituirá los descargados o bajos de presión.

7.- ALMACENAMIENTO Y USOS DE GASES

7.1- ALMACENAMIENTO

Los requisitos necesarios para el almacenamiento de botellas de gas serán:

- El traslado y ubicación para uso de las botellas de gases licuados se efectuará mediante carros portabotellas de seguridad.
- Se prohíbe acopiar o mantener las botellas de gases licuados al sol.
- De transportar las botellas, estas deberán tener siempre la caperuza protectora colocada.
- Las botellas de gases licuados se acoplarán, con distinción expresa de lugares de almacenamiento para las agotadas y las llenas.
- El recinto estará perfectamente ventilado y en el acceso habrá algún extintor.

7.2- USO DE BOTELLAS

La normativa mínima a seguir en el uso viene descrita por:

- Las botellas estarán siempre de pie, cuando no se utilicen tendrán la caperuza puesta.
- Evitar que se golpeen las botellas.
- No inclinar las botellas de acetileno para agotarlas.
- No utilizar las botellas de oxígeno tumbadas.
- Antes de encender el mechero, compruebe que están correctamente hechas las conexiones de las mangueras y que están instaladas las válvulas anti-retroceso.
- No dejar directamente los mecheros en el suelo
- La presión de trabajo del acetileno no será superior a 2 atmósferas.
- No utilizar mangueras de igual color para distintos gases.
- Antes de encender el soplete por primera vez cada día, las mangueras se purgarán individualmente, así como al finalizar el trabajo.
- Verificar periódicamente el estado de las mangueras, juntas, etc., para detectar posibles fugas. Para ello se utilizará agua jabonosa pero nunca llama.
- Para evitar incendios, no existirán materiales combustibles en las proximidades de la zona de trabajo, ni de su vertical.
- Las botellas se mantendrán alejadas del punto de trabajo, lo suficientemente para que no les lleguen las chispas o escorias, o bien se protegerán con mantas ignífugas.
- No se emplearán nunca los gases comprimidos para limpiar residuos, vestuarios ni para ventilar personas.

8.- FORMACIÓN E INFORMACIÓN DEL PERSONAL

Todo el personal, antes de comenzar sus trabajos, asistir a una charla en la que irá informado de los riesgos generales de la obra, de las medidas previstas para evitarlos, de las Normas de Seguridad de obligado cumplimiento y de aspectos generales de Primeros Auxilios.

Al inicio de la semana los encargados de cada uno de los grupos de trabajo impartirán unas charlas de seguridad sobre los trabajos a realizar en este periodo y las normas de seguridad a seguir.

8.1- CHARLA DE SEGURIDAD Y PRIMEROS AUXILIOS PARA PERSONAL DE INGRESO EN OBRA

Todo el personal, antes de comenzar sus trabajos, asistir a una charla en la que irá informado de los riesgos generales de la obra, de las medidas previstas para evitarlos, de las Normas de Seguridad de obligado cumplimiento y de aspectos generales de Primeros Auxilios.

Al inicio de la semana los encargados de cada uno de los grupos de trabajo impartirán unas charlas de seguridad sobre los trabajos a realizar en este periodo y las normas de seguridad a seguir.

8.2- CHARLA SOBRE RIESGOS ESPECÍFICOS

Dirigidas a los grupos de trabajadores sujetos a riesgos concretos en función de las actividades que desarrollen. Serán impartidas por los Mandos directos de los trabajos o Técnicos de Seguridad, estos serán los técnicos de seguridad de cada una de las empresas que participan en la ejecución de la obra.

Si, sobre la marcha de los trabajos, se detectasen situaciones de especial riesgo en determinadas profesiones o fases de trabajo, se programarían Charlas Específicas, impartidas por el Técnico de Seguridad encaminadas a divulgar las medidas de protección necesarias en las actividades a que se refieran.

Entre los temas más importantes a desarrollar en estas charlas están los siguientes:

- Riesgos eléctricos.
- Trabajos en altura.
- Riesgos de soldadura eléctrica y oxicorte.
- Uso de máquinas, manejo de herramientas.
- Manejo de cargas de forma manual y con medios mecánicos.
- Empleo de andamios, plataformas, escaleras y líneas de vida.

9.- REUNIONES DE SEGURIDAD

Para que la política de mentalización, motivación y responsabilización de los mandos de obra en el campo de la prevención de accidentes sea realmente efectiva, son muy importantes las Reuniones de Seguridad en las que la Dirección de Obra, los Mandos responsables de la ejecución de los trabajos, los trabajadores y el personal de Seguridad analicen conjuntamente aspectos relacionados exclusivamente con la prevención de accidentes.

10.- MEDICINA ASISTENCIAL Y PRIMEROS AUXILIOS

Partiendo de la imposibilidad humana de conseguir el nivel de riesgo cero, es necesario prever las medidas que disminuyan las consecuencias de los accidentes que, inevitablemente puedan producirse. Esto se llevará a cabo a través de tres situaciones:

- Control médico de los empleados.
- La organización de medios de actuación rápida y primeros auxilios a accidentados.
- La medicina asistencial en caso de accidente o enfermedad profesional.

10.1- CONTROL MÉDICO

Tal como establece la Legislación Vigente, todos los trabajadores que intervengan en la construcción de las obras objeto de este Estudio, pasarán los reconocimientos médicos previstos en función del riesgo a que, por su oficio u ocupación, vayan a estar sometidos.

10.2- MEDIOS DE ACTUACIÓN Y PRIMEROS AUXILIOS

La primera asistencia médica a los posibles accidentados será realizada por los Servicios Médicos de la Mutua Laboral concertada por cada contratista o, cuando la gravedad o tipo de asistencia lo requiera por los Servicios de Urgencia de los Hospitales Públicos o Privados más próximos.

En la obra se dispondrá, en todo momento, de un vehículo para hacer una evacuación inmediata, de un medio de comunicación (teléfono) y de un Botiquín y, además, habrá personal con unos conocimientos básicos de Primeros Auxilios, con el fin de actuar en casos de urgente necesidad.

Así mismo se dispondrá, igualmente, en obra de una "nota" escrita, colocada en un lugar visible y de la que se informará y dará copia a todos los contratistas, que contendrá una relación con las direcciones y teléfonos de los Hospitales, ambulancias más cercanas, así como los médicos locales.

10.3- MEDICINA ASISTENCIAL EN CASO DE ACCIDENTE O ENFERMEDAD PROFESIONAL

El contratista debe acreditar que este servicio queda cubierto por la organización de la Mutua Laboral con la que debe tener contratada póliza de cobertura de incapacidad transitoria, permanente o muerte por accidente o enfermedad profesional.

11.- VESTUARIOS Y ASEOS

En la zona destinada a instalaciones de contratistas. Se montarán casetas prefabricadas de aseos, vestuarios y local para comedor, de acuerdo al número de personas previstas por cada contratista, según las condiciones mínimas establecidas en el anexo IV parte A del RD.1627/97.

Los vestuarios tendrán dimensiones suficientes, dispondrán de asientos, armarios para guardar la ropa y efectos personales. Estos armarios estarán provistos de 2 llaves, una de las cuales se entregará al trabajador, y otra quedará en la oficina para casos de emergencia.

A los vestuarios se acoplarán salas de aseo, que dispondrán de lavabos y duchas, con agua corriente fría y caliente, contando al menos de 1 por cada 10 trabajadores. Estos locales se equiparán con número suficiente de retretes.

Los suelos, paredes y techos de los aseos, vestuarios y duchas serán continuos, lisos e impermeables, en tonos claros y con materiales que permitan el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos con la frecuencia necesaria.

12.- RECURSOS PREVENTIVOS

Según se indica en el artículo 4 de la Ley 54/2003, la presencia de Recursos Preventivos, cualquiera que sea la modalidad de organización de dichos recursos, será de obligación en las diferentes fases de la obra en los siguientes casos:

Cuando los riesgos puedan verse agravados o modificados en el desarrollo del proceso o la actividad, por la concurrencia de operaciones diversas que se desarrollan sucesiva o simultáneamente y que hagan preciso el control de la correcta aplicación de los métodos de trabajo.

Cuando se realicen actividades o procesos que reglamentariamente sean considerados como peligrosos o con riesgos especiales.

Cuando la necesidad de dicha presencia sea requerida por la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, si las circunstancias del caso así lo exigieran debido a las condiciones de trabajo detectadas.

Se consideran recursos preventivos, a los que el empresario podrá asignar la presencia, los siguientes:

- Uno o varios trabajadores designados de la empresa.
- Uno o varios miembros del servicio de prevención propio de la empresa.
- Uno o varios miembros del o los servicios de prevención ajenos concertados por la empresa. Cuando la presencia sea realizada por diferentes recursos preventivos éstos deberán colaborar entre sí.

Los recursos preventivos a que se refiere el apartado anterior deberán tener la capacidad suficiente, disponer de los medios necesarios y ser suficientes en número para vigilar el cumplimiento de las actividades preventivas, debiendo permanecer en el centro de trabajo durante el tiempo en que se mantenga la situación que determine su presencia.

Además, el empresario podrá asignar la presencia de forma expresa a uno o varios trabajadores de la empresa que, sin formar parte del servicio de prevención propio ni ser trabajadores designados, reúnan los conocimientos, la cualificación y la experiencia necesarios en las actividades o procesos de la obra y cuenten con la formación preventiva correspondiente, como mínimo, a las funciones del nivel básico.

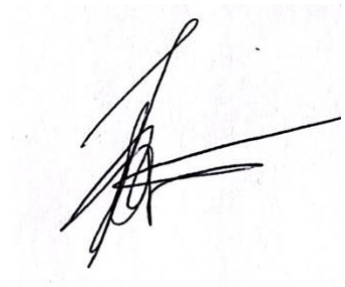
Por otra parte, en el artículo 7 de la Ley 54/2003 se establece la presencia de recursos preventivos en las obras de construcción, en el cual se indica lo siguiente:

- La preceptiva presencia de recursos preventivos se aplicará a cada contratista.
- La presencia de los recursos preventivos de cada contratista será necesaria cuando, durante la obra, se desarrollen trabajos con riesgos especiales.
- La preceptiva presencia de recursos preventivos tendrá como objeto vigilar el cumplimiento de las medidas incluidas en el plan de seguridad y salud en el trabajo y comprobar la eficacia de éstas.

Además, según el Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. BOE núm. 127 del viernes 29 de mayo de 2006. dice que:

La presencia en el centro de trabajo de los recursos preventivos de cada contratista prevista en la disposición adicional decimocuarta de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales se aplicará a las obras de construcción reguladas en este real decreto, con las siguientes especialidades:

- El plan de seguridad y salud determinará la forma de llevar a cabo la presencia de los recursos preventivos.
- Cuando, como resultado de la vigilancia, se observe un deficiente cumplimiento de las actividades preventivas, las personas a las que se asigne la presencia deberán dar las instrucciones necesarias para el correcto e inmediato cumplimiento de las actividades preventivas y poner tales circunstancias en conocimiento del empresario para que éste adopte las medidas necesarias para corregir las deficiencias observadas, si éstas no hubieran sido aún subsanadas.
- Cuando, como resultado de la vigilancia, se observe ausencia, insuficiencia o falta de adecuación de las medidas preventivas, las personas a las que se asigne esta función deberán poner tales circunstancias en conocimiento del empresario, que procederá de manera inmediata a la adopción de las medidas necesarias para corregir las deficiencias y a la modificación del plan de seguridad y salud en los términos previstos en el artículo 7.4 de este real decreto.»



Zaragoza, Junio de 2023
El ingeniero Industrial
Jaime Lázar García

Trabajo Fin de Máster

Título del trabajo:

Proyecto de una Subestación Eléctrica 220/30 kV " PE Los Ruejos" para evacuar la energía necesaria para el parque eólico "Los Ruejos" y la planta fotovoltaica "Los Ruejos".

English title:

Project of an Electrical Substation 220/30 kV "PE Los Ruejos" to evacuate the energy necessary for the wind farm "Los Ruejos" and the photovoltaic plant "Los Ruejos".

Autor:

Jaime Lázaro García

Director:

Antonio Joaquín Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura- Máster en Ingeniería
Industrial

Universidad de Zaragoza
2022/2023

DOCUMENTO IV

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

1.- CONDICIONES GENERALES	4
1.1- OBJETO	4
1.2- DISPOSICIONES GENERALES	4
1.2.1- CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES	4
1.2.2- SEGURIDAD EN EL TRABAJO	7
1.2.3- SEGURIDAD PÚBLICA	8
1.3- ORGANIZACIÓN	8
1.4- MEJORES Y MODIFICACIONES DEL PROYECTO	9
1.5- OBRAS AUXILIARES	9
2.- CONDICIONES TÉCNICAS	10
2.1- INSTALACIONES ELÉCTRICAS	10
2.1.1- UNIDADES DE OBRA	10
2.1.2- MATERIALES	10
2.1.3- INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN	11
2.1.4- INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN	13
2.1.5- INSTALACIÓN DE LA RED DE TIERRAS	14
2.1.6- ENSAYOS Y PRUEBAS	14
2.2- OBRA CIVIL	14
2.2.1- DESPEJE Y DESBROCE DEL TERRENO	14
2.2.2- SUBBASE	15
2.2.3- EXPLANACIONES	20
2.2.4- EXCAVACIONES EN ZANJAS	23
2.3- ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO	27
2.3.1- DESCRIPCIÓN	27
2.3.2- CONDICIONES PREVIAS	27
2.3.3- COMPONENTES	27
2.3.4- EJECUCIÓN	28
2.3.5- NORMATIVA Y ESPECIFICACIONES	28
2.3.6- CONTROL	29
2.3.7- SEGURIDAD	29
2.3.8- MEDICIÓN	30
2.3.9- MANTENIMIENTO	30
3.- CONDICIONES ECONÓMICAS Y PLAZOS	30
3.1- PLAZO DE REPLANTEO	30
3.2- PLAZO DE EJECUCIÓN	30
3.3- RECEPCIÓN PROVISIONAL	31
3.4- PLAZO DE GARANTÍA	31
3.5- RECEPCIÓN DEFINITIVA	31
3.6- GASTOS DE REPLANTEO Y LIQUIDACIÓN	31
3.7- MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS	32

1.- CONDICIONES GENERALES

1.1- OBJETO

El presente Pliego de Condiciones determina los requisitos a los que debe ajustarse la ejecución de las instalaciones del Proyecto de la Subestación Eléctrica “Los Ruejos”, en el Término Municipal de Villarreal de Huerva, en la provincia de Zaragoza, cuyas características se definen en los documentos asociados del mismo.

1.2- DISPOSICIONES GENERALES

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que, en lo sucesivo, se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042 “Contratación de obras. Condiciones generales”, siempre que no sea modificada por el presente Pliego de Condiciones.

1.2.1- CONDICIONES FACULTATIVAS LEGALES

En la ejecución de este proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego, se aplicarán todas las Normas Legales Vigentes en la fecha de su aprobación que le sean de aplicación y que se encuentren recogidas en Disposiciones y Reglamentos, las Recomendaciones de UNESA y las disposiciones encuadradas en los Proyectos Tipo de Electrificación Rural.

La Dirección de Obra podrá parar la misma si observara el incumplimiento de las Normas contenidas en este Pliego o de aquellas a las que no se hace referencia expresa y sean de aplicación, y procederá en consecuencia si estas faltas no quedan inmediatamente subsanadas.

En cualquier caso, no tendrá el Contratista derecho a indemnización alguna cuando la modificación que se introduzca obedezca al hecho de tener que cumplir lo mandado en cualquier Disposición Legal Vigente en la fecha de redacción de este proyecto, aún cuando en la misma no haya sido tenido en cuenta.

Entre las Disposiciones Legales Vigentes se encuentran:

- Reglamentación General de Contratación (Real Decreto 1098/2001).
- Real Decreto 817/2009 de 8 de mayo, por el que se desarrolla parcialmente la Ley 30/2007 de 30 de octubre de contratos del Sector Público.
- 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.

- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión, según Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de Energía eléctrica.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT). Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.
- Ley 82/1980 de Conservación de la Energía.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Obtención de la condición de Autogenerador Eléctrico (Orden Ministerial de 7 de julio de 1982).
- Relaciones Técnicas y Económicas entre Autogeneradores y Empresas Eléctricas (Orden Ministerial de 7 de julio de 1982).
- Normas administrativas y técnicas para funcionamiento y conexión a las redes eléctricas de Centrales de Autogeneración Eléctrica (Orden Ministerial de 5 de septiembre de 1985).
- Instrucciones y Normas Técnicas de la compañía distribuidora de electricidad de la zona.
- Real Decreto 1110/2007 de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de Puntos de Medida en el Sistema Eléctrico.
- Ministerio de Industria y Energía. Orden de 12 de abril de 1999 por la que se dictan las instrucciones técnicas complementarias al reglamento de puntos de medida de los consumos y tránsitos de energía eléctrica.
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE). Real Decreto 1247/2008 de 18 de Julio.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación con sus posteriores modificaciones.
- PG 3-4/88 y sus revisiones (Ministerio de Fomento).
- R.D. 1630/1992, de 29 de diciembre, por el que se distan disposiciones para la libre circulación de productos de construcción.
- Ley 31/1.995 de 8 de noviembre de 1.955, de Prevención de Riesgos Laborales. Derogada parcialmente por RD legislativo 5/2000, de 4 de agosto.
- R.D. 39/1997 de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben aplicarse a obras de construcción.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- R.D. 488/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Convenios Colectivos Provinciales.
- Normas y Recomendaciones de la Compañía Suministradora en general.
- Las disposiciones, normas y reglamentos que figuran en el Pliego de Prescripciones Técnicas, tanto en lo referente a instalaciones eléctricas como a lo referente a obra civil.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- R.D. 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales.
- R.D. 1561/1995, de 21 de septiembre, sobre jornadas especiales de trabajo.
- R.D. 212/2002, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre, por el que se amplía el ámbito de aplicación R.D. 71/1992, de 31 de enero.
- Real Decreto 1849/2000, de 10 de noviembre, por el que se derogan diferentes disposiciones en materia de normalización y homologación de productos industriales.
- Real Decreto 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- CTE-DB-SI Seguridad en caso de incendio.
- Ley 34/2007 de 15 de noviembre de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- R.D. 1942/1993 de 5 de noviembre por el que se regula el Reglamento de Instalaciones de Protección Contra Incendios.
- Reglamento de aparatos de Elevación y manutención de los mismos. (R.D. 2291/1985 de 8 de noviembre)
- Reglamento de Aparatos a Presión (R.D. 2060/2008 de 12 de diciembre).
- Notificación de accidentes de trabajo (O.M. de 16 de Diciembre de 1987).
- Normas Técnicas Reglamentarias para la Homologación de Medios de Protección Personal (R.D. 1407/92 de 20 de Noviembre y modificaciones posteriores).
- Normativa de seguridad específica del cliente.
- Convenios Colectivos Autonómicos y/o municipales.

Para aspectos no cubiertos por la legislación nacional (normas UNE), serán de aplicación las recomendaciones CEI, o la de los países de origen de los equipos en caso de ser importados.

Salvo que se trate de prescripciones cuyo cumplimiento esté obligado por la vigente legislación, en caso de discrepancia entre el contenido de los documentos mencionados, se aplicará el criterio correspondiente al que tenga fecha de aprobación posterior. Con idéntica salvedad, será de aplicación preferente, respecto de los anteriores documentos, lo expresado en este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

Serán también de obligado cumplimiento cualquiera otra disposición oficial, relativa a la Seguridad y Salud Laboral, que entre en vigor durante la ejecución de la obra y que pueda afectar a los trabajos en la misma.

1.2.2- SEGURIDAD EN EL TRABAJO

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y en los Reales Decretos que la desarrollan, citados anteriormente, además de los distintos reglamentos y normativas que sean de aplicación en materia de seguridad y salud.

De la misma manera, deberá proveer cuanto sea preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en las debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios estén trabajando en circuitos o equipos de tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal. Los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc. que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.

El personal de la contrata está obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidas para eliminar o reducir los riesgos profesionales según se indican en el Estudio de Seguridad y Salud del presente proyecto y en el Plan de Seguridad y Salud que se elaborará posteriormente, pudiendo el Director de Obra o el Coordinador de Seguridad, en su caso, suspender los trabajos si estima que el personal de la contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra o el Coordinador de Seguridad, en su caso, podrá exigir por escrito al Contratista el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, pueda producir accidentes que hagan peligrar su integridad física o la de sus compañeros.

Igualmente, el Director de Obra podrá requerir al Contratista, en cualquier momento, los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

En el Estudio de Seguridad y Salud del presente proyecto se describen todos los riesgos a que están expuestos los trabajadores y las medidas correctoras para eliminar o minimizar estos riesgos.

Tal y como se indica en el R.D. 1627/1997, antes del comienzo de los trabajos cada contratista deberá presentar un Plan de Seguridad y Salud para los trabajos que va a realizar que contendrá, como mínimo, los riesgos indicados en el Estudio de Seguridad y Salud de este proyecto.

Dichos Planes de Seguridad y Salud deberán de ser aprobados por el Director de Obra o por el Coordinador de Seguridad, en su caso, y cumplidos por los contratistas.

En el caso de que durante el transcurso de los trabajos aparezcan nuevos riesgos no contenidos en los Planes de Seguridad y Salud, el Director de Obra o el Coordinador de Seguridad, en su caso, deberá de incluirlos y proponer las medidas correctoras oportunas para corregirlos o minimizarlos.

1.2.3- SEGURIDAD PÚBLICA

El Contratista deberá tomar las precauciones máximas en las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y demás elementos del entorno de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

Se deberá prohibir el acceso a la obra a personas ajenas a esta e incluir en el Plan de Seguridad y Salud correspondiente los riesgos a terceros, tal como se indica en el Estudio de Seguridad y Salud del presente proyecto.

El Contratista mantendrá una póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados frente a las responsabilidades por daños, civil, etc. en que uno u otros puedan incurrir como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

1.3- ORGANIZACIÓN

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades inherentes, quedando obligado al pago de los salarios y todas aquellas cargas que legalmente estén establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de las obras.

La organización de la obra, la determinación de la procedencia de los materiales a emplear y la responsabilidad de la seguridad contra accidentes correrán a cargo del Contratista, el cual deberá informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la obra, de la procedencia de los materiales, así como observar cuantas órdenes de éste.

En las obras por administración, el Contratista deberá dar cuenta diaria al Director de Obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y de cuantos gastos vaya a realizar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% a los del mercado, el Contratista solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de urgencia manifiesta, en los que se dará cuenta posteriormente.

Las órdenes, consultas y cualquier tipo de comunicaciones que puedan influir en la buena marcha de las obras se harán por escrito.

1.4- MEJORES Y MODIFICACIONES DEL PROYECTO

No se considerarán como mejoras ni modificaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente, y por escrito, por el Director de Obra y cuyo precio haya sido convenido antes de proceder a su ejecución.

La Dirección de Obra podrá introducir modificaciones originadas por nuevas necesidades o causas técnicas no detectadas anteriormente.

Todas estas modificaciones serán obligatorias para el Contratista y a los mismos precios que la principal.

Las variaciones del proyecto que supongan la inclusión de nuevas unidades de obra se valorarán conforme a los siguientes criterios, por orden de preferencia:

- a) Precio de unidades iguales reflejadas en el presupuesto del proyecto.
- b) Precio de unidades del cuadro general de precios del proyecto tipo existente.
- c) Precio establecido como suma de componentes de otros precios recogidos en el presupuesto o en el cuadro general de precios.
- d) Precios contradictorios fijados reglamentariamente.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista principal.

1.5- OBRAS AUXILIARES

Las obras auxiliares que para la ejecución de todas las proyectadas haya de realizar el Contratista serán siempre por su cuenta, pero su disposición y planos habrán de ser aprobados previamente por el Director de Obra.

En cualquier caso, las obras auxiliares se ejecutarán también de acuerdo con las condiciones que se estipulen en este Pliego.

2.- CONDICIONES TÉCNICAS

2.1- INSTALACIONES ELÉCTRICAS

2.1.1- UNIDADES DE OBRA

Se trata de suministrar e instalar las siguientes unidades de obra:

- Centros de Transformación.
- Líneas subterráneas de conexión entre centros de transformación y de éstos con el Centro de Seccionamiento.
- Líneas subterráneas de conexión con la torre de medición.

El Contratista aportará todos los materiales necesarios para que la instalación quede concluida en su totalidad.

Los planos de detalle de la instalación eléctrica serán por cuenta del Contratista, se deberán presentar a la Dirección de Obra para su aprobación.

Todos los planos deberán llevar la aprobación del Contratista y de la Dirección de Obra para poder iniciar las instalaciones correspondientes.

2.1.2- MATERIALES

Todos los materiales a emplear en las instalaciones eléctricas (conductores, transformadores, aparamenta, instrumentación, etc.), incluyendo también el pequeño material de instalación, serán los que vengan definidos en el documento Memoria, siempre de marcas homologadas y de primera calidad, pudiendo modificarse únicamente cuando el Director de Obra lo apruebe.

El Contratista someterá a aprobación con antelación a la puesta en obra, muestras de los materiales objeto de su suministro, con objeto de cumplir con una calidad mínima de las instalaciones. De cualquier manera, la Dirección de Obra será la responsable de la aprobación última de dichos materiales, pudiendo exigir certificados u otra documentación a tal efecto.

La vigilancia y conservación del material suministrado correrá a cargo del Contratista.

Cuando se requieran dos o más unidades de un mismo material serán producto de un mismo fabricante.

2.1.3- INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN

2.1.3.1- INSTALACIÓN DE MEDIA TENSIÓN

Las celdas prefabricadas se ajustarán a las Normas UNE 20099, IEC 298 segunda edición, “Aparellaje bajo envoltorio metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 36 kV”, a las Recomendaciones UNESA correspondientes.

Estarán diseñadas para su utilización en interior con las siguientes condiciones de servicio:

- Máxima temperatura ambiente: 40º C.
- Mínima temperatura ambiente: - 5º C.
- Aire del recinto exento de polvo, humo, gases o vapores inflamables.
- Se construirán a base de chapa de acero de alta calidad, plegada, de forma que el conjunto sea mecánicamente resistente frente a los esfuerzos originados por las vibraciones normales de operación (interruptores automáticos) y por las fuerzas electrodinámicas (cortocircuitos). Además, la chapa debe ser sometida a un tratamiento sucesivo de:
 - Desengrasado alcalino por inmersión en baño caliente, a fin de eliminar grasas y aceites de la superficie del metal.
 - Fosfatación amorfa.
 - Pasivado crómico.
 - Secado.
 - Pintado.

Las puertas de las mismas permitirán la manipulación, montaje y desmontaje del aparellaje.

Deberán estar diseñadas para soportar, sin deformación, los efectos explosivos de un cortocircuito en el interior de la celda.

La observación directa del estado de conexión del aparellaje se realizará a través de una mirilla protegida por una placa de adecuado grado de protección frente al impacto.

Deberán disponerse los enclavamientos adecuados para efectuar o impedir las maniobras de los diferentes elementos integrantes de la celda (interruptores, seccionadores, rejillas, puertas, etc.).

Estas celdas dispondrán de los siguientes enclavamientos:

- Cualquier maniobra a realizar en el interruptor o seccionador de puesta a tierra sólo podrá efectuarse con la puerta cerrada.
- Imposibilidad de tener cerrados simultáneamente el interruptor y el seccionador de puesta a tierra.
- Para acceder al interior de la celda será necesario tener el seccionador de puesta a tierra, cuyo accionamiento desbloqueará la puerta y el aislamiento entre el cubículo del interruptor y el de barras generales.

Tras las puertas deberán disponerse rejillas de protección contra contactos accidentales y que sirvan como pantallas electrostáticas. Estos elementos serán puestos a tierra.

Así mismo, como complemento de seguridad, deberá colocarse una tapa de expansión en el techo de las celdas para permitir la posible salida de gases (de cortocircuitos) y la evacuación de sobrepresiones, a fin de que el personal quede totalmente protegido.

2.1.3.2- TRANSFORMADORES BT/MT

Serán del tipo seco encapsulados de acuerdo a las normas UNE 20178, UNE 21538 y CEI 726, así como UNE 20182 y CEI 76. Sus características deberán responder a las estipulaciones de la Memoria del Proyecto.

2.1.3.3- CABLES RED SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN

Cumplirán los requisitos de la Norma IEC 60502 para “Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones nominales de 1 a 30 kV”, las recomendaciones UNESA 3305, la norma UNE HD 620.

Los conductores estarán constituidos por cuerdas redondas compactadas de aluminio o cobre recocido.

El conductor irá recubierto de una primera capa semiconductor cuya misión es la de impedir la ionización del aire que se encuentra confinado entre el conductor metálico y el material aislante, así como la de mejorar la distribución del campo eléctrico en la superficie del conductor.

Sobre esta primera capa semiconductor se coloca la capa de aislamiento de polietileno reticulado. Se trata de un material termoestable que presenta una muy buena rigidez dieléctrica, bajo factor de pérdidas y una excelente resistencia de aislamiento.

Sobre el aislamiento se coloca una segunda capa semiconductora y sobre ésta una pantalla metálica que desempeña las misiones siguientes:

- Confinar el campo eléctrico en el interior del cable.
- Lograr una distribución simétrica y radial del esfuerzo eléctrico en el aislamiento.
- Limitar la influencia mutua entre cables eléctricos próximos.
- Reducir el peligro de electrocuciones.

Finalmente, se coloca la cubierta exterior de material termoplástico según UNE 3305 C. Este material conjuga una gran resistencia y flexibilidad a bajas temperaturas, con una elevada resistencia al desgarro y a la deformación en caliente y una muy baja permeabilidad al agua.

2.1.4- INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN

La instalación deberá realizarse de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, con todos sus apartados (secciones de conductores, diámetros de tubos, etc.).

2.1.4.1- CONDUCTORES

Los conductores serán aislados de cobre y estarán aislados con materias plásticas o elastómeros adecuadas.

Estarán, además, debidamente protegidos contra la corrosión, tendrán resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos y cumplirán con la norma UNE 21024.

Los conductores serán generalmente unipolares y su tensión nominal no será inferior a 1.000 voltios.

La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades previstas.

2.1.4.2- MONTAJE Y CONDICIONES GENERALES

- Todos los materiales a emplear serán de primera calidad, acordes con las características reglamentarias.
- El aislamiento entre conductores, y entre éstos y tierra, deberá tener una resistencia de 500 k Ω como mínimo.
- Todos los conductores irán timbrados y con colores normalizados.
- Terminada la instalación, se someterá ésta a las pruebas reglamentarias en presencia del Director de Obra.

2.1.5- INSTALACIÓN DE LA RED DE TIERRAS

La instalación deberá realizarse de acuerdo con las especificaciones del fabricante de los aerogeneradores, del Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación y del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

2.1.6- ENSAYOS Y PRUEBAS

Todos los materiales eléctricos deberán ser suministrados con los correspondientes certificados de haber superado los ensayos y pruebas de acuerdo a la normativa de aplicación en cada caso. No obstante, el Director de Obra podrá ordenar cuantos ensayos y pruebas complementarios estime conveniente, considerándose que le coste de estas pruebas está incluido en el precio unitario, hasta un límite del 1% del presupuesto de adjudicación.

2.2- OBRA CIVIL

2.2.1- DESPEJE Y DESBROCE DEL TERRENO

2.2.1.1- DEFINICIÓN Y ALCANCE

Las operaciones de despeje y desbroce del terreno son las necesarias para dejar el terreno natural, entre límites de explanación, totalmente libre de obstáculos, maleza, árboles, tocones, vallas, muretes, basuras, escombros y cualquier otro material indeseable a juicio del Director de Obra, de modo que dichas zonas queden aptas y en condiciones para el inicio de los trabajos de excavación y/o terraplenado.

Esta unidad de obra incluye:

- La remoción de los materiales.
- La extracción de tocones.
- Las operaciones de carga, transporte y descarga de los materiales en vertedero, así como su apilado o almacenamiento provisional y cuantas operaciones sean precisas hasta su vertido definitivo.
- Todo elemento auxiliar o de protección necesario, como vallas, muretes, etc.
- La conservación en buen estado de los materiales apilados y de los vertederos donde se descarguen los materiales no combustibles y los cánones, indemnizaciones, impuestos, gastos, etc., de los vertederos y de los lugares de almacenamiento o el extendido y compactación de los materiales en el vertedero de proyecto.
- Cualquier trabajo, maquinaria, material o elemento auxiliar necesario para la correcta y rápida ejecución de esta unidad de obra.

2.2.1.2- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

La ejecución de las obras se realizará según lo dispuesto al respecto en el artículo 300 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3-4/88) del M.O.P.T.

2.2.1.3- MEDICIÓN Y ABONO

Esta unidad de obra se medirá y abonará por metros cúbicos (m³) realmente ejecutados, medidos sobre el plano que conforma el terreno.

Se entiende por “realmente ejecutados”, toda la superficie que se encuentra entre líneas de explanación y que no corresponde a superficies de edificios demolidos o a carreteras, caminos, vías de comunicación existentes o en general cualquier pavimento o firme existente.

2.2.2- SUBBASE

2.2.2.1- DEFINICIÓN

Se define como subbase la capa de material granular situada entre la base del firme y la explanada. Está formada básicamente por partículas no trituradas.

2.2.2.2- MATERIALES

Características generales

Los materiales de la subbase procederán de graveras o depósitos naturales, suelos naturales o una mezcla de ambos. En general serán materiales locales, exentos de arcilla, margas u otras materias extrañas. No serán susceptibles de ningún tipo de meteorización o de alteración física o química apreciables bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en el lugar de empleo. Tampoco podrán dar origen con el agua a disoluciones que puedan causar daños a estructuras o a otras capas del firme, o de contaminar el suelo o las corrientes de agua.

El Director de las Obras podrá fijar especificaciones adicionales cuando se vayan a emplear materiales cuya naturaleza o procedencia así lo requiriesen.

Composición química

El contenido ponderal de compuestos de azufre totales (expresados en SO₃), determinado según la UNE-EN 1744-1, será inferior al uno por ciento (1,0 %).

Limpieza

Los materiales estarán exentos de terrones de arcilla, marga, materia orgánica, o cualquier otra que pueda afectar a la durabilidad de la capa.

El equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8, del material de la subbase será superior a 25.

Plasticidad

Podrán admitirse los siguientes valores:

- Límite líquido inferior a 25 según UNE 103103
- Índice de plasticidad inferior a 6 según UNE 103104

Composición granulométrica

El tamaño máximo del árido no rebasará la mitad del espesor de la tongada.

La fracción cernida por el tamiz 0,063 mm de la UNE-EN 933-2 será menor que los dos tercios del cernido por el tamiz 0,250 mm de la UNE-EN 933-2.

La granulometría del material, según la UNE-EN 933-1, estará comprendida dentro del siguiente huso granulométrico:

Tamices UNE	Cernido ponderal acumulado (%)
40	80-100
25	65-85
20	60-80
8	50-75
4	45-65
2	35-55
0,500	20-40
0,250	10-25
0,063	0-15

2.2.2.3- EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

La subbase se transportará al lugar de empleo en camiones de caja abierta, lisa y estanca, perfectamente limpia. Deberán disponer de lonas o cobertores adecuados para protegerla durante su transporte. Por seguridad de la circulación vial será inexcusable el empleo de cobertores para el transporte por carreteras en servicio.

El Director de las Obras deberá fijar y aprobar los equipos de extensión de las subbases, de modo que se garantice un reparto homogéneo y uniforme del material.

Las anchuras mínima y máxima de extensión se fijarán por el Director de las Obras.

Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y tener inversores del sentido de la marcha de acción suave. El equipo de compactación deberá estar compuesto como mínimo por un (1) compactador vibratorio de rodillos metálicos. Los compactadores con rodillos metálicos no presentarán surcos ni irregularidades en ellos.

El Director de las Obras aprobará el equipo de compactación que se vaya a emplear, su composición y las características de cada uno de sus elementos, que serán los necesarios para conseguir una compacidad adecuada y homogénea de la subbase en todo su espesor, sin producir roturas del material granular ni arrollamientos.

En los lugares inaccesibles para los equipos de compactación convencionales, se emplearán otros de tamaño y diseño adecuados para la labor que se pretenda realizar.

2.2.2.4- EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Se comprobarán la regularidad y el estado de la superficie sobre la que se vaya a extender la subbase. El Director de las Obras indicará las medidas encaminadas a restablecer una regularidad superficial aceptable y, en su caso, a reparar las zonas deficientes.

Una vez aceptada la superficie de asiento se procederá a la extensión de la subbase, en tongadas de espesor no superior a cuarenta centímetros (40 cm), tomando las precauciones necesarias para evitar segregaciones y contaminaciones. Todas las operaciones de aportación de agua deberán tener lugar antes de iniciar la compactación. Después, la única admisible será la destinada a lograr, en superficie, la humedad necesaria para la ejecución de la tongada siguiente.

La compactación se realizará de manera continua y sistemática. Si la extensión de la subbase se realiza por franjas, al compactar una de ellas se ampliará la zona de compactación para que incluya al menos quince centímetros (15 cm) de la anterior.

Las zonas que, por su reducida extensión, pendiente o proximidad a obras de paso o de desagüe, muros o estructuras, no permitan el empleo del equipo que normalmente se esté utilizando, se compactarán con medios adecuados, de forma que las densidades que se alcancen no resulten inferiores a las exigidas en el resto de la tongada.

2.2.2.5- ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

La compactación de la subbase deberá alcanzar una densidad no inferior a la que corresponda al noventa y ocho por ciento (98%) de la máxima de referencia, obtenida en el ensayo Proctor modificado, según la UNE 103501.

2.2.2.6- LIMITACIONES DE EJECUCIÓN

Las subbases se podrán poner en obra siempre que las condiciones meteorológicas no hubieran producido alteraciones significativas en la humedad del material

Durante las obras se procurará una distribución uniforme del tráfico de obra en toda la anchura de la traza.

2.2.2.7- CONTROL DE CALIDAD

Control de procedencia

Si el material utilizado se encuentra, a juicio del Director de las Obras, sancionado por la práctica, o si con el material utilizado se aportara certificado acreditativo del cumplimiento de las especificaciones técnicas obligatorias de este artículo o estuviese en posesión de una marca, sello o distintivo de calidad homologado, los criterios descritos a continuación para realizar el control de procedencia del material no serán de aplicación obligatoria. Esto no supondrá en ningún caso la aceptación del material ni de la unidad de obra terminada, que no se producirán hasta que no se hayan estudiado los ensayos de recepción y de puesta en obra.

Antes de iniciar la producción, se reconocerá cada acopio, préstamo o procedencia, determinando su aptitud, según el resultado de los ensayos. El reconocimiento se realizará de la forma más representativa posible para cada tipo de material: mediante la toma de muestras en acopios, o mediante sondeos, calicatas u otros métodos de toma de muestras.

Para cualquier volumen de producción previsto, se ensayarán un mínimo de dos (2) muestras, añadiéndose una (1) más por cada veinte mil metros cúbicos (20.000 m³) o fracción, de exceso sobre cien mil metros cúbicos (100.000 m³).

Sobre cada muestra se realizarán los siguientes ensayos:

- Granulometría por tamizado, según la UNE-EN 933-1.
- Límite líquido e índice de plasticidad, según las UNE 103103 y UNE 103104, respectivamente.
- Equivalente de arena, según la UNE-EN 933-8.

El Director de Obras comprobará, además:

- La retirada de la eventual montera en la extracción de la subbase.
- La exclusión de vetas no utilizables.

Control de ejecución

Antes de verter la subbase, se comprobará su aspecto en cada elemento de transporte y se rechazarán todos los materiales segregados.

Se comprobarán frecuentemente:

- El espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de las Obras.
- La composición y forma de actuación del equipo de puesta en obra y compactación, verificando:
 - Que el número y tipo de compactadores es el aprobado.
 - El número de pasadas de cada compactador.

Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los dos criterios siguientes a una sola tongada de subbase:

- Una longitud de mil metros (1000 m) de calzada.
- Una superficie de siete mil metros cuadrados (7.000 m²) de calzada.

La realización de los ensayos in situ y la toma de muestras se hará en puntos previamente seleccionados mediante muestreo aleatorio, tanto en sentido longitudinal como transversal; de tal forma que haya al menos una toma o ensayo por cada 250 m.

Si durante la construcción se observaran defectos localizados, tales como blandones, se corregirán antes de iniciar el muestreo.

Se realizarán determinaciones de humedad y de densidad en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de siete (7) por cada lote.

La densidad media obtenida no será inferior a la que corresponda al noventa y ocho por ciento (98%) de la máxima de referencia, obtenida en el ensayo Proctor modificado, según la UNE 103501; no más de dos (2) individuos de la muestra podrán arrojar resultados de hasta tres (3) puntos porcentuales por debajo de la densidad especificada. De no alcanzarse los resultados exigidos, el lote se recompactará hasta conseguir la densidad especificada.

2.2.3- EXPLANACIONES

2.2.3.1- DESCRIPCIÓN

Desmontes y terraplenes para dar al terreno la rasante de explanación. Quedan excluidos los terrenos rocosos que precisen de explosivos o los muy blandos.

2.2.3.2- COMPONENTES

Para rellenos, aportación de tierras.

2.2.3.3- CONDICIONES PREVIAS

- Plantas, secciones y pendientes naturales acotadas de la explanación a realizar.
- Servidumbres que pueden ser afectadas por la explanación.
- Plano topográfico con curvas de nivel de la zona de la explanación, con los accidentes más notables.
- Cota del nivel freático y corrientes de agua subterránea.
- Desbroce y limpieza superficial.
- Replanteo.
- Se prestará especial atención a la posible existencia de servicios e instalaciones que puedan verse afectados por la explanación, tomando las medidas de conservación y protección necesarias.

2.2.3.4- EJECUCIÓN

- Se evitarán los deslizamientos por descalces, erosiones y filtraciones, tomando las medidas precisas para no alterar la resistencia del terreno sin excavar.
- Se colocarán puntos fijos de referencia exteriores al perímetro de la explanación, sacando las cotas de nivel y desplazamiento, tanto horizontal como vertical.
- Se solicitará a las compañías suministradoras información sobre las instalaciones que puedan ser afectadas por la explanación.
- La Dirección Facultativa tomará siempre las decisiones que fueran necesarias en los siguientes aspectos:
 - En aquellas construcciones que rebasen los límites de la explanación.
 - En aquellos terrenos en los que aparezca roca.
 - En los bordes junto a construcciones ya establecidas.
 - En aquellas zonas de la explanación en las que aparezcan cursos naturales de aguas superficiales o profundas.
 - En aquellos taludes y paredes en los que sea necesario colocar un entibamiento o refuerzo.
 - En la apertura de los préstamos que puedan ser necesarios.
 - Por circunstancias imprevistas, anomalías o urgencias.

- Después de haber llovido no se extenderá una nueva tongada de relleno o terraplén hasta que la última se haya secado, o se escarificará añadiendo la siguiente tongada más seca, hasta conseguir que la humedad final sea la adecuada.
- Si por razones de sequedad hubiera que humedecer una tongada se hará de forma uniforme, sin que existan encharcamientos.
- Se pararán los trabajos de terraplenado cuando la temperatura descienda de 2°C.
- Se procurará evitar el tráfico de vehículos y máquinas sobre tongadas ya compactadas.
- Los trabajos de protección contra la erosión de taludes permanentes, como cubierta vegetal, cunetas, etc., se realizarán inmediatamente después de la ejecución del talud.
- Cuando se utilicen rodillos vibrantes para compactar, se deberán dar al final unas pasadas sin aplicar vibración.
- La transición entre taludes de desmonte y terraplén se realizará suavizando al máximo la intersección.
- La tierra vegetal deberá separarse del resto de los productos explanados, permitiéndose su utilización posterior solamente en protección de taludes.
- Las zanjas de préstamo quedarán como mínimo a una distancia de 4 m de la base del terraplén.

2.2.3.5- CONTROL

Desmontes:

- Se hará un control de replanteo cada 50 m de perímetro y no menos de uno por desmonte, no aceptándose en casos de errores superiores al 2,5% y variaciones de + 10 cm.
- Se hará un control de altura de la franja excavada cada 2.000 m³, y no menos de uno al descender 3,00 m, no aceptándose, en caso de altura mayor de 1,65 m, la ejecución por con medios manuales.
- Se hará un control de nivelación de la explanada cada 1.000 m², y no menos de 3 por explanada, no aceptándose en caso de variaciones no acumulativas entre lecturas de 50 mm en general y de 30 mm en viales.
- Se hará un control de borde con talud permanente al descender 3,00 m y no menos de uno por talud, no aceptándose en caso de variación en el ángulo del talud superior a + 2°.

Base del terraplén:

- Se hará un control de las dimensiones del replanteo igual que en el desmonte.
- Se hará un control de excavación de la base del terraplén cada 1.000 m² en proyección y no menos de uno por explanada, no aceptándose si no se ha excavado la capa vegetal y si su profundidad es inferior a 15 cm; tampoco se aceptará en pendientes superiores a 1:5 que no se hayan realizado bermas y las mesetas no tengan la pendiente especificada.

Terraplén:

- Se hará un control de densidad "in situ" del relleno del núcleo cada 1.000 m³ de relleno y no menos de tres por explanación, no aceptándose en caso de que la densidad sea inferior al 92% del Proctor, ni a 1,45 kg/dm³.
- Se hará un control de densidad "in situ" del relleno de coronación cada 1.000 m³ de relleno y no menos de tres por explanación, no aceptándose en caso de que la densidad sea inferior al 95% del Proctor, ni a 1,75 kg/dm³.
- Se hará un control de nivelación de la explanada como en desmonte.
- Se hará un control de borde con talud permanente como en desmonte.

2.2.3.6- NORMATIVA Y ESPECIFICACIONES

- NTE-ADE/1977
- PCT-DGA/1960
- PG-4/1988
- UNE: 7377-76, 7378-75
- NLT: 107, 11, 117, 152

2.2.3.7- SEGURIDAD Y SALUD

- La maquinaria a emplear mantendrá la distancia de seguridad a las líneas aéreas de energía eléctrica.
- El ancho mínimo de las rampas provisionales para el movimiento de maquinaria será de 4,50 m.
- Siempre que una máquina inicie un movimiento o de marcha atrás, lo hará con una señal acústica.
- Antes de iniciarse la jornada se verificarán los frenos y mecanismos de seguridad de vehículos y maquinaria.
- La excavación del terreno "a tumbo" está prohibida.
- No se acumulará el terreno de la excavación, ni otros materiales, junto a bordes de coronación de taludes.

- Cuando el terreno excavado pueda transmitir enfermedades contagiosas se desinfectará antes de su transporte, no pudiéndose utilizar para préstamo. El personal que lo manipule estará provisto del equipaje adecuado para su protección.
- Se evitará la formación de polvo, siendo necesario regar y utilizar el personal mascarilla o material adecuado.
- El refino de las paredes ataluzadas se realizará para profundidades no mayores a 3,00 m.
- Se cumplirán, además, todas las disposiciones generales sobre Seguridad y Salud en el Trabajo que existan y todas las Ordenanzas Municipales que sean de aplicación.

2.2.3.8- MEDICIÓN

- En desmontes, por m3 de cubicación del volumen excavado sobre perfiles, incluso desbroce, replanteo y refinado, no considerando el esponjamiento, midiendo aparte la carga y transporte a vertedero.
- En terraplenes, por m3 del volumen sobre perfiles, incluyéndose el transporte interior, midiendo aparte el exterior procedente de préstamos.
- Todas aquellas variaciones en exceso que surjan por negligencia de la Contrata, por conveniencia o erosión, no se abonarán.

2.2.3.9- MANTENIMIENTO

- Se mantendrán protegidos contra la erosión los bordes ataluzados, cuidando que la vegetación plantada no se seque.
- Los bordes ataluzados en su coronación se mantendrán protegidos contra la acumulación de aguas, limpiando los desagües y canaletas cuando estén obstruidos, cortando el agua junto a un talud cuando se produzca una fuga.
- No se concentrarán cargas superiores a 200 kg/m2 junto a la parte superior de los bordes ataluzados, ni se socavarán en su pie ni en su coronación.
- Se consultará a la Dirección de Obra si aparecieran grietas paralelas al borde del talud.

2.2.4- EXCAVACIONES EN ZANJAS

2.2.4.1- DESCRIPCIÓN

Excavación estrecha y larga que se hace en el terreno para instalar una conducción subterránea.

2.2.4.2- COMPONENTES

En caso necesario, madera para entubaciones, apeos y apuntalamientos.

2.2.4.3- CONDICIONES PREVIAS

- Antes de comenzar la excavación de la zanja, será necesario que la Dirección de Obra haya comprobado el replanteo.
- Se deberá disponer de plantas y secciones acotadas.
- Habrán sido investigados los servicios existentes que pueden ser afectados, como redes de agua potable, saneamiento, fosas sépticas, redes de electricidad, telefonía, fibra óptica, calefacción, iluminación, etc.
- Se estudiarán el corte estratigráfico y las características del terreno a excavar, como tipo de terreno, humedad y consistencia.
- Tipo, situación, profundidad y dimensiones de cimentaciones próximas que estén a una distancia de la pared del corte igual o menor de 2 veces la profundidad de la zanja o pozo.
- Evaluación de la tensión a compresión que transmitan al terreno las cimentaciones próximas.
- Las zonas a acotar en el trabajo de zanjas no serán menores de 1 m para el tránsito de peatones y de 2 m para vehículos, medidos desde el borde del corte.

2.2.4.4- EJECUCIÓN

- El replanteo se realizará de tal forma que existirán puntos fijos de referencia, tanto de cotas como de nivel, siempre fuera del área de excavación.
- Se llevará en obra un control detallado de las mediciones de la excavación de las zanjas.
- El comienzo de la excavación de zanjas se realizará cuando existan todos los elementos necesarios para su excavación, incluido la madera para una posible entibación.
- La Dirección de Obra indicará siempre la profundidad de los fondos de la excavación de la zanja, siendo su acabado limpio.
- La Contrata deberá asegurar la estabilidad de los taludes y paredes verticales de todas las excavaciones que realice, aplicando los medios de entibación, apuntalamiento, apeo y protección superficial del terreno, que considere necesario, a fin de impedir desprendimientos, derrumbamientos y deslizamientos que pudieran causar daños a personas o a las obras, aunque tales medios no estuvieran definidos en el Proyecto, o no hubiesen sido ordenados por la Dirección de Obra.
- La Dirección de Obra podrá ordenar en cualquier momento la colocación de entibaciones, apuntalamientos, apeos y protecciones superficiales del terreno.

- Se adoptarán por la Contrata todas las medidas necesarias para evitar la entrada del agua, manteniendo libre de la misma la zona de excavación, colocándose ataguías, drenajes, protecciones, cunetas, canaletas y conductos de desagüe que sean necesarios.
- Las aguas superficiales deberán ser desviadas por la Contrata y canalizadas antes de que alcancen los taludes, las paredes y el fondo de la excavación de la zanja.
- El fondo de la zanja deberá quedar libre de tierra, fragmentos de roca, roca alterada, capas de terreno inadecuado o cualquier elemento extraño que pudiera debilitar su resistencia. Se limpiarán las grietas y hendiduras, rellenándose con material compactado.
- La separación entre el tajo de la máquina y la entibación no será mayor de vez y media la profundidad de la zanja en ese punto.
- En el caso de terrenos meteorizables o erosionables por viento o lluvia, las zanjas nunca permanecerán abiertas más de ocho días, sin que sean protegidas o finalizados los trabajos.
- Una vez alcanzada la cota inferior de la excavación de la zanja, se hará una revisión general de las edificaciones medianeras, para observar si se han producido desperfectos y tomar las medidas pertinentes.
- Mientras no se efectúe la consolidación definitiva de las paredes y fondos de la zanja, se conservarán las entibaciones, apuntalamientos y apeos que hayan sido necesarios, así como las vallas, cerramientos y demás medidas de protección.
- Los productos resultantes de la excavación de las zanjas, que sean aprovechables para un relleno posterior, se podrán depositar en montones situados a un solo lado de la zanja, y a una separación del borde de la misma de 0,60 m como mínimo, dejando libres, caminos, aceras, cunetas, acequias y demás pasos y servicios existentes.

2.2.4.5- CONTROL

- Cada 20 m o fracción, se hará un control de dimensiones del replanteo, no aceptándose errores superiores al 2,5% y variaciones superiores a + 10 cm, en cuanto a distancias entre ejes.
- El fondo y paredes de la zanja terminada, tendrán las formas y dimensiones exigidas por la Dirección de Obra, debiendo refinarse hasta conseguir unas diferencias de + 5 cm, respecto a las superficies teóricas.
- Se rechazará el borde exterior del vaciado cuando existan lentejones o restos de edificaciones.
- Se comprobará la capacidad portante del terreno y su naturaleza con lo especificado en el Proyecto, dejando constancia de los resultados en el Libro de Órdenes.

2.2.4.6- NORMATIVA

- NTE-ADZ/1976
- PG-4/1988
- PCT-DGA/1.960
- Normas UNE 56501, 56505, 56507, 56508, 56509, 56510, 56520, 56521, 56525, 56526, 56527, 56529, 56535, 56537, 56539, 7183 y 37501.

2.2.4.7- SEGURIDAD Y SALUD

- Se acotará una zona, no menor de 1 m para el tránsito de peatones, ni menor de 2 m para el paso de vehículos, medidos desde el borde vertical del corte.
- Cuando sea previsible el paso de peatones o el de vehículos junto al borde del corte de la zanja, se dispondrá de vallas móviles que estarán iluminadas cada 10 m con puntos de luz portátil y grado de protección no menor de IP-44.
- El acopio de materiales y tierras, en zanjas de profundidad mayor de 1,30 m, se realizará a una distancia no menor de 2 m del borde del corte de la zanja.
- Existirá un operario fuera de la zanja, siempre que la profundidad de ésta sea mayor de 1,30 m y haya alguien trabajando en su interior, para poder ayudar en el trabajo y pedir auxilio en caso de emergencia.
- En zanjas de profundidad mayor a 1,30 m, y siempre que lo especifique la Dirección de Obra, será obligatoria la colocación de entibaciones, sobresaliendo un mínimo de 20 cm del nivel superficial del terreno.
- Cada día, y antes de iniciar los trabajos, se revisarán las entibaciones, tensando los codales que estén flojos, extremando estas precauciones en tiempo de lluvia, heladas o cuando se interrumpe el trabajo más de un día.
- Se tratará de no dar golpes a las entibaciones durante los trabajos.
- No se utilizarán las entibaciones como escaleras, ni se utilizarán los codales como elementos de carga.
- En los trabajos de entibación, se tendrán en cuenta las distancias entre los operarios, según las herramientas que se empleen.
- Llegado el momento de desentibar las tablas se quitarán de una en una, alcanzando como máximo la altura de 1 m tapando a continuación el tramo desentibado para evitar el desplome del terreno, comenzando el desentibado siempre por la parte inferior de la zanja.
- Las zanjas que superen la profundidad de 1,30 m, será necesario usar escaleras para entrada y salida de las mismas de forma que ningún operario esté a una distancia superior de 30 m de una de ellas, estando colocadas desde el fondo de la excavación hasta 1 m por encima de la rasante, estando correctamente arriostrada en sentido transversal.
- Cuando el terreno excavado pueda transmitir enfermedades contagiosas se desinfectará antes de su transporte, no pudiéndose utilizar para préstamo. El personal que lo manipule estará provisto del equipaje adecuado para su protección.

- Se contará en la obra con una provisión de palancas, cuñas, barras, puntales, tabloncillos, etc., que se reservarán para caso de emergencia, no pudiéndose utilizar para la entibación.
- Se cumplirán, además, todas las disposiciones generales sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo que existan y todas las Ordenanzas Municipales que sean de aplicación.

2.2.4.8- MEDICIÓN Y VALORACIÓN

- Las excavaciones para zanjas se abonarán por m³, sobre los perfiles reales del terreno y antes de rellenar.
- No se considerarán los desmoronamientos, o los excesos producidos por desplomes o errores.
- El Contratista podrá presentar a la Dirección de Obra para su aprobación el presupuesto concreto de las medidas a tomar para evitar los desmoronamientos cuando al comenzar las obras las condiciones del terreno no concuerden con las previstas en el Proyecto.

2.3- ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

2.3.1- DESCRIPCIÓN

Unidades de obra realizadas con hormigón y armadura de barras de acero para conseguir la resistencia solicitada en el proyecto.

2.3.2- CONDICIONES PREVIAS

- Fabricación y montaje de los encofrados.
- Definición de las características del hormigón.
- Replanteo.
- Fabricación de las armaduras.
- Conformidad de la Dirección de Obra con la colocación y montaje de los elementos descritos.

2.3.3- COMPONENTES

- Cemento.
- Áridos.
- Agua.
- Ferralla.
- Aditivos necesarios.
- Hormigón de central, con sello INCE.

2.3.4- EJECUCIÓN

Antes de hormigonar:

- Replanteo de ejes, cotas de acabado, etc.
- Colocación de armaduras.
- Limpieza y humedecido de los encofrados.

Durante el hormigonado:

- El vertido se realizará desde una altura máxima de 1 m, salvo que se utilicen métodos de bombeo a distancia que impidan la segregación de los componentes del hormigón. Se realizará por tongadas de 30 cm. Se vibrará sin que las armaduras ni los encofrados experimenten movimientos bruscos o sacudidas, cuidando de que no queden coqueras y se mantenga el recubrimiento adecuado.
- Se suspenderá el hormigonado cuando la temperatura descienda de 0°C, o se prevea que lo vaya a hacer en las próximas 48 h. Se podrán utilizar medios especiales para esta circunstancia, pero siempre bajo la autorización de la Dirección de Obra.
- No se dejarán juntas horizontales, pero si a pesar de todo se produjesen, se procederá a la limpieza, rascado o picado de superficies de contacto, vertiendo a continuación mortero rico en cemento, y hormigonando seguidamente. Si hubiesen transcurrido más de 48 h. Se tratará la junta con resinas epoxi.
- No se mezclarán hormigones de distintos tipos de cemento.

Después del hormigonado:

- El curado se realizará manteniendo húmedas las superficies de las piezas hasta que se alcance un 70% de su resistencia.
- Se procederá al desencofrado en las superficies verticales pasados 7 días, y de las horizontales no antes de los 21 días. Todo ello siguiendo las indicaciones de la Dirección de Obra.

2.3.5- NORMATIVA Y ESPECIFICACIONES

- EHE – 2008.
- NTE-EH. Estructura, hormigón.
- Normas UNE: 83301-91, 83302-84, 83304-84, 83313-90.
- Sello INCE para el hormigón preparado.
- Homologación sello CIETSID.

2.3.6- CONTROL

Se comprobará:

- El replanteo, dimensiones, nivelación y aplomado de las piezas.
- La separación y espesor de las juntas.
- La disposición de la armadura, tipo de acero, armado y ejecución de la armadura.

Se ensayará:

- La consistencia y resistencia del hormigón, según la EHE-08, y las indicaciones de la Dirección de Obra.
- La armadura de acero.

Se rechazarán las piezas con las siguientes deficiencias:

- Resultados de los ensayos inferiores a los especificados.
- Suministro del hormigón con principio de fraguado.
- Deficiente disposición de los encofrados, armaduras y apeos.
- Hormigonado a temperatura inadecuada.
- Aparición de coqueras mayores que el tamaño máximo del árido, disgregaciones y fisuras de más de 0,2 mm.
- Flechas o contraflechas mayores del uno por mil de la longitud característica.
- Desplomes superiores a 5 mm.
- Espesores de juntas mayores de lo especificado en proyecto, o con variaciones de más de 5 mm.

2.3.7- SEGURIDAD

Riesgos más frecuentes:

- Atrapamiento por la hormigonera.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Golpes producidos por la maquinaria empleada.

Protecciones personales:

- Casco, guantes, calzado adecuado, cremas protectoras.

Protecciones colectivas:

- Todas las máquinas utilizadas tendrán toma de tierra, y su conexión será mediante clavija.
- No se permitirá la aproximación a la zona de hormigonado, para lo que se vallará y señalizará convenientemente ésta.
- En todos los casos se seguirán las indicaciones del Estudio de Seguridad.

2.3.8- MEDICIÓN

En general se medirá por m³ de volumen ejecutado, incluyendo parte proporcional de encofrado y medios auxiliares.

2.3.9- MANTENIMIENTO

Se proporcionará por el Contratista la documentación que recoja las cargas admisibles de los elementos estructurales.

3.- CONDICIONES ECONÓMICAS Y PLAZOS

3.1- PLAZO DE REPLANTEO

El plazo de Replanteo quedará definido en el Contrato y empezará a contar a partir del primer día hábil a partir de la firma del mismo.

3.2- PLAZO DE EJECUCIÓN

Los plazos de ejecución, totales y parciales, indicados en el Contrato, empezarán a contar a partir de la fecha de Replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir dichos plazos, que serán improrrogables.

No obstante, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el Director de Obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa ajena por completo al Contratista no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el Director de obra la prórroga estrictamente necesaria.

3.3- RECEPCIÓN PROVISIONAL

Una vez terminadas las obras, y en los 15 días siguientes a la petición del Contratista, se hará la Recepción Provisional de las mismas por la Propiedad, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del Representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si es este el caso.

Dicha Acta será firmada por ambas partes dándose la obra por recibida, comenzando entonces a contar el período de garantía.

En el caso de no hallarse la obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, estableciéndose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento.

Las obras de reparación serán por cuenta del Contratista.

Si el Contratista no cumpliera esas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

3.4- PLAZO DE GARANTÍA

El período de garantía será el señalado en el Contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Los gastos de conservación, manutención, limpieza y entretenimiento de las obras realizadas, durante el plazo de garantía, correrán a cargo del Contratista hasta la firma del Acta de Recepción Definitiva. Se exceptúan de dichos gastos los correspondientes al coste energético (alumbrado, etc.).

3.5- RECEPCIÓN DEFINITIVA

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o, en su defecto, a los doce meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, levantándose el Acta correspondiente.

3.6- GASTOS DE REPLANTEO Y LIQUIDACIÓN

Todos los gastos que puedan originarse, tanto por los trabajos de replanteo como por los de liquidación de las obras, serán por cuenta del Contratista.

3.7- MEDICIÓN Y ABONO DE LAS OBRAS

La medición y el abono de las diferentes unidades de obra se llevarán a cabo con arreglo a las unidades realmente ejecutadas, con sujeción a las características del proyecto y por aplicación de los precios establecidos en el mismo o, en su caso, de los precios contradictorios expresamente aceptados o asumidos por la Dirección de Obra.

Los excesos no justificados de unidades de obra en relación con las estipulaciones del proyecto no serán objeto de abono al Contratista.

Las Certificaciones parciales se realizarán con la frecuencia que determine la Dirección de Obra, con un mínimo de una mensual.

Las mediciones parciales podrán realizarse por el Contratista ante la Dirección de Obra.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo, por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.



Zaragoza, Junio de 2023
El ingeniero Industrial
Jaime Lázar García

Trabajo Fin de Máster

Título del trabajo:

Proyecto de una Subestación Eléctrica 220/30 kV " PE Los Ruejos" para evacuar la energía necesaria para el parque eólico "Los Ruejos" y la planta fotovoltaica "Los Ruejos".

English title:

Project of an Electrical Substation 220/30 kV "PE Los Ruejos" to evacuate the energy necessary for the wind farm "Los Ruejos" and the photovoltaic plant "Los Ruejos".

Autor:

Jaime Lázaro García

Director:

Antonio Joaquín Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura- Máster en Ingeniería
Industrial

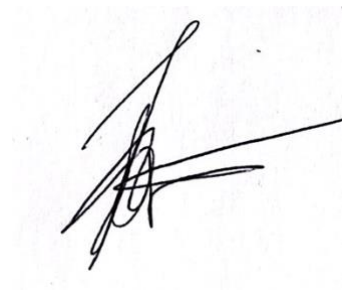
Universidad de Zaragoza
2022/2023

DOCUMENTO V

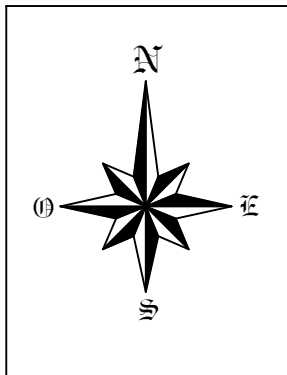
PLANOS

ÍNDICE DE DOCUMENTO V-PLANOS

- 01. SITUACIÓN GENERAL DEL PROYECTO
- 02. EMPLAZAMIENTO Y ACCESOS
- 03. UBICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN EN LA PARCELA
- 04. ESQUEMA UNIFILAR SIMPLIFICADO Y DE MEDIDA
- 05. PLANTA DISPOSICIÓN DE EQUIPOS
- 06. SECCIÓN LONGITUDINAL DE EQUIPOS
- 07. PLANTA GENERAL DE TIERRAS
- 08. PLANTA DISPOSICIÓN DE CIMENTACIONES
- 09. PLANTA EDIFICIO DE CONTROL
- 10. ALZADOS EDIFICIO DE CONTROL



Zaragoza, Junio de 2023
El ingeniero Industrial
Jaime Lázar García

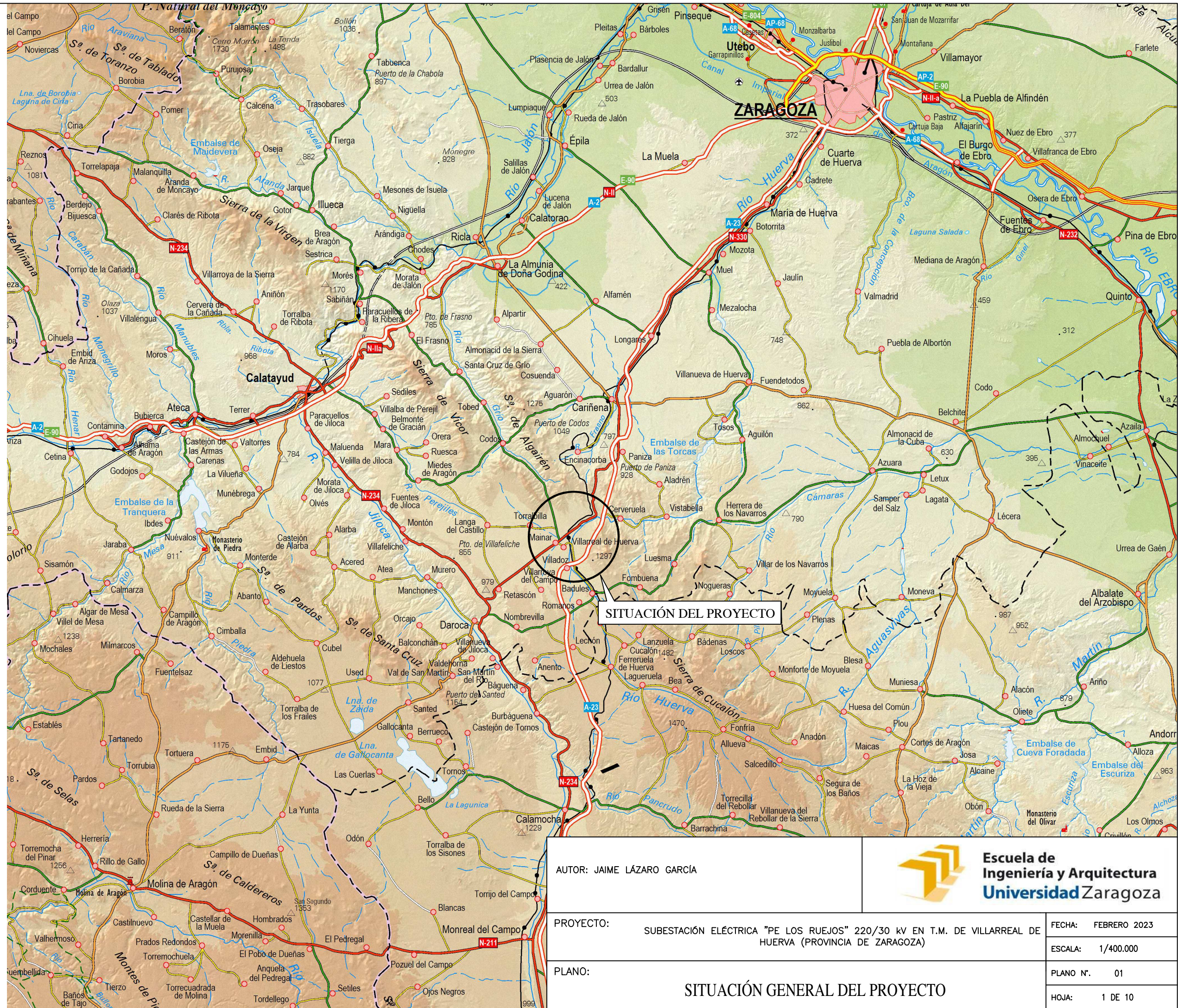
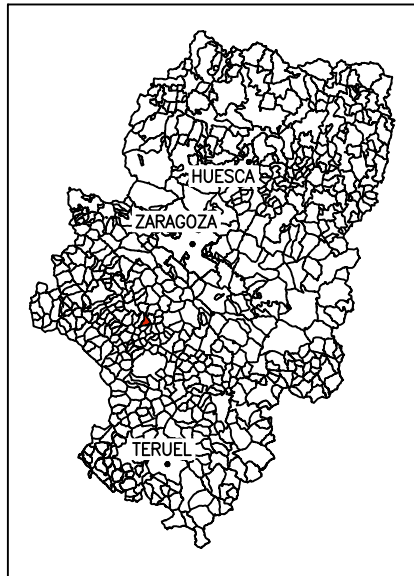


T.M. VILLARREAL DE HUERVA

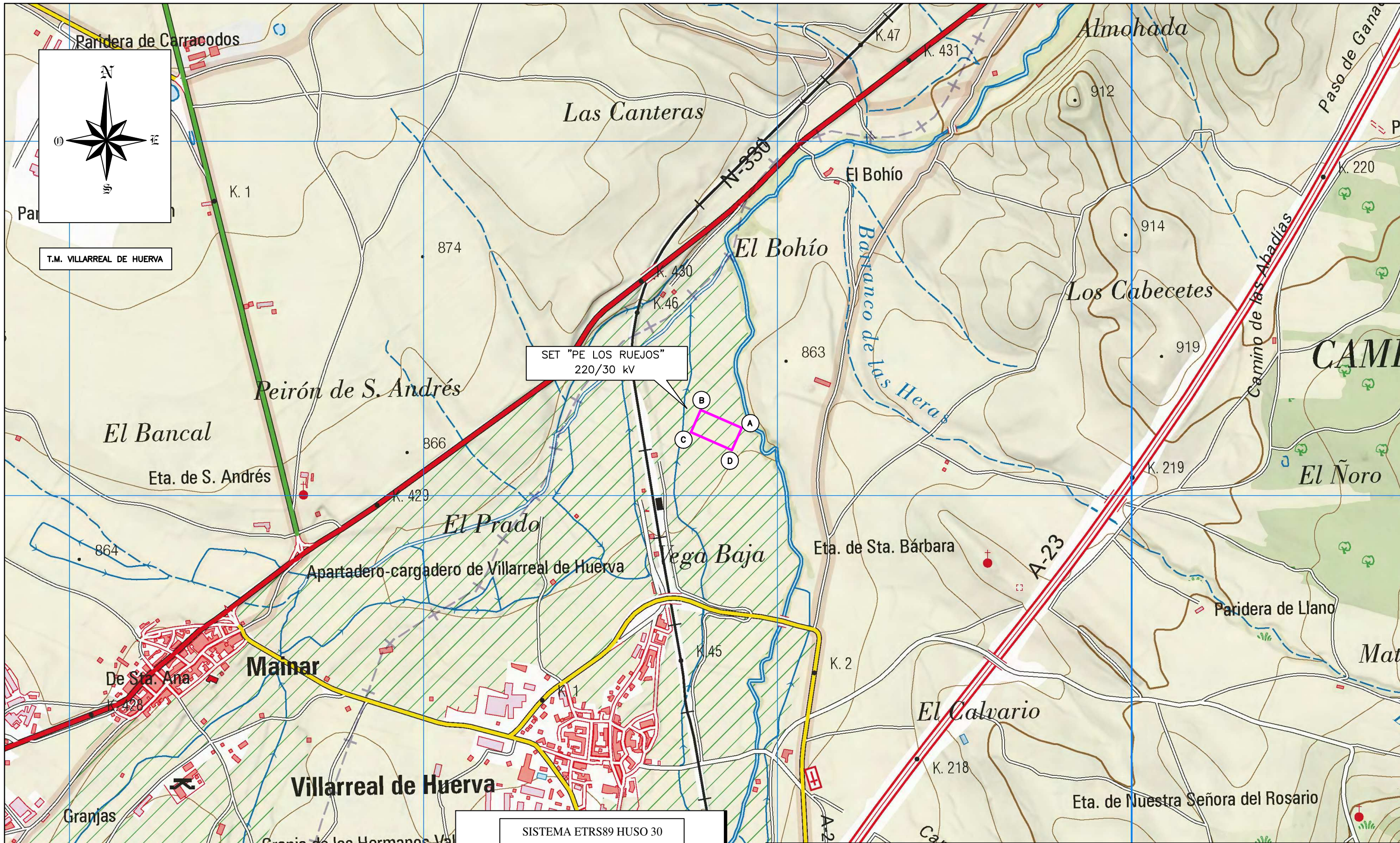
ESPAÑA



ARAGÓN



AUTOR: JAIME LÁZARO GARCÍA		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	
PROYECTO:	SUBESTACIÓN ELÉCTRICA "PE LOS RUEJOS" 220/30 kV EN T.M. DE VILLARREAL DE HUERVA (PROVINCIA DE ZARAGOZA)	FECHA:	FEBRERO 2023
		ESCALA:	1/400.000
PLANO:	SITUACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	PLANO N°:	01
		HOJA:	1 DE 10



LEYENDA

Límite Poligonal SET "PE LOS RUEJOS" 220/30 kV

SISTEMA ETRS89 HUSO 30		
COORDENADAS UTM VÉRTICES POLIGONAL		
SUBESTACIÓN	X _{UTM}	Y _{UTM}
A	643.868	4.562.220
B	643.796	4.562.250
C	643.778	4.562.209
D	643.850	4.562.178

AUTOR: JAIME LÁZARO GARCÍA

PROYECTO:

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA "PE LOS RUEJOS" 220/30 kV EN T.M. DE VILLARREAL DE HUERVA (PROVINCIA DE ZARAGOZA)

PLANO:

EMPLAZAMIENTO Y ACCESOS

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Universidad Zaragoza

FECHA:

FEBRERO 2023

ESCALA:

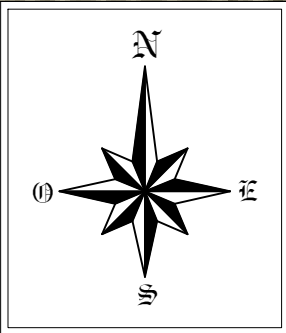
1/25.000

PLANO N°:

02

HOJA:

2 DE 10



T.M. VILLARREAL DE HUERVA



	PLATAFORMA DE LA SE
	LÍMITE DE PARCELA

EXPLANADA	COORDENADAS ETRS89 UTM H30	
VERTICE	X	Y
1	643.865,54	4.562.220,69
2	643.794,88	4.562.252,24
3	643.776,19	4.562.208,05
4	643.850,79	4.562.176,50

SUBESTACIÓN	COORDENADAS ETRS89 UTM H30	
VERTICE	X	Y
A	643.867,51	4.562.219,89
B	643.795,67	4.562.250,27
C	643.778,16	4.562.208,84
D	643.849,99	4.562.178,47

AUTOR: JAIME LÁZARO GARCÍA



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

PROYECTO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 220/30 kV "PE LOS RUEJOS"
EN EL T.M. DE VILLARREAL DE HUERVA (PROVINCIA DE ZARAGOZA)

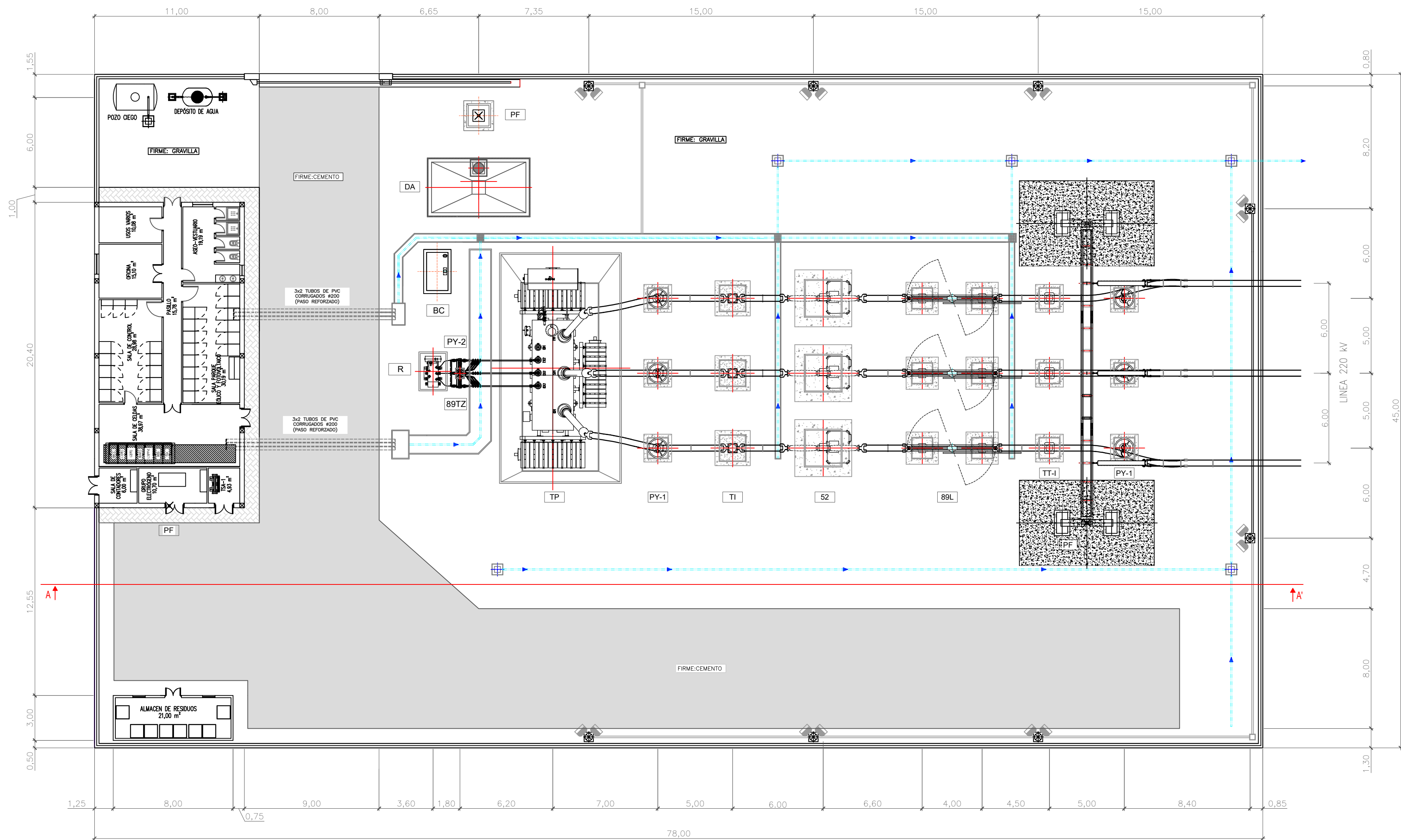
FECHA: FEBRERO 2023

ESCALA: 1:2000

PLANO: UBICACIÓN DE LA SUBESTACIÓN EN LA PARCELA

PLANO N°. 03

HOJA: 3 DE 10



LISTADO DE APARAMENTA		
MARCA	CANT.	DENOMINACIÓN
89L	03	SECCIONADOR UNIPOLAR CON PUESTA A TIERRA 245 kV 2.000 A 40 kA
52	03	INTERRUPTOR UNIPOLAR 245 kV 2.000 A 40 kA
TI	03	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD 100-200/5-5-5-5 A
TT-I	03	TRANSFORMADOR DE TENSION INDUCTIVO 220.000/√3 -110/√3 :110/√3 V
PY-1	06	PARARRAYOS AUTOVÁLVULA A.T.Uc=154kV,Ur=192kV,In=10kA,Usd Medio SM
PY-2	03	PARARRAYOS AUTOVÁLVULA M.T. Uc=29kV,Ur=36kV,In=10kA,Usd Ligero SL
TP	01	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 220±10x1,1%/30kV 25/30 MVA YNd11
R	01	REACTANCIA DE PAT 500 A, ZNO 30 segundos
89TZ	03	SECCIONADOR UNIPOLAR M.T. 36 kV 630 A 25 kA
TOR	04	TRANSFORMADOR INTENSIDAD TIPO TOROIDAL 500/5 A
PF	03	PUNTA FRANKLIN
DA	01	DEPOSITO DE ACEITE
BC	01	BATERÍA DE CONDENSADORES 6MVar, 36kV

AUTOR: JAIME LÁZARO GARCÍA



PROYECTO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 220/30 kV "PE LOS RUEJOS" EN EL T.M. DE VILLARREAL DE HUERVA (PROVINCIA DE ZARAGOZA)

FECHA: FEBRERO 2023

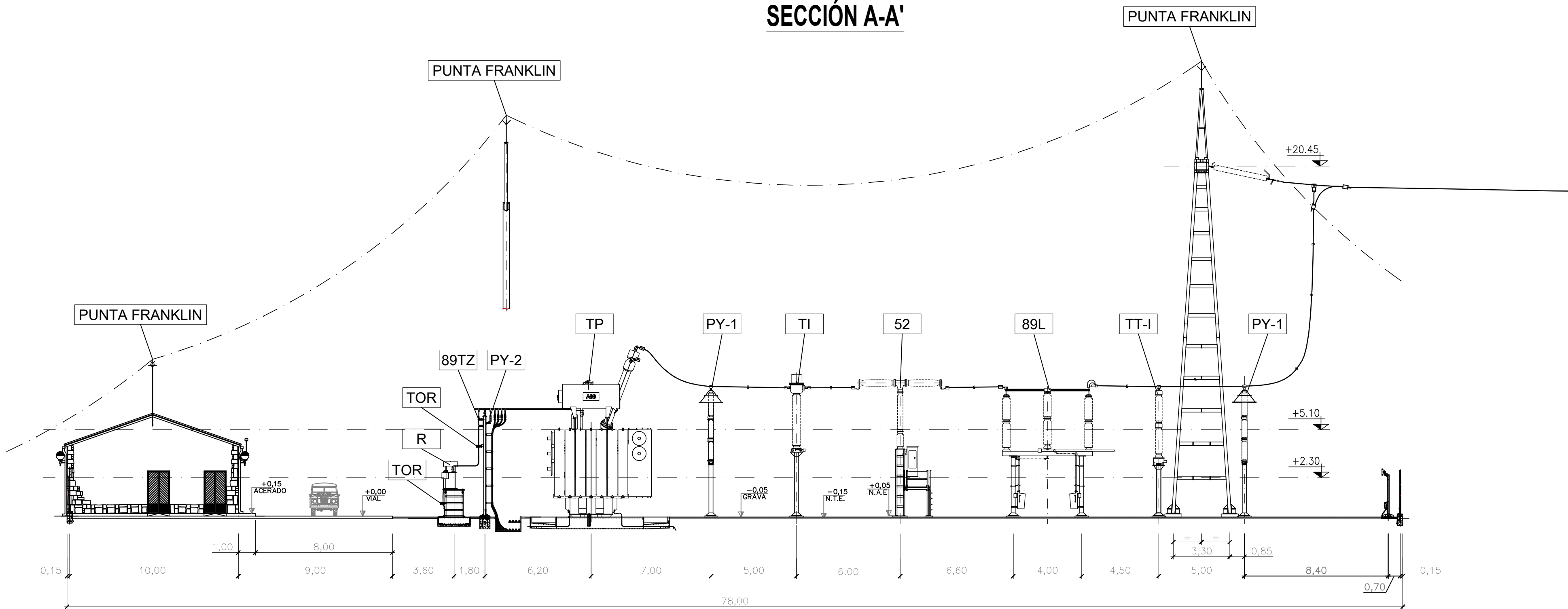
ESCALA: 1/200

PLANO: PLANTA DISPOSICIÓN DE EQUIPOS

PLANO N°. 05

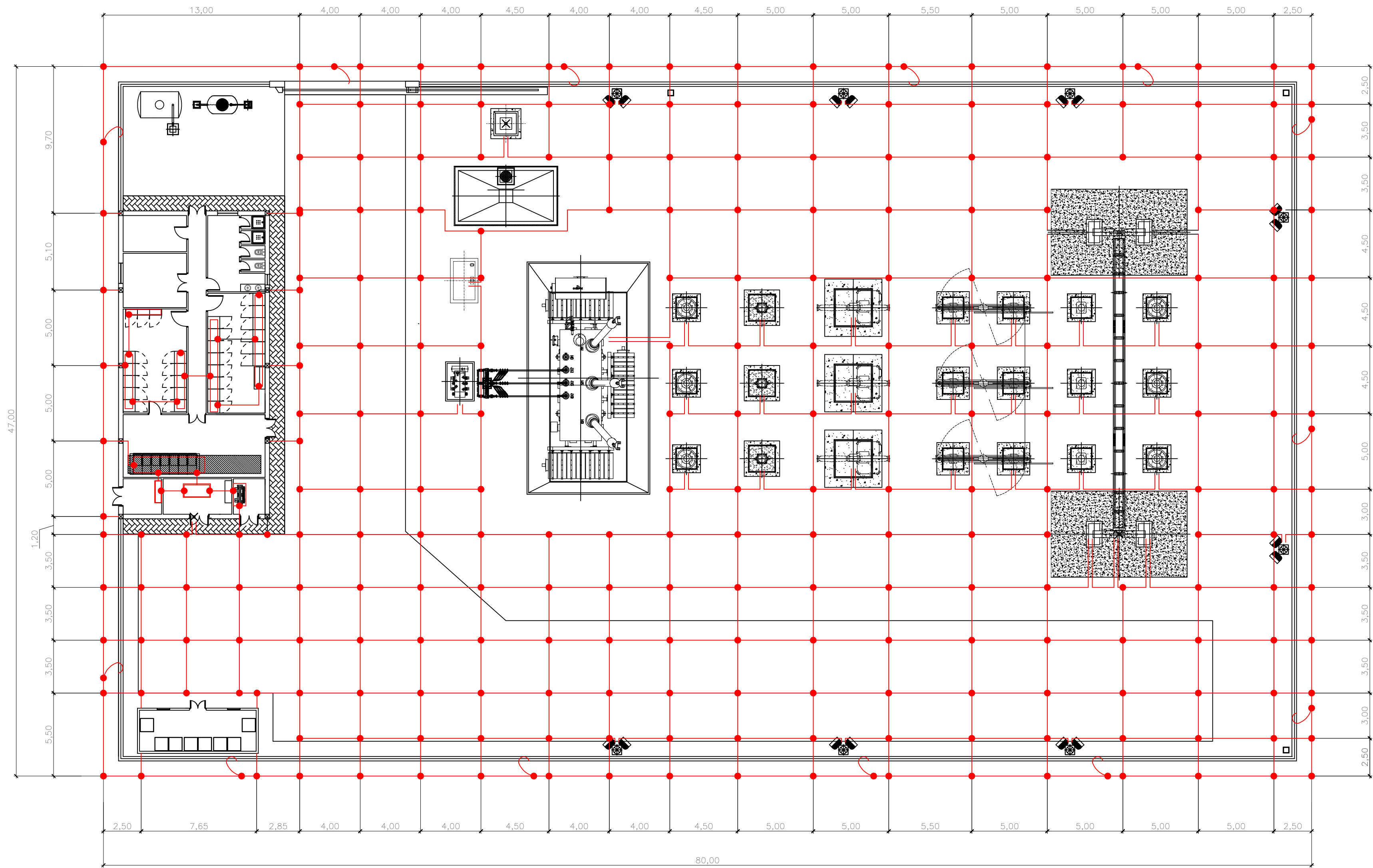
HOJA: 5 DE 10

SECCIÓN A-A'

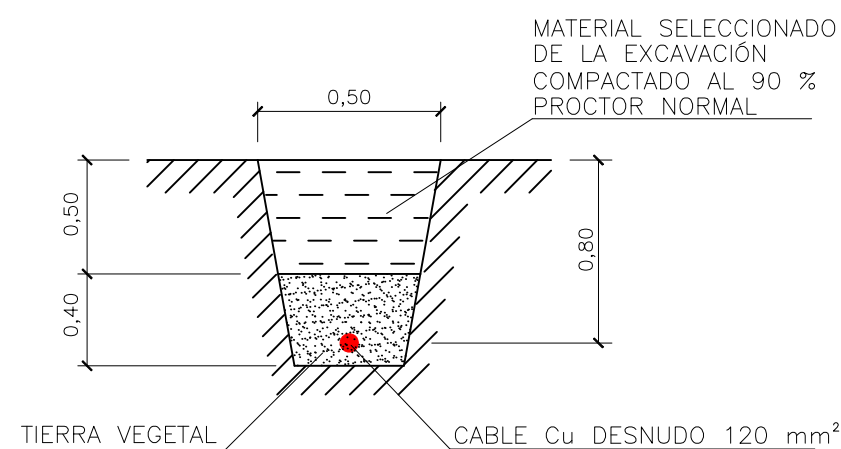


LISTADO DE APARAMENTA		
MARCA	CANT.	DENOMINACIÓN
89L	03	SECCIONADOR UNIPOLAR CON PUESTA A TIERRA 245 kV 2.000 A 40 kA
52	03	INTERRUPTOR UNIPOLAR 245 kV 2.000 A 40 kA
TI	03	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD 100-200/5-5-5-5-5 A
TT-I	03	TRANSFORMADOR DE TENSION INDUCTIVO 220.000 / $\sqrt{3}$ -110/ $\sqrt{3}$:110/ $\sqrt{3}$:110/ $\sqrt{3}$ V
PY-1	06	PARARRAYOS AUTOVÁLVULA A.T. Uc=154kV,Ur=192kV,In=10kA, Uso Medio SM
PY-2	03	PARARRAYOS AUTOVÁLVULA M.T. Uc=29kV,Ur=36kV,In=10kA, Uso Ligero SL
TP	01	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 220±10x1,1%/30kV 25/30 MVA YNd11
R	01	REACTANCIA DE PAT 500 A, ZNO 30 segundos
89TZ	03	SECCIONADOR UNIPOLAR M.T. 36 kV 630 A 25 kA
TOR	04	TRANSFORMADOR INTENSIDAD TIPO TOROIDAL 500/5 A
PF	03	PUNTA FRANKLIN
DA	01	DEPOSITO DE ACEITE
BC	01	BATERÍA DE CONDENSADORES 6MVar, 36kV

AUTOR: JAIME LÁZARO GARCÍA		 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	
PROYECTO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 220/30 kV "PE LOS RUEJOS" EN EL T.M. DE VILLARREAL DE HUERVA (PROVINCIA DE ZARAGOZA)		FECHA: FEBRERO 2023	
		ESCALA: 1/200	
PLANO: SECCIÓN LONGITUDINAL DE EQUIPOS		PLANO N°. 06	
		HOJA: 6 DE 10	



ZANJA PARA CABLE



SÍMBOLO	DENOMINACIÓN	CANTIDAD
—	CABLE DE COBRE DESNUDO 120 mm ² DE SECCIÓN	2.250 m
■	GRAPA DE ENLACE PARA 4 O 2 CABLES DE 120 mm ² A ESTRUCTURA CON DOS TORNILLOS M8 SEPARADOS 40 mm	40 UNIDS.
•	CRUCE DE CABLES DE Cu DE 120 mm ² , SOLDADURA ALUMINOTÉRMICA (CADWELL)	274 UNIDS.
⌋	GRAPA DE CERRAMIENTO PARA TUBO DE ACERO Ø150 mm Y CABLE DE Cu DE 120 mm ²	12 UNIDS.
⌋	TERMINAL DE PRESIÓN PARA CABLE Cu DESNUDO 120 mm ² Y TORNILLO M10 (P. a T. PUERTAS ENTRADA)	1 UNIDS.
*	PARARRAYOS PUNTA FRANKLIN R=40 m	3 UNIDS.

NOTAS:

- 1.- CABLE DE LA MALLA ENTERRADO A 0.80m POR DEBAJO DE LA COTA DE EXPLANACIÓN.
- 2.- GRAPA DE CERRAMIENTO PARA TUBO DE ACERO, SE APLICARÁN CADA 20m. APROXIMADAMENTE.
- 3.- SE COLOCARÁ GRAVILLA EN UN ANCHO DE 1m. EN TODO EL PERIMETRO DEL EXTERIOR DE LA SUBESTACIÓN

AUTOR: JAIME LÁZARO GARCÍA



ANTEPROYECTO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 220/30 kV "PE LOS RUEJOS" EN EL T.M. DE VILLARREAL DE HUERVA (PROVINCIA DE ZARAGOZA)

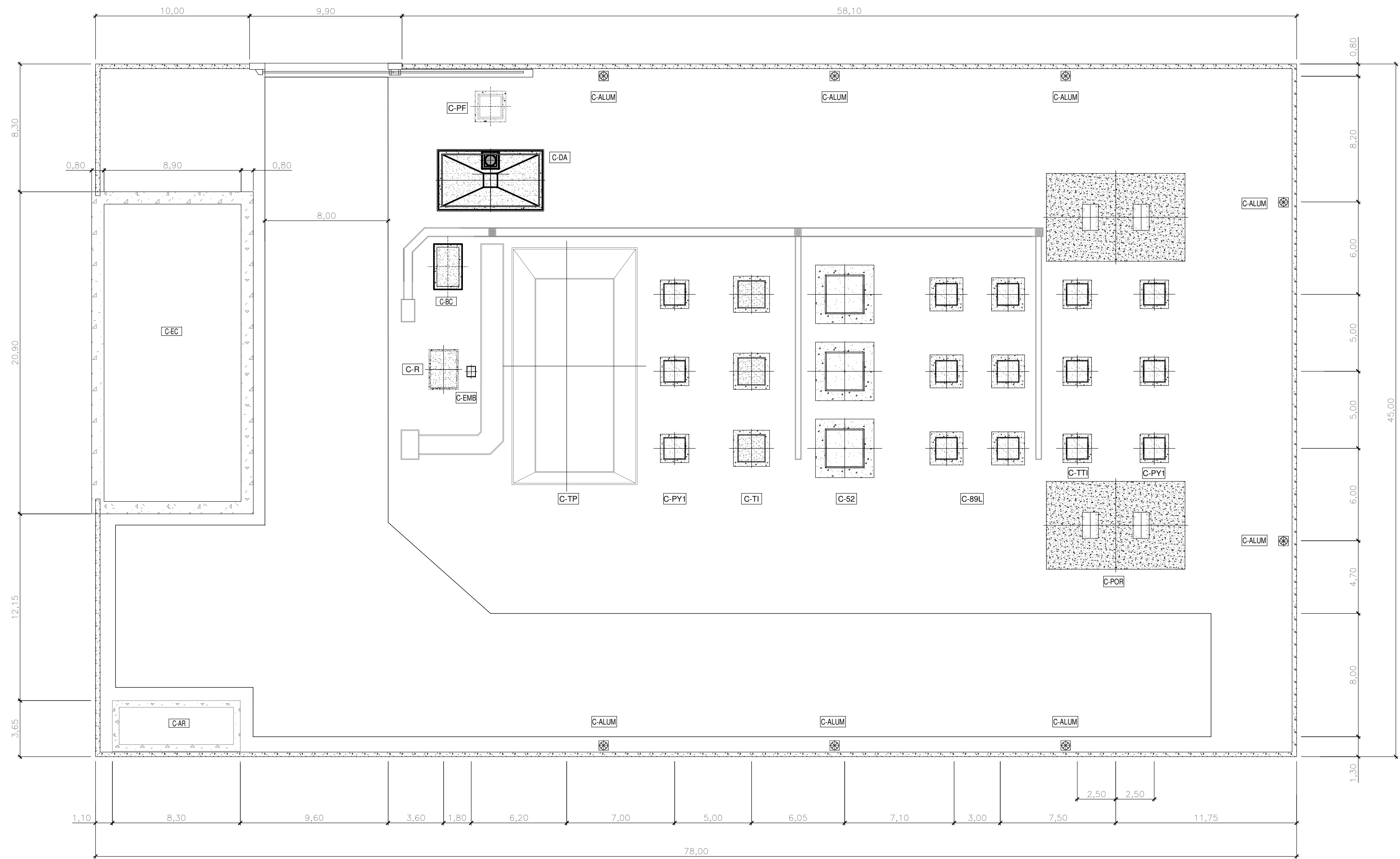
FECHA: FEBRERO 2023

ESCALA: 1/200

PLANO: PLANTA GENERAL TIERRAS

PLANO N°. 07

HOJA: 7 DE 10



LISTADO DE CIMENTACIONES

MARCA	CANT.	DENOMINACIÓN
C-B9L	06	CIMENTACIÓN SECCIONADOR UNIPOLAR CON PUESTA A TIERRA A
C-52	03	CIMENTACIÓN INTERRUPTOR UNIPOLAR
C-TI	03	CIMENTACIÓN TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD
C-TTI	03	CIMENTACIÓN TRANSFORMADOR DE TENSIÓN INDUCTIVO
C-PY1	06	CIMENTACIÓN PARARRAYOS AUTOVÁLVULA A.T.
C-EMB	01	CIMENTACIÓN EMBARRADO SALIDA TRANSFORMADOR LADO 30kV
C-TP	01	CIMENTACIÓN TRANSFORMADOR DE POTENCIA 220/30kV
C-R	01	CIMENTACIÓN REACTANCIA DE PAT
C-BC	01	CIMENTACIÓN BATERÍA DE CONDENSADORES
C-PF	01	CIMENTACIÓN PUNTA FRANKLIN
C-DA	01	CIMENTACIÓN DEPÓSITO DE ACEITE DEL TRANSFORMADOR
C-ALUM	08	CIMENTACIÓN ALUMBRADO PARQUE INTemperie
C-POR	01	CIMENTACIÓN PÓRTECO ENTRADA DE LÍNEA
C-EC	01	CIMENTACIÓN EDIFICIO DE CONTROL
C-AR	01	CIMENTACIÓN ALMACÉN DE RESIDUOS

AUTOR: JAIME LÁZARO GARCÍA



PROYECTO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 220/30 kV "PE LOS RUEJOS"
EN EL T.M. DE VILLARREAL DE HUERVA (PROVINCIA DE ZARAGOZA)

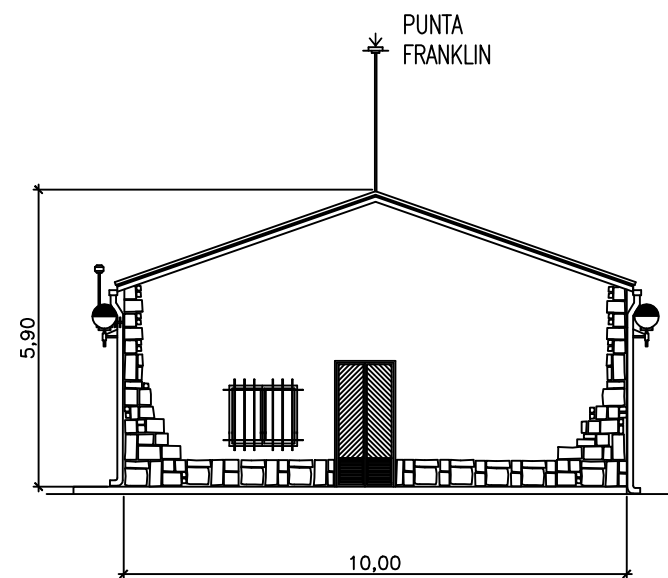
FECHA: FEBRERO 2023

ESCALA: 1/200

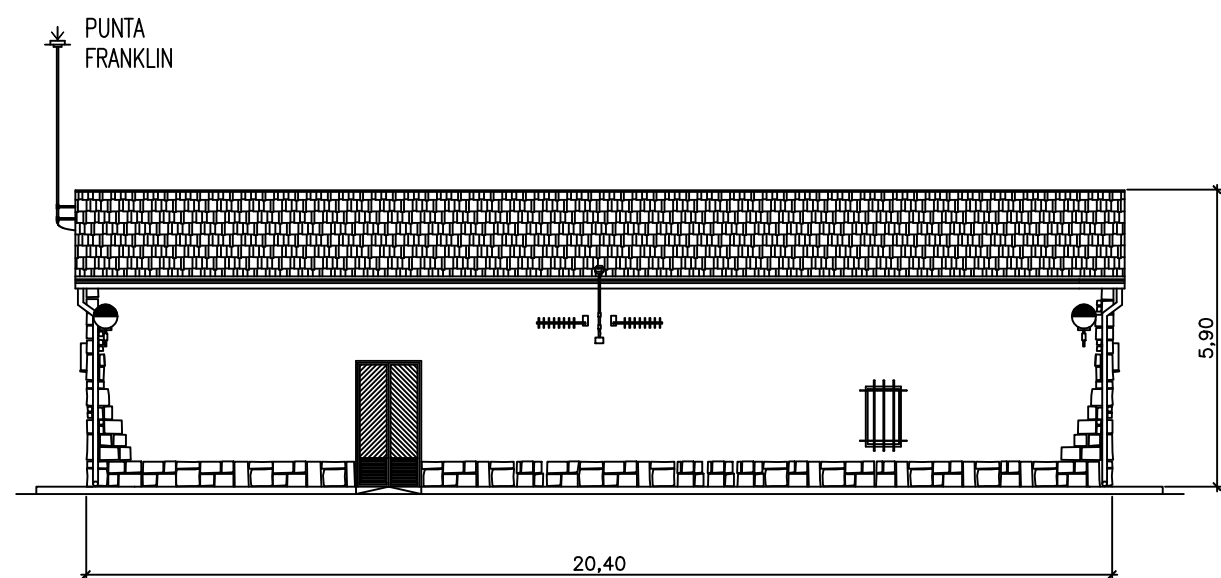
PLANO: PLANTA
DISPOSICIÓN DE CIMENTACIONES

PLANO N°. 08

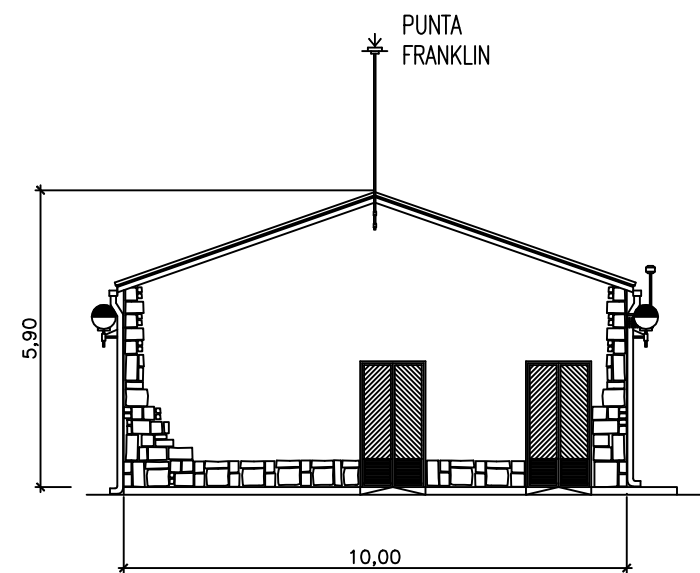
HOJA: 8 DE 10



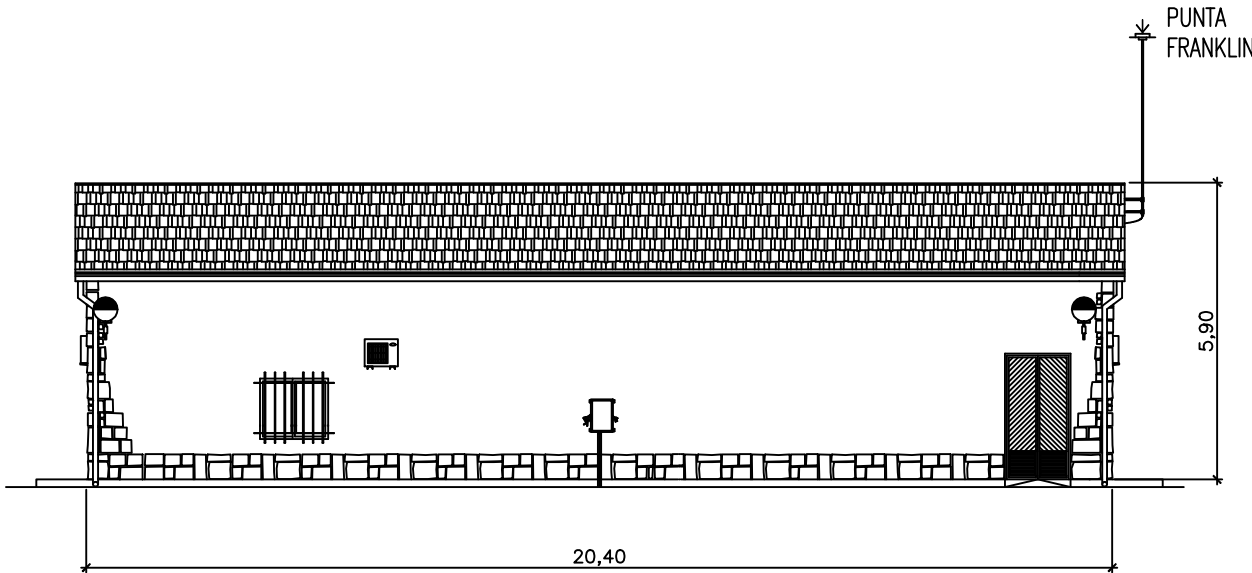
FACHADA LATERAL DERECHA



FACHADA PRINCIPAL



FACHADA LATERAL IZQUIERDA



FACHADA POSTERIOR

AUTOR: JAIME LÁZARO GARCÍA



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

PROYECTO: SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 220/30 kV "PE LOS RUEJOS"
EN EL T.M. DE VILLARREAL DE HUERVA (PROVINCIA DE ZARAGOZA)

FECHA: FEBRERO 2023

ESCALA: 1/150

PLANO: ALZADOS
EDIFICIO DE CONTROL

PLANO N°. 10

HOJA: 10 DE 10