

Trabajo Fin de Grado

LÍNEA DE EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE UN PARQUE FOTOVOLTAICO

ENERGY EVACUATION LINE FOR A PHOTOVOLTAIC PARK

Autor:

Claudia Monte Ráfales

Director

Javier Saiz Giner

Ponente

Pedro Abad Martín

Titulación del autor Ingeniería
Electrónica y Automática

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

2024

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

DOCUMENTO I MEMORIA

DOCUMENTO II ANEJOS

ANEJO I: CÁLCULOS

JUSTIFICATIVOS

DOCUMENTO III PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO IV PRESUPUESTO

DOCUMENTO V ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO VI GESTIÓN DE RESIDUOS

DOCUMENTO VII PLANOS

DOCUMENTO I

MEMORIA

ÍNDICE

CAPÍTULO 1:	GENERALIDADES	7
1.	RESUMEN DEL PROYECTO.....	7
2.	OBJETO DEL PROYECTO	8
3.	COMPAÑÍA DISTRIBUIDORA	9
4.	EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES	9
5.	NORMATIVA APLICABLE.....	10
CAPÍTULO 2:	LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN	14
1.	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	14
2.	CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN	14
2.1	Entidades y organismos afectados	14
2.2	Trazado	14
2.3	Elementos línea aérea de M.T.	16
2.3.1	Conductores	16
2.3.2	Apoyos y armados	16
2.3.3	Aislamiento	18
2.3.4	Herrajes y accesorios.....	19
2.3.5	Empalmes y conexiones	19
2.3.6	Cimentaciones	20
2.3.7	Puesta a tierra.....	20
2.3.8	Conversiones de línea aérea a subterránea.....	21
2.3.9	Señalización	22
2.3.10	Protecciones	22
2.3.11	Medidas de protección ambiental.....	22
2.3.12	Distancias de seguridad.....	23
CAPÍTULO 3:	LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN	25
1.	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	25

2.	CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN	25
2.1	Entidades y organismos afectados	25
2.2	Conductor	26
2.3	Terminales.....	27
2.3.1	Terminales apantallados de interior	27
2.3.2	Terminales de exterior termorretráctil.....	27
2.4	Canalización Subterránea.....	28
2.4.1	Sistema de instalación	28
2.4.2	Zanjas.....	28
2.4.3	Puesta a tierra.....	29
2.4.4	Protecciones contra sobreintensidades.....	29
2.4.5	Longitud de cable y zanja	29
CAPÍTULO 4: CENTRO DE SECCIONAMIENTO, PROTECCIÓN Y MEDIDA.....		30
1.	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	30
2.	APARAMENTA.....	31
2.1	Celda de Entrada-Salida-Entrega: CGM-CML:	31
2.2	Celda de Servicios Auxiliares.....	31
2.3	Celda de Remonte:.....	31
2.4	Celda de protección con interruptor automático: CMP-V:.....	32
2.5	Celda de Medida: CGM-CMM.....	33
3.	CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA CIVIL.....	35
3.1	Camino de acceso	35
3.2	Edificios prefabricados.....	35
3.3	Cimentación.....	35
4.	GENERALIDADES.....	36
4.1	Señalización	36
4.2	Alumbrado	36
4.3	Medida de la energía eléctrica.....	36
4.3.1	Regleta de verificación.....	37
4.4	Elementos de seguridad y señalización	38
4.5	Red de tierras	38
4.5.1	Puesta a tierra de las masas.....	39
4.5.2	Puesta a tierra del neutro de Baja Tensión	39
4.6	Medidas adicionales de seguridad para las tensiones de paso y contacto.....	40
4.7	Protecciones.....	40
5.	SISTEMA DE TELEMANDO.....	40

5.1	Unidad Compacta de Telemando	41
5.2	Detector de paso de falta.....	41
5.3	Comunicaciones	42
CAPÍTULO 5: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		43
1.	DESCRIPCIÓN GENERAL.....	43
2.	APARAMENTA.....	43
2.1	Celda de Línea:	43
2.2	Celda de Protección con repto fusible: CMP-F	44
3.	TRANSFORMADOR	44
4.	CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA CIVIL.....	45
4.1	Camino de acceso	45
4.2	Edificios prefabricados.....	45
4.3	Cimentación.....	45
5.	GENERALIDADES	46
1.1	Conductores de conexionado	46
1.2	Señalización	46
5.3	Alumbrado	46
5.4	Foso de recogida de aceite.....	46
5.5	Ventilación.....	47
5.6	Sistema de extinción de incendios.....	47
5.7	Autotransformador	47
5.8	Limitación de los campos magnéticos.....	47
5.8.1	Descripción	48
5.8.2	Medidas de atenuación de campos magnéticos.....	49
5.8.3	Medición de campos magnéticos: Métodos, Normas y Control de la Administración.....	50
5.8.4	Cálculo del campo magnético	50
5.8.5	Campo magnético generado por un transformador	51
5.8.6	Campo magnético generado por un cable de media tensión.....	55
5.9	Elementos de seguridad y señalización	57
5.10	Red de Tierras	58
5.10.1	Puesta a tierra de las masas.....	58
5.10.2	Puesta a tierra del neutro de Baja Tensión	59
5.11	Medidas adicionales de seguridad para las tensiones de paso y contacto.....	59
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES		60

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

1. RESUMEN DEL PROYECTO

GENERALIDADES	
OBJETO	RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN A/Y CENTRO DE SECCIONAMIENTO, PROTECCIÓN, MEDIA Y TRANSFORMACIÓN PARA EVACUACIÓN ENERGÍA PARQUE FOTOVOLTAICO DE POTENCIA NOMINAL 1.000 KW
INSTALACIONES	INSTALACIÓN 10 APOYOS, DOS CONVERSIONES A/S RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN ENTRADA-SALIDA CENTRO DE SECCIONAMIENTO, PROTECCIÓN, MEDIDA Y RED SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN HASTA CENTROS DE TRANSFORMACIÓN.
TENSIÓN	15kV
POTENCIA	1.000 KW potencia NOMINAL
LÍNEA AÉREO MEDIA TENSIÓN	
CONDUCTOR	LA-56 existente
ORIGEN	Apoyo Nº1 a instalar. La conexión del apoyo y su Dirección de Obra corresponderá a E-Distribución. Coordenadas UTM ETRS89 HUSO 30: X=690.920 Y=4.563.189
FINAL	Apoyo Nº4 existente. La conexión del apoyo y su Dirección de Obra corresponderá a E-Distribución. Coordenadas UTM ETRS89 HUSO 30: X=692.340 Y=4.563.082
APARAMENTA	Conversiones A/S + Auto válvulas + Terminales ext.
RED SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN	
CONDUCTOR	2 x RH5Z1 3x1x240mm² Al 12/20kV
ORIGEN	Apoyo Nº1 a instalar. La conexión del apoyo y su Dirección de Obra corresponderá a E-Distribución. Coordenadas UTM ETRS89 HUSO 30: X=690.920 Y=4.563.189
FINAL	Centro de Seccionamiento, protección y medida Coordenadas UTM ETRS89 HUSO 30: X=690.919 Y=4.563.174
LONGITUD DE ZANJA	17,00 m (37m de conductor en doble circuito)
CENTRO DE SECCIONAMIENTO, PROTECCIÓN Y MEDIDA	
EDIFICIO	PREFABRICADO PFU 5 o similar
APARAMENTA	3 Celdas de Línea motorizadas y telemandadas (cesión a E-distribución), celda de servicios auxiliares (cesión a E-distribución), celda de remonte, celda de interruptor automático y celda de medida, 1 celda de línea para salida.

RED SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN C.S.P.M. – C.T.	
CONDUCTOR	RH5Z1 3x1x240mm² Al 12/20kV
ORIGEN	Centro de Seccionamiento, protección y medida Coordenadas UTM ETRS89 HUSO 30: X=690.919 Y=4.563.174
FINAL	Centro de Transformación Coordenadas UTM ETRS89 HUSO 30: X=690.844 Y=4.563.143
LONGITUD DE ZANJA	89,00 m (109m de conductor en doble circuito)
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	
EDIFICIO	PREFABRICADO PFU 4 o similar
POTENCIA TRANSFORMADOR	1 X 1.000 KVA
APARAMENTA	1 Celda de Línea, 1 celda de protección con repto fusibles y autotrafo 800/400V.
<u>PRESUPUESTO</u>	
LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN	85.160,26 €
RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN PTO DE CONEXIÓN – C.S.	5.166,80 €
CENTRO DE SECCIONAMIENTO, PROTECCIÓN Y MEDIDA	68.710,46 €
RED SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN C.S.- CT	9.839,36 €
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	53.259,73 €
TOTAL PRESUPUESTO SIN I.V.A.	222.136,61 €

2. OBJETO DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como objeto definir las características de las instalaciones para la conexión de generación en PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA en Lécera (provincia de Zaragoza) de potencia nominal de 1.000kW para verter a red L.A.M.T “Muniesa” 15kV propiedad de e-DISTRIBUCIÓN REDES DIGITALES, S.L.U.

Las instalaciones que comprende el presente proyecto son las siguientes:

- Centro de Transformación
- Red subterránea de media tensión desde nuevo centro de transformación hasta nuevo Centro de Seccionamiento.
- Centro de Seccionamiento, Protección y Medida.
- Red subterránea de media tensión desde nuevo centro de seccionamiento hasta nuevo apoyo a instalar.
- En nuevo apoyo nº1, instalación de doble conversión aéreo-subterránea para realizar entrada-salida en la nueva línea aérea de media tensión.

- Instalación de 10 nuevos apoyos.

Asimismo, es objeto del presente proyecto el servir de base a todos los trámites oficiales o privados que sean precisos para obtener la autorización necesaria para llevar a cabo dichas instalaciones y su posterior puesta en servicio, de acuerdo con el 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.

3. COMPAÑÍA DISTRIBUIDORA

La compañía e-Distribución Redes Digitales, S.L.U. es propietaria de la Línea Aérea de Media Tensión a 15kV "MUNIESA" desde la que se acometen las instalaciones, que se describen en el presente proyecto.

Las instalaciones aquí descritas, determinadas por las celdas de entrada, salida y entrega (3L) (todas ellas motorizadas y telemandadas) + Celda de servicios auxiliares junto con la Red Subterránea de Media Tensión 2 x RH5Z1 3x1x240mm² Al 12/20kV se cederán a la Cía distribuidora con anterioridad de su puesta en marcha. ***En este sentido, para la cesión y puesta en marcha de las instalaciones, se deberá aportar a la Compañía distribuidora (e-Distribución) los permisos de los propietarios de los terrenos donde quedan ubicadas dichas instalaciones y los correspondientes a sus accesos permanentes.***

4. EMPLAZAMIENTO DE LAS INSTALACIONES

Todas las instalaciones incluidas en el proyecto se encuentran ubicadas en el polígono 27 parcelas 19, 20, 21 y 9006; polígono 32 parcelas 9, 12, 16, 9004 y 9005; polígono 33 parcelas 15, 16, 17, 9008 y 9010; polígono 35 parcela 9001; polígono 37 parcelas 61, 62, 63 y 9022; polígono 38 parcelas 55, 58, 62, 63, 64, 73, 80, 84, 9003, 9005, 9009 y 9010; y polígono 41 parcelas 50, 109, 111 y 9005 del término municipal de Lécera (provincia de Zaragoza).

	COORDENADAS UTM DATUM (ETRS 89) (HUSO 30)		
	X	Y	Término municipal
CS	690. 919	4.563.174	Lécera
CT	690.844	4.563.143	Lécera
APOYO Nº1	690.920	4.563.189	Lécera
APOYO Nº2	691.013	4.563.176	Lécera
APOYO Nº3	691.099	4.563.113	Lécera
APOYO Nº4	691.211	4.563.030	Lécera
APOYO Nº5	691.308	4.562.959	Lécera
APOYO Nº6	691.480	4.562.958	Lécera
APOYO Nº7	691.637	4.562.957	Lécera
APOYO Nº8	691.795	4.562.985	Lécera
APOYO Nº9	691.995	4.563.021	Lécera
APOYO Nº10	692.180	4.563.054	Lécera
APOYO Exist.	692.340	4.563.082	Lécera

Tabla 1. Coordenadas apoyos.

5. NORMATIVA APLICABLE

En la confección del presente proyecto, así como en la futura construcción de las instalaciones, se han tenido presente todas y cada una de las especificaciones contenidas en:

- R.D. 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de A.T. y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- 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.
- R.D. 1955/2000, de 1 de diciembre, que regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Ley 24/2013 de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- R.D. 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- R.D. 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- R.D. 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL).
- R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

- R.D. 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.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico y actualizaciones posteriores.
- R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción y actualizaciones posteriores.
- R.D. 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de Carreteras.
- Ordenanzas municipales de los Ayuntamientos afectados.
- Normativas propias de organismos u otras compañías afectadas.
- Recomendaciones UNESA.

Normativa particular de la Compañía Distribuidora:

- Especificación Técnica **NRZ102** sobre "Instalaciones Privadas conectadas a la red de distribución. Consumidores en Alta y Media Tensión" de E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.
- Especificación Técnica **NRZ104** sobre "Instalaciones Privadas conectadas a la red de distribución. Generadores en Alta y Media Tensión" de E-Distribución Redes Digitales, S.L.U.

Normativa UNE para Líneas Subterráneas, normativa general:

- UNE-EN 50102/A1 CORR:2002, Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).
- UNE-EN 60060-2/A11: 1999, Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.
- UNE-EN 60060-3, Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
- UNE-EN 60270:2002, Técnicas de ensayo en alta tensión. Medidas de las descargas parciales.
- UNE-EN 60909-3:2004, Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 3: Corrientes durante dos cortocircuitos monofásicos a tierra simultáneos y separados y corrientes.

Normativa UNE para Líneas Subterráneas, cables y conductores:

- UNE 21144-1-3:2003, Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 3: Reparto de la intensidad entre cables unipolares dispuestos en paralelo y cálculo de pérdidas por corrientes circulantes.
- UNE 21144-2-1/2M:2007, Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
- UNE-EN 60228:2005, Conductores de cables aislados.

- UNE-HD 620-5-E-1:2007, Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV Parte 5: Cables unipolares y unipolares reunidos, con aislamiento de XLPE. Sección E-1: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 5E-1, 5E-4 Y 5E-5).

Normativa UNE para Líneas Subterráneas, accesorios para cables:

- UNE 21021:1983, Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 7,2 kV.
- UNE-HD 629-1/A1:2002, Prescripciones de ensayo para accesorios de utilización en cables de energía de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV. Parte 1: Cables con aislamiento seco.

- UNE-EN 60060-1:2012, Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo.

- UNE-EN 60060-2:2012, Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.

- UNE-EN 60027-1:2009, UNE-EN 60027-1:2009/A2:2009, Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades. Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades.

- UNE 207020:2012, IN Procedimiento para garantizar la protección de la salud y la seguridad de las personas en instalaciones eléctricas de ensayo y de medida de alta tensión.

Normativa UNE para Centros de Seccionamiento, normativa general:

- UNE-EN 60060-1:2012, Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo.

- UNE-EN 60060-2:2012, Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.

- UNE-EN 60027-1:2009, UNE-EN 60027-1:2009/A2:2009, Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades. Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte 1: Generalidades.

- UNE 207020:2012, IN Procedimiento para garantizar la protección de la salud y la seguridad de las personas en instalaciones eléctricas de ensayo y de medida de alta tensión.

Normativa UNE para Centros de Seccionamiento, apartamentado bajo envolvente metálica o aislante:

- UNE-EN 62271-200:2012, Apartamentado de alta tensión. Parte 200: Apartamentado bajo envolvente metálica de corriente alterna para tensiones asignadas superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 52 kV.

- UNE 20324:1993, UNE 20324 ERRATUM:2004, UNE 20324/1M:2000, Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP). Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP). Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).

- UNE-EN 50102, Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).

Normativa UNE para Centros de Seccionamiento, transformadores:

- UNE-EN 60076-1:2013, Transformadores de potencia. Parte 1: Generalidades.
- UNE-EN 50464-1:2010/A1:2013, Transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite 50 Hz, de 50 kVA a 2.500 kVA con tensión más elevada para el material hasta 24 kV.

Normativa UNE para Centros de Seccionamiento, centros de transformación prefabricados:

- UNE-EN 62271-202:2007, Aparata de alta tensión. Parte 202: Centros de transformación prefabricados de alta tensión/baja tensión.

Normativa UNE para Centros de Seccionamiento, fusibles de alta tensión:

- UNE-EN 60282-1:2011, Fusibles de alta tensión. Parte 1: Fusibles limitadores de corriente.

Normativa UNE para Centros de Seccionamiento, cables y accesorios de cables:

- UNE-EN 60228:2005, Conductores de cables aislados
- UNE 211006:2010, Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna.
- UNE 211620:2012, Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido y pantalla de tubo de aluminio de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) Kv
- UNE 211027:2013, Accesorios de conexión. Empalmes y terminaciones para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).
- UNE 211028:2013, Accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).

CAPÍTULO 2: LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El punto de conexión será el nuevo apoyo Nº1 a instalar.

Se instalará una doble conversión aéreo-subterránea para la red subterránea de media tensión hasta el nuevo Centro de Seccionamiento, Protección y Medida.

Las coordenadas en HUSO 30 y sistema ETRS 89 de este apoyo son las siguientes:

COORDENADAS U.T.M. ETRS 89 HUSO 30			
N.º APOYO	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z
1	690.920	4.563.189	563

Tabla 2. Coordenadas apoyo nº1 a instalar.

Para la cesión y puesta en marcha de las instalaciones, se deberá aportar a la Compañía distribuidora (e-Distribución) los permisos de los propietarios de los terrenos donde queda ubicado el apoyo y los correspondientes al acceso permanente al mismo.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

2.1 Entidades y organismos afectados

La doble conversión aéreo-subterránea a instalar en el nuevo apoyo nº1 a instalar y la traza L.A.M.T. se ubican en las parcelas nº19,20,23,9006 del polígono 27; las parcelas nº9,12,16,9004,9005 del polígono 32; las parcelas nº15,16,17,9008,9010 del polígono 33; la parcela nº9001 del polígono 35; las parcelas nº61,62,63,9022 del polígono 37; las parcelas nº55,58,62,63,64,73,80,84,9005,9009,9010 del polígono 38 y las parcelas nº55,111 del polígono 41 del término municipal de Lécerca (provincia de Zaragoza).

- **AYUNTAMIENTO DE LÉCERA**

2.2 Trazado

La línea aérea a ejecutar discurre por el término municipal de Lécerca.

La línea objeto de este proyecto será de tercera categoría, por tener una tensión de línea inferior a 30 kV y será una continuación de la línea aérea 15 kV denominada "L.A.M.T 15kV Muniesa", conectándose en el apoyo nº4 existente.

A partir de este apoyo, y tras 4 alineaciones, alcanzaremos el apoyo Nº1 a instalar de conversión aéreo-subterráneo.

La longitud total de la línea aérea será de 1.504 m discuriendo por el término municipal de Lécera.

La línea aérea proyectada está formada por los siguientes tramos:

N.º ALINEACIÓN	APOYOS N.º	LONGITU (m)	ÁNGULO (g)	TÉRMINO MUNICIPAL
1	1-2	94,28	167,778	Lécera
2	2-5	365,70	160	Lécera
3	5-7	329,49	188,889	Lécera
4	7-Exist	714,65		Lécera
TOTAL		1504		

Tabla 3. Alineaciones de los apoyos.

A continuación, se indican coordenadas U.T.M. aproximadas de la ubicación de los apoyos de la línea aérea. Asimismo, se incluyen las cotas (Z) de los apoyos referidas sobre nivel medio del mar.

Nº APOYO	COORDENADAS UTM DATUM (ETRS 89) (HUSO 30)		
	X	Y	Z
1	690.920	4.563.189	563
2	691.014	4.563.176	557
3	691.099	4.563.113	559
4	691.211	4.563.030	557
5	691.308	4.562.959	559
6	691.480	4.562.958	549
7	691.637	4.562.957	544
8	691.795	4.562.985	545
9	691.995	4.563.021	542
10	6.912.180	4.563.054	542
Exist.	692.340	4.563.082	538

Tabla 4. Coordenadas y cotas de los apoyos

La mayor cota del terreno se encuentra en las inmediaciones del apoyo Nº1, el cual alcanza una cota de 563,095 m. Por tanto, y según el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión (R.D. 223/2008), se deberá considerar a efectos de cálculo la zona B.

En el trazado de la línea se deberán cumplir todas las reglamentaciones y normativas relativas a distancias a edificaciones, vías de comunicación y otros servicios, tanto en cruces como en paralelismos, así como los requerimientos mecánicos y eléctricos en ellas establecidos en la ITC-LAT-07.

Para ver el trazado, consultar planos adjuntos.

2.3 Elementos línea aérea de M.T.

2.3.1 Conductores

Los conductores que se emplean para la construcción de las L.A.M.T. están de acuerdo con la Norma UNE-EN 50182.

El conductor que se emplea en el presente proyecto es del tipo La-56, en el anexo de cálculos de adjuntan justificaciones de la elección.

LA-56

Designación UNE: LA-56
Sección total: 54,6 mm²
Diámetro total: 9,45 mm
Composición (Nº de alambres Al/Ac): 6+1
Peso del conductor: 0,188 kg/m
Carga de rotura: 1.629 daN
Módulo elástico: 7.900 daN/mm²
Coeficiente de dilatación lineal: $19,1 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

2.3.2 Apoyos y armados

Los apoyos a instalar en esta línea de MT serán metálicos de celosía.

Los apoyos metálicos de celosía cumplirán la norma UNE 207017 y la norma particular de ENDESA AND001 “Apoyos y armados de perfiles metálicos para líneas de MT hasta 30 kV”.

Estos apoyos son de perfiles angulares atornillados, de cuerpo formado por tramos troncopiramidales cuadrados, con celosía doble alternada en los montantes y las cabezas prismáticas también de celosía, pero con las cuatro caras iguales.

Según las Instrucciones Técnicas Complementarias de Líneas de Alta Tensión (ITC-LAT) en su capítulo 7 (ITC-LAT 07), los apoyos se clasifican atendiendo al tipo de cadena de aislamiento y a su función en la línea de la siguiente forma:

- **Apoyos de suspensión:** Apoyos con cadenas de aislamiento en suspensión.
- **Apoyos de amarre:** Apoyos con cadenas de aislamiento de amarre
- **Apoyos de anclaje:** Apoyos de amarre que además proporcionarán puntos firmes que eviten la propagación a lo largo de la línea de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional. Se instalarán como mínimo cada tres kilómetros.
- **Apoyos de fin de línea:** Apoyos de amarre, situados en el origen y final de la línea cuya función es la de soportar en sentido longitudinal, las solicitaciones de todos los conductores en un solo sentido.

- **Apoyos especiales:** Son aquellos que tienen una función diferente a las indicadas en los puntos anteriores.

Por otro lado, en función de la posición relativa del apoyo respecto al trazado de la línea, los apoyos se clasifican en:

- **Apoyos de alineación:** Apoyos de suspensión, amarre o anclaje en tramos rectilíneos de la línea. Su función es la de sostener los conductores, manteniéndolos elevados del suelo la distancia establecida en el proyecto.
- **Apoyos de ángulo:** Apoyos de amarre o anclaje colocados en un ángulo del trazado de la línea.

Las características técnicas de los armados metálicos se ajustarán a los criterios establecidos en la ITC-LAT-07 en función de las magnitudes y direcciones de las cargas de trabajo y de las distancias de aislamiento eléctrico requeridas.

➤ **Dimensiones de los apoyos y armados:**

La altura elegida de los apoyos se determinará por la distancia mínima de los conductores al terreno u a otros obstáculos, según lo establecido en el apartado 5 de la ITC-LAT-07.

Las dimensiones de los armados se determinarán por la distancia a mantener de los conductores entre sí y con las partes metálicas del apoyo, según lo indicado en el apartado 5.4.1 de la ITC-LAT-07.

En función de las necesidades de la ubicación y de las condiciones de utilización previstas se colocará el siguiente tipo:

N.º DE APOYO (SEGÚN PLANO)	FUNCIÓN DEL APOYO	TIPO DE APOYO	ARMADOS
1	FL	C-2000-14	T1
2	AN-AM	C-2000-16	S1220
3	AL-SU	C-500-16	S1220
4	AL-SU	C-500-16	S1220
5	AN-AM	C-2000-16	S1220
6	AL-SU	C-500-16	S1220
7	AN-AM	C-1000-18	S1220
8	AL-SU	C-500-20	S1220
9	AL-SU	C-500-22	S1220
10	AL-SU	C-500-16	S1220
Exist	FL	C-2000-16	T3

Tabla 5. Tipo de apoyos a instalar

En el documento Planos se adjunta plano de apoyos tipo donde se resumen las dimensiones y pesos de los apoyos, así como esquema de las cimentaciones con sus volúmenes de cimentación.

2.3.3 **Aislamiento**

El aislamiento esta dimensionado mecánicamente en fusión del conductor instalado, garantizando un coeficiente de seguridad a rotura igual o superior a 3, y eléctricamente en función del nivel de tensión de la red proyectada, de la línea de fuga requerida y de la distancia entre partes activas y masa. Éste constará de cadenas sencillas con bastones de composite.

Los aisladores a instalar serán del tipo polimérico y se ajustarán a las normas UNE-EN 61109:2010, UNE-EN 61466. El aislamiento estará constituido por cadenas de aisladores formado por los siguientes elementos:

- 1 Grillete GN16
- 1 Aislador polimérico (hasta 24kV)
- 1 Rotula larga tipo R16P
- 1 Grapa de amarre

Cada cadena de aisladores de composite presentará las siguientes características mecánicas y eléctricas:

Denominación	CS70AB170/555	CS70AB170/1150
Material	Composite	Composite
Carga de rotura electromecánica y mecánica (kN)	70	70
Tensión más elevada (kV)	30	36
Tensión soportada a impulso rayo (kV)	170	170
Tensión soportada a frecuencia ind. bajo lluvia (kV)	50	70
Línea de fuga mínima (mm)	835	1.250
Longitud del aislador (mm)	555	1.150
Diámetro nominal máximo de la parte aislante (mm)	200	200
Norma de acoplamiento	16 A	16 A

Tabla 6. Tipos de aisladores a utilizar

Aisladores de composite de las siguientes características:

- Goma silicona de alta calidad, asegurando que se mantengan sus propiedades hidrofóbicas en el tiempo.
- La goma recubre completamente el herraje garantizando la impenetrabilidad de la humedad y su contacto con el núcleo.

- Es un aislador libre de descargas eléctricas gracias a la forma especial del herraje inferior y a su total recubrimiento por el revestimiento de goma silicona.
- Mayor espesor de goma silicona donde la intensidad del campo eléctrico es mayor.
- Aletas de goma con diferentes diámetros para evitar puentes de hielo o agua en caso de lluvia abundante.
- Núcleo de plástico reforzado con fibra de vidrio tipo EC-R impregnado en resina epoxy. Es un núcleo resistente a la corrosión eléctrica e inmune ante el fenómeno de rotura frágil.
- Moldeado de la envolvente de goma silicona en una sola etapa y sin juntas hasta aisladores de 400 kV.

Unión química estable y duradera entre el núcleo y la goma de silicona, y entre el herraje y la goma silicona, que garantiza un sellado perfecto y evita que el núcleo entre en contacto con la humedad.

2.3.4 ***Herrajes y accesorios***

- Herrajes de acero forjado y convenientemente galvanizados en caliente para su exposición a la intemperie, de acuerdo con la Norma UNE 21158.
- Grapas de amarre del tipo compresión compuestas por un manguito que se comprime contra el cable, y están de acuerdo con la Norma UNE 21159.
- Grapas de suspensión del tipo armada, compuestas por un manguito de neopreno en contacto con el cable y varillas preformadas suavizando el ángulo de salida del cable.
- Antivibradores para evitar los daños ocasionados en los conductores debido a las vibraciones de pequeña amplitud, se ha previsto instalar amortiguadores en los cables de fase, uno por conductor y vano hasta 500 m y dos por conductor y vano en los mayores de 500 m. Para el cable de tierra se instalarán dos por vano.
- Contrapesos: en el caso de que, por desniveles en los vanos, se produzcan importantes pérdidas de peso del gravivano, se colocarán los contrapesos necesarios para compensar y limitar los desvíos de cadena correspondiente.

2.3.5 ***Empalmes y conexiones***

Los empalmes asegurarán la continuidad eléctrica y mecánica en los conductores, debiendo soportar sin rotura ni deslizamiento del conductor en el 95% de su carga de rotura, para ello se utilizarán bien manguitos de compresión o preformados de tensión completa.

Queda prohibida la ejecución de empalmes en conductores por la soldadura de los mismos.

La conexión sólo podrá realizarse en conductores sin tensión mecánica o en las uniones de conductores realizadas en el bucle entre cadenas de amarre de un apoyo, pero en este caso deberá tener una resistencia al deslizamiento de al menos el 20% de la carga de rotura del conductor. Se utilizarán uniones de compresión o de tipo mecánico (con tornillo).

Las conexiones, que se realizarán mediante conectores de apriete por cuña de presión, asegurarán continuidad eléctrica del conductor, con una resistencia mecánica reducida.

2.3.6 Cimentaciones

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa, de una dosificación de 200 kg/m³ y una resistencia mecánica de 125 kg/cm² y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-20.

El bloque de cimentación sobresaldrá del terreno, como mínimo 20 cm, formando zócalo, con objeto de proteger los extremos inferiores de los montantes y sus uniones; dicho zócalo terminará en punta de diamante para facilitar así mismo la evacuación del agua de lluvia.

Sus dimensiones serán las facilitadas por el fabricante según el tipo de terreno, definido por el coeficiente de compresibilidad (K). Los valores de los coeficientes de compresibilidad se deducen de estudios de suelos o se adoptan los de la Tabla 10 de la ITC-LAT-07.

2.3.7 Puesta a tierra

Para la puesta a tierra de apoyos, herrajes, aparatos de maniobra, transformadores, pararrayos y armarios metálicos, se seguirá lo indicado en el apartado 7 de la ITC-LAT 07.

Podrán efectuarse por cualquiera de los dos sistemas siguientes:

- Electrodo de difusión:

Se dispondrán en dos patas de las torres situadas en una misma diagonal picas de acero cobreado de 2 m de longitud y 16 mm de diámetro unidas mediante grapas de fijación y cable de cobre desnudo al montante del apoyo, con el objeto de conseguir una resistencia de paso inferior a 20 ohmios. El extremo superior de la pica de tierra quedará, como mínimo, a 0,50 m por debajo de la superficie del terreno; en terrenos donde se prevean heladas se aconseja una profundidad mínima de 0,80 m.

- Anillo difusor:

Cuando se trata de un apoyo frecuentado se realizará una puesta a tierra en anillo cerrado a una profundidad de al menos 0,50 m alrededor del apoyo, de forma que cada punto del mismo quede distanciado 1 m como mínimo de las aristas del macizo de cimentación, unido a los montantes del apoyo mediante cuatro conexiones. En terrenos donde se prevean heladas se aconseja una profundidad mínima de 0,80 m.

Tanto en apoyo frecuentados como en no frecuentados, la parte visible del cable de cobre hasta el punto de unión con el montante de la torre se protegerá mediante tubo de PVC rígido y en la unión con la pica enterrada se colocará pasta aislante con el fin de evitar humedad que dañe por oxidación dicha unión.

A continuación, se indica la clasificación según la ubicación de los apoyos del presente proyecto:

N.º	TIPO	CLASIFICACIÓN
1	FL	F
2	AN-AM	NF
3	AL-SU	NF
4	AL-SU	NF
5	AN-AM	NF
6	AL-SU	NF
7	AN-AM	NF
8	AL-SU	NF
9	AL-SU	NF
10	AL-SU	NF
Exist.	FL	F

Tabla 7. Tipo apoyos según su ubicación (Frecuentados / No frecuentados)

2.3.8 Conversiones de línea aérea a subterránea

La conexión del cable subterráneo con la línea aérea en general será seccionable en el CSPM en las celdas 3L zona distribuidora.

En el tramo de subida hasta la línea aérea, el cable subterráneo irá protegido dentro de un tubo o bandeja cerrada de hierro galvanizado o de material aislante con un grado de protección contra daños mecánicos no inferior a IK10 según la norma UNE-EN 50102.

El tubo o bandeja se obturará por su parte superior para evitar la entrada de agua y se empotrá en la cimentación del apoyo.

En el caso del tubo, su diámetro interior será como mínimo 1,5 veces el diámetro aparente de la terna de cables unipolares, y en el caso de bandeja, su sección tendrá una profundidad mínima de 1,8 veces el diámetro de un cable unipolar, y una anchura de unas tres veces su profundidad.

Deberán instalarse protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos de óxido metálico. Los terminales de tierra de éstos se conectarán directamente a las pantallas metálicas de los cables y entre sí, mediante una conexión lo más corta posible y sin curvas pronunciadas. La conexión a tierra de los pararrayos instalados en apoyos no se realizará ni a través de la estructura del apoyo metálico ni de la armadura, en el caso de apoyos de hormigón armado.

Los pararrayos se ajustarán a la norma UNE-EN 60099 y norma AND015 "Pararrayos de óxidos metálicos sin explosores para redes de MT hasta 36 kV" y se instalarán lo más cerca posible del elemento a proteger (red subterránea de MT). Las características serán las siguientes:

Un (kV)	Ur (kV)	Uc (kV)	Ures (kV) máximo	Corriente de descarga Nominal (kA)	Sistema de neutro red
15	18	15,3	59,4	10	Aislado

Tabla 8. Características pararrayos a instalar.

Línea de fuga: igual a la exigida para los terminales.

El aislador de la autoválvula será polimérico.

2.3.9 **Señalización**

Todos los apoyos irán provistos de una placa de señalización en la que se indicará: el número del apoyo (correlativos), tensión de la Línea (15 kV) y símbolo de peligro eléctrico y logotipo de la empresa (este último a nivel opcional).

Las placas se instalarán a una altura del suelo de 3 m en la cara paralela o más cercana a los caminos o carreteras, para que puedan ser vistas fácilmente.

2.3.10 **Protecciones**

Para la protección contra sobrecargas, sobretensiones, cortocircuitos y puestas a tierra se dispondrá en el Centro de Transformación los oportunos elementos (interruptores automáticos, relés, etc.), los cuales corresponderán a las exigencias que presente el proyecto.

2.3.11 **Medidas de protección ambiental**

Debido a la alta mortalidad de aves por su convivencia con los tendidos eléctricos, la comunidad de Aragón emite el 28 de febrero de 2005 el Decreto 34/2005 por el que se establecen normas de carácter técnico para las instalaciones eléctricas aéreas con objeto de proteger la avifauna. Con el mismo motivo se emite también el Real Decreto 1432/2008, el 29 de agosto de 2008, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

De este modo, para el diseño de este tendido eléctrico se han aplicado las características constructivas y las medidas anticolidión y antielectrocución para las aves en los apoyos y cables eléctricos que se relacionan a continuación.

2.3.11.1 Prescripciones genéricas

Tal y como queda reflejado en los Decretos mencionados:

- No se han utilizado aisladores rígidos.
- No se instalan puentes flojos no aislados por encima de travesaños o cabeceras de apoyos.
- No se instalan elementos de corte o protección en posición dominante, por encima de los travesaños o cabeceras de los apoyos.

2.3.11.2 Medidas preventivas para evitar riesgos de colisión

No se prevé la colocación de balizan salvapájaros para protección avifauna, ya que no pasamos por ninguna ZEPA, cauce fluvial o cresta acentuada de posible paso de aves.

2.3.11.3 Medidas preventivas para evitar riesgos de electrocución

Como medidas preventivas para evitar la electrocución de la avifauna se han adoptado los siguientes criterios de diseño:

- Aislamiento: Los apoyos se proyectan con cadenas de aisladores de amarre, pero no rígidos, por ser el que presenta mayor peligrosidad hacia la avifauna.
- Distancia entre conductores: La distancia entre conductores no aislados será igual o superior a 1,50 m.
- Crucetas y armados: Que en apoyos de ángulo y anclaje (amarre) la fijación de los conductores a la cruceta se realizará a través de cartelas que permitan mantener una distancia mínima de 1 m, entre el punto de posada y el conductor de tensión.

2.3.12 Distancias de seguridad

Para el cálculo de los distintos elementos de la instalación se tendrán en cuenta las distancias mínimas de seguridad indicadas en el que el apartado 5 de la ICT-LAT-07 y/o en las correspondientes Especificaciones Particulares de ENDESA DISTRIBUCION ELECTRICA (EDE).

A continuación, se indican las distancias mínimas a tener en cuenta en este proyecto.

2.3.12.1 Distancia de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Se tendrán en cuenta las siguientes distancias según ITC-LAT 07:

- D_{el} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase y objetos a potencial de tierra de sobretensiones de frente lento o rápido. D_{el} puede ser tanto interna, cuando se consideran distancias del conductor a la estructura de la torre, como externa, cuando se considera una distancia del conductor a un obstáculo.
- D_{pp} = Distancia de aislamiento en el aire mínima especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. D_{pp} es una distancia interna.
- Distancia entre conductores (D_{pp})
- Distancia entre conductores y partes del apoyo puestos a tierra (D_{el})

Tensión más elevada de la red US (kV)	D_{el} (m)	D_{pp} (m)
24	0,22	0,25
36	0,35	0,40

Tabla 9. Distancias entre conductores atendiendo a la Tensión

2.3.12.2 Distancia de los conductores entre sí

La ITC-LAT 07 en el punto 5.4.1, establece que la separación mínima entre conductores se determina con la siguiente expresión:

$$D = K\sqrt{F + L} + K' \cdot D_{pp}$$

Siendo:

D = Separación en m.

K = Coeficiente de oscilación (Se obtiene de la Tabla 16, apartado 5.4 ITC-LAT 07).

F = Flecha en m.

L = Longitud de la cadena de suspensión en m.

K' = Coeficiente que depende de la tensión de la línea (0,85 para líneas de categoría especial y 0,75 para el resto).

D_{pp} = Distancia mínima de aislamiento en el aire para prevenir descargas disruptivas entre conductores en fase de sobretensiones de frente lento o rápido.

2.3.12.3 Distancias a edificios, construcciones y zonas urbanas

No se construirán líneas por encima de edificios o instalaciones industriales.

Se establece una zona de no edificación definida por la zona de servidumbre de vuelo incrementada en 5 m para todas las tensiones de líneas.

CAPÍTULO 3: LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MEDIA TENSIÓN

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Basándose en criterios económicos, técnicos, estéticos y explotación de la red, se ha elegido el trazado que viene reflejado en planos adjuntos.

Se realizarán dos tramos de red subterránea de 15 kV, el primer tramo partirá desde el Centro de Transformación y discurrirá en subterráneo hasta llegar al Centro de Seccionamiento, Protección y Medida a instalar.

Este tramo de línea subterránea a ejecutar tiene una longitud de 89 m y está constituido por un doble circuito, con cable de 240 mm² de aluminio.

El segundo tramo partirá desde el apoyo a instalar nº1 de conversión aéreo-subterránea y discurrirá en subterráneo hasta llegar al Centro de Seccionamiento, Protección y Medida a instalar.

La línea subterránea a ejecutar tiene una longitud de 17 m y está constituida por un circuito, con cable de 240 mm² de aluminio.

Todas las coordenadas están en el sistema U.T.M. ETRS89, HUSO 30 y son:

	COORDENADAS UTM DATUM (ETRS 89) (HUSO 30)	
	X	Y
CS	690.919	4.563.174
CT	690.844	4.563.143
APOYO Nº1	690.920	4.563.189

Tabla 10. Coordenadas puntos de conexión

La conexión de los cables de la nueva red subterránea de media tensión en el nuevo apoyo, realización de conversiones aéreo-subterránea y colocación de autoválvulas y terminales, se realizará mediante personal por parte de la Cía Distribuidora. Se dejarán los cables a pie de apoyo de conexión con una longitud no menor a 14 m por fase tal.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

2.1 Entidades y organismos afectados

La traza de R.S.M.T., el Centro de Seccionamiento, Protección y Medida y el Centro de Transformación se ubican en las parcelas 109, 111 y 9005 del polígono 41, del término municipal de Lécera (provincia de Zaragoza).

Nº de finca	Datos de la finca			Afección tramo subterráneo			Uso del suelo
	Término municipal	Nº de parcela	Nº de polígono	Long (m)	Sup (m2)	Ocupa. Temp. (m2)	
1	Lécera	109	41	36	18	9	Agrario
2	Lécera	111	41	19	9,5	4,75	Agrario
3	Lécera	9.005	41	51	25,5	12,75	Agrario

Tabla 11. Afecciones de la instalación

Se indican a continuación los organismos o entidades afectados por las líneas en proyecto, bien por cruzamientos o paralelismos, que cumplen lo que al respecto se establece en el apartado 5 de la ITC-LAT 06 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

- *AYUNTAMIENTO DE LÉCERA*

2.2 Conductor

Los conductores que conforman el cable subterráneo serán unipolares de aluminio, sección 240 mm² y tensión nominal 12/20 kV con aislamiento seco de polietileno reticulado, pantalla semiconductor sobre el conductor y sobre el aislamiento y con pantalla metálica asociada. Se ajustarán a lo indicado en las Normas UNE-HD 620-10E y UNE 211620:2010 y/o ITC-LAT 06.

El aislamiento está constituido por un diámetro seco extruido, de polietileno reticulado químicamente (XLPE), de espesor radial adecuado a la tensión nominal del cable, de excelentes características dieléctricas, térmicas y de gran resistencia a la humedad.

Las características térmicas del polietileno reticulado permiten que el conductor trabaje permanentemente a 90°C, temperatura máxima admisible para este conductor y este tipo de aislamiento.

Se realizarán dos circuitos, de entrada y salida al CSPM y otro circuito de entrada al CT, siendo los conductores de fase de cada circuito:

Designación: **RH5Z1 12/20 kV 3x1x240 mm² Al**
 Tipo de cable RH5Z1
 Sección 240 mm²
 Tensión 12/20 kV
 Conductor Aluminio
 Aislamiento Polietileno reticulado XLPE
 Pantalla metálica Pantalla de Cables de Aluminio

Los cables estarán debidamente apantallados y protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen o la producida por corrientes erráticas y tendrán suficiente resistencia mecánica para soportar los esfuerzos a los que puedan ser sometidos.

2.3 Terminales

Se utilizarán estas terminaciones para la conexión a instalaciones existentes con celdas de aislamiento integral en SF₆ y en las conversiones aéreo-subterráneas.

2.3.1 Terminales apantallados de interior

Los terminales serán adecuados para el tipo de conductor empleado y apto igualmente para la tensión de servicio. Cumplirán las normas HD-629.2, UNE-EN 50180 y UNE-EN 50181, de características:

Sección conductor	240 mm ²
Tensión nominal U₀/u	12/20 kV
Tensión más elevada de la red U_m	24 kV
Tensión a impulsos tipo rayo	125 kV cresta
Tensión soportada a frecuencia industria	50 kV
Línea de fuga en atmósfera no contaminada	>= 408 mm
Línea de fuga en atmósfera no contaminada	>= 600 mm
Intensidad nominal	400 A
Límite térmico (1s)	28 kA
Sobrecarga admisible (8 horas)	600 A

Tabla 12. Características terminales apantallados de interior 240mm²

2.3.2 Terminales de exterior termorretráctil

En estos terminales, mediante la aplicación de un tubo termorretráctil de un material especial cubriendo la superficie del aislamiento en el terminal y solapado sobre el semiconductor exterior del cable, se consigue un control del campo que queda repartido sobre la longitud del terminal y evita la concentración de las líneas de campo en la zona en la que termina el semiconductor exterior.

El conjunto se recubre con otro tubo termorretráctil con características anti-tracking y se colocan las campanas para extender la línea de fuga. Cumplirán la norma UNE-HD 629.1-S1. Sus características son:

Sección conductor	240 mm ²
Tensión nominal Uo/u	12/20 kV
Tensión más elevada de la red Um	24 kV
Tensión soportada a frecuencia industria	125 kV cresta
Línea de fuga	>= 550 mm
Intensidad nominal	415 A
Limite térmico (T=160°C, 1s)	21 kA

Tabla 13. Características terminales de exterior termorretráctil 240mm²

2.4 Canalización Subterránea

2.4.1 Sistema de instalación

Las canalizaciones se han dispuesto procurando que el trazado sea lo más rectilíneo posible y respetando los radios de curvatura mínimos de cada uno de los cables a tender.

- *Enterrados bajo tubo y hormigonados.*

Los cables se dispondrán al tresbolillo bajo tubo de 200 mm de diámetro toda su longitud. Los tubos quedarán instalados en capa de hormigón con un recubrimiento como mínimo de 200 mm por encima del tubo superior. En el tramo de cesión a e-Distribución se dispondrá de un tubo de reserva de las mismas características.

Se colocará a una distancia no menor de 10 cm del cierre de la zanja una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos.

- *Enterrados bajo tubo seco.*

Los cables se dispondrán al tresbolillo bajo tubo de 200 mm de diámetro toda su longitud. Los tubos quedarán instalados en capa de arena con un recubrimiento como mínimo de 200 mm por encima del tubo superior.

Se colocará a una distancia no menor de 10 cm del cierre de la zanja una cinta de señalización que advierta de la existencia de cables eléctricos y se instalarán placas de protección como mínimo de 200 mm por encima del tubo superior.

2.4.2 Zanjas

Las zanjas se excavarán según las dimensiones indicadas, atendiendo al número de cables a instalar. Sus paredes serán verticales, proveyéndose entubaciones en los casos que la naturaleza lo haga necesaria.

Se estima una longitud total de zanja de 89 m, en el primer tramo. El segundo tramo tendrá una longitud total de zanja de 17 m.

En el tramo 1, el cable irá alojado en una zanja de 0,95x0,50 m, previéndose la instalación de un tubo debidamente enterrados.

En el tramo 2, el cable irá alojado en una zanja de 1,12x0,50 m, previéndose la instalación de tres tubos (dos en uso y uno de reserva), debidamente enterrados y hormigonados.

Ver detalle de las canalizaciones en plano que acompaña a la presente memoria.

2.4.3 Puesta a tierra

Las pantallas metálicas de los cables se conectarán a tierra en sus cajas de terminales.

2.4.4 Protecciones contra sobreintensidades

Contra sobre intensidades se utilizarán protección con fusibles colocados en el inicio de las instalaciones que alimentan cables subterráneos.

El funcionamiento de dichos elementos de protección corresponderá a las exigencias que presente el conjunto de la instalación de la que forme parte el cable subterráneo, teniendo en cuenta las limitaciones propias de éste.

2.4.5 Longitud de cable y zanja

La longitud del cable a instalar en el tramo 1 será de **109 metros** en doble terna RH5Z1 12/20kV 3x1x240 mm² Al, enterrado a lo largo de **89 metros** de zanja entre el Centro de Transformación y Centro de Seccionamiento, Protección y Medida. La longitud del cable a instalar en el tramo 2 entre el Centro de Seccionamiento, Protección y Medida y el nuevo apoyo será de **37 metros** en terna RH5Z1 12/20kV 3x1x240 mm² Al, enterrado a lo largo de **17 metros** de zanja.

Las zanjas se realizarán bajo tubo seco en el tramo 1 y bajo tubo hormigonado en el tramo 2 en toda su traza.

Se dejarán al pie de apoyo de conversión **14 metros** de cable por terna y fase al objeto de la conexión por parte de e-Distribución redes Digitales en la conversión A/S.

CAPÍTULO 4: CENTRO DE SECCIONAMIENTO, PROTECCIÓN Y MEDIDA

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El Centro de Seccionamiento, Protección y Medida a instalar, será del tipo en edificio prefabricado superficie con acceso desde el camino existente (Polígono 41 Parcela 9005) situado en el Polígono 41 Parcela 111 en el Término Municipal de Lécera (provincia de Zaragoza) y en Coordenadas UTM ETRS89 H30: X=690.919 e Y=4.563.174.

Se instalará el edificio prefabricado de hormigón de estructura monobloque, de dimensiones interiores **6,08 m x 2,38 m x 3,25 m PFU 5 o similar**. En el esquema unifilar adjunto en planos puede verse la distribución de la aparamenta.

El edificio prefabricado dispondrá de accesos independientes a la zona de e-Distribución donde se localizarán las celdas de Compañía y la celda de servicios auxiliares, y de la zona del abonado, donde se ubicarán las protecciones, medida y línea.

Estarán por el interior físicamente separados por medio de una reja de separación. Para permitir el acceso a e-Distribución a la zona abonado para comprobar la medida en la puerta de acceso de abonado se dispondrá de bulón para doble candado.

El acceso de cables al centro prefabricado se realizará en ángulo hacia el pasamuros achaflanado de tal forma que se mantenga la cota reglamentaria de la red subterránea de media tensión en todo el recorrido. En caso de no poder realizarse, se dispondrá de una chapa metálica de 5mm de espesor en el tramo donde la cota sea inferior.

El edificio prefabricado previsto, ha sido diseñado de acuerdo con CEI 61330, UNE-EN 61330, RU 1303A y Códigos Técnicos de Edificación.

Las actuaciones más importantes a realizar son las siguientes:

- Realización de la puesta a tierra del Centro
- Instalación de la caseta de Centro Prefabricado
- Instalación y conexiones de las celdas de MT

El centro de Seccionamiento, Protección y Medida está compuesto por la siguiente aparamenta:

2. APARAMENTA

2.1 Celda de Entrada-Salida-Entrega: CGM-CML:

Dispone de tres celdas de línea (3L) dotadas con un interruptor seccionador de tres posiciones que permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de cable de media tensión.

Características 24 kV / 630 A / 20 kA

Estas celdas estarán motorizadas y telemandadas. Siendo éstas objeto de cesión a la compañía distribuidora tras la firma del pertinente convenio de cesión.

3 Celda modular de línea (E/S), tipo CGMCOSMOS-I, de Omarzabal o similar, con maniobra motorizada, de corte y aislamiento íntegro en SF₆, de 365 mm de ancho por 1.740 mm de alto por 735 mm de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexicionados los siguientes aparatos y materiales:

1 Interruptos-seccionador tripolar de corte en carga, con mando motorizado y posiciones CONEXIÓN SECCIONAMIENTO-PUESTA A TIERRA, mando manual tipo B, marca Omarzabal o similar.

Las conexiones de las funciones de línea de la celda con los cables aislados de la línea de distribución en M.T. se realizarán con terminales enchufables marca 3M para cables secos de 240 mm² 12/20kV.

2.2 Celda de Servicios Auxiliares

Dispone de un autotransformador de 0,6kVA para Servicios Auxiliares de compañía:

- Potencia 0,6 kVA
- Tensión primaria 15.000 V
- Tensión secundaria en vacío 400 V
- Nivel de aislamiento 24 kV

Esta celda junto con las tres anteriores serán objeto de cesión a la compañía distribuidora.

2.3 Celda de Remonte:

Dispone de una celda de remonte que permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables:

Características 24 kV / 630 A / 20 kA

1 Celda modular de remonte, tipo CGMCOSMOS-RC, de Omarzabal o similar, con aparamenta para remonte de barras, de corte y aislamiento íntegro en SF₆,

de 365 mm de ancho por 1.740 mm de alto por 735 mm de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados los siguientes aparatos y materiales:

- s/n Embarrado para 630A
- s/n Pletina de cobre de 30x3 mm para puesta a tierra de la instalación
- s/n Accesorios y pequeño material

Las conexiones de las funciones de línea de la celda con los cables aislados de la línea de distribución en M.T. se realizarán con terminales enchufables marca 3M para cables secos de 240 mm² 12/20kV.

2.4 Celda de protección con interruptor automático: CMP-V:

Celda de Interruptor Automático de corte en vacío, que dispone también de seccionador de tres posiciones en serie, que proporciona la protección general, en ella se dispondrá de protección indirecta según normas de compañía. Llevará incorporado un relé multifunción.

Características 24 kV / 6300 A / 20 kA

Protecciones sobreintensidades 50/51 50N/51N

1 Celda modular de protección con interruptor automático, tipo CGMCOSMOS-V, de Omarzabal o similar, de aislamiento íntegro en SF₆, de 480 mm de ancho por 1.740 mm de alto por 835 mm de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexionados los siguientes aparatos y materiales:

1 Interruptor automático tripolar de corte en vacío, con maniobra motorizada, marca OMARZABAL o similar, V_n = 24kV, I_n = 630A, I_{cc} = 20kA, mando manual, con bobina de disparo y contactos auxiliares.

1 Interruptor seccionador tripolar de corte en carga, con posiciones CONECTADO-SECCIONAMIENTO-PUESTA A TIERRA, V_n = 24kV, I_n = 630A, capacidad de cierre sobre cortocircuito 20 kA cresta, mando manual, marca Omarzabal o similar.

Protocolos de sincronización: la sincronización GPS con nuestro relé se puede realizar por protocolo DNP3-TCP/SERIE

3 Transformadores de intensidad toroidales para protección de fases y homopolar (incorporados en los pasatapas).

3 Captoreos capacitivos de presencia de tensión de 24kV.

s/n Enclavamiento con cerradura enclavada con el seccionador de puesta a tierra en cerrado (se suministra cerradura montada en celda y dos llaves sueltas).

s/n Embarrado para 630A

s/n Pletina de cobre de 30x3 mm para puesta a tierra de la instalación

s/n Accesorios y pequeño material

Transformadores de tensión (TT) (1)

Relación de transformación 16.500 $\sqrt{3}$ / 110 $\sqrt{3}$ - 110 $\sqrt{3}$

Tipología 10 VA 3P (estrella)

(1) Se podrá prescindir de su instalación en el caso de que los transformadores de tensión del equipo de medida dispongan de un devanado exclusivo y de las características técnicas adecuadas para esta aplicación.

Transformadores de intensidad (TI)

Relación de transformación: 30 / 5-5 A

Tipología 10 VA 5P30

Según Norma NRZ102:

Características comunes

· Potencia (VA) intensidad de fases:	10 VA
· Potencia (VA) intensidad homop:	10 VA
· Intensidad secundaria (Is):	1 ó 5 A
· Clase (CI) intensidad fases:	5P
· Clase (CI) intensidad homop:	10P
· Factor límite de precisión (FLP) intensidad fases:	30
· Factor límite de precisión (FLP) intensidad homop:	15
· Intensidad térmica de cortocircuito (I _{ter}):	según tabla 5
· Intensidad dinámica de cortocircuito (I _{ter}):	según tabla 5

Comprobación saturación:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times U_n} = \frac{53,7 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 15 \text{ kV}} = 2.067 \text{ A}$$

$$\text{FLP} \times I_n > I_{cc} \rightarrow 30 \times 100 \text{ A} = 3.000 \text{ A} > 2.067 \text{ A}$$

2.5 Celda de Medida: CGM-CMM

Celda con envolvente metálica, formada por un módulo con las siguientes características:

La celda de medida es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Por su constitución, esta celda puede incorporar los transformadores de cada tipo (tensión e intensidad), normalizados en las distintas compañías suministradoras.

La tapa de la celda cuenta con los dispositivos que evitan la posibilidad de contactos indirectos y permiten el sellado de esta, para garantizar la no manipulación de las conexiones.

- Transformadores de medida: 3 TT y 3 TI

De aislamiento seco y construido atendiendo a las correspondientes normas UNE y CEI, con las siguientes características:

Transformadores de tensión (TT) (2)

Relación de transformación $16.500\sqrt{3} / 110\sqrt{3}$ - $110\sqrt{3}$

Tipología 10 VA Clase 0,5

(2) En caso de disponer de un tercer devanado secundario para uso exclusivo del equipo de protección de características $110\sqrt{3}$ y 10 VA 3P (estrella) se podrá prescindir de la instalación de los transformadores de tensión descritos para el equipo de protección.

Transformadores de intensidad (TI)

Relación de transformación: 30 / 5-5 A

Tipología 10 VA clase 0,5

Gama extendida 150% ($U_n < 36\text{kV}$)

TENSIÓN PRIMARIA NOMINAL DE LOS TT (V)	16.500		22.000		27.500		33.000	
INTENSIDAD PRIMARIA NOMINAL DE LOS TI (A)	P min 20%	P max 150%	P min 20%	P max 150%	P min 20%	P max 150%	P min 20%	P max 150%
2,5	13	97	18	129	22	162	26	194
5	26	194	35	259	44	324	52	389
10	52	389	70	519	87	648	104	778
20	104	778	138	1.038	174	1.297	208	1.557
30	156	1.167	208	1.557	260	1.946	312	2.335
60	312	2.335	415	3.114	520	3.892	623	4.671
100	519	3.892	692	5.190	866	6.487	1.039	7.785
200	1.038	7.785	1.384	10.380	1.731	12.975	2.077	15.570
500	2.595	19.462	3.460	25.950	4.325	32.437	5.190	38.925
1000	5.190	38.925	6.920	51.900	8.650	64.875	10.380	77.850

P nominal 1000 kW

P min (20%) 156 kW

P max (150%) 1167 kW

Para $I_n \leq 25\text{ A}$: $I_{ter} = 200 \times I_n > I_{cc} \rightarrow 200 \times 30\text{ A} = 6.000\text{ A} > 2.067\text{ A}$

Según Norma NRZ102:**Características comunes**

Potencia (VA):	10 VA
Intensidad secundaria (Is):	5 A
Clase (CI)	0,2S o 0,5S según tipo del punto de medida
Gama extendida	150 % (Para U > 36 kV la gama extendida será 120%)
Factor de Seguridad (Fs)	≤5
Intensidad térmica de cortocircuito (I _{ter}) hasta 36 kV	
- para I _{pn} ≤ 25 A:	I _{ter} = 200 I _{pn}
- para I _{pn} > 25 A:	I _{ter} = 80 I _{pn} (mínimo 5000 A)
Intensidad dinámica de cortocircuito (I _{din}) hasta 36 kV: 2,5 I _{ter}	

3. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA CIVIL**3.1 Camino de acceso**

El acceso se efectuará por el camino existente (parcela 9005 polígono 41) del término municipal de Lécera.

Para la cesión y puesta en marcha de las instalaciones, se deberá aportar a la Compañía distribuidora los permisos de los propietarios de los terrenos donde quedan ubicadas dichas instalaciones y los correspondientes a sus accesos permanentes.

3.2 Edificios prefabricados

Los edificios prefabricados para alojar centros de Seccionamiento podrán ser de tipo monobloque o constituidos por varias piezas o paneles prefabricados de hormigón armado convenientemente ensamblados.

Estarán preparados para albergar toda la aparamenta y equipos necesarios, con tensión máxima del material a 24 kV.

El edificio será tipo PFU 5 o similar con las siguientes dimensiones: 6,08 (largo) m x 2,38 (ancho) m x 3,25 (alto) m. Una vez instalado el edificio, se dotará al mismo de una acera perimetral de 1,20 m de ancho x 10 cm de espesor, realizado mediante hormigón H-200.

3.3 Cimentación

El terreno sobre el cual deba ir situado el edificio prefabricado, deberá compactarse previamente con un grado de compactación no menor al 90%.

Las dimensiones de la excavación serán las siguientes:

6880 mm de anchura x 3180 mm de fondo x 560 mm de profundidad.

Se construirá una solera de hormigón capaz de soportar los esfuerzos verticales previstos con las siguientes características:

- Estará construida en hormigón armado mínimo H-200 de 15 cm de grosor con varillas de 4 mm y cuadro 20 x 20 cm.
- Tendrá unas dimensiones tales que abarquen la totalidad de la superficie del EP sobresaliendo 40 cm por cada lado.
- Incorporará la instalación de tubos de paso para las puestas a tierra.

Sobre la solera, y para que el edificio se asiente correctamente, se dispondrá de una capa de arena de 10 cm de grosor.

La presión que el edificio prefabricado ejerza sobre el terreno no excederá de 1kg/cm^3 .

4. GENERALIDADES

4.1 Señalización

El edificio cumple las siguientes prescripciones:

- Las puertas de acceso al centro y las pantallas de protección llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la Recomendación AMYS 1.4.10, modelo AE-10.
- En un lugar bien visible en el interior del centro se situará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente y su contenido se referirá a la respiración boca a boca y masaje cardiaco.
- El centro estará equipado con una pértiga y banquillo aislantes, para la ejecución de maniobras.

4.2 Alumbrado

Para el alumbrado interior, el Centro de Seccionamiento tiene instalados los puntos de luz necesarios. Asimismo, existe un alumbrado de emergencia.

4.3 Medida de la energía eléctrica

El conjunto, que se instalará en el interior del PFU-5 en armario de poliéster, consta de un contador tarificador electrónico multifunción, un registrador electrónico y una regleta de verificación que permita la sustitución del contador sin cortes de suministro e incluirá con medición de:

- Energía activa (kVA)
- Energía reactiva (kVAr)
- Discriminación horaria (h)
- Máxímetro

Todo ello va en el interior de un armario homologado para contener estos equipos. La alimentación de los contadores se realizará con cable de 6mm².

El contador a instalar será de la marca CIRCUITOR y de tipo CONTADOR TRIFÁSICO MULTIFUNCIÓN CIRWATT B 500 con opciones de comunicación RS-232 o 485 (radio), Ethernet, modem GSM o RTC y PLC. Podrá instalarse otro de características similares.

Los equipos de medida estarán constituidos por los siguientes elementos:

- 3 transformadores de intensidad
- 3 transformadores de tensión
- 1 contador / registrador
- 1 módem externo. Se aceptará interno si su sustitución en caso de avería, no supone rotura de precintos ni afecta a la medida.
- 1 regleta de verificación que permita la verificación y/o sustitución del contador, sin cortar la alimentación del suministro.
- 1 armario de medida o módulos de doble aislamiento ubicado en el interior de la caseta prefabricada
- 1 base Schuko, un interruptor magnetotérmico y un relé diferencial para la conexión de comunicaciones remotas
- Conjunto de conductores de unión entre los secundarios de los transformadores de medida y el contador.

Terminales apantallados de interior

4.3.1 Regleta de verificación

Cumplirán lo estipulado en la norma UNE 201011, serán de alta seguridad y sus funciones son:

- Realizar tomas adecuadas para los aparatos de comprobación, con el fin de verificar el contaje de la energía consumida y otros parámetros
- Abrir los circuitos de tensión y cortocircuitar los circuitos de intensidad para poder intervenir sin peligro
- Impedir que se puedan cortocircuitar las intensidades del lado contador. Para ello debe incorporar separadores que sólo dejen poner los puentes del lado transformador. Todas las regletas deben disponer de 3 puentes originales del fabricante para llevar a cabo correctamente dicha operación

La regleta de verificación estará alojada en la misma envolvente que contenga al contador y protegida por una tapa precintable que impida la manipulación de sus bornas y que sea IP20; dicha tapa será de material transparente, no propagador de llama ni del

incendio, libre de halógenos y baja emisión de humos. La formación de la regleta será según la normativa de la compañía distribuidora y cumpliendo lo siguiente:

- Las bornas serán seccionables, con capacidad para la conexión de conductores de Cu de hasta 10 mm² de sección y fijadas de tal manera que se impida el giro o desplazamiento durante la intervención de las mismas.
- Cuando las regletas dispongan de puentes para el cortocircuitado de los circuitos secundarios de intensidad, éstas estarán diseñadas de forma que se impida la conexión del puente en las bornas de la regleta lado contador.
- El paso de las bornas será de 10 mm, como mínimo.
- La tensión nominal de aislamiento será ≥ 2 kV.
- La regleta irá acompañada de su esquema de composición e instrucciones de uso, indicando claramente los bornes correspondientes a la tensión, entradas y salidas de intensidad y rotulación de fases.

4.4 Elementos de seguridad y señalización

Como elementos de protección y seguridad dentro del Centro de Seccionamiento, se debe contar con los siguientes medios de protección:

- Armario de primeros auxilios con placa indicadora
- Par de guantes aislantes, 30kV con funda y armario
- Pértiga de 1,5 m y 30kV
- Banquilla aislante de 30kV
- Extintor portátil eficacia 113B (mínima)
- Punto de alumbrado de emergencia
- Placas de peligro de muerte
- Placa con las 5 reglas de oro
- Las puertas de acceso llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la recomendación AMYS 1.4-10, modelo CE-14
- En las puertas y pantallas de protección se colocará la señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la recomendación AMYS 1.4-10, modelo AE-10.

4.5 Red de tierras

Las uniones y conexiones se realizarán mediante elementos apropiados, de manera que aseguren la perfecta unión. Estarán dimensionados a fin de que no experimenten calentamientos superiores a los del conductor al paso de la corriente. Asimismo, estarán protegidos contra la corrosión galvánica.

4.5.1 **Puesta a tierra de las masas**

Las masas de Alta y Baja tensión, las pantallas metálicas de los cables, enrejados de protección, armaduras metálicas interiores y cuba del transformador, se conectan a instalación o electrodo de p.a.t.

La línea de tierra se realizará con cable de Cu aislado 0,6/1kV RV o DV de sección 50 mm², protegido en su instalación intemperie con tubo de PVC de 32 mm diámetro. Irá alojado en una zanja de 0,8 m de profundidad hasta el electrodo de p.a.t., formado por una o varias picas.

Debido a las características del Centro de Seccionamiento, se toma como configuración del electrodo de puesta **70-30/8/42**.

“Los cálculos se han realizado con valores de resistividad máxima y unas dimensiones mínimas de configuración de electrodo, lo que nos garantiza su cumplimiento para valores menores de resistividad y electrodos de mayores dimensiones”

Estos electrodos estarán formados por picas de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, dispuestas en un rectángulo de 7x3 metros y conectadas mediante un cable de Cu desnudo de 50 mm², tendido en el fondo de una zanja de 0,80 metros de profundidad.

Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías.

En el piso de la caseta prefabricada existe una superficie equipotencial, que se conectará como mínimo en dos puntas preferentemente opuestas a la p.a.t. de protección del centro.

Una vez conectada la red de puesta a tierra, el valor de esta debe ser inferior a 37Ω.

Dando cumplimiento a la MIE RAT-13 y según el método de cálculo descrito por las Normas UNESA para Centros de Transformación de tercera categoría, se adjuntan cálculos justificativos de puestas a tierra.

4.5.2 **Puesta a tierra del neutro de Baja Tensión**

Esta instalación cuenta con un sistema de puesta a tierra tipo IT y, por lo tanto, no se realiza la puesta a tierra del neutro de BT dado que no cuentan con los inversores con dicho elemento.

4.6 Medidas adicionales de seguridad para las tensiones de paso y contacto

El valor de las resistencias de puesta a tierra de protección y de servicio será tal que, en caso de defecto a tierra, las tensiones máximas de paso y contacto no alcancen los valores peligrosos considerados en la ITC-RAT 13.

Si esto no fuera posible, se adoptarán medidas de seguridad adicionales tendentes a adecuar dichos valores de las tensiones de paso y contacto en el exterior del CSPM.

En este caso, la siguiente medida será de carácter obligatorio:

Construir exteriormente al CSPM una acera perimetral de 1,20 m de ancho por 10 cm de espesor, armada y localizada en la zona normalmente utilizada para acceder al mismo, que aporte una elevada resistividad superficial incluso después de haber llovido. El armado de la acera no se conectará a la tierra de protección.

4.7 Protecciones

Se dispondrá de un equipo de control con relé multifunción con las siguientes funciones:

Protección de cuba del transformador	64
Protección de mínima tensión	27
Protección de máxima tensión	59
Protección de máxima tensión homopolar	59N
Protección de mínima y máxima frecuencia	81m/M
Sobreintensidad a tiempo independiente	50
Sobreintensidad a tiempo dependiente o tiempo inverso	51
Protección de sobreintensidad direccional de tierra	67N
Protección contra retorno de potencia	32
Protección de Fallo de Interruptor	50 S.62
Reenganche	79

5. SISTEMA DE TELEMANDO

Se instalará un sistema de telemando que consta de los siguientes elementos:

1. La Unidad Compacta de Telemando (UCT) o también denominada "Unidad Periférica" (UP), que está compuesta de:
 - Armario de Control, o Remota
 - Cuadro para transformador de aislamiento 10kV
2. Detectores de paso de falta direccionales

5.1 Unidad Compacta de Telemando

La Unidad Compacta de Telemando (UCT) o también denominada “Unidad Periférica” (UP) dispone de todos los elementos necesarios para poder realizar el Telemando y Automatización del CSPM. Incluye las funciones del terminal remoto, comunicaciones, alimentación segura y aislamiento de B.T.

Las dos funciones principales de la Unidad son:

- La comunicación con el Centro de Control, por la cual se reportan todos los eventos e incidencias ocurridas en la instalación y, de igual manera, se reciben órdenes provenientes del Centro de Control a ejecutar en cada una de las posiciones.
- La capacitación de la información de campo desde las celdas de MT.

Para la UCT las dimensiones máximas son 203x41x229 (altura x anchura x profundidad), aunque una vez incluidos el resto de los equipos quedan unas dimensiones finales de:

- 800x600x400 en la solución mural
- 400x850x400 en la solución sobre-celda

El armario de telemando está formado por diferentes módulos o equipos, con anclaje mecánico para rack de 19” dentro de una envoltura metálica. Los módulos son:

- Unidad de procesamiento (UE). Su función es la conexión con las celdas de distribución. Existen dos versiones, la UE8 que puede conectar con un máximo de 8 interruptores y la UE16 para un máximo de 16 interruptores
- Fuente de alimentación / cargador de baterías (PSBC)
- 2 baterías de 12V 25Ah, de tipo monobloque de 12V y 25 Ah conectadas en serie
- Modem de comunicaciones

5.2 Detector de paso de falta

El detector de paso de falta (RGDAT) engloba diversos elementos:

- Unidad de proceso y control
- Juego de captadores de tensión / corriente
- Diversos elementos auxiliares (cables de conexión, etc.)

El equipo monitoriza:

- Las corrientes de fase y corriente residual, mediante la instalación de transductores de corriente en las líneas MT correspondientes.

- Las tensiones de cada fase (mediante divisores de tensión capacitivos en los paneles de las celdas MT de interior, o bien, integrados en los sensores suministrados para montajes de exterior).

El detector proporciona información sobre eventos de falta en la red (sobreintensidad en fases no direccional, sobreintensidad homopolar no direccional y sobreintensidad homopolar direccional) y ausencia / presencia de tensión, de forma que se facilita la localización de los tramos de línea afectados.

Cada equipo monitoriza una celda de línea MT y se comunica con una de las vías disponibles de la UP correspondiente.

La conexión del RGDAT con la UP y con la propia celda MT se realiza a través de:

- 1 bornero de 8 pines (MA) para conexión con los captadores de tensión / corriente para:
 - Medida de corriente de cada fase y residual
 - Captación de tensión por cada fase
- 1 bornero de 10 pines (MB) precableado con la manguera de conexión a la vía correspondiente del armario UP asociado para:
 - Alimentación del equipo RDGAT
 - Entrada digital para activación de función de inversión de dirección de vigilancia
 - Salidas digitales de señalización de eventos de falta y presencia tensión
 - Salida analógica de medida de corriente

El equipo dispone de un puerto RS232 (9 pines, hembra) para configuración y calibración mediante SW específico. El puerto no es accesible desde el exterior, por lo que es necesario abrir la carcasa metálica del equipo para acceder a la placa electrónica donde se ubica dicho conector.

5.3 Comunicaciones

El cuadro de comunicaciones es un espacio diseñado para alojar los elementos de comunicaciones para establecer la comunicación entre el Centro de Control y el CT.

En el compartimento de comunicaciones existen 2 juegos de bornas de alimentación de 24 Vcc y otros 2 juegos de bornas de alimentación de 12 Vcc.

EDE instalará, en función de las características del Centro de Seccionamiento y su ubicación, el sistema de comunicación adecuado entre los siguientes:

- TETRA: Radio Digital
- DMR: Radio Digital

En el caso en que las soluciones anteriores no sean viables técnicamente se instalarán soluciones de operadores basadas en GPRS o VSAT.

CAPÍTULO 5: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El Centro de Transformación a instalar, será del tipo en edificio prefabricado superficie con acceso desde camino a realizar desde el camino existente (Polígono 41 Parcela 9005) situado en el Polígono 41 Parcela 109 en el Término Municipal de Lécera (provincia de Zaragoza) y en Coordenadas UTM ETRS89 H30: X=690.844 e Y=4.563.143.

Se instalará el edificio prefabricado de hormigón de estructura monobloque, de dimensiones interiores **4,46 m x 2,38 m x 3,25 m PFU 4 o similar**. En el esquema unifilar adjunto en planos puede verse la distribución de la aparamenta.

El edificio prefabricado dispondrá de un único acceso particular, donde se ubicará la celda de línea, celda de protección y el transformador particular.

El acceso de cables al centro prefabricado se realizará en ángulo hacia el pasamuros achaflanado de tal forma que se mantenga la cota reglamentaria de la red subterránea de media tensión en todo el recorrido. En caso de no poder realizarse, se dispondrá de una chapa metálica de 5mm de espesor en el tramo donde la cota sea inferior.

El edificio prefabricado previsto, ha sido diseñado de acuerdo con CEI 61330, UNE-EN 61330, RU 1303A y Códigos Técnicos de Edificación.

Las actuaciones más importantes a realizar son las siguientes:

- Realización de la puesta a tierra del Centro
- Instalación de la caseta de Centro Prefabricado
- Instalación y conexiones de las celdas de MT
- Instalación y conexionado del transformador
- Instalación y conexionado de cuadro de baja tensión

El centro de Transformación está compuesto por la siguiente aparamenta:

2. APARAMENTA

2.1 Celda de Línea:

Dispone de una celda de línea (1L) dotadas con un interruptor seccionador de tres posiciones que permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente asignada, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de cable de media tensión.

Características 24 kV / 630 A / 20 kA

Celda modular de línea (E/S), tipo CGMCOSMOS-I, de Omarzabal o similar, con maniobra motorizada, de corte y aislamiento íntegro en SF₆, de 365 mm de ancho por 1.740 mm de alto por 735 mm de fondo, conteniendo en su interior debidamente montados y conexicionados los siguientes aparatos y materiales:

Interruptor-seccionador tripolar de corte en carga, con mando manual y posiciones CONEXIÓN SECCIONAMIENTO-PUESTA A TIERRA, mando manual tipo B, marca Omarzabal o similar.

Las conexiones de las funciones de línea de la celda con los cables aislados de la línea de distribución en M.T. se realizarán con terminales enchufables marca 3M para cables secos de 240 mm² 12/20kV.

2.2 Celda de Protección con repto fusible: CMP-F

Estará provista de un interruptor-seccionador de corte en carga, con dos seccionadores de puesta a tierra, con dispositivos de señalización que garanticen la ejecución de la maniobra, con bases para los fusibles limitadores, con pasatapas y detectores de tensión para comprobar presencia de tensión.

La fusión de cualquiera de los fusibles provocará la apertura del interruptor-seccionador (combinado interruptor-fusibles).

Llevará relés de protección que dispongan de contactos libres de potencial, tanto por anomalías propias como por disparo.

Características 24kV / 630A / 20kA

Calibre fusible 63A

3. TRANSFORMADOR

Las pérdidas en vacío y en carga, así como los niveles de ruido y los detalles constructivos cumplen lo estipulado en la RU 5201 C.

El transformador que se instalará se ajustará al reglamento (UE) N°548/2017 de la Comisión de 21 de mayo de 2014 por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE de ecodiseño para transformadores de potencia versión TIER2.

Es del tipo trifásico reductor de tensión, construido según la norma UNE 21428, en 2007, de potencia 1.000 kVA y con aislamiento en aceite, de tensión primaria 15kV y tensión secundaria 800V en vacío.

- Potencia 1.000 kVA
- Tensión primaria 15.000 V
- Tensión secundaria en vacío 800 V
- Nivel de aislamiento 24 kV
- Regulación en primario +2,5±5±10 %
- Grupo de conexión Dyn11
- Tensión de cortocircuito 6 %
- Pérdidas en vacío 693 W
- Pérdidas en carga 7.600 W
- Volumen de aceite 600 l

4. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA CIVIL

4.1 Camino de acceso

El acceso se efectuará por el interior de la nueva planta fotovoltaica.

4.2 Edificios prefabricados

Los edificios prefabricados para alojar centros de Transformación podrán ser de tipo monobloque o constituidos por varias piezas o paneles prefabricados de hormigón armado convenientemente ensamblados.

Estarán preparados para albergar toda la aparamenta y equipos necesarios, con tensión máxima del material a 24 kV.

El edificio será tipo PFU 4 o similar con las siguientes dimensiones: 4,46 (largo) m x 2,38 (ancho) m x 3,25 (alto) m. Una vez instalado el edificio, se dotará al mismo de una acera perimetral de 1,20 m de ancho x 10 cm de espesor, realizado mediante hormigón H-200.

4.3 Cimentación

El terreno sobre el cual deba ir situado el edificio prefabricado, deberá compactarse previamente con un grado de compactación no menor al 90%.

Las dimensiones de la excavación serán las siguientes:

5260 mm de anchura x 3180 mm de fondo x 560 mm de profundidad.

Se construirá una solera de hormigón capaz de soportar los esfuerzos verticales previstos con las siguientes características:

- Estará construida en hormigón armado mínimo H-200 de 15 cm de grosor con varillas de 4 mm y cuadro 20 x 20 cm.

- Tendrá unas dimensiones tales que abarquen la totalidad de la superficie del EP sobresaliendo 40 cm por cada lado.
- Incorporará la instalación de tubos de paso para las puestas a tierra.

Sobre la solera, y para que el edificio se asiente correctamente, se dispondrá de una capa de arena de 10 cm de grosor.

La presión que el edificio prefabricado ejerza sobre el terreno no excederá de 1kg/cm^3 .

5. GENERALIDADES

1.1 Conductores de conexionado

Alta Tensión

La interconexión entre la celda de A.T. y las bornas de Alta Tensión del transformador, por ambos lados, se realizará mediante cable RH5Z1 3x1x95 mm² Al 12/20kV.

Baja Tensión

La interconexión entre las bornas de Baja Tensión del Transformador y el cuadro de Baja Tensión se realizará mediante cable RH5Z1 3x(4x1x240) mm² Al 0,6/1kV.

1.2 Señalización

El edificio cumple las siguientes prescripciones:

- Las puertas de acceso al centro y las pantallas de protección llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la Recomendación AMYS 1.4.10, modelo AE-10.
- En un lugar bien visible en el interior del centro se situará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente y su contenido se referirá a la respiración boca a boca y masaje cardiaco.
- El centro estará equipado con una pértiga y banquillo aislantes, para la ejecución de maniobras.

5.3 Alumbrado

Para el alumbrado interior, el Centro de Transformación tiene instalados los puntos de luz necesarios. Asimismo, existe un alumbrado de emergencia.

5.4 Foso de recogida de aceite

Los fosos de recogida de aceite instalados en el Centro de Transformación, según el fabricante, puede albergar hasta un trafo de 1.000 kVA.

Para la recogida de este volumen de aceite, se ha previsto la construcción de un sistema constituido por una cubeta situada debajo del transformador.

El depósito de aceite irá recubierto con revestimiento resistente y estanco.

Debajo del transformador de 1.000 kVA, en el interior de la cubeta, se dispondrá un lecho de guijarros y arena a modo de cortafuegos.

5.5 Ventilación

La ventilación del Centro de Transformación quedará asegurada mediante rejillas. Se añadirán unas rejillas de ventilación adicionales en las paredes laterales, hasta alcanzar unas superficies mínimas de rejillas de ventilación de 1,78 m³ para la entrada, e igualmente para la salida.

5.6 Sistema de extinción de incendios

Debido a que el transformador a instalar contiene un dieléctrico cuyo volumen de aceite es inferior a los valores indicados en el Reglamento no se necesita ningún extintor para el mismo, sin embargo, de acuerdo con la MIE RAT 14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia 610B (o equivalentes según el MIE RAT 14).

5.7 Autotransformador

Se instalará de 800/400V 5kVA para la alimentación de los servicios auxiliares del titular de la instalación, tales como Comunicaciones o Vigilancia.

5.8 Limitación de los campos magnéticos

Según establece el apartado 4.7. de la ITC-RAT 14 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, en el diseño de las instalaciones se adoptarán las medidas adecuadas para minimizar, en el exterior de las instalaciones de alta tensión, los campos magnéticos creados por la circulación de corriente a 50 Hz, en los diferentes elementos de dichas instalaciones.

El 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, establece unos límites de exposición máximos que se deberán de cumplir en las zonas en las que puedan permanecer habitualmente las personas.

La comprobación de que no se supera el valor establecido en el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, se realizará mediante los cálculos para el diseño correspondiente, antes de la puesta en marcha de las instalaciones que se ejecuten siguiendo el citado

diseño y en sus posteriores modificaciones cuando éstas pudieran hacer aumentar el valor del campo magnético.

Con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de alta tensión no se sobrepasan los límites máximos admisibles, la Administración pública competente podrá requerir al titular de la instalación que se realicen las medidas de campos magnéticos por organismos de control habilitados o laboratorios acreditados en medidas magnéticas. Las medidas deben realizarse en condiciones de funcionamiento con carga, y referirse al caso más desfavorable, es decir, a los valores máximos previstos de corriente.

5.8.1 Descripción

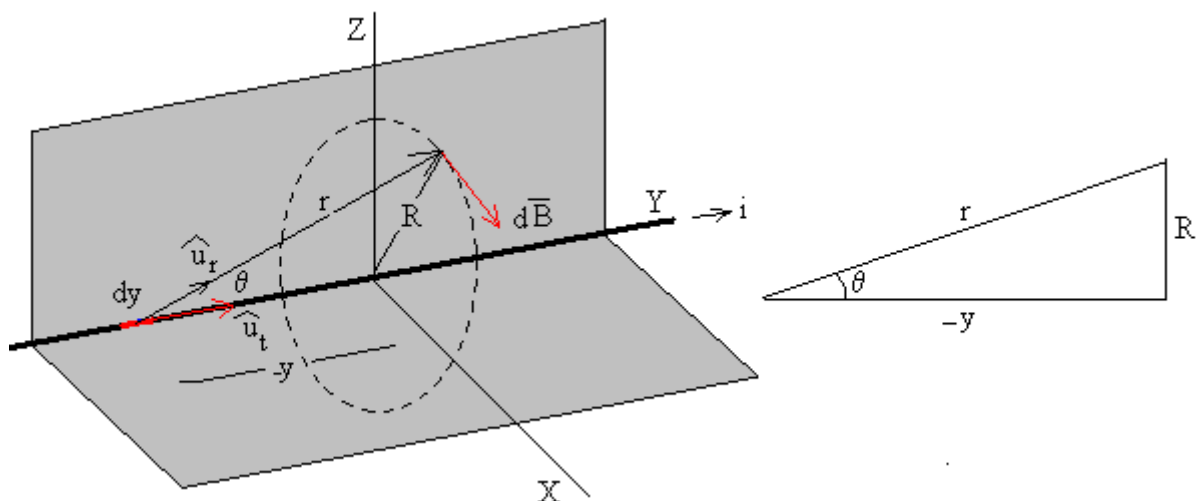
Los campos electromagnéticos, son aquellos campos generados por el paso de una corriente eléctrica a través de un material conductor.

Las ecuaciones de Biot y Savart, permiten estudiar el campo magnético **B** creado por un circuito recorrido por una corriente de intensidad *i*:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \oint \frac{\mathbf{u}_t \times \mathbf{u}_r}{r^2} dl$$

B es el vector campo magnético existente en un punto P del espacio, **u_t** es un vector unitario cuya dirección es tangente al circuito y que nos indica el sentido de la corriente en la posición donde se encuentra el elemento *dl*. **u_r** es un vector unitario que señala la posición del punto P respecto del elemento de corriente, $\mu_0/4\pi = 10^{-7}$ en el Sistema Internacional de Unidades.

Para el cálculo del campo electromagnético generado por un conductor rectilíneo indefinido por el que circula una corriente *i*, se puede establecer de la siguiente manera:



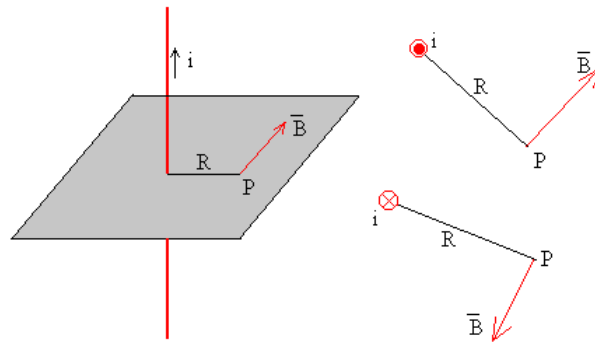
El campo magnético **B** producido por el hilo rectilíneo en el punto P tiene una dirección que es perpendicular al plano formado por la corriente rectilínea y el propio punto P.

Para calcular el módulo de dicho campo es necesario realizar una integración.

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\sin \theta}{r^2} dy = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} \int_0^\pi \sin \theta d\theta = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$$

Se integra sobre la variable θ , expresando las variables x y r en función del ángulo θ .

$$R = r \cdot \cos \theta, R = -y \cdot \tan \theta.$$



En la figura, se muestra la dirección y sentido del campo magnético producido por una corriente rectilínea indefinida en el punto P. Cuando se dibuja en un papel, las corrientes perpendiculares al plano del papel y hacia el lector se simbolizan con un punto en el interior de una pequeña circunferencia, y las corrientes en sentido contrario con una cruz en el interior de una circunferencia tal como se muestra en la parte derecha de la figura.

La dirección del campo magnético se dibuja perpendicular al plano determinado por la corriente rectilínea y el punto, y el sentido se determina por la regla del sacacorchos o la denominada de la mano derecha.

5.8.2 **Medidas de atenuación de campos magnéticos**

Para minimizar el posible impacto de los campos magnéticos generados por el CT, en su diseño se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las entradas y salidas al CT de la red de alta tensión se efectuarán por el suelo y adoptarán, preferentemente, la disposición en triángulo y formando ternas, o en atención a las circunstancias particulares del caso, aquella que el proyectista justifique que minimiza la generación de campos magnéticos.
- La red de baja tensión se diseñará con el criterio anterior.
- Se procurará que las interconexiones sean lo más cortas posibles y se diseñarán evitando paredes y techos colindantes con viviendas.
- En el caso que por razones constructivas no se pudieran cumplir alguno de estos condicionantes de diseño, se adoptarán medidas adicionales para minimizar dichos valores, como por ejemplo el apantallamiento.

5.8.3 ***Medición de campos magnéticos: Métodos, Normas y Control de la Administración***

Con objeto de verificar que en la proximidad de las instalaciones de alta tensión no se sobrepasan los límites máximos admisibles, la Administración pública competente podrá requerir al titular de la instalación que se realicen las medidas de campos magnéticos por organismos de control habilitados o laboratorios acreditados en medidas magnéticas. Las medidas deben realizarse en condiciones de funcionamiento con carga, y referirse al caso más desfavorable, es decir, a los valores máximos previstos de corriente.

En lo relativo a los métodos de medidas, tipos de instrumentación y otros requisitos se estará a lo recogido en las normas técnicas aplicables, con el orden de prelación que se indica:

1. Las adoptadas por organismos europeos de normalización reconocidos: El Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI), el Comité Europeo de Normalización (CEN) y el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC).
2. Las internacionales adoptadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Organización Internacional de Normalización (ISO) o la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).
3. Las emanadas de organismos españoles de normalización y, en particular, de la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
4. Las especificaciones técnicas que cuenten con amplia aceptación en la industria y hayan sido elaboradas por los correspondientes organismos internacionales.

Normas de Aplicación:

- UNE-EN 62311 evaluación de los equipos eléctricos y electrónicos respecto de las restricciones relativas a la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (0 Hz - 300 GHz)
- NTP-894 Campos electromagnéticos: evaluación de la exposición laboral

5.8.4 ***Cálculo del campo magnético***

El campo magnético generado por las diferentes corrientes eléctricas dependerá de la intensidad que discurre por los diferentes tipos de cableado.

Por lo que respecta a los niveles de campo magnéticos permitidos, según el RD 1066/2001, por el que se establece el Reglamento sobre condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas, Anexo II, apartado 3.1 (cuadro 2),

se establece el límite de campo magnético admitido que se calculara como $5/f$, siendo f la frecuencia en KHz. De esta manera, el límite de campo es $100\mu T$.

Gama de frecuencia	Intensidad de campo E (V/m)	Intensidad de campo H (A/m)	Campo B (μT)	Densidad de potencia equivalente de onda plana (W/m ²)
0-1 Hz	—	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	—
1-8 Hz	10.000	$3,2 \times 10^4/f^2$	$4 \times 10^4/f^2$	—
8-25 Hz	10.000	$4.000/f$	$5.000/f$	—
0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	$5/f$	—
0,8-3 kHz	$250/f$	5	6,25	—
3-150 kHz	87	5	6,25	—
0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	$0,92/f$	—
1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	$0,92/f$	—
10-400 MHz	28	$0,73/f$	0,092	2
400-2.000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	0,20	10

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos (0Hz-300Hz)

5.8.5 **Campo magnético generado por un transformador**

Para la elaboración del análisis del campo magnético, se ha desarrollado una aplicación que realiza la simulación y cálculo del campo magnético en los puntos deseados de la instalación y su entorno.

La aplicación desarrollada está realizada sobre Matlab/Octane. El cálculo está basado en un cálculo analítico (Biot y Savart de un segmento) realizado sobre el conjunto de conductores 3D de una instalación, discretizados a segmentos rectilíneos, y sobre un periodo de onda completo para obtener valores eficaces. Se tienen en cuenta los diferentes desfases entre fases o motivados por la presencia de un transformador. La misma metodología ha sido empleada con buenos resultados en otros estudios publicados [1],[2],[3].

A modo de validación de la aplicación, se han calculado los ejemplos descritos en la Norma UNE-EN 62110, obteniéndose los mismos resultados que en dicha norma. También se han realizado medidas de campo en la subestación y se han comparado con los resultados obtenidos con la aplicación. El desarrollo de ambos métodos de validación se recoge en el anexo B de este documento.

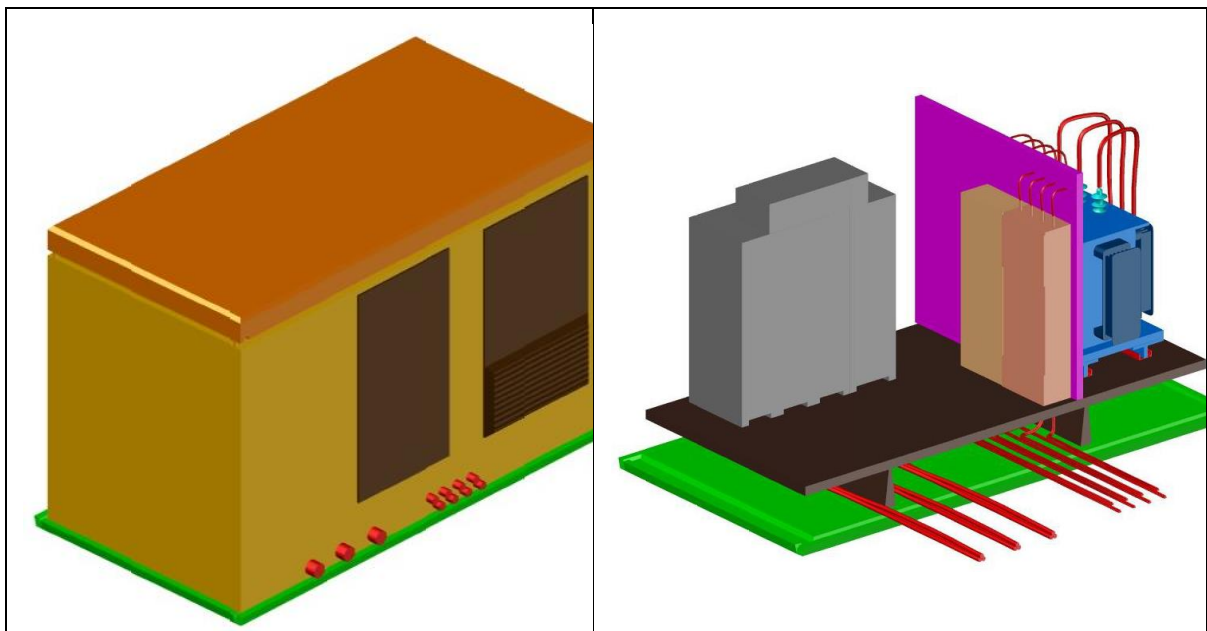
El cálculo no tiene en cuenta el campo generado por los transformadores, sólo por los conductores. Esta simplificación no afecta de forma significativa a los resultados obtenidos según se indica en UNE-CLC/TR-50453. De igual forma, no se consideran los posibles apantallamientos debidos a pantallas de cables o envolventes de la aparamenta eléctrica, quedando el cálculo por el lado de la seguridad.

La entrada de datos de la aplicación es la topología en 3D del conjunto de conductores de la instalación, así como las corrientes que circulan por cada conductor. Las corrientes consideradas para el cálculo son las máximas previstas para cada posición (en especial

de los transformadores) o tramo de ella, de forma que se obtiene el máximo campo magnético. El estado de carga máximo planteado es técnicamente posible de alcanzar, pero difícil que se produzca en realidad, y en todo caso durante un breve espacio de tiempo.

En ocasiones, debido a la topología de la instalación, no es posible determinar las corrientes por todos los tramos de las diferentes posiciones. Para estos casos se estiman las corrientes por dichos tramos que den lugar a los campos más desfavorables.

Los resultados obtenidos se presentan en los límites exteriores de la instalación accesibles por el público, considerándose para el cálculo una distancia de 0,2 m del vallado y a una altura de 1 m, según UNE-EN 62110. De igual forma, se facilita el cálculo del campo B en toda la superficie de la instalación a una altura de 1 m a efectos informativos.



Vistas 3D Centro transformación tipo en edificio prefabricado de superficie, 24 kV. un trafo.

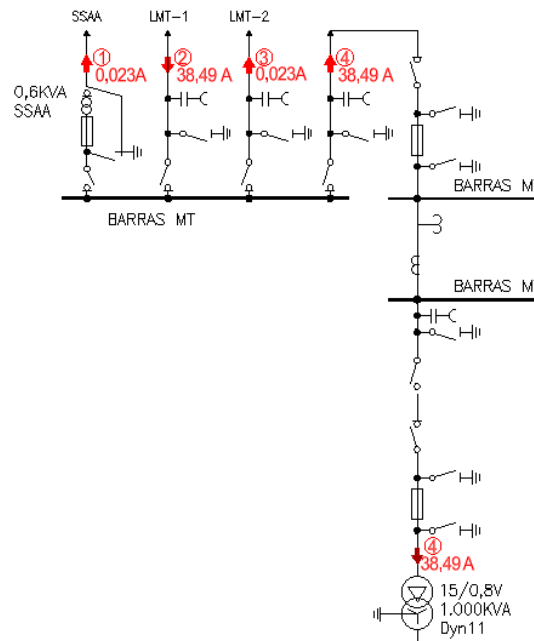
Características de la instalación y datos de cálculo

El centro de transformación tipo superficie en edificio prefabricado 24 kV. un transformador calculado, consta de 2 niveles de tensión, 15 y 0,80 kV, y una unidad de transformación de 1.000kVA.

Nivel de 15kV.

- Tipo: Blindado, aislado en SF6
- Topología: Simple barra

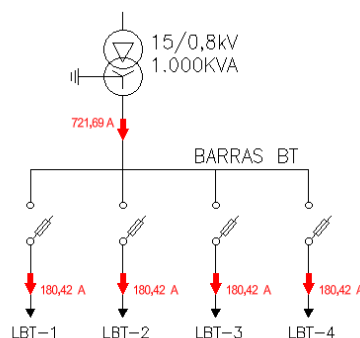
- Posiciones de línea: 4
- Posiciones de transformador: 1
- Posiciones de barras: 2
- Superficie: 10,61 m²



Unifilar nivel de tensión 15kV con intensidades consideradas

Nivel de 0.8 kV.

- Tipo: Interior
- Topología Simple barra.
- Posiciones de línea: 4
- Posiciones de transformador: 1
- Posiciones de barras: 1



Unifilar nivel de tensión 0,8kV con intensidades consideradas

De acuerdo con el Real Decreto 1066/2001 en el que se aconseja tomar medidas que limiten las radiaciones de campo eléctrico y magnético, describimos las medidas que se

han considerado para minimizar la emisión de campos electromagnéticos y poder así cumplir los límites establecidos en el Real Decreto:

1. Las distancias existentes entre los equipos eléctricos y el cierre de la instalación permiten reducir los niveles de exposición al público en general fruto de la disminución del campo magnético con la distancia.
2. Las posiciones del nivel de tensión 10kV se ubican en el interior de un edificio, en celdas blindadas, cuya carcasa disminuye el campo magnético en el exterior.
3. Los conductores de ambos niveles de tensión están constituidos en su totalidad por cables aislados secos con pantalla metálica exterior. Esto permite reducir el campo magnético exterior tanto por la propia pantalla como por el tendido de los cables en forma de tresbolillo.

Las intensidades consideradas para el cálculo del campo magnético son las siguientes:

POSICIÓN TRAMO	REF.	INTENSIDAD (A)	FASE(°)	TIPO
Línea SSAA – Trafo 1 15kV	1	0,023 ⁽¹⁾	0	Trifásica equilibrada.
Línea 2 – Trafo 1 15kV	2	38,49	0	Trifásica equilibrada.
Línea 3 – Trafo 1 15kV	3	0,023	0	Trifásica equilibrada.
Línea 4 – Trafo 1 15kV	4	38,49 ⁽²⁾	0	Trifásica equilibrada.
Trafo 1 Lado 0,8kV	5	721,69	30	Trifásica equilibrada.
0,8kV: Línea 1-Línea 4	6-9	180,42	30	Trifásica equilibrada

Tabla 15. Intensidades para cálculo campo magnético

(1) Intensidad correspondiente a la potencia máxima del transformador SSAA (0,6kVA).

(2) Intensidad correspondiente a la potencia máxima transformador 1.000kVA.

El estado de carga considerado supone el transformador entregando su máxima potencia.

En el lado de BT, la potencia aportada por el transformador se reparte equitativamente por las cuatro líneas a las que alimenta.

Resultados

La simulación del campo magnético ha sido realizada con el estado de carga indicado anteriormente, estado de carga máximo realizable. Por tanto, los valores de campo magnético calculados y representados serán superiores a los que se producirán durante el funcionamiento habitual del centro de transformación.

Se ha obtenido el campo magnético en el conjunto de la instalación, a 1 metro de altura del suelo. Los resultados obtenidos se representan tanto en el límite exterior del centro de transformación (requerimiento reglamentario) como en el interior del mismo.

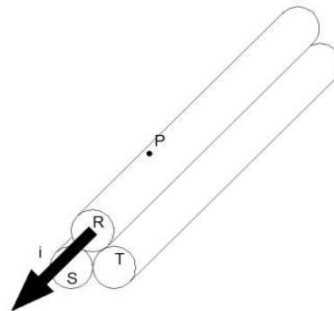
Los valores más elevados de campo en el exterior se producen en la zona de cercana al cuadro de BT, siendo de 43,46 μT .

5.8.6 ***Campo magnético generado por un cable de media tensión***

En este apartado, se justifica el campo magnético creado por el cableado unipolares de 240 mm², de 3x1x240 mm².

Para simplificar el cálculo, se considerará el caso desfavorable de conductores rectilíneos indefinidos en el cableado de Media Tensión, discurriendo por el conjunto 3 cables (3x1x240 mm) la intensidad máxima admitida, es decir 57,73 Amperios.

Se considera que la envolvente del cable unipolar tiene un diámetro de 30 mm:



El campo magnético generado en el Punto P, será consecuencia del sumatorio de campos magnéticos generados por cada una de las fases del cableado:

$$B_p = \sum B_{p,i} = B_{p,r} + B_{p,s} + B_{p,t}$$

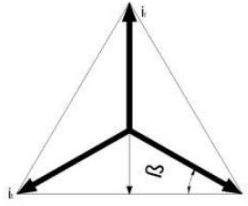
Suponiendo que la corriente está concentrada en el centro del cableado, para cada fase será:

$$B_{p,r} = \mu \frac{iR}{2\pi r}$$

$$B_{p,s} = \mu \frac{iS}{2\pi d}$$

$$B_{p,t} = \mu \frac{iT}{2\pi d}$$

Teniendo en cuenta que las intensidades se encuentran desfasadas y pertenecen a un circuito trifásico equilibrado, se tiene que:



Por lo que teniendo en cuenta que $\beta=30^\circ$:

$$i_s = i_t = -i_r \sin 30 = -i_r/2$$

Por otro lado, teniendo en cuenta la distancia d , entre el centro de las fases es de 30 mm, la distancia entre P y el centro de las fases S y T es de 43,78 mm, y que la permeabilidad magnética del aire es similar a la del vacío ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ NA}^{-2}$) y sustituyendo se obtiene:

$$B_{p,r} = \mu \frac{iR}{2\pi r} = 63,0370 \mu T$$

$$B_{p,s} = \mu \frac{iS}{2\pi d} = -10,8137 \mu T$$

$$B_{p,t} = \mu \frac{iT}{2\pi d} = -10,8137 \mu T$$

Realizando el sumatorio tenemos un valor en el borde del cable de $43,4094 \mu T$.

Sin embargo, debemos tener en cuenta que las ternas de dichos cableados están albergadas en el interior de una zanja, cubiertos por una envolvente de protección de los conductores.

Por ello, debemos tener en cuenta que, con respecto al exterior, existe una distancia al punto P de medición. Si consideramos que el alojamiento de los cables tiene una profundidad de 0,95 m, y la altura de la terna es de 5,6 cms, existe una distancia de la parte alta de la terna al exterior de 94,4 cms. Es decir, el punto P está situado a 94,4 cms de la parte alta de las ternas.

Del mismo modo, debemos considerar la existencia de 2 ternas, que componen los 6 cables unipolares de 240 mm^2 .



Con todo ello, se obtienen los siguientes resultados:

Terna	Fase	Distancia a P(mm)	B(μ T)
1	R	908,7	11,4055
	S	937,0	-5,0456
	T	931,8	5,0738
2	R	908,7	11,405
	S	931,8	-5,0738
	T	937,0	5,0456
CAMPO MAGNÉTICO TOTAL			43,46

Tabla 16. Cálculo campo magnético

Por lo que se obtiene que el campo magnético total es menor de los 100 μ T, límite fijado por el 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.

En general, las instalaciones eléctricas funcionan a baja frecuencia (50 Hz), situándose la emisión de campos electromagnéticos dentro de los límites establecidos.

5.9 Elementos de seguridad y señalización

Como elementos de protección y seguridad dentro del centro de transformación, se debe contar con los siguientes medios de protección:

- Armario de primeros auxilios con placa indicadora
- Par de guantes aislantes, 30kV con funda y armario
- Pértiga de 1,5m y 30kV
- Banquilla aislante de 30kV
- Extintor portátil eficacia 113B (mínima)
- Punto de alumbrado de emergencia
- Placas de peligro de muerte
- Placa con las 5 reglas de oro
- Las puertas de acceso llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la recomendación AMYS 1.4-10, modelo CE-14
- En las puertas y pantallas de protección se colocará la señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la recomendación AMYS 1.4-10, modelo AE-10

5.10 Red de Tierras

Las uniones y conexiones se realizarán mediante elementos apropiados, de manera que aseguren la perfecta unión. Estarán dimensionados a fin de que no experimenten calentamientos superiores a los del conductor al paso de la corriente. Asimismo, estarán protegidos contra la corrosión galvánica.

5.10.1 Puesta a tierra de las masas

Las masas de Alta y Baja tensión, las pantallas metálicas de los cables, enrejados de protección, armaduras metálicas interiores y cuba del transformador, se conectan a instalación o electrodo de pat.

La línea de tierra, que partirá de la borna de B.T. del neutro del Transformador, se realizará con cable de Cu aislado 0,6/1 kV RV o DV de 50mm² sección, protegido en su instalación intemperie con tubo de PVC de 32 mm diámetro. Irá alojado en una zanja de 0,8m de profundidad hasta el electrodo de p.a.t., formado por una o varias picas.

Debido a las características del Centro de Transformación, se toma como configuración del electrodo de puesta **50-30/8/42**.

“Los cálculos se han realizado con valores de resistividad máxima y unas dimensiones mínimas de configuración de electrodo, lo que nos garantiza su cumplimiento para valores menores de resistividad y electrodos de mayores dimensiones”

Estos electrodos estarán formados por picas de acero cobreado de 2 m de longitud y 14 mm de diámetro, dispuestas en un rectángulo de 5x3 metros y conectadas mediante un cable de Cu desnudo de 50 mm², tendido en el fondo de una zanja de 0,80 metros de profundidad.

Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías.

En el piso de la caseta prefabricada existe una superficie equipotencial, que se conectará como mínimo en dos puntas preferentemente opuestas a la p.a.t. de protección del centro.

Una vez conectada la red de puesta a tierra, el valor de esta debe ser inferior a 37Ω.

Dando cumplimiento a la MIE RAT-13 y según el método de cálculo descrito por las Normas UNESA para Centros de Transformación de tercera categoría, se adjuntan cálculos justificativos de puestas a tierra.

5.10.2 ***Puesta a tierra del neutro de Baja Tensión***

Esta instalación cuenta con un sistema de puesta a tierra tipo IT y, por lo tanto, no se realiza la puesta a tierra del neutro de BT dado que no cuentan los inversores con dicho elemento.

5.11 Medidas adicionales de seguridad para las tensiones de paso y contacto

El valor de las resistencias de puesta a tierra de protección y de servicio será tal que, en caso de defecto a tierra, las tensiones máximas de paso y contacto no alcancen los valores peligrosos considerados en la ITC-RAT 13.

Si esto no fuera posible, se adoptarán medidas de seguridad adicionales tendentes a adecuar dichos valores de las tensiones de paso y contacto en el exterior del CT.

En este caso, la siguiente medida será de carácter obligatorio:

Construir exteriormente al CT una acera perimetral de 1,20 m de ancho por 10 cm de espesor, armada y localizada en la zona normalmente utilizada para acceder al mismo, que aporte una elevada resistividad superficial incluso después de haber llovido. El armado de la acera perimetral no se conectará a la tierra de protección.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

Con lo expuesto, con los anexos y planos que se adjuntan, se considera suficientemente descrita la instalación a realizar, solicitando las autorizaciones administrativas previstas en la legislación vigente para su instalación y puesta en servicio.

DOCUMENTO II

ANEJOS

ANEJO I

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

ÍNDICE

CAPÍTULO 1:	CÁLCULO ELÉCTRICO	64
1.	CARACTERÍSTICAS GENERALES	64
2.	CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS.....	64
2.1	Capacidades de transporte por límite térmico	64
2.1.1	Densidad de Corriente Admisible	64
2.1.2	Caída de tensión.....	64
2.1.3	Intensidades de cortocircuito	65
CAPÍTULO 2:	CÁLCULO MECÁNICO LÍNEA AÉREA DE M.T.	66
1.	CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES	66
2.	DISTANCIAS DE SEGURIDAD	69
2.1	Distancia a masa.....	69
2.2	Distancia de los conductores al terreno	69
2.3	Separación entre conductores	69
3.	CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS	70
4.	CÁLCULO DE CIMENTACIONES	71
5.	AISLAMIENTO Y HERRAJES	83
6.	DISTANCIAS DE SEGURIDAD: CRUZAMIENTOS, PARALELISMOS Y PASO POR ZONAS 84	
CAPÍTULO 3:	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	98
1.	CÁLCULO ELÉCTRICO	98
1.1	Puentes de media tensión.....	98
1.2	Puentes de baja tensión.....	98
1.3	Intensidad de cortocircuito	99
2.	DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	99
3.	DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS.....	101
4.	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN JUSTIFICACIÓN DEL ELECTRODO PUESTA A TIERRA101	
4.1	Hoja de cálculo de la instalación de Puesta a Tierra	101

CAPÍTULO 1: CÁLCULO ELÉCTRICO

1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Se trata de justificar que la elección de los conductores subterráneos, superan las necesidades de la red, en lo que se refiere a caídas de tensión y capacidad de transporte tanto en el tramo que une el punto de conexión con el tramo de seccionamiento como el que une este último con el centro de transformación ubicado en el parque fotovoltaico.

Datos Eléctricos de la instalación

Potencia máxima a transportar: P = 1.000 kW

Tensión nominal: U = 15kV

Longitud de tramo Subterráneo pto. Conexión – CSPM: 2x17m

Longitud de tramo Subterráneo CSPM-CT: 1x89m

Características del cable subterráneo RH5Z1 3x1x240 mm² Al 12/20 kV

Sección total: 240 mm²

Intensidad máxima (directamente enterrado): I = 320 A

Conductor: Aluminio

Resistencia eléctrica: 0,125 Ω/km

Reactancia eléctrica: 0,102 Ω/km

2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Los conductores empleados en la línea aéreo-subterránea en proyecto se justifican basándose en dos factores:

2.1 Capacidades de transporte por límite térmico

2.1.1 *Densidad de Corriente Admisible*

La máxima intensidad que puede atravesar el conductor LA-56 existente es de 199 A inferior a la máxima admisible por el conductor subterráneo.

Dada la sección de los conductores y dada la densidad máxima de corriente, tendremos que la intensidad máxima del conductor aéreo será:

$$I = S \cdot \delta = 240 \times 1,73 = 415,20A > 199A$$

2.1.2 *Caída de tensión*

La caída de tensión por km de línea, considerando una capacidad despreciable, viene dada por la expresión:

$$e = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi)$$

Siendo:

e = Caída de tensión, en voltios por km

I = Intensidad de corriente, en amperios

R = Resistencia por fase Ohm por km

X = Reactancia por fase Ohm por km

φ = Ángulo de desfase

En este caso:

$$e = \sqrt{3} \cdot 320 \cdot (0,125 \cdot 0,8 + 0,102 \cdot 0,6) = 89,34V/km$$

Dadas las longitudes de la línea subterránea en proyecto, se obtiene la caída de tensión en la línea:

- Tramo pto. Conexión-CSPM: $e = 89,34 \cdot 0,017 = 1,519V$ (0,01%)
- Tramo CSPM-CT: $e = 89,34 \cdot 0,089 = 7,951V$ (0,053%)

De los cálculos expuestos se deduce que el tipo de conductores elegidos son válidos para las necesidades de la instalación, cumpliendo con todas las condiciones exigidas tanto en lo que concierne a caídas de tensión, capacidad de transporte y pérdidas de potencia.

2.1.3 **Intensidades de cortocircuito**

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

S_{cc} : potencia de cortocircuito de la red [MVA]

U_p : tensión de servicio [kV]

I_{ccp} : corriente de cortocircuito [kA]

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p} = \frac{53,7}{\sqrt{3} \cdot 15} = 2,06 \text{ kA}$$

Según catálogo de fabricante, el conductor seleccionado soporta una solicitud térmica a cortocircuito de hasta 22,6 kA durante 1 seg. del conductor RH5Z1 3x1x240 mm² Al 12/20 kV que es el más desfavorable.

CAPÍTULO 2: CÁLCULO MECÁNICO LÍNEA AÉREA DE M.T.

1. CÁLCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES

Características Mecánicas del conductor

Denominación	LA – 56
Sección	54,6 mm²
Diámetro	9,45 mm
Peso	0,190 kg/m
Modulo elástico	8.100 kg/mm²
Coef. dilatación lineal	19,1 x 10⁻⁶ °C⁻¹
Carga de Rotura	1.666 kg

Tabla 17. Características mecánicas LA-56

De acuerdo con el vigente Reglamento Técnico de Líneas A.T., se elaboran dos tablas:

- Tabla de cálculo mecánico de conductores: en la que figuran las tensiones y flechas correspondientes a las hipótesis de cálculo.
- Tabla de regulación de conductores: en la que figuran los datos necesarios para la obtención de las flechas y tenses a utilizar en la regulación y posterior engrapado de los conductores, correspondientes a diferentes temperaturas sin sobrecargas y para diferentes vanos.

Condiciones básicas para el cálculo:

- El coeficiente de seguridad elegido para el cálculo será superior a 3 (límite estático)
- La tensión de trabajo de los conductores a 15°C, sin sobrecarga será la del EDS que será inferior al 8% (límite dinámico)
- Zona de cálculo reglamentaria “B”.

Cálculos:

Para la obtención de las tensiones de los diferentes estados de temperatura y sobrecarga se utiliza la ecuación del cambio de condiciones, partiendo de una tensión fijada previamente para otras condiciones iniciales de temperatura y sobrecarga, en nuestro caso:

-15 °C + Hielo (Tense máximo).

$$T_2^2 \cdot \left(T + \frac{p_1^2 \cdot a_1^2}{24 \cdot T_1^2} \cdot E \cdot S + E \cdot S \cdot \alpha (\theta_2 - \theta_1) - T_1 \right) = \frac{p_2^2 \cdot a_2^2}{24} \cdot E \cdot S$$

Siendo:

a = Vano de cálculo en m T_1 = Tensión inicial del conductor en daN

T_2 = Tensión final del conductor en daN P_1 = Peso unitario inicial del conductor en kg/m

P_2 = Peso unitario final del conductor en kg/m

α = Coeficiente de dilatación lineal del conductor en mm/°C

θ_1 = Temperatura inicial del conductor en °C

θ_2 = Temperatura final del conductor en °C

E = Módulo de elasticidad del conductor en kg/mm²

S = Sección del conductor en mm²

Las flechas correspondientes se han determinado mediante la ecuación:

$$f = \frac{a^2 \cdot P}{8 \cdot T}$$

Siendo:

f = Flecha en metros

P = Peso del conductor con o sin sobrecarga en daN/m

a = Vano en metros

T = Tensión total del conductor en daN

➤ TABLA DE CALCULO MECÁNICO DE CONDUCTORES Y DE REGULACIÓN

LINEA AEREA M.T.		
Zona B	Conductor:	LA56
Sección:	54,6 mm ²	
Diámetro:	9,45 mm	
Mod. Elástico:	7900 daN/mm ²	
Coef. Dilatación:	0,0000191 °C ⁻¹	
Peso cable:	0,19 daN/m	
Carga rotura:	1660 daN	
Viento:	0,57 daN/m	
Hielo:	0,55 daN/m	
Vano de regulacion:	94 m	
Parámetros:	Máximo:	519
	Mínimo:	1032
HIPOTESIS	TENSION (daN)	FLECHA (m)
-15°C hielo	463	1,77
-10°C viento	388	1,70
+15°C viento	329	2,01
50°C	99	2,13
0°C hielo	422	1,95
-15°C	196	1,07
-5°C viento	374	1,77
45°C	102	2,06
40°C	106	1,99
35°C	110	1,91
30°C	114	1,84
25°C	119	1,76
20°C	125	1,68
15°C	131	1,60
10°C	138	1,52
5°C	147	1,43
0°C	156	1,34
-5°C	168	1,25
-10°C	181	1,16

Vano regulación 1

LINEA AEREA M.T.		
Zona B	Conductor:	LA56
Sección:	54,6 mm ²	
Diámetro:	9,45 mm	
Mod. Elástico:	7900 daN/mm ²	
Coef. Dilatación:	0,0000191 °C ⁻¹	
Peso cable:	0,19 daN/m	
Carga rotura:	1660 daN	
Viento:	0,57 daN/m	
Hielo:	0,55 daN/m	
Vano de regulacion:	106 m	
Parámetros:	Máximo:	541
	Mínimo:	955
HIPOTESIS	TENSION (daN)	FLECHA (m)
-15°C hielo	469	2,19
-10°C viento	391	2,11
+15°C viento	339	2,44
50°C	103	2,55
0°C hielo	432	2,37
-15°C	181	1,44
-5°C viento	379	2,17
45°C	106	2,47
40°C	109	2,40
35°C	113	2,32
30°C	117	2,24
25°C	121	2,16
20°C	126	2,08
15°C	131	2,00
10°C	137	1,91
5°C	144	1,82
0°C	151	1,73
-5°C	160	1,64
-10°C	170	1,54

LINEA AEREA M.T.		
Zona B	Conductor:	LA56
Sección:	54,6 mm ²	
Diámetro:	9,45 mm	
Mod. Elástico:	7900 daN/mm ²	
Coef. Dilatación:	0,0000191 °C ⁻¹	
Peso cable:	0,19 daN/m	
Carga rotura:	1660 daN	
Viento:	0,57 daN/m	
Hielo:	0,55 daN/m	
Vano de regulacion:	140 m	
Parámetros:	Máximo:	590
	Mínimo:	828
HIPOTESIS	TENSION (daN)	FLECHA (m)
-15°C hielo	483	3,72
-10°C viento	398	3,63
+15°C viento	361	4,00
50°C	112	4,10
0°C hielo	456	3,94
-15°C	157	2,92
-5°C viento	390	3,71
45°C	114	4,02
40°C	117	3,94
35°C	119	3,85
30°C	122	3,77
25°C	125	3,68
20°C	128	3,59
15°C	131	3,50
10°C	135	3,41
5°C	139	3,31
0°C	143	3,22
-5°C	147	3,12
-10°C	152	3,02

Vano regulación 3

LINEA AEREA M.T.		
Zona B	Conductor:	LA56
Sección:	54,6 mm ²	
Diámetro:	9,45 mm	
Mod. Elástico:	7900 daN/mm ²	
Coef. Dilatación:	0,0000191 °C ⁻¹	
Peso cable:	0,19 daN/m	
Carga rotura:	1660 daN	
Viento:	0,57 daN/m	
Hielo:	0,55 daN/m	
Vano de regulacion:	120 m	
Parámetros:	Máximo: 566 Mínimo: 884	
HIPOTESIS	TENSION (daN)	FLECHA (m)
-15°C hielo	476	2,81
-10°C viento	395	2,73
+15°C viento	350	3,08
50°C	108	3,18
0°C hielo	444	3,01
-15°C	168	2,04
-5°C viento	385	2,80
45°C	110	3,11
40°C	113	3,03
35°C	116	2,95
30°C	119	2,87
25°C	123	2,78
20°C	127	2,70
15°C	131	2,61
10°C	136	2,52
5°C	141	2,43
0°C	147	2,33
-5°C	153	2,24
-10°C	160	2,14

Vano regulación 4

LINEA AEREA M.T.		
Zona B	Conductor:	LA56
Sección:	54,6 mm ²	
Diámetro:	9,45 mm	
Mod. Elástico:	7900 daN/mm ²	
Coef. Dilatación:	0,0000191 °C ⁻¹	
Peso cable:	0,19 daN/m	
Carga rotura:	1660 daN	
Viento:	0,57 daN/m	
Hielo:	0,55 daN/m	
Vano de regulacion:	172 m	
Parámetros:	Máximo: 603 Mínimo: 803	
HIPOTESIS	TENSION (daN)	FLECHA (m)
-15°C hielo	486	4,42
-10°C viento	400	4,32
+15°C viento	367	4,71
50°C	115	4,80
0°C hielo	463	4,64
-15°C	153	3,60
-5°C viento	393	4,40
45°C	117	4,71
40°C	119	4,63
35°C	121	4,54
30°C	123	4,46
25°C	126	4,37
20°C	128	4,28
15°C	131	4,19
10°C	134	4,09
5°C	137	4,00
0°C	141	3,90
-5°C	144	3,80
-10°C	148	3,70

Vano regulación 5

LINEA AEREA M.T.		
Zona B	Conductor:	LA56
Sección:	54,6 mm ²	
Diámetro:	9,45 mm	
Mod. Elástico:	7900 daN/mm ²	
Coef. Dilatación:	0,0000191 °C ⁻¹	
Peso cable:	0,19 daN/m	
Carga rotura:	1660 daN	
Viento:	0,57 daN/m	
Hielo:	0,55 daN/m	
Vano de regulacion:	157 m	
Parámetros:	Máximo: 603 Mínimo: 803	
HIPOTESIS	TENSION (daN)	FLECHA (m)
-15°C hielo	486	4,42
-10°C viento	400	4,32
+15°C viento	367	4,71
50°C	115	4,80
0°C hielo	463	4,64
-15°C	153	3,60
-5°C viento	393	4,40
45°C	117	4,71
40°C	119	4,63
35°C	121	4,54
30°C	123	4,46
25°C	126	4,37
20°C	128	4,28
15°C	131	4,19
10°C	134	4,09
5°C	137	4,00
0°C	141	3,90
-5°C	144	3,80
-10°C	148	3,70

Vano regulación 6

LINEA AEREA M.T.		
Zona B	Conductor:	LA56
Sección:	54,6 mm ²	
Diámetro:	9,45 mm	
Mod. Elástico:	7900 daN/mm ²	
Coef. Dilatación:	0,0000191 °C ⁻¹	
Peso cable:	0,19 daN/m	
Carga rotura:	1660 daN	
Viento:	0,57 daN/m	
Hielo:	0,55 daN/m	
Vano de regulacion:	160 m	
Parámetros:	Máximo: 603 Mínimo: 803	
HIPOTESIS	TENSION (daN)	FLECHA (m)
-15°C hielo	486	4,42
-10°C viento	400	4,32
+15°C viento	367	4,71
50°C	115	4,80
0°C hielo	463	4,64
-15°C	153	3,60
-5°C viento	393	4,40
45°C	117	4,71
40°C	119	4,63
35°C	121	4,54
30°C	123	4,46
25°C	126	4,37
20°C	128	4,28
15°C	131	4,19
10°C	134	4,09
5°C	137	4,00
0°C	141	3,90
-5°C	144	3,80
-10°C	148	3,70

Vano regulación 7

LINEA AEREA M.T.		
Zona B	Conductor:	LA56
Sección:	54,6 mm ²	
Diámetro:	9,45 mm	
Mod. Elástico:	7900 daN/mm ²	
Coef. Dilatación:	0,0000191 °C ⁻¹	
Peso cable:	0,19 daN/m	
Carga rotura:	1660 daN	
Viento:	0,57 daN/m	
Hielo:	0,55 daN/m	
Vano de regulacion:	203 m	
Parámetros:	Máximo: 603 Mínimo: 803	
HIPOTESIS	TENSION (daN)	FLECHA (m)
-15°C hielo	486	4,42
-10°C viento	400	4,32
+15°C viento	367	4,71
50°C	115	4,80
0°C hielo	463	4,64
-15°C	153	3,60
-5°C viento	393	4,40
45°C	117	4,71
40°C	119	4,63
35°C	121	4,54
30°C	123	4,46
25°C	126	4,37
20°C	128	4,28
15°C	131	4,19
10°C	134	4,09
5°C	137	4,00
0°C	141	3,90
-5°C	144	3,80
-10°C	148	3,70

Vano regulación 8

LINEA AEREA M.T.		
Zona B	Conductor:	LA56
Sección:	54,6 mm ²	
Diámetro:	9,45 mm	
Mod. Elástico:	7900 daN/mm ²	
Coef. Dilatación:	0,0000191 °C ⁻¹	
Peso cable:	0,19 daN/m	
Carga rotura:	1660 daN	
Viento:	0,57 daN/m	
Hielo:	0,55 daN/m	
Vano de regulacion:	156 m	
Parámetros:	Máximo: 603 Mínimo: 803	
HIPOTESIS	TENSION (daN)	FLECHA (m)
-15°C hielo	486	4,42
-10°C viento	400	4,32
+15°C viento	367	4,71
50°C	115	4,80
0°C hielo	463	4,64
-15°C	153	3,60
-5°C viento	393	4,40
45°C	117	4,71
40°C	119	4,63
35°C	121	4,54
30°C	123	4,46
25°C	126	4,37
20°C	128	4,28
15°C	131	4,19
10°C	134	4,09
5°C	137	4,00
0°C	141	3,90
-5°C	144	3,80
-10°C	148	3,70

Vano regulación 9

LINEA AEREA M.T.		
Zona B	Conductor:	LA56
Sección:	54,6 mm ²	
Diámetro:	9,45 mm	
Mod. Elástico:	7900 daN/mm ²	
Coef. Dilatación:	0,0000191 °C ⁻¹	
Peso cable:	0,19 daN/m	
Carga rotura:	1660 daN	
Viento:	0,57 daN/m	
Hielo:	0,55 daN/m	
Vano de regulacion:	196 m	
Parámetros:	Máximo:	603
	Mínimo:	803
HIPOTESIS	TENSION (daN)	FLECHA (m)
-15°C hielo	486	4,42
-10°C viento	400	4,32
+15°C viento	367	4,71
50°C	115	4,80
0°C hielo	463	4,64
-15°C	153	3,60
-5°C viento	393	4,40
45°C	117	4,71
40°C	119	4,63
35°C	121	4,54
30°C	123	4,46
25°C	126	4,37
20°C	128	4,28
15°C	131	4,19
10°C	134	4,09
5°C	137	4,00
0°C	141	3,90
-5°C	144	3,80
-10°C	148	3,70

Vano regulación 10

2. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

2.1 Distancia a masa

Las dimensiones de los apoyos y armados utilizados aseguran que aún en los casos más desfavorables, la distancia entre conductor y masa se mantiene en cualquier caso por encima de la mínima que se establece en el R.L.A.T., que para líneas de 15 kV de tensión nominal es de 0,16 m como mínimo.

2.2 Distancia de los conductores al terreno

Según el artículo 6 apartado 4.1 Instrucción 08 del RD 223/2008 de Reglamento de Líneas de Alta Tensión, la distancia mínima de los conductores a cualquier punto del terreno, con flecha máxima, será de: $D_{add}+D_{el}=5,3+0,16=5,46$, adoptando una distancia mínima de **7 mts.**

2.3 Separación entre conductores

Según el apartado 5.4 Instrucción 07 del RD 223/2008 de Reglamento de Líneas de Alta Tensión, la distancia mínima entre conductores de fase se determinará con la siguiente expresión:

$$D=K\cdot\sqrt{F+L}+K'D_{pp}$$

Siendo:

K = Coeficiente de oscilación conductores. Tabla 16 del artículo mencionado.

En el caso que nos ocupa $K=0,65$

L = longitud de la cadena de aisladores ($L=0$ para amarre)

F = flecha máxima en metros

D_{pp} = Distancia mínima aérea especificada (Tabla 15 apartado 5.2)

K' = Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea.

En el caso que nos ocupa $K' = 0,75$

vanos	Longitud (m)	Flecha máxima (m)	Distancia entre conductores	Cruceta	
				Tipo	Separación
1-2	94,27	2,13	1,06	TR1-TB0	1,25
2-3	105,76	2,55	1,12	TB0-TB0	1,25
3-4	139,92	4,10	1,24	TB0-TB0	1,25
4-5	120,02	3,18	1,22	TB0-TB0	1,25
5-6	172,16	4,80	1,27	TB0-TB0	1,25
6-7	157,32	4,80	1,42	TB0-TB0	1,25
7-8	160,13	4,80	1,43	TB0-TB0	1,25
8-9	202,81	4,80	1,74	TB0-TB0	1,25
9-10	155,62	4,80	1,40	TB0-TB0	1,25
10-Exist	196,00	4,80	1,69	TB0-TR3	1,5

Tabla 18. Vanos de regulación, flecha máxima y distancia entre conductores

3. CÁLCULO MECÁNICO DE APOYOS

Los apoyos estarán sometidos a esfuerzos horizontales, longitudinales, verticales y de torsión que dependen de su situación y función en la línea y de la tensión mecánica transmitida por los conductores en las diferentes hipótesis de cálculo.

E = Esfuerzo útil requerido

T = Tense máximo (kg)

v = Sobrecarga de viento (kg/m^2)

d = Diámetro aparente del cable (m)

e_0 = Eolovano (semisuma de vanos concurrentes) (m)

n = Número de cables

Para cada una de las hipótesis y función del apoyo, en Zona B se obtienen las siguientes tablas de cálculo de apoyos:

Apoyo N°: 1		Conductor de fase						
Función: Fin de línea				daN				
Tipo: C-14-2000-TR1		Tenses	LA-56		Datos:	LA-56		
Desnivel	-5,67 m	T _{-5°C + viento}	-		Peso:	0,186		
Vano	94,27 m	T _{-10°C + viento}	473		S _{viento cálculo}	0,567		
Eolovano	47,14 m	T _{-15°C + hielo}	550		R _{hielo (ZONA B)}	0,739	daN/m	
		T _{-15°C + viento}	-		R _{hielo (ZONA C)}	-		
		T _{-20°C + hielo}	-	R _{viento (120) + peso}	0,597			
		Nº conductores	3					
		Seg. Reforzada	NO					

1ª Hipótesis: Viento		E _{viento} =	1.499 daN	<	2.070 daN
$E_v = n \cdot (s_v \cdot e_o + T_v)$		C _{seg} =	2,07	>	1,5

2ª Hipótesis: Hielo		E _{hielo} =	1.650 daN	<	2.340 daN
$E_h = n \cdot T_h$		C _{seg} =	2,13	>	1,5

4ª Hipótesis: Rotura conductor		E _{rotura útil} =	550 daN	<	1.655 daN
$E_r = T_h$		C _{seg} =	3,61	>	1,2
$M_T = T_h \cdot c$		M _{Torsor} =	688 daN.m		
$E_r = 2 \cdot T_h$	$M_T = 2 \cdot T_h \cdot c$	Tresbolillo			

Esfuerzo vertical/fase		$V = a_p \cdot p_{cond}$	a _p =	Viento	-1 m	Hielo	2 m	$V = a_p \cdot R_h$
$a_p = e_o + \frac{T_{m\acute{a}x}}{P_a} \left(\pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$		E _{vertical}	Viento	16 daN	<	300 daN		
			Hielo	18 daN	<	375 daN		

Tabla 19. Cálculo mecánico apoyo nº1

Apoyo Nº: 2		Conductor de fase								
Función: Alineación-Amarre										
Tipo: C-16-1000-TB0		Tenses		LA-56		daN	Datos:		LA-56	
Desnivel 1	5,67 m	T _{-5°C + viento}	-	-	daN		Peso:	0,186	daN/m	
Desnivel 2	1,18 m	T _{-10°C + viento}	466	466			S _{viento cálculo}	0,567		
Vano 1	94,27 m	T _{-15°C + hielo}	552	552			R _{hielo (ZONA B)}	0,739		
Vano 2	105,76 m	T _{-15°C + viento}	-	-			R _{hielo (ZONA C)}	-		
Eolovano	100,02 m	T _{-20°C + hielo}	-	-			R _{viento (120) + peso}	0,597		
Angulo desvio	167,780 g	Nº conductores		3						
Sen α/2	0,25036311									
Cos α/2	0,96815201	Seg. Reforzada		NO						

1ª Hipótesis: Viento

$$E_v = n \cdot \left(s_v \cdot e_o \cdot \cos \frac{\alpha}{2} + 2 \cdot T_v \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$E_{viento} = 865 \text{ daN} < 6.000 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 10,41 > 1,5$$

2ª Hipótesis: Hielo

$$E_h = n_{Fase} \cdot 2 \cdot T_{h.Fase} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$E_{hielo} = 829 \text{ daN} < 1.095 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 0,00 > 1,5$$

3ª Hipótesis: Desequilibrio de Tracciones

$$E_T = 1,5 \cdot T_h \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$E_{deseq.} = 1.424 \text{ daN} < 1.740 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 1,47 > 1,2$$

$$E_L = 0,5 \cdot T_h \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$M_T = 0$$

$$M_{TORSOR} = 334 \text{ daN.m}$$

$$E_{deseq} = n \cdot (E_T + E_L)$$

$$M_T = 0,5 \cdot T_h \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot c$$

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_h \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$E_{rotura \text{ útil}} = 673 \text{ daN} < 835 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 1,49 > 1,2$$

$$E_L = T_h \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$M_{TORSOR} = 668 \text{ daN.m}$$

$$E_{rot} = E_T + E_L$$

$$M_T = T_h \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot c$$

Esfuerzo vertical/fase

$$V = a_p \cdot p_{cond}$$

$$a_p = 156 \text{ m}$$

$$153 \text{ m}$$

$$V = a_p \cdot R_h$$

$$a_p = e_o + \frac{T_{máx}}{P_a} \left(\pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

$$E_{vertical}$$

Viento	61	daN	<	300	daN
Hielo	146	daN	<	375	daN

Tabla 20. Cálculo mecánico apoyo nº2

Apoyo N°: 3		Conductor de fase						
Función: Alineación-Suspensión								
Tipo: C-16-500-TB0		Tenses	LA-56		Datos:	LA-56		
Desnivel 1	1,18 m	T _{-5°C + viento}	-	daN	Peso:	0,186	daN/m	
Desnivel 2	-1,82 m	T _{-10°C + viento}	466		S _{viento cálculo}	0,567		
Vano 1	105,76 m	T _{-15°C + hielo}	552		R _{hielo (ZONA B)}	0,739		
Vano 2	139,92 m	T _{-15°C + viento}	-		R _{hielo (ZONA C)}	-		
		T _{-20°C + hielo}	-		R _{viento (120) + peso}	0,597		
Eolovano	122,84 m	Nº conductores		3				
		Seg. Reforzada		NO				

1ª Hipótesis: Viento

$$E_v = n \cdot s_v \cdot e_o$$

$$E_{viento} = 209 \text{ daN} < 555 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 3,98 > 1,5$$

3ª Hipótesis: Desequilibrio de Tracciones

$$M_T = 0$$

$$E_{deseq.} = 132 \text{ daN} < 1.020 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 9,24 > 1,2$$

$$M_T = 0,08 \cdot T_h \cdot c$$

Tresbolillo

$$M_{TORSOR} = 55 \text{ daN}$$

$$E_{deseq} = n \cdot E_L = n \cdot 0,08 \cdot T_h$$

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

$$E_L = 0,5 \cdot T_h$$

$$E_{rotura \text{ útil}} = 276 \text{ daN} < 835 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 3,63 > 1,2$$

$$M_T = 0,5 \cdot T_h \cdot c$$

$$M_{TORSOR} = 345 \text{ daN}$$

Esfuerzo vertical/fase

$$a_p = e_o + \frac{T_{máx}}{P_a} \left(\pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

$$V = a_p \cdot p_{cond}$$

Viento

Hielo

$$V = a_p \cdot R_h$$

E_{vertical}

$$a_p = 121 \text{ m}$$

$$V_{viento} = 35 \text{ daN} < 300 \text{ daN}$$

$$V_{hielo} = 102 \text{ daN} < 375 \text{ daN}$$

Tabla 21. Cálculo mecánico apoyo nº3

Apoyo N°: 4		Conductor de fase						
Función: Alineación-Suspensión								
Tipo: C-16-500-TB0		Tenses	LA-56		Datos:	LA-56		
Desnivel 1	-1,82 m	T _{-5° C} + viento	-	daN	Peso:	0,186	daN/m	
Desnivel 2	2,20 m	T _{-10° C} + viento	466		S _{viento} cálculo	0,567		
Vano 1	139,92 m	T _{-15° C} + hielo	552		R _{hielo} (ZONA B)	0,739		
Vano 2	120,02 m	T _{-15° C} + viento	-		R _{hielo} (ZONA C)	-		
		T _{-20° C} + hielo	-		R _{viento} (120) + peso	0,597		
Eolovano	129,97 m	Nº conductores		3				
		Seg. Reforzada		NO				

1ª Hipótesis: Viento

$$E_v = n \cdot s_v \cdot e_o$$

$$E_{viento} = 221 \text{ daN} < 555 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 3,77 > 1,5$$

3ª Hipótesis: Desequilibrio de Tracciones

$$M_T = 0$$

$$E_{deseq.} = 132 \text{ daN} < 1.020 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 9,24 > 1,2$$

$$M_T = 0,08 \cdot T_h \cdot c$$

Tresbolillo

$$M_{TORSOR} = 55 \text{ daN}$$

$$E_{deseq} = n \cdot E_L = n \cdot 0,08 \cdot T_h$$

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

$$E_L = 0,5 \cdot T_h$$

$$E_{rotura \text{ útil}} = 276 \text{ daN} < 835 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 3,63 > 1,2$$

$$M_T = 0,5 \cdot T_h \cdot c$$

$$M_{TORSOR} = 345 \text{ daN}$$

Esfuerzo vertical/fase

$$a_p = e_o + \frac{T_{máx}}{P_a} \left(\pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

$$V = a_p \cdot p_{cond}$$

Viento

Hielo

$$V = a_p \cdot R_h$$

E_{vertical}

$$V_{viento} = 37 \text{ daN} < 300 \text{ daN}$$

$$V_{hielo} = 111 \text{ daN} < 375 \text{ daN}$$

Tabla 22. Cálculo mecánico apoyo nº4

Apoyo N°: 5		Conductor de fase								
Función: Anclaje-Amarre										
Tipo: C-16-2000-TB0		Tenses		LA-56		daN	Datos:		LA-56	
Desnivel 1	2,20 m	T _{-5°C + viento}	-	-			Peso:	0,186		
Desnivel 2	-8,10 m	T _{-10°C + viento}	456	456			S _{viento cálculo}	0,567		
Vano 1	120,02 m	T _{-15°C + hielo}	548	548			R _{hielo (ZONA B)}	0,739		daN/m
Vano 2	172,16 m	T _{-15°C + viento}	-	-			R _{hielo (ZONA C)}	-		
Eolovano	146,09 m	T _{-20°C + hielo}	-	-			R _{viento (120) + peso}	0,597		
Angulo desvio	160,000 g	Nº conductores		3						
Sen α/2	0,30901699									
Cos α/2	0,95105652	Seg. Reforzada		NO						

1ª Hipótesis: Viento

$$E_v = n \cdot (s_v \cdot e_o \cdot \cos \frac{\alpha}{2} + 2 \cdot T_v \cdot \sin \frac{\alpha}{2})$$

$$E_{viento} = 1.082 \text{ daN} < 2.190 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 3,04 > 1,5$$

2ª Hipótesis: Hielo

$$E_h = n_{Fase} \cdot 2 \cdot T_{h.Fase} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$E_{hielo} = 1.016 \text{ daN} < 2.580 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 3,81 > 1,5$$

3ª Hipótesis: Desequilibrio de Tracciones

$$E_T = 1,5 \cdot T_h \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$E_{deseq.} = 1.544 \text{ daN} < 3.195 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 2,48 > 1,2$$

$$E_L = 0,5 \cdot T_h \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$M_T = 0$$

$$M_{TORSOR} = 326 \text{ daN.m}$$

$$E_{deseq} = n \cdot (E_T + E_L)$$

$$M_T = 0,5 \cdot T_h \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot c$$

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_h \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$E_{rotura \text{ útil}} = 691 \text{ daN} < 1.655 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 2,88 > 1,2$$

$$E_L = T_h \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$M_{TORSOR} = 651 \text{ daN.m}$$

$$E_{rot} = E_T + E_L$$

$$M_T = T_h \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot c$$

Esfuerzo vertical/fase

$$V = a_p \cdot p_{cond}$$

$$a_p = 124 \text{ m}$$

$$125 \text{ m}$$

$$V = a_p \cdot R_h$$

$$a_p = e_o + \frac{T_{máx}}{P_a} \left(\pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

$$E_{vertical}$$

$$\text{Viento } 56 \text{ daN} < 300 \text{ daN}$$

$$\text{Hielo } 125 \text{ daN} < 375 \text{ daN}$$

Tabla 23. Cálculo mecánico apoyo nº5

Apoyo N°: 6		Conductor de fase				
Función: Alineación-Suspensión						
Tipo: C-16-500-TB0		Tenses	LA-56	daN	Datos:	LA-56
Desnivel 1	-8,10 m	T.5º C + viento	-		Peso:	0,186
Desnivel 2	-4,45 m	T.10º C + viento	456		S.viento cálculo	0,567
Vano 1	172,16 m	T.15º C + hielo	548		R.hielo (ZONA B)	0,739
Vano 2	157,32 m	T.15º C + viento	-		R.hielo (ZONA C)	-
		T.20º C + hielo	-		R.viento (120) + peso	0,597
Eolovano	164,74 m					
		Nº conductores	3			
		Seg. Reforzada	NO			

1ª Hipótesis: Viento

$$E_v = n \cdot s_v \cdot e_o$$

$$E_{viento} = 280 \text{ daN} < 555 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 2,97 > 1,5$$

3ª Hipótesis: Desequilibrio de Tracciones

$$M_T = 0$$

$$E_{deseq.} = 132 \text{ daN} < 1.020 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 9,31 > 1,2$$

$$M_T = 0,08 \cdot T_h \cdot c$$

Tresbolillo

$$M_{TORSOR} = 55 \text{ daN}$$

$$E_{deseq} = n \cdot E_L = n \cdot 0,08 \cdot T_h$$

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

$$E_L = 0,5 \cdot T_h$$

$$E_{rotura \text{ útil}} = 274 \text{ daN} < 835 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 3,66 > 1,2$$

$$M_T = 0,5 \cdot T_h \cdot c$$

$$M_{TORSOR} = 343 \text{ daN}$$

Esfuerzo vertical/fase

$$V = a_p \cdot p_{cond}$$

Viento

Hielo

$$V = a_p \cdot R_h$$

$$a_p = e_o + \frac{T_{max}}{P_a} \left(\pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

E_{vertical}

$$a_p = 107 \text{ m}$$

$$109$$

$$\text{Viento} \quad 32 \text{ daN} < 300 \text{ daN}$$

$$\text{Hielo} \quad 93 \text{ daN} < 375 \text{ daN}$$

Tabla 24. Cálculo mecánico apoyo nº6

Apoyo N°: 7		Conductor de fase								
Función: Anclaje-Amarre										
Tipo: C-18-500-TB0		Tenses		LA-56		daN	Datos:		LA-56	
Desnivel 1	-4,45 m	T _{-5°C + viento}	-	-			Peso:	0,186		
Desnivel 2	2,23 m	T _{-10°C + viento}	456	453			S _{viento cálculo}	0,567		
Vano 1	157,32 m	T _{-15°C + hielo}	548	547			R _{hielo (ZONA B)}	0,739		daN/m
Vano 2	160,13 m	T _{-15°C + viento}	-	-			R _{hielo (ZONA C)}	-		
Eolovano	158,73 m	T _{-20°C + hielo}	-	-			R _{viento (120) + peso}	0,597		
Angulo desvio	188,890 g	Nº conductores		3						
Sen α/2	0,08714705									
Cos α/2	0,99619546	Seg. Reforzada		NO						

1ª Hipótesis: Viento

$$E_v = n \cdot \left(s_v \cdot e_o \cdot \cos \frac{\alpha}{2} + 2 \cdot T_v \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$E_{viento} = 507 \text{ daN} < 555 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 1,64 > 1,5$$

2ª Hipótesis: Hielo

$$E_h = n_{Fase} \cdot 2 \cdot T_{h.Fase} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$E_{hielo} = 287 \text{ daN} < 780 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 4,08 > 1,5$$

3ª Hipótesis: Desequilibrio de Tracciones

$$E_T = 1,5 \cdot T_h \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$E_{deseq.} = 1.034 \text{ daN} < 1.080 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 1,25 > 1,2$$

$$E_L = 0,5 \cdot T_h \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$M_T = 0$$

$$M_{TORSOR} = 341 \text{ daN.m}$$

$$E_{deseq} = n \cdot (E_T + E_L)$$

$$M_T = 0,5 \cdot T_h \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot c$$

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

$$E_T = T_h \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$E_{rotura \text{ útil}} = 594 \text{ daN} < 835 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 1,69 > 1,2$$

$$E_L = T_h \cdot \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$M_{TORSOR} = 682 \text{ daN.m}$$

$$E_{rot} = E_T + E_L$$

$$M_T = T_h \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \cdot c$$

Esfuerzo vertical/fase

$$V = a_p \cdot p_{cond}$$

$$a_p = 148 \text{ m}$$

$$148 \text{ m}$$

$$V = a_p \cdot R_h$$

$$a_p = e_o + \frac{T_{máx}}{P_a} \left(\pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

$$E_{vertical}$$

$$\text{Viento } 60 \text{ daN} < 300 \text{ daN}$$

$$\text{Hielo } 142 \text{ daN} < 375 \text{ daN}$$

Tabla 25. Cálculo mecánico apoyo nº7

Apoyo N°: 8		Conductor de fase						
Función: Alineación-Suspensión								
Tipo: C-20-500-TB0		Tenses	LA-56		Datos:	LA-56		
Desnivel 1	2,23 m	T _{-5° C + viento}	-	daN	Peso:	0,186	daN/m	
Desnivel 2	-0,21 m	T _{-10° C + viento}	453		S _{viento cálculo}	0,567		
Vano 1	160,13 m	T _{-15° C + hielo}	547		R _{hielo (ZONA B)}	0,739		
Vano 2	202,81 m	T _{-15° C + viento}	-		R _{hielo (ZONA C)}	-		
		T _{-20° C + hielo}	-		R _{viento (120) + peso}	0,597		
Eolovano	181,47 m	Nº conductores		3				
		Seg. Reforzada		NO				

1ª Hipótesis: Viento

$$E_v = n \cdot s_v \cdot e_o$$

$$E_{viento} = 309 \text{ daN} < 555 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 2,70 > 1,5$$

3ª Hipótesis: Desequilibrio de Tracciones

$$M_T = 0$$

$$E_{deseq.} = 131 \text{ daN} < 1.020 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 9,32 > 1,2$$

$$M_T = 0,08 \cdot T_h \cdot c$$

Tresbolillo

$$M_{TORSOR} = 55 \text{ daN}$$

$$E_{deseq} = n \cdot E_L = n \cdot 0,08 \cdot T_h$$

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

$$E_L = 0,5 \cdot T_h$$

$$E_{rotura \text{ útil}} = 274 \text{ daN} < 835 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 3,66 > 1,2$$

$$M_T = 0,5 \cdot T_h \cdot c$$

$$M_{TORSOR} = 342 \text{ daN}$$

Esfuerzo vertical/fase

$$a_p = e_o + \frac{T_{máx}}{P_a} \left(\pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

$$V = a_p \cdot p_{cond}$$

Viento

Hielo

$$a_p = 191 \text{ m}$$

$$191$$

$$V = a_p \cdot R_h$$

E_{vertical}

$$\text{Viento} \quad 48 \text{ daN} < 300 \text{ daN}$$

$$\text{Hielo} \quad 154 \text{ daN} < 375 \text{ daN}$$

Tabla 26. Cálculo mecánico apoyo nº8

Apoyo N°: 9		Conductor de fase					
Función: Alineación-Suspensión							
Tipo: C-22-500-TB0		Tenses	LA-56	daN	Datos:	LA-56	daN/m
Desnivel 1	-0,21 m	T _{-5°C + viento}	-		Peso:	0,186	
Desnivel 2	-2,95 m	T _{-10°C + viento}	453		S _{viento cálculo}	0,567	
Vano 1	202,81 m	T _{-15°C + hielo}	547		R _{hielo (ZONA B)}	0,739	
Vano 2	155,62 m	T _{-15°C + viento}	-		R _{hielo (ZONA C)}	-	
		T _{-20°C + hielo}	-		R _{viento (120) + peso}	0,597	
Eolovano	179,22 m	Nº conductores			3		
		Seg. Reforzada			NO		

1ª Hipótesis: Viento

$$E_v = n \cdot s_v \cdot e_o$$

$$E_{viento} = 305 \text{ daN} < 555 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 2,73 > 1,5$$

3ª Hipótesis: Desequilibrio de Tracciones

$$M_T = 0$$

$$E_{deseq.} = 131 \text{ daN} < 1.020 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 9,32 > 1,2$$

$$M_T = 0,08 \cdot T_h \cdot c$$

Tresbolillo

$$M_{TORSOR} = 55 \text{ daN}$$

$$E_{deseq} = n \cdot E_L = n \cdot 0,08 \cdot T_h$$

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

$$E_L = 0,5 \cdot T_h$$

$$E_{rotura \text{ útil}} = 274 \text{ daN} < 835 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 3,66 > 1,2$$

$$M_T = 0,5 \cdot T_h \cdot c$$

$$M_{TORSOR} = 342 \text{ daN}$$

Esfuerzo vertical/fase

$$a_p = e_o + \frac{T_{máx}}{P_a} \left(\pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

$$V = a_p \cdot p_{cond}$$

Viento

Hielo

$$a_p = 164 \text{ m}$$

$$164$$

$$V = a_p \cdot R_h$$

E_{vertical}

$$\text{Viento} \quad 43 \text{ daN} < 300 \text{ daN}$$

$$\text{Hielo} \quad 134 \text{ daN} < 375 \text{ daN}$$

Tabla 27. Cálculo mecánico apoyo nº9

Apoyo N°: 10		Conductor de fase				
Función: Alineación-Suspensión						
Tipo: C-22-500-TB0		Tenses	LA-56		Datos:	LA-56
Desnivel 1	-2,95 m	T _{-5°C + viento}	-	daN	Peso:	0,186
Desnivel 2	-5,85 m	T _{-10°C + viento}	453		S _{viento cálculo}	0,567
Vano 1	155,62 m	T _{-15°C + hielo}	547		R _{hielo (ZONA B)}	0,739
Vano 2	196,00 m	T _{-15°C + viento}	-		R _{hielo (ZONA C)}	-
		T _{-20°C + hielo}	-		R _{viento (120) + peso}	0,597
Eolovano	175,81 m	Nº conductores		3		
		Seg. Reforzada		NO		

1ª Hipótesis: Viento

$$E_v = n \cdot s_v \cdot e_o$$

$$E_{viento} = 299 \text{ daN} < 555 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 2,78 > 1,5$$

3ª Hipótesis: Desequilibrio de Tracciones

$$M_T = 0$$

$$E_{deseq.} = 131 \text{ daN} < 1.020 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 9,32 > 1,2$$

$$M_T = 0,08 \cdot T_h \cdot c$$

Tresbolillo

$$M_{TORSOR} = 55 \text{ daN}$$

$$E_{deseq} = n \cdot E_L = n \cdot 0,08 \cdot T_h$$

4ª Hipótesis: Rotura de conductores

$$E_L = 0,5 \cdot T_h$$

$$E_{rotura \text{ útil}} = 274 \text{ daN} < 835 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 3,66 > 1,2$$

$$M_T = 0,5 \cdot T_h \cdot c$$

$$M_{TORSOR} = 342 \text{ daN}$$

Esfuerzo vertical/fase

$$V = a_p \cdot p_{cond}$$

Viento

Hielo

$$V = a_p \cdot R_h$$

$$a_p = e_o + \frac{T_{max}}{P_a} \left(\pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

E_{vertical}

$$a_p = 139 \text{ m}$$

$$140$$

$$\text{Viento} \quad 38 \text{ daN} < 300 \text{ daN}$$

$$\text{Hielo} \quad 116 \text{ daN} < 375 \text{ daN}$$

Tabla 28. Cálculo mecánico apoyo nº10

Apoyo N°: Exist		Conductor de fase				
Función: Fin de línea					Datos:	
Tipo: C-16-2000-TR3		Tenses	LA-56			LA-56
Desnivel	-5,85 m	T _{-5°C + viento}	-	daN	Peso:	0,186
Vano	196 m	T _{-10°C + viento}	453		S _{viento cálculo}	0,567
		T _{-15°C + hielo}	547		R _{hielo (ZONA B)}	0,739
		T _{-15°C + viento}	-		R _{hielo (ZONA C)}	-
		T _{-20°C + hielo}	-		R _{viento (120) + peso}	0,597
Eolovano	98,00 m					
		Nº conductores	3			
		Seg. Reforzada	NO			

1ª Hipótesis: Viento

$$E_{viento} = 1.526 \text{ daN} < 2.100 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 2,06 > 1,5$$

$$E_v = n \cdot (s_v \cdot e_o + T_v)$$

2ª Hipótesis: Hielo

$$E_{hielo} = 1.641 \text{ daN} < 2.415 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 2,21 > 1,5$$

$$E_h = n \cdot T_h$$

4ª Hipótesis: Rotura conductor

$$E_{rotura \text{ útil}} = 547 \text{ daN} < 1.240 \text{ daN}$$

$$C_{seg} = 2,72 > 1,2$$

$$E_r = T_h$$

$$M_T = T_h \cdot c$$

$$M_{Torsor} = 957 \text{ daN.m}$$

$$E_r = 2 \cdot T_h$$

$$M_T = 2 \cdot T_h \cdot c$$

Tresbolillo

Esfuerzo vertical/fase

$$V = a_p \cdot p_{cond}$$

$$a_p = \begin{matrix} \text{Viento} \\ 75 \end{matrix} \text{ m}$$

$$\begin{matrix} \text{Hielo} \\ 76 \end{matrix} \text{ m}$$

$$V = a_p \cdot R_h$$

$$a_p = e_o + \frac{T_{máx}}{P_a} \left(\pm \frac{d_1}{a_1} \pm \frac{d_2}{a_2} \right)$$

E_{vertical}

$$\begin{matrix} \text{Viento} \\ 30 \end{matrix} \text{ daN} < 300 \text{ daN}$$

$$\begin{matrix} \text{Hielo} \\ 72 \end{matrix} \text{ daN} < 375 \text{ daN}$$

Tabla 29. Cálculo mecánico apoyo Existente

4. CÁLCULO DE CIMENTACIONES

El cálculo de cimentaciones de los apoyos se realizará teniendo en cuenta todo lo que al respecto se especifica en el art. 3.6 del R.L.A.T.

El momento de fallo a vuelco del apoyo es:

$$M_v = F \cdot \left(h + \frac{2}{3} t \right) + F_v \left(\frac{h_t}{2} + \frac{2}{3} t \right)$$

y el momento resistente al vuelco será:

$$M_r = M_1 + M_2$$

siendo:

M_1 = Momento debido al empotramiento lateral del terreno

M_2 = Momento debido a las cargas verticales

$$M_1 = 139 \cdot k \cdot a \cdot t^4 \quad M_2 = 880 \cdot a^3 \cdot t + 0,4 \cdot p \cdot a$$

donde:

K = Coeficiente compresibilidad del terreno kg/cm^3

F = Esfuerzo nominal del apoyo en kg

t = profundidad de la cimentación en m

a = anchura de la cimentación en m

h = altura de la cimentación en m

p = peso torre y herrajes en kg

Teniendo en cuenta el punto 3.6.1 de la ITC-LAT 07 del RD 223/08, se debe cumplir:

$$M_1 + M_2 \geq M_v$$

Se realizarán las cimentaciones siguiendo la recomendación del fabricante, eligiendo de la tabla las dimensiones correspondientes al coeficiente de compresibilidad en función del terreno donde se ubique el apoyo:

Terreno blando: $K=8 \text{ Kg/cm}^2 \times \text{cm}$

Terreno normal: $K=12 \text{ Kg/cm}^2 \times \text{cm}$

Terreno duro: $K=16 \text{ Kg/cm}^2 \times \text{cm}$

		K = 8							K = 12							K = 16						
		500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000	500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000	500	1.000	2.000	3.000	4.500	7.000	9.000
10	a	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...	0,86	0,85	0,90	0,91	0,92	...	...
	h	1,55	1,80	2,11	2,32	2,54	...	...	1,40	1,63	1,91	2,10	2,30	...	...	1,31	1,52	1,78	1,96	2,14	...	...
	V	1,15	1,30	1,71	1,92	2,15	...	...	1,04	1,18	1,55	1,74	1,95	...	...	0,97	1,10	1,44	1,62	1,81	...	...
12	a	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36	0,93	0,92	0,97	0,98	0,99	1,36	1,36
	h	1,60	1,86	2,16	2,39	2,62	2,84	2,84	1,45	1,69	1,96	2,16	2,37	2,42	2,58	1,35	1,57	1,83	2,02	2,21	2,27	2,40
	V	1,38	1,57	2,03	2,30	2,57	5,25	5,25	1,25	1,43	1,84	2,07	2,32	4,48	4,77	1,17	1,33	1,72	1,94	2,17	4,20	4,44
14	a	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,55	1,58	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,55	1,58	1,01	1,01	1,05	1,06	1,09	1,55	1,58
	h	1,64	1,90	2,22	2,43	2,67	2,68	2,84	1,49	1,72	2,01	2,20	2,41	2,43	2,58	1,39	1,61	1,88	2,05	2,25	2,31	2,40
	V	1,67	1,94	2,45	2,73	3,17	6,44	7,09	1,52	1,75	2,22	2,47	2,86	5,84	6,44	1,42	1,64	2,07	2,30	2,67	5,55	5,99
16	a	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,76	1,77	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,76	1,77	1,08	1,07	1,13	1,16	1,16	1,76	1,77
	h	1,68	1,95	2,26	2,47	2,72	2,68	2,85	1,53	1,76	2,05	2,24	2,47	2,43	2,58	1,42	1,72	1,91	2,08	2,35	2,31	2,41
	V	1,96	2,23	2,89	3,32	3,66	8,30	8,93	1,78	2,02	2,62	3,01	3,32	7,53	8,08	1,66	1,97	2,44	2,80	3,16	7,16	7,55
18	a	1,16	1,15	1,22	1,23	1,28	1,95	1,97	1,16	1,15	1,22	1,23	1,28	1,95	1,97	1,16	1,15	1,22	1,23	1,28	1,95	1,97
	h	1,71	1,98	2,29	2,51	2,74	2,68	2,85	1,55	1,79	2,08	2,27	2,48	2,43	2,59	1,45	1,72	1,94	2,12	2,40	2,31	2,41
	V	2,30	2,62	3,41	3,80	4,49	10,19	11,06	2,09	2,37	3,10	3,43	4,06	9,24	10,05	1,95	2,27	2,89	3,21	3,93	8,78	9,35
20	a	1,22	1,22	1,31	1,33	1,38	2,13	2,16	1,22	1,22	1,31	1,33	1,38	2,13	2,16	1,22	1,22	1,31	1,33	1,38	2,13	2,16
	h	1,74	2,01	2,32	2,53	2,76	2,68	2,85	1,58	1,82	2,10	2,29	2,50	2,43	2,59	1,50	1,72	1,96	2,20	2,40	2,31	2,41
	V	2,59	2,99	3,98	4,48	5,26	12,16	13,30	2,35	2,71	3,60	4,05	4,76	11,02	12,08	2,23	2,56	3,36	3,89	4,57	10,48	11,24
22	a	1,31	1,31	1,38	1,40	1,47	2,30	2,34	1,31	1,31	1,38	1,40	1,47	2,30	2,34	1,31	1,31	1,38	1,40	1,47	2,30	2,34
	h	1,77	2,03	2,35	2,56	2,79	2,68	2,85	1,60	1,84	2,13	2,32	2,53	2,43	2,59	1,53	1,72	1,98	2,20	2,40	2,31	2,41
	V	3,04	3,48	4,48	5,02	6,03	14,18	15,61	2,75	3,16	4,06	4,55	5,47	12,85	14,18	2,63	2,95	3,77	4,31	5,19	12,22	13,20
24	a	1,39	1,39	1,45	1,47	1,53	2,47	2,52	1,39	1,39	1,45	1,47	1,53	2,47	2,52	1,39	1,39	1,45	1,47	1,53	2,47	2,52
	h	1,79	2,05	2,38	2,60	2,83	2,68	2,85	1,62	1,86	2,15	2,35	2,56	2,44	2,59	1,53	1,73	2,01	2,20	2,40	2,35	2,41
	V	3,46	3,96	5,00	5,62	6,62	16,35	18,10	3,13	3,59	4,52	5,08	5,99	14,89	16,45	2,96	3,34	4,23	4,75	5,62	14,34	15,30
26	a	1,45	1,47	1,55	1,57	1,66	2,64	2,70	1,45	1,47	1,55	1,57	1,66	2,64	2,70	1,45	1,47	1,55	1,57	1,66	2,64	2,70
	h	1,81	2,07	2,39	2,61	2,83	2,68	2,85	1,65	1,88	2,16	2,36	2,56	2,45	2,59	1,54	1,75	2,02	2,20	2,40	2,41	2,49
	V	3,81	4,47	5,74	6,43	7,80	18,68	20,78	3,47	4,06	5,19	5,82	7,05	17,08	18,88	3,24	3,78	4,85	5,42	6,61	16,80	18,15
28	a	1,53	1,54	1,61	1,66	1,72	2,79	2,88	1,53	1,54	1,61	1,66	1,72	2,79	2,88	1,53	1,54	1,61	1,66	1,72	2,79	2,88
	h	1,84	2,09	2,41	2,62	2,86	2,68	2,85	1,67	1,89	2,19	2,38	2,59	2,45	2,59	1,56	1,77	2,04	2,22	2,42	2,45	2,49
	V	4,31	4,96	6,25	7,22	8,46	20,86	23,64	3,91	4,48	5,68	6,56	7,66	19,07	21,48	3,65	4,20	5,29	6,12	7,16	19,07	20,65
30	a	1,60	1,62	1,71	1,74	1,84	3,00	3,10	1,60	1,62	1,71	1,74	1,84	3,00	3,10	1,60	1,62	1,71	1,74	1,84	3,00	3,10
	h	1,85	2,11	2,42	2,64	2,86	2,71	2,85	1,68	1,91	2,19	2,39	2,59	2,55	2,59	1,61	1,79	2,04	2,28	2,42	2,55	2,49
	V	4,74	5,54	7,08	7,99	9,68	24,39	27,39	4,30	5,01	6,40	7,24	8,77	22,95	24,98	4,12	4,70	5,97	6,90	8,19	22,95	23,93

Tabla 30. Dimensiones cimentaciones de los apoyos

5. AISLAMIENTO Y HERRAJES

Según establece la ITC-LAT 07, apartado 3.4, el coeficiente de seguridad mecánico de los aisladores no será inferior a 3.

$$C.S = \text{Carga rotura aislador} / T_{\text{máx}} = 7000 / 530 = 13,20 > 3$$

6. DISTANCIAS DE SEGURIDAD: CRUZAMIENTOS, PARALELISMOS Y PASO POR ZONAS

▪ Cruces:

Línea 15 kV con:	Distancia Vertical	Distancia Mínima
Líneas Eléctricas y de Telecomunicación	$D > 1,5 + D_{el} mts$	2 m
Carreteras y Ferrocarriles sin electrificar	$D > 6,3 + D_{el} mts$	7 m
Ferrocarriles electrificados	$D > 3,5 + D_{el} mts$	4 m
Ríos y canales, navegables o flotables	$D > G + 2,3 + D_{el} mts$	7,16 m

Tabla 31. Distancias de seguridad por cruces

▪ Paralelismos:

Línea 15 kV con:	Distancia Horizontal
Líneas Eléctricas	1,5 veces la altura del apoyo más alto
Líneas de Telecomunicación	1,5 veces la altura del apoyo más alto
Vías de comunicación	Ctra. Nacional, comarcal y local: 25 mts Autopista: 50 mts o 1,5 veces la altura del apoyo
Ferrocarriles y cursos de agua navegables	25 mts o 1,5 veces la altura del apoyo

Tabla 32. Distancias de seguridad por paralelismos

▪ Paso por zonas:

Línea 15 kV con:	Distancia Mínima
Edificios zona accesible	6 m
Edificios zona inaccesible	4 m
Arbolado	2 m
Al terreno	6 m

Tabla 33. Distancias de seguridad paso por zonas

7. AFECCIONES

Nº DE FINCA	POLÍGONO	PARCELA	APOYO Nº
1	41	111	1
2	41	50	2
3	38	63	3
4	38	58	4
5	38	80	5
6	38	84	6
7	37	62	7
8	37	61	8
9	33	16	9
10	32	16	10
11	27	20	Exist

Tabla 34. Parcelas afectadas por los apoyos

8. LISTADO DE APOYOS

La línea se ha diseñado con los siguientes apoyos	FUNCIÓN	TIPO APOYO	CADENAS DE AISLAMIENTO	Coordenada X	Coordenada Y
1	FL	C-2000-14	AMARRE	690.920	4.563.189
2	AN-AM	C-2000-16	AMARRE	691.014	4.563.176
3	AL-SU	C-500-16	SUSPENSIÓN	691.099	4.563.113
4	AL-SU	C-500-16	SUSPENSIÓN	691.211	4.563.030
5	AN-AM	C-2000-16	AMARRE	691.308	4.562.959
6	AL-SU	C-500-16	SUSPENSIÓN	691.480	4.562.958
7	AN-AM	C-1000-18	AMARRE	691.637	4.562.957
8	AL-SU	C-500-20	SUSPENSIÓN	691.795	4.562.985
9	AL-SU	C-500-22	SUSPENSIÓN	691.995	4.563.021
10	AL-SU	C-500-16	SUSPENSIÓN	6.912.180	4.563.054
Exist	FL	C-2000-16	AMARRE	692.340	4.563.082

Tabla 35. Tipos y coordenadas de los apoyos

9. PUESTA A TIERRA DE LOS APOYOS

9.1 Datos iniciales

Para el cálculo de la instalación de puesta a tierra y de las tensiones de paso y contacto se empleará el procedimiento del *“Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”*, editado por UNESA y sancionado por la práctica.

Los datos necesarios para realizar el cálculo serán:

U Tensión de servicio de la red (V).

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

Duración de la falta:

Tipo de relé para desconexión inicial (Tiempo Independiente).

I_a' Intensidad de arranque del relé de desconexión inicial (A).

t' Relé de desconexión inicial a tiempo independiente. Tiempo de actuación del relé (s).

Reenganche rápido, no superior a 0'5 seg. (No).

Para el caso de red con neutro aislado:

C_a Capacidad homopolar de la línea aérea (F/Km). Normalmente se adopta $C_a=0,006 \mu F/Km$.

L_a Longitud total de las líneas aéreas de media tensión subsidiarias de la misma transformación AT/MT (Km).

C_c Capacidad homopolar de la línea subterránea (F/Km). Normalmente se adopta $C_c=0,25 \mu F/Km$.

L_c Longitud total de las líneas subterráneas de media tensión subsidiarias de la misma transformación AT/MT (Km).

ω Pulsación de la corriente ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314,16$ rad/s).

A continuación, se detallan los pasos a seguir para el cálculo y diseño de la instalación de tierra.

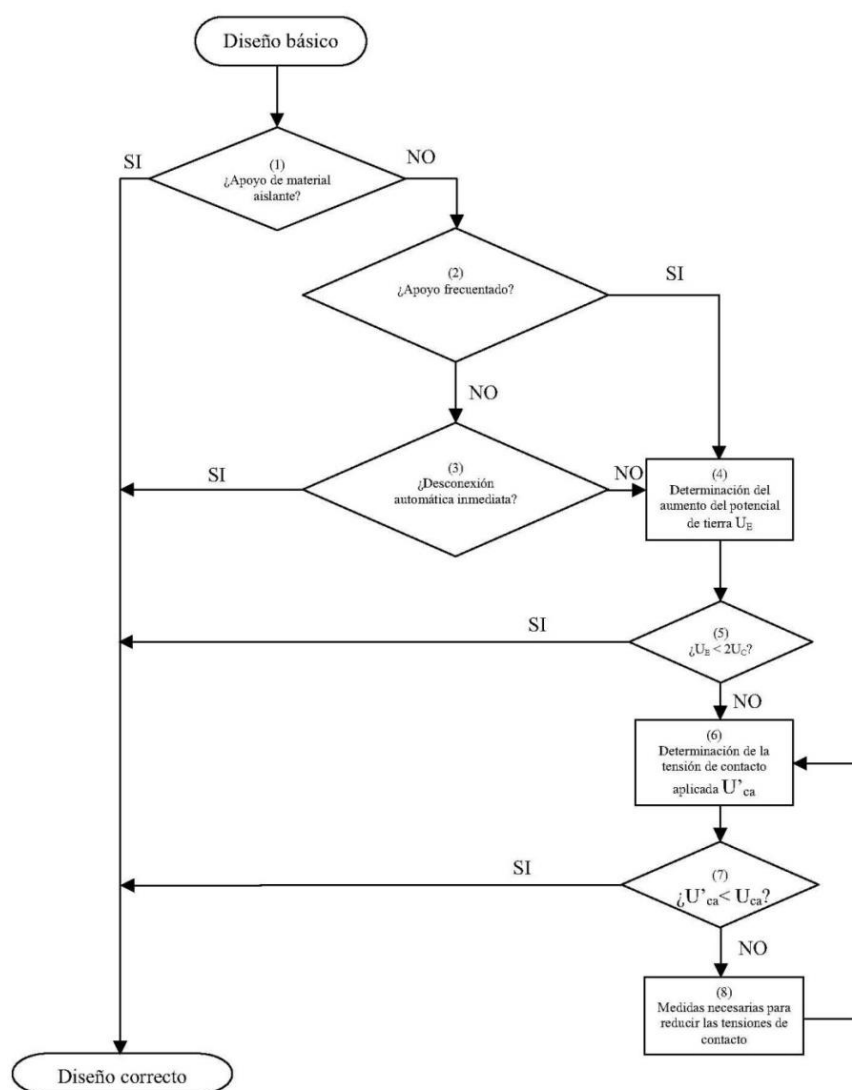
DATOS DE LA RED	
Sistema de conexión del neutro	Aislado
Subestación eléctrica	S.E. LECERA
Tensión nominal (kV)	15 kV

Tabla 36. Datos Subestación Línea Aérea

9.2 Cálculo de la puesta a tierra de los apoyos

9.2.1 Apoyos no frecuentados y apoyos frecuentados

Los apoyos se clasifican en frecuentados y en no frecuentados y el diseño de su puesta a tierra se realiza siguiendo el siguiente esquema:



CLASIFICACIÓN DE LOS APOYOS			
Nº	Conductor S/N	Frecuentado S/N	Con calzado S/N
1	S	S	S
2	S	N	S
3	S	N	S
4	S	N	S
5	S	N	S
6	S	N	S
7	S	N	S
8	S	N	S
9	S	N	S
10	S	N	S
Exist	S	S	S

Tabla 37. Clasificación apoyos (Frecuentados / No frecuentados)

9.2.2 Investigación de las características del terreno. Resistividad.

Para instalaciones de tercera categoría y de intensidad de cortocircuito a tierra menor o igual a 1,5 kA, el apartado 4.1 de la ITC-RAT 13 admite, que además de medir, se pueda estimar la resistividad del terreno.

Para la estimación de la resistividad del terrenos de utilidad la tabla siguiente en la que se dan valores orientativos de la misma en función de la naturaleza del suelo:

Naturaleza del terreno	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silíceas	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600
Hormigón	2000 a 3000
Balasto o grava	3000 a 5000

Tabla 38. Resistividad del terreno

En el caso de que se requiera realizar la medición de la resistividad del terreno, se recomienda utilizar el método de Wenner. Se clavarán en el terreno cuatro picas alineadas a distancia (a) iguales entre sí y simétricas con respecto al punto en el que se desea medir la resistividad (ver figura siguiente).

La profundidad de estas picas no es necesario que sea mayor de unos 30 cm.

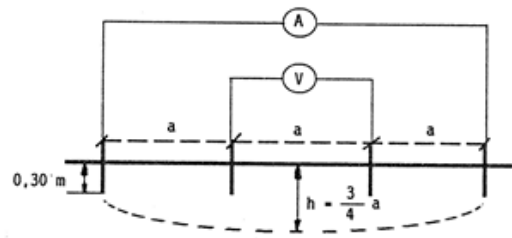


Figura 1. Método de Wenner, medición resistividad del terreno

Dada la profundidad máxima a la que se instalará el electrodo de puesta a tierra del apoyo (h), calcularemos interdistancia entre picas para realizar la medición mediante la siguiente expresión:

$$a = \frac{4}{3} \cdot h$$

Con el aparato de medida se inyecta una diferencia de potencial (V) entre las dos picas centrales y se mide la intensidad (I) que circula por un cable conductor que une las dos picas extremas. La resistividad media del terreno entre la superficie y la profundidad h viene dada por:

$$\rho_h = \frac{2 \cdot \pi \cdot a \cdot V}{I}$$

Si denominamos r a la lectura del aparato:

$$r = \frac{V}{I}$$

La resistividad quedará:

$$\rho_h = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot r$$

Siendo:

- ρ_h Resistividad media del terreno entre la superficie y la profundidad h ($\Omega \cdot m$).
- r Lectura del equipo de medida (Ω).
- a Interdistancia entre picas en la medida (m).

OTRAS CONSIDERACIONES	
La línea no cuenta con vanos de PAT ó se adopta el caso más restrictivo ($r = 1$)	
Valor de resistividad del terreno: $100 \Omega \cdot m$	

Determinación de la intensidad de defecto

El cálculo de la intensidad de defecto a tierra según el sistema de instalación de la puesta a tierra del neutro aislado.

Neutro aislado

La intensidad de defecto a tierra es la capacitiva de la red respecto a tierra, y depende de la longitud y características de las líneas de la subestación.

$$I_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + [\omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)]^2} \cdot (3 \cdot R_t)^2}$$

en la que:

- I_d Corriente de defecto en la línea, en A,
 R_t Resistencia de tierra del apoyo más cercano a la falta, en Ω ,

El resto de variables tienen la definición y unidades dadas en el apartado 5.1. Esto mismo es aplicable para el resto de referencias del presente documento.

Neutro a tierra

La intensidad de defecto a tierra, en el caso de redes con el neutro a tierra, es inversamente proporcional a la impedancia del circuito que debe recorrer. Como caso más desfavorable y para simplificar los cálculos, salvo que el proyectista justifique otros aspectos, sólo se considerará la impedancia de la puesta a tierra del neutro de la red de media tensión y la resistencia del electrodo de puesta a tierra.

Ello supone estimar nula la impedancia homopolar de las líneas o cables, con lo que se consigue independizar los resultados de las posteriores modificaciones de la red. Este criterio no será de aplicación en caso de neutro unido rígidamente a tierra, en los que se considerará dicha impedancia.

Para el cálculo se aplicará, salvo justificación, la siguiente expresión:

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{X_N^2 + (R_N + R_t)^2}}$$

Siendo:

- R_t Resistencia de tierra del apoyo más cercano a la falta, en Ω ,
 I_d Corriente de defecto en la línea, en A,
 R_N Resistencia de puesta a tierra del neutro en la subestación, en Ω ,
 X_N Reactancia de puesta a tierra del neutro en la subestación, en Ω ,

9.2.3 Tiempo de eliminación del defecto

La línea dispone de los dispositivos necesarios para despejar, en su caso, los posibles defectos a tierra mediante la apertura del interruptor que actúa por la orden transmitida por un relé que controla la intensidad de defecto.

Respecto a los tiempos de actuación de los relés, las variantes normales son las siguientes:

Relés a tiempo independiente:

El tiempo de actuación no depende del valor de la sobreintensidad. Cuando esta supera el valor del arranque, actúa en un tiempo prefijado. En este caso:

$$t' = cte.$$

9.2.4 Resistencia de tierra de los electrodos

La resistencia de tierra del electrodo, que depende de su forma, dimensiones y de la resistividad del suelo, se puede calcular de acuerdo a las fórmulas contenidas en la siguiente tabla, o mediante programas u otras expresiones numéricas suficientemente probadas:

Tipo de electrodo	Resistencia en ohmios
Pica vertical	$R = \frac{\rho}{L}$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = \frac{2\rho}{L}$
Malla de tierra	$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$

siendo:

- R Resistencia de tierra del electrodo en Ω
- ρ Resistividad del terreno de $\Omega.m$.
- L Longitud en metros de la pica o del conductor, y en malla la longitud total de los conductores enterrados.
- r radio en metros de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla.

También pueden seleccionarse electrodos de entre las configuraciones tipo de las tablas del Anexo 2 del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría" de UNESA. Las distintas configuraciones posibles vienen identificadas por un código que contiene la siguiente información:

Electrodos con picas en anillo

A-B / C / DE

- A Dimensión del lado mayor del electrodo (dm).
- B Dimensión del lado menor del electrodo (dm).
- C Profundidad a la que está enterrado el electrodo, es decir, la cabeza de las picas (dm).
- D Número de picas.
- E Longitud de las picas (m).

Una vez seleccionado el electrodo, obtendremos de las tablas del *Anexo 2 del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría"* de UNESA sus parámetros característicos:

K_r Valor unitario de la resistencia de puesta a tierra ($\Omega/\Omega \cdot m$)

K_p Valor unitario que representa la máxima tensión de paso unitaria en la instalación ($V/\Omega \cdot m \cdot A$)

K_c Valor unitario que representa la máxima tensión de contacto unitaria en la instalación ($V/\Omega \cdot m \cdot A$)

En función de la geometría del electrodo elegido se obtendrá el factor de resistencia de tierra K_r ($\Omega/\Omega \cdot m$), el valor de resistencia de tierra de dicho electrodo se obtendrá como:

$$R' = \rho \cdot K_r$$

Siendo:

R' : Resistencia de tierra para electrodo elegido,

ρ : Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$,

K_r : Factor de resistencia.

Una vez identificado el valor de la resistencia de tierra del electrodo de puesta a tierra se calcula la intensidad de defecto en dicho apoyo.

$$I'_d = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot \omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)}{\sqrt{1 + [\omega \cdot (C_a \cdot L_a + C_c \cdot L_c)]^2 \cdot (3 \cdot R'_t)^2}}, \text{ para neutro aislado}$$

$$I'_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_n + R'_t)^2 + X_n^2}}, \text{ para neutro a tierra}$$

9.2.5 Cálculo de tierras en apoyos no frecuentados

El electrodo a utilizar en este tipo de apoyos será de tipo lineal, con una o varias picas, de forma que la resistencia de puesta a tierra tenga un valor suficientemente bajo que garantice la actuación de las protecciones, en caso de defecto a tierra, en un tiempo inferior a 1 segundo de acuerdo a lo indicado en el apartado 7.3.4.3 de la ITC-LAT 07.

En función del electrodo seleccionado se calcula su resistencia, la intensidad de defecto y el tiempo de actuación de las protecciones de acuerdo a las expresiones de los apartados anteriores.

El diseño del sistema de puesta a tierra se considerará satisfactorio, desde el punto de vista de la seguridad de las personas, si se verifica que el tiempo previsto de actuación de las protecciones es inferior a 1 segundo. Si no se cumple esta hipótesis se repetirán los cálculos con una configuración distinta del electrodo de tierra.

Una vez ejecutada la instalación de puesta a tierra de los apoyos no frecuentados se realizarán las medidas de resistencia de puesta a tierra para verificar que no se alcanzan valores por encima de los proyectados.

9.2.6 Cálculo de tierras en apoyos frecuentados

El electrodo a utilizar en este tipo de apoyos estará compuesto por un anillo cerrado, a una profundidad de al menos 0,50 m, al que se conectarán al menos cuatro picas.

Para considerar el diseño del sistema de puesta a tierra correcto se debe cumplir que la elevación del potencial de tierra sea menor que dos veces valor máximo admisible de la tensión de contacto, es decir:

$$U_E < 2 \cdot U_C$$

En caso de no cumplirse la condición anterior será necesario analizar que la tensión de contacto aplicada es inferior a la tensión de contacto aplicada admisible ($U'_{Ca} \leq U_{Ca}$). Esto se garantiza si se cumple que la tensión de contacto calculada para la instalación, ante un posible defecto, es inferior a la tensión de contacto máximo admisible:

$$U'_C \leq U_C$$

siendo:

U_E Aumento del potencial de tierra, en V,

U'_C Tensión de contacto, en V,

U_C Tensión de contacto máxima admisible, en V,

En caso de no verificarse alguna de las expresiones anteriores, el diseño del sistema de puesta a tierra no será válido y será necesario repetir los cálculos con una configuración distinta o implementar algunas de las medidas adicionales propuestas en el apartado Clasificación de los apoyos según su ubicación del documento Memoria para eliminar el riesgo de contacto. En este último caso se deberá comprobar que las tensiones de paso son inferiores a las máximas admisibles:

$$U'_P < U_P$$

Una vez construida la instalación de puesta a tierra de los apoyos frecuentados será necesario realizar la correspondiente medición de las tensiones de contacto, o en su lugar, realizar la medición de la resistencia de puesta a tierra, puesto que se ha establecido una correlación ente los valores de la tensión de contacto y la resistencia de puesta a tierra de acuerdo a un procedimiento sancionado por la práctica.

Determinación del aumento de potencial ante un defecto a tierra

El aumento de potencial de tierra cuando el electrodo evacua una corriente de defecto es:

$$U_E = I_d \cdot R'$$

Siendo:

U_E: Aumento de potencial respecto una tierra lejana, en V,

I_d: Corriente de defecto en la línea, en A,

R': Resistencia de tierra para electrodo elegido, en Ω

Determinación de las tensiones contacto máximas admisibles

El cálculo de la tensión de contacto máxima admisible se determinará a partir de la tensión de contacto aplicada admisible sobre el cuerpo humano en función del tiempo de duración de la falta, que se establece en la tabla 18 de la ITC-LAT 07:

Duración de la falta t _f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible U _{ca} (V)
0,05	735
0,1	633
0,2	528
0,3	420
0,4	310
0,5	204
1	107
2	90
5	81
10	80
>10	50

Tabla 39. Tensiones de contacto según t_f

$$U_c = U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{R_{a1} + R_{a2}}{2 \cdot Z_B} \right] = U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{\frac{R_{a1}}{2} + 1,5 \cdot \rho_s}{1.000} \right]$$

siendo:

U_c: Tensión de contacto máxima admisible, en V.

U_{ca}: Valor admisible de la tensión de contacto aplicada que es función de la duración de la corriente de falta según tabla 18 ITC-LAT 07, en V.

R_{a1}: Resistencia del calzado de un pie cuya suela sea aislante, en Ω . Se puede emplear como valor 2.000 Ω . Se considerará nula esta resistencia cuando las personas puedan estar descalzas (piscinas, campings, áreas recreativas...)

R_{a2}: Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno. Se considera que R_{a2} = 1,5 · ρ_s

ρ_s : Resistividad superficial del terreno en $\Omega \cdot m$.

Z_B: Impedancia del cuerpo humano, se considera 1.000 Ω .

Determinación de las tensiones paso máximas admisibles

Las tensiones de paso admisibles son mayores a las tensiones de contacto admisibles, de ahí que si el sistema de puesta a tierra satisface los requisitos establecidos respecto a las tensiones de contacto aplicadas, se puede suponer que, en la mayoría de los casos, no aparecerán tensiones de paso peligrosas.

Cuando las tensiones de contacto calculadas sean superiores a los valores máximos admisibles, se recurrirá al empleo de medidas adicionales de seguridad a fin de reducir el riesgo de las personas y de los bienes, en cuyo caso será necesario cumplir los valores máximos admisibles de las tensiones de paso aplicadas, debiéndose tomar como referencia lo establecido en el Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión y sus fundamentos técnicos:

$$U_p = U_{pa} \cdot \left[1 + \frac{2R_{a1} + 2R_{a2}}{Z_B} \right] = 10U_{ca} \cdot \left[1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1.000} \right]$$

siendo:

U_p: Tensión de paso máxima admisible, en V,

U_{pa}: Valor admisible de la tensión de paso aplicada 10 **U_{ca}**, que es función de la duración de la corriente de falta según tabla 18 ITC-LAT 07, en V.

R_{a1}: Resistencia del calzado de un pie cuya suela sea aislante, en Ω . Se puede emplear como valor 2.000 Ω . Se considerará nula esta resistencia cuando las personas puedan estar descalzas (piscinas, campings, áreas recreativas...)

R_{a2}: Resistencia tierra del punto de contacto con el terreno. Se considera que $R_{a2} = 1,5 \cdot \rho_s$,

ρ_s : Resistividad superficial del terreno en $\Omega \cdot m$.

Z_B: Impedancia del cuerpo humano, se considera 1.000 Ω .

Determinación de las tensiones de contacto y de paso

En función de la geometría y configuración del electro elegido, y en base a los parámetros indicados en el Anexo 2 del "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría" de UNESA, se calculan los valores de la tensión de contacto:

$$U'c = I'_d \cdot \rho \cdot Kc$$

siendo:

U'_c: Tensión de contacto calculada, en V,

I'_d: Intensidad de defecto en A,

ρ : Resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$,

Kc: Factor de tensión de contacto V/ $\Omega \cdot m$.

El valor de la tensión de paso se obtendrá como:

$$U'_p = I'_d \cdot \rho \cdot K_p$$

siendo:

U'p: Tensión de contacto calculada, en V,

I'd: Intensidad de defecto en A,

ρ: Resistividad del terreno en Ω·m,

Kp: Factor de tensión de contacto V/Ω·m.

Comprobación de que con el electrodo seleccionado se satisfacen las condiciones exigidas

Se debe verificar que se satisfacen las expresiones indicadas en el apartado 4.2.7

$$U_E < 2 \cdot U_C \quad \text{y} \quad U'_C \leq U_C$$

De igual modo, en caso de que la tensión de contacto sea superior a los valores máximos admisibles y se definan medidas adicionales que eliminen el riesgo de contacto, será necesario que se satisfaga:

$$U'_p \leq U_p$$

9.3 Resumen cálculo puesta a tierra de los apoyos

9.3.1 *Apoyos frecuentados*

DATOS DE PARTIDA		
Longitud total líneas aéreas AT subsidiarias misma transformación (km)	La	136,71
Longitud total líneas subt. AT subsidiarias misma transformación (km)	Lc	1,42
Tiempo Falta (s)	tf	0,95
Intensidad de Falta (A)	If	10,55
Resistividad superficial del terreno en $\Omega \bullet m$ (apoyo)	ps	300
Valor admisible de la tensión de contacto aplicada (ver tabla) (V)	Uca	107
Resistencia del calzado cuya suela sea aislante, en Ω	Ra1	2000
Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno, en Ω	Ra2	450
Impedancia del cuerpo humano, en Ω	ZB	1000
ELECTRODO APOYO FRECUENTADO		30-30/8/42
Factor de resistencia ($\Omega/\Omega \bullet m$)	Kr	0,105
Factor de tensión de contacto $V/\Omega \bullet m$	Kc	0,0545
Factor de tensión de paso en $V/\Omega \bullet m$	Kp	0,0178
RESULTADOS		
Tensión de contacto máxima admisible, en V (Uc)	Uc	262,15
Tensión de paso máxima admisible, en V (Up)	Up	7276,00
Resistencia de tierra electrodo elegido, en Ω (R)	R	31,50
Aum. de respecto una tierra lejana, en V (Ue)	Ue	332,18
Tensión de contacto calculada, en V (U'c)	U'c	172,42
Tensión de paso calculada, en V (U'p)	U'p	56,31
COMPROBACIONES		
Tensiones de contacto son inferiores a las máximas admisibles.		
Ue < 2xUc: 332,18 < 524,3		VERDADERO
De no cumplirse lo anterior.		
U'c < Uc: 172,41 < 262,15		VERDADERO
De no cumplirse lo anterior, medidas adicionales antiescalo polimerico, mallazo, etc.		
U'p < Up: 56,31 < 7276		VERDADERO

Tabla 40. Puesta a tierra apoyos frecuentados

9.3.2 Apoyos no frecuentados

DATOS DE PARTIDA		
Longitud total líneas aéreas AT subsidiarias misma transformación (km)	La	136,71
Longitud total líneas subtr. AT subsidiarias misma transformación (km)	Lc	1,42
Tiempo Falta (s)	tf	0,95
Resistividad superficial del terreno en $\Omega \bullet m$ (apoyo)	ps	300
Valor admisible de la tensión de contacto aplicada (ver tabla) (V)	Uca	107
Resistencia del calzado cuya suela sea aislante, en Ω	Ra1	2000
Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno, en Ω	Ra2	450
Impedancia del cuerpo humano, en Ω	ZB	1000
ELECTRODO APOYO NO FRECUENTADO	8/12	
Factor de resistencia ($\Omega/\Omega \bullet m$)	Kr	0,416
Factor de tensión de contacto V/ $\Omega \bullet m$	Kc	0,35
Factor de tensión de paso en V/ $\Omega \bullet m$	Kp	0,017
RESULTADOS		
Resistencia de tierra electrodo elegido, en Ω (R)	R	124,80
Intensidad de Falta (A)	If	10,45
Tensión de paso calculada, en V (U'p)	U'p	53,30
Tensión de paso máxima admisible, en V (Up)	Up	7276,00
COMPROBACIONES		
El tiempo previsto de actuación de las protecciones $t' = 0,95s < 1 s$ (desconexión automática de protecciones - Grupo Enel). Por tanto, no necesario justificar la tensión de contacto.		
$I_d > I'_a$		
Se deberá comprobar que las tensiones de paso son inferiores a las máximas admisibles:		
U'p < Up: 53,3 V < 7276 V		VERDADERO
La resistencia PAT máxima $t' < 1 s$:		
R't = 266,94 Ω		

Tabla 41. Puesta a tierra apoyos no frecuentados

CAPÍTULO 3: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

1. CÁLCULO ELÉCTRICO

Los cables que se utilizan en esta instalación, descritos en la memoria, deberán ser capaces de soportar los parámetros de la red.

1.1 Puentes de media tensión

Para el centro de transformación se utilizará un trafo de 1.000 kVA. La intensidad nominal demandada por el transformador en MT es igual a:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1.000}{\sqrt{3} \cdot 15} = 38,49A$$

Que es inferior al valor máximo admisible por el cable seleccionado RH5Z1 unipolar de 3x1x95 mm² Al ($I_{admisible} = 205A$).

El conductor queda protegido mediante la Celda de Interruptor automático y relés de protección.

1.2 Puentes de baja tensión

Se justifica el puente previsto para el caso de transformador de 1.000kVA con secundario a 800V, que según justificaremos a continuación está formado por tres ternas en 800V. Aplicando la fórmula anterior se obtiene la intensidad máxima por cada conductor:

$$I = \frac{P}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U} = \frac{1.000}{3 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,8} = 240,56A$$

Según la Tabla 11 de la ITC-BT-07 para conductores de 240 mm² Al con aislamiento XLPE, la intensidad máxima admisible (I_{max}) es de 420A.

La intensidad admisible (I_{adm}) se calculará a partir de la máxima admisible aplicándole los siguientes factores correctores debidos a las condiciones particulares de la instalación (instalación al aire, apartado 3.1.4 d el ITC-BT-07):

- Temperatura del aire circundante superior a 40°C. Consideraremos una temperatura de 50°C, para la que el factor de corrección a aplicar resulta ser $f1=0,90$ (Tabla 13).
- Agrupación de cables. Para tres ternas en bandeja el factor de corrección es $f2=0,80$. Así pues la intensidad admisible de cada conductor del puente será:

$$I_{adm} = I_{max} \cdot f1 \cdot f2 = 420 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 302,4 A > 240,56 A$$

Se cumple que la intensidad admisible es superior a la máxima o nominal, por lo que se concluye que los puentes están adecuadamente dimensionados.

1.3 Intensidad de cortocircuito

Puente media tensión:

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en la instalación, se utiliza la expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p}$$

Donde:

S_{cc} : potencia de cortocircuito de la red [MVA]

U_p : tensión de servicio [kV]

I_{ccp} : corriente de cortocircuito [kA]

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U_p} = \frac{53,7}{\sqrt{3} \cdot 15} = 2,06 \text{ kA}$$

Según catálogo de fabricante, el conductor seleccionado soporta una solicitud térmica a cortocircuito de hasta 8,93 kA durante 1 seg.

Puente baja tensión:

La corriente de cortocircuito del secundario de un transformador trifásico viene dada por la expresión:

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot E_{cc} \cdot U_s}$$

Donde:

P: potencia de transformador [kVA]

E_{cc} : tensión de cortocircuito del transformador [%]

U_s : tensión en el secundario [V]

I_{ccs} : corriente de cortocircuito [kA]

$$I_{ccs} = \frac{100 \cdot 1.000}{\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 800} = 12,03 < 93 \text{ kA}$$

2. DIMENSIONADO DE LA VENTILACIÓN DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

La evacuación del calor generado por el transformador en el interior del centro de transformación se efectuará, según lo previsto en la ITC-RAT 14 "Instalaciones eléctricas de interior", apartado 4.4.

Para el cálculo de la sección de las rejillas de ventilación se utiliza la siguiente expresión que da la potencia calorífica evacuada por circulación natural del aire desde un recinto interior caliente hacia el exterior de igual sección cerrados mediante rejillas:

$$P = 0.24 \cdot \lambda \cdot S \cdot H^{1/2} \cdot (t_i - t_e)^{3/2}$$

Siendo:

P: Potencia calorífica evacuada (kW)

λ : Coeficiente de forma de las rejillas de ventilación (se toma $\lambda=0.4$)

S: Superficie del hueco de entrada de aire (m²)

H: Distancia vertical entre los centros geométricos de los huecos de entrada y salida de aire (m). En el caso del prefabricado a instalar será de 1,50m.

t_i : Temperatura en el interior del recinto (°C).

t_e : Temperatura media en el exterior (°C).

Si aplicamos dicha formulación a un CT, la potencia calorífica evacuada debe coincidir con las pérdidas del transformador, que se calculan como la suma de las pérdidas en el hierro (WFe) más las pérdidas en el cobre (WCu) del transformador a plena carga:

$$P = W_{Fe} + W_{Cu}$$

El centro de transformación cuenta con una máquina 1.000kVA. Para una máquina de 1.000kVA tenemos una P=8,30kW. Para esta potencia será necesaria una superficie de ventilación de 1,15m² teniendo en cuenta un 8% de incremento en la rejilla de salida teniendo en cuenta el peso volumétrico mayor del aire caliente.

Se admite un salto térmico de 15 °C entre la temperatura interior y la exterior.

El edificio prefabricado del centro de transformación proyectado dispone de una rejilla de salida de aire en la parte posterior de dimensiones 1,20x0,65 (0,78m²) y una rejilla de entrada de aire de las mismas dimensiones en la puerta, además una doble rejilla de refuerzo en la pared lateral de 0,77x0,65 cada una (2x0,5=1m²) para un total de ventilación de 1,78 m². Validando las rejillas de ventilación propuestas.

Se considera de interés la realización de ensayos de homologación de los Centros de Transformación.

El edificio empleado en esta aplicación ha sido homologado según los protocolos obtenidos en laboratorio Labein (Vizcaya - España):

- 97624-1-E, para ventilación de transformadores.
- 960124-CJ-EB-01, para ventilación de transformadores.

3. DIMENSIONADO DEL POZO APAGAFUEGOS

Se dispone de un foso de recogida de aceite de 600 l de capacidad para el transformador cubierto de grava para la absorción del fluido y para prevenir el vertido del mismo hacia el exterior y minimizar el daño en caso de fuga.

4. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN JUSTIFICACIÓN DEL ELECTRODO PUESTA A TIERRA

4.1 Hoja de cálculo de la instalación de Puesta a Tierra

En la práctica, para un determinado Centro en proyecto, los datos de partida, los electrodos seleccionados, los resultados obtenidos de los cálculos y la comprobación con los valores máximos admisibles, se recogen en unas hojas de cálculo, cuyos formatos se adjuntan a continuación.

HOJA DE CÁLCULO DE LA
INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

NEUTRO AISLADO

0.- REFERENCIA DEL CSPM

* Código

NUEVO C.S.P.M

* Población

LÉCERA (ZARAGOZA)

1.- DATOS DE PARTIDA

* Tensión de servicio

U = 15.000 V

*.Red Aérea

- Longitud Total

La = 136,71 Km

- Capacidad

Ca = 0,006 uF/Km

* Red subterránea

- Longitud Total

Lc = 1,42 Km

- Capacidad

Cc = 0,50 uF/Km

* Duración de la falta

☒

Desconexión inicial

☒

Relé a tiempo independiente

t' = > 1 s

☐

Relé a tiempo dependiente

Constantes del relé

K' =

n' =

Intensidad de arranque

I'a = A

☐

Reenganche en menos de 0,5 segundos

☐

Relé a tiempo independiente

t'' = s

☐

Relé a tiempo dependiente

Constantes del relé

K'' =

n'' =

Intensidad de arranque

I''a = A

* Nivel de aislamiento de las instalaciones de B.T. del CSPM

Vbt= 15.000 V

* Red subterránea de A.T. de suficiente conductibilidad

☒

NO

☐

SI (ver justificación en apartado 7)

- Superficie del círculo de igual área que la cubierta por la malla

Sm = m²

- Longitud total de los cables existentes en la malla con cubierta conductora

L = m

- Longitud total de las picas verticales incluidas en la malla

L' = m

1.2.- Características del CSPM

☒ En edificio

☒ Aislado

☐ Destinado a otros usos

Dimensiones del local _____

a = m
b = m

☐ Sobre apoyo

☐ Sobre 1 apoyo

☐ Sobre 2 apoyos

2.- CARACTERISTICAS DEL TERRENO

* Resistividad del terreno

ρ = Ωxm

3.- OBSERVACIONES

LOS CALCULOS SE HAN REALIZADO CON VALORES DE RESISTIVIDAD MAXIMA Y UNAS DIMENSIONES MÍNIMAS DE CONFIGURACION DE ELECTRODO, LO QUE NOS GARANTIZA SU CUMPLIMIENTO PARA VALORES MENORES DE RESISTIVIDAD Y ELECTRODOS DE MAYORES DIMENSIONES

4.- CALCULO

4.1.- Resistencia máxima de la puesta a tierra de las masas del CT (Rt) e intensidad de defecto (Id)

Id*Rt<=Vbt

$$I_d = \frac{\sqrt{3} * U(\omega C_a L_a + \omega C_c L_c)}{\sqrt{1 + (\omega C_a L_a + \omega C_c L_c)^2 * (3R_t)^2}}$$

_____ Id = A

Rt = Ω

4.2.- Selección del electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas del ANEXO 2 del documento UNESA "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación")

* "Valor unitario " máximo de la resistencia de puesta a tierra del electrodo

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} = \frac{\text{327,08}}{\text{300}}$$

Kr <= Ω/Ω*m

* Dimensiones horizontales del electrodo _____

a' = m
b' = m

* Picas alineadas

☐ Si

Separación entre picas

☒ NO

* Sección del conductor de cobre desnudo

mm²

* Profundidad del electrodo horizontal

☐ 0,5 m

☒ 0,8 m

* Numero de picas

* Longitud de las picas Lp (m)

☐ 0

☒ 2

☐ 2

☐ 4

☐ 3

☐ 6

☒ 4

☐ 8

☐ 6

☐ 8

* Electrodo seleccionado (indicar código de la configuración)

70-30/8/42

- Parámetros característicos del electrodo:

De la resistencia

Kr = Ω/Ω*m

De la tensión de paso

Kp = V/(Ω*m)(A)

De la tensión de contacto exterior

Kc = V/(Ω*m)(A)

4.3.- Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, adoptan las siguientes medidas de seguridad:

4.3.1.- CT Interior

- a ☒ Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías
- b ☒ En el piso del CT se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm conectado a la puesta a tierra del CT
- c ☐ Empleo de pavimentos aislantes
- d ☐ Otras

4.3.2.- CT sobre apoyo

- a ☐ Se colocará un mallazo que sobresalga 1 m en todas las direcciones respecto a la base del apoyo, que se conectará a la tierra de protección, cubriéndolo luego con una capa de hormigón de 10 cm de espesor
- b ☐ Empleo de pavimentos aislantes
- c ☐ Otras

4.4. - Valores de resistencia de puesta a tierra (R't), intensidad de defecto (I'd) y tensiones de paso (V'p y V'p(acc) del electrodo tipo seleccionado, para la resistividad del terreno medida (ρ)

* Resistencia de puesta a tierra (R't<=Rt)

$$R't = K_r \cdot \rho = \boxed{0,078} \times \boxed{300} \quad R't = \boxed{23,4} \, \Omega$$

* Intensidad de defecto

$$I'd = \frac{\sqrt{3}U(\omega C_a L_a + \omega C_c L_c)}{\sqrt{1 + (\omega C_a L_a + \omega C_c L_c)^2 (3R't)^2}}$$

$$I'd = \boxed{60,89} \, A$$

* Tensión de paso en el exterior

$$V'p = K_p \cdot \rho \cdot I'd = \boxed{0,0122} \times \boxed{300} \times \boxed{60,89} \quad V'p = \boxed{222,89} \, V$$

* Tensión de paso en el acceso al CT

$$V'p(acc) = V'c = K_c \cdot \rho \cdot I'd = \boxed{0,0381} \times \boxed{300} \times \boxed{60,89}$$

$$V'p(Acc) = \boxed{696,08} \, V$$

* Tensión de defecto

$$V'd = R't \cdot I'd = \boxed{23,4} \times \boxed{60,89}$$

$$V'd = \boxed{1.425,04} \, V$$

4.5.- Duración total de la falta

☒ Desconexión inicial

☒ Relé a tiempo independiente

$$t' = \boxed{1} \, s$$

☐ Relé a tiempo dependiente

Constantes del relé

$$K' = \boxed{0}$$

$$n' = \boxed{0}$$

Intensidad de arranque

$$I'a = \boxed{0} \, A$$

$$t' = \frac{K'}{\left[\frac{I'd}{I'a} \right]^{n'} - 1} = \frac{\boxed{}}{\left[\frac{\boxed{}}{\boxed{}} \right]^{\boxed{}} - 1} \quad -1$$

$$t' \Rightarrow \boxed{1} \, s$$

☐ Reenganche a menos de 0,5 segundos

☐ Relé a tiempo independiente

$t'' =$ s

☐ Relé a tiempo dependiente

Constantes del relé

$K'' =$

$n'' =$

Intensidad de arranque

$I''a =$ A

$$t'' = \frac{K''}{\left[\frac{I''d}{I''a} \right]^{n''} - 1} = \frac{\text{[]}}{\left[\frac{\text{[]}}{\text{[]}} \right]^{n''} - 1}$$

$t'' =$ s

Duración total $t = t' + t'' =$

$t =$ s

4.6.- Separación entre los sistemas de puesta a tierra de protección (masas) y de servicio (neutro de B.T.)

☐ Sistema de puesta a tierra único ($V'd \leq 1000 \text{ V}$)

☒ Sistemas de puesta a tierra separados e independientes

* Distancia mínima de separación (Tabla 6 página 22):

$$D = \frac{\rho \cdot I'd}{2000 \cdot \Pi} = \frac{300}{6283} \times 60,89$$

$D \geq$ m

5. VALORES ADMISIBLES

Para $t =$ s $U_{ca} = 107 \text{ V}$

Según la tabla 18 de la ITC-LAT-07, es la siguiente:

Duración de la corriente de falta, t_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
1,00	107
2,00	90
5,00	81

- Tensión de paso en el exterior

$$V_{pa} = 10 \cdot V_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho}{1000}\right) = 10 \cdot 107 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 300}{1000}\right) =$$

$$V_p = \boxed{2.198} \text{ V}$$

- * Tensión de paso en el acceso al CT

$$V_{p(acc)} = 10 \cdot V_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho'}{1000}\right) =$$

$$V_{p(acc)} = 10 \cdot 107 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 3 \cdot 300 + 3 \cdot 3000}{1000}\right) =$$

$$V_{p(acc)} = \boxed{15.943} \text{ V}$$

6.- COMPROBACION DE QUE LOS VALORES CALCULADOS SATISFACEN LAS CONDICIONES EXIGIDAS

6.1.- Tensiones de paso y contacto en el interior

- ☒ Se han adoptado las medidas de seguridad "b" ó "c" del aptdo. 4.3.1, o la "a" ó "b" del aptdo. 4.3.2, por lo que no será preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior, ya que estas serán prácticamente cero.
- ☐ Se adjunta anexo justificando otras medidas adicionales de seguridad, o los correspondientes cálculos y comprobaciones de las tensiones de paso y contacto interiores.

6.2.- Tensiones de contacto exterior

- a ☒ Se ha adoptado la medida de seguridad "a" del aptdo. 4.3.1, por lo que no será preciso calcular la tensión de contacto exterior, ya que ésta será prácticamente cero.
- b ☐ Se adjunta anexo justificando otras medidas adicionales de seguridad, o el correspondiente cálculo y comprobación de la tensión de contacto exterior.

6.3.- Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso al CT

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$V_p = \boxed{222,89}$	$\leq$	$V_p = \boxed{2.198}$
Tensión de paso en el acceso al CT	$V_{p(acc)} = \boxed{696,08}$	$\leq$	$V_{p(acc)} = \boxed{15.943}$

6.4.- Tensión de defecto

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de defecto	$V_d = \boxed{1.425,04}$	$\leq$	$V_{bt} = \boxed{15.000}$

0.- REFERENCIA DEL CSPM

* Código

NUEVO C.T

* Población

LÉCERA (ZARAGOZA)

1.- DATOS DE PARTIDA

* Tensión de servicio

U = 15.000 V

*.Red Aérea

- Longitud Total

La = 136,71 Km

- Capacidad

Ca = 0,006 uF/Km

* Red subterránea

- Longitud Total

Lc = 1,42 Km

- Capacidad

Cc = 0,50 uF/Km

* Duración de la falta

☒ X

Desconexión inicial

☒ X

Relé a tiempo independiente

t' = > 1 s

☐

Relé a tiempo dependiente

Constantes del relé

K' =

n' =

Intensidad de arranque

I'a = A

☐

Reenganche en menos de 0,5 segundos

☐

Relé a tiempo independiente

t'' = s

☐

Relé a tiempo dependiente

Constantes del relé

K'' =

n'' =

Intensidad de arranque

I''a = A

* Nivel de aislamiento de las instalaciones de B.T. del CSPM

Vbt= 15.000 V

* Red subterránea de A.T. de suficiente conductibilidad

☒ X

NO

☐

SI (ver justificación en apartado 7)

- Superficie del círculo de igual área que la cubierta por la malla

Sm = m²

- Longitud total de los cables existentes en la malla con cubierta conductora

L = m

- Longitud total de las picas verticales incluidas en la malla

L' = m

1.2.- Características del CSPM

☒ En edificio

☒ Aislado

☐ Destinado a otros usos

Dimensiones del local _____

a = m
b = m

☐ Sobre apoyo

☐ Sobre 1 apoyo

☐ Sobre 2 apoyos

2.- CARACTERISTICAS DEL TERRENO

* Resistividad del terreno

$\rho =$ Ωxm

3.- OBSERVACIONES

LOS CALCULOS SE HAN REALIZADO CON VALORES DE RESISTIVIDAD MAXIMA Y UNAS DIMENSIONES MÍNIMAS DE CONFIGURACION DE ELECTRODO, LO QUE NOS GARANTIZA SU CUMPLIMIENTO PARA VALORES MENORES DE RESISTIVIDAD Y ELECTRODOS DE MAYORES DIMENSIONES

4.- CALCULO

4.1.- Resistencia máxima de la puesta a tierra de las masas del CT (R_t) e intensidad de defecto (I_d)

$I_d * R_t \leq V_{bt}$

$$I_d = \frac{\sqrt{3} * U(\omega C_a L_a + \omega C_c L_c)}{\sqrt{1 + (\omega C_a L_a + \omega C_c L_c)^2 * (3R_t)^2}}$$

_____ $I_d =$ A

$R_t =$ Ω

4.2.- Selección del electrodo tipo (de entre los incluidos en las tablas del ANEXO 2 del documento UNESA "Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación")

* "Valor unitario " máximo de la resistencia de puesta a tierra del electrodo

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} = \frac{\text{327,08}}{\text{300}}$$

$K_r \leq$ $\Omega/\Omega^*\text{m}$

* Dimensiones horizontales del electrodo _____

a' = m
b' = m

* Picas alineadas

☐ Si

Separación entre picas

☒ NO

* Sección del conductor de cobre desnudo

mm²

* Profundidad del electrodo horizontal

☐ 0,5 m

☒ 0,8 m

* Numero de picas

* Longitud de las picas Lp (m)

☐ 0

☒ 2

☐ 2

☐ 4

☐ 3

☐ 6

☒ 4

☐ 8

☐ 6

☐ 8

* Electrodo seleccionado (indicar código de la configuración)

50-30/8/42

- Parámetros característicos del electrodo:

De la resistencia

Kr = Ω/Ω*m

De la tensión de paso

Kp = V/(Ω*m)(A)

De la tensión de contacto exterior

Kc = V/(Ω*m)(A)

4.3.- Medidas de seguridad adicionales para evitar tensiones de contacto

Para que no aparezcan tensiones de contacto exteriores ni interiores, adoptan las siguientes medidas de seguridad:

4.3.1.- CT Interior

- a ☒ Las puertas y rejillas metálicas que dan al exterior del centro no tendrán contacto eléctrico con masas conductoras susceptibles de quedar sometidas a tensión debido a defectos o averías
- b ☒ En el piso del CT se instalará un mallazo cubierto por una capa de hormigón de 10 cm conectado a la puesta a tierra del CT
- c ☐ Empleo de pavimentos aislantes
- d ☐ Otras

4.3.2.- CT sobre apoyo

- a ☐ Se colocará un mallazo que sobresalga 1 m en todas las direcciones respecto a la base del apoyo, que se conectará a la tierra de protección, cubriéndolo luego con una capa de hormigón de 10 cm de espesor
- b ☐ Empleo de pavimentos aislantes
- c ☐ Otras

4.4. - Valores de resistencia de puesta a tierra (R't), intensidad de defecto (I'd) y tensiones de paso (V'p y V'p(acc) del electrodo tipo seleccionado, para la resistividad del terreno medida (ρ)

* Resistencia de puesta a tierra (R't<=Rt)

$$R't = K_r \cdot \rho = \boxed{0,089} \times \boxed{300} \quad R't = \boxed{26,7} \, \Omega$$

* Intensidad de defecto

$$I'd = \frac{\sqrt{3}U(\omega C_a L_a + \omega C_c L_c)}{\sqrt{1 + (\omega C_a L_a + \omega C_c L_c)^2 (3R't)^2}}$$

$$I'd = \boxed{60,65} \, A$$

* Tensión de paso en el exterior

$$V'p = K_p \cdot \rho \cdot I'd = \boxed{0,0145} \times \boxed{300} \times \boxed{60,65} \quad V'p = \boxed{263,84} \, V$$

* Tensión de paso en el acceso al CT

$$V'p(acc) = V'c = K_c \cdot \rho \cdot I'd = \boxed{0,0447} \times \boxed{300} \times \boxed{60,65}$$

$$V'p(Acc) = \boxed{813,34} \, V$$

* Tensión de defecto

$$V'd = R't \cdot I'd = \boxed{26,7} \times \boxed{60,65} \quad V'd = \boxed{1.619,41} \, V$$

4.5.- Duración total de la falta

☒ Desconexión inicial

☒ Relé a tiempo independiente

$$t' = \boxed{1} \, s$$

☐ Relé a tiempo dependiente

Constantes del relé

$$K' = \boxed{0}$$

$$n' = \boxed{0}$$

Intensidad de arranque

$$I'a = \boxed{0} \, A$$

$$t' = \frac{K'}{\frac{I'd}{I'a} - 1} = \frac{\boxed{}}{\frac{\boxed{}}{\boxed{}} - 1} = \boxed{} \, s$$

$$t' \Rightarrow \boxed{1} \, s$$

☐ Reenganche a menos de 0,5 segundos

☐ Relé a tiempo independiente

$t'' =$ s

☐ Relé a tiempo dependiente

Constantes del relé

$K'' =$

$n'' =$

Intensidad de arranque

$I''a =$ A

$$t'' = \frac{K''}{\left[\frac{I''d}{I''a} \right]^{n''} - 1} = \frac{\text{[]}}{\left[\frac{\text{[]}}{\text{[]}} \right]^{n''} - 1}$$

$t'' =$ s

Duración total $t = t' + t'' =$

$t =$ s

4.6.- Separación entre los sistemas de puesta a tierra de protección (masas) y de servicio (neutro de B.T.)

☐ Sistema de puesta a tierra único ($V'd \leq 1000 \text{ V}$)

☒ Sistemas de puesta a tierra separados e independientes

* Distancia mínima de separación (Tabla 6 página 22):

$$D = \frac{\rho \cdot I'd}{2000 \cdot \Pi} = \frac{300}{6283} \times 60,65$$

$D \geq$ m

5. VALORES ADMISIBLES

Para $t =$ s $U_{ca} = 107 \text{ V}$

Según la tabla 18 de la ITC-LAT-07, es la siguiente:

Duración de la corriente de falta, t_F (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
1,00	107
2,00	90
5,00	81

- Tensión de paso en el exterior

$$V_{pa} = 10 \cdot V_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho}{1000}\right) = 10 \cdot 107 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 300}{1000}\right) =$$

$$V_p = \boxed{2.198} \text{ V}$$

- * Tensión de paso en el acceso al CT

$$V_{p(acc)} = 10 \cdot V_{ca} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho'}{1000}\right) =$$

$$V_{p(acc)} = 10 \cdot 107 \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 2000 + 3 \cdot 300 + 3 \cdot 3000}{1000}\right) =$$

$$V_{p(acc)} = \boxed{15.943} \text{ V}$$

6.- COMPROBACION DE QUE LOS VALORES CALCULADOS SATISFACEN LAS CONDICIONES EXIGIDAS

6.1.- Tensiones de paso y contacto en el interior

- ☒ Se han adoptado las medidas de seguridad "b" ó "c" del aptdo. 4.3.1, o la "a" ó "b" del aptdo. 4.3.2, por lo que no será preciso calcular las tensiones de paso y contacto en el interior, ya que estas serán prácticamente cero.
- ☐ Se adjunta anexo justificando otras medidas adicionales de seguridad, o los correspondientes cálculos y comprobaciones de las tensiones de paso y contacto interiores.

6.2.- Tensiones de contacto exterior

- a ☒ Se ha adoptado la medida de seguridad "a" del aptdo. 4.3.1, por lo que no será preciso calcular la tensión de contacto exterior, ya que ésta será prácticamente cero.
- b ☐ Se adjunta anexo justificando otras medidas adicionales de seguridad, o el correspondiente cálculo y comprobación de la tensión de contacto exterior.

6.3.- Tensión de paso en el exterior y de paso en el acceso al CT

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de paso en el exterior	$V_p = \boxed{263,84}$	$\leq$	$V_p = \boxed{2.198}$
Tensión de paso en el acceso al CT	$V_{p(acc)} = \boxed{813,34}$	$\leq$	$V_{p(acc)} = \boxed{15.943}$

6.4.- Tensión de defecto

Concepto	Valor calculado	Condición	Valor admisible
Tensión de defecto	$V_d = \boxed{1.619,41}$	$\leq$	$V_{bt} = \boxed{15.000}$

DOCUMENTO III
PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1.	CONDICIONES GENERALES	118
1.1	Objeto	118
1.2	Campo de aplicación	118
1.3	Disposiciones generales	118
1.3.1	Condiciones Facultativas Legales	118
1.3.2	Seguridad en el Trabajo	120
1.3.3	Seguridad Pública.....	121
1.4	Organización del trabajo	121
1.4.1	Datos de la Obra.....	122
1.4.2	Replanteo de la Obra	122
1.4.3	Mejoras y variaciones del Proyecto	123
1.4.4	Recepción de Materiales	123
1.4.5	Organización.....	123
1.4.6	Ejecución de Obras	124
1.4.7	Subcontratación de Obras	124
1.4.8	Plazo de Ejecución	125
1.4.9	Recepción Provisional	125
1.4.10	Periodos de Garantía	125
1.4.11	Recepción Definitiva.....	126
1.4.12	Pago de Obras.....	126
1.4.13	Abono de Materiales Acopiados.....	126
1.5	Disposición final	127
2.	CONDICIONES PARA EL MONTAJE DE LÍNEAS AÉREAS DE ALTA TENSIÓN.....	127
2.1	Definición y clasificación de las instalaciones eléctricas de media y alta tensión	127
2.2	Características generales y calidades de los materiales	127
2.3	Componentes y productos constituyentes de la instalación	128
2.3.1	Conductores	128
2.3.2	Empalmes y conexiones.....	129
2.3.3	Cables de tierra	129
2.3.4	Terminales	130
2.3.5	Piezas de derivación	130
2.3.6	Herrajes	130
2.3.7	Aisladores	130
2.3.8	Protecciones	131
2.3.9	Apoyos	131
2.3.10	Derivaciones, seccionamiento y protecciones	133

2.4	Condiciones técnicas de ejecución y montaje	134
2.4.1	Condiciones previas	134
2.4.2	Trabajos y fases a ejecutar	134
3.	CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN DE CENTROS DE SECCIONAMIENTO.....	179
3.1	Objeto	179
3.2	Local	179
3.2.1	Dimensiones	179
3.2.2	Superficies de ocupación	180
3.2.3	Ventilación	180
3.2.4	Insonorización y medidas antivibratorias	180
3.2.5	Medidas contra incendios.....	180
3.2.6	Construcción de la solera	181
3.2.7	Canalizaciones de entrada de cables	181
3.2.8	Piso y mallazo.....	181
3.3	Instalación eléctrica.....	182
3.3.1	Cables de MT	182
3.3.2	Aparamenta de MT	182
3.3.3	Protección contra sobretensiones en MT	182
3.3.4	Alumbrado	182
3.4	Señalizaciones y material de seguridad.....	183
4.	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICO PARTICULAR LÍNEA SUBTERRÁNEA.....	183
4.1	Ejecución de la obra.....	183
4.1.1	Trazado.....	183
4.1.2	Demolición de pavimentos	184
4.1.3	Apertura de zanjas	184
4.1.4	Canalizaciones	185
4.1.5	Transporte, almacenamiento y acopio de los materiales a pie de obra.....	186
4.1.6	Tendido de cables	186
4.1.7	Protección mecánica y señalización.....	189
4.1.8	Cierre de zanjas.....	189
4.1.9	Reposición de pavimentos	190
4.1.10	Empalmes y terminaciones	190
4.1.11	Señalización de la obra	191
4.1.12	Ensayo conductores	191

1. CONDICIONES GENERALES

1.1 Objeto

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a que se debe ajustar la ejecución de instalaciones para la distribución de energía eléctrica cuyas características técnicas estarán especificadas en el correspondiente Proyecto.

1.2 Campo de aplicación

Este Pliego de Condiciones se refiere al montaje de Centros de Seccionamiento y/o Transformación, y al suministro, instalación, pruebas, ensayos, mantenimiento, características y calidades de los materiales necesarios en el montaje de instalaciones eléctricas de líneas aéreas y subterráneas de Media Tensión hasta 30 kV, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar social y la protección del medio ambiente, siendo necesario que dichas instalaciones eléctricas se proyecten, construyan, mantengan y conserven de tal forma que se satisfagan los fines básicos de la funcionalidad, es decir, de la utilización o adecuación al uso, y de la seguridad, concepto que incluye la seguridad estructural, la seguridad en caso de incendio y la seguridad de utilización, de tal forma que el uso normal de la instalación no suponga ningún riesgo de accidente para las personas y cumpla la finalidad para la cual es diseñada y construida.

Los Pliegos de Condiciones particulares podrán modificar las presentes prescripciones.

1.3 Disposiciones generales

El Contratista está obligado al cumplimiento de la Reglamentación del Trabajo correspondiente, la 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.

El Contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda.

1.3.1 Condiciones Facultativas Legales

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se regirán por lo especificado en:

- Decreto de 12 de marzo de 1954 por el que se aprueba el Reglamento de Verificaciones eléctricas y Regularidad en el suministro de energía.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias Decreto 842/2002 de 2 de agosto.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 1627/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Ley 17/2007, de 4 de julio, del Sector Eléctrico, (BOE núm. 160 de 05/07/07).
- 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, (BOE núm. 310 de 27/12/00), y modificaciones posteriores.
- Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y Seguridad Industrial, (BOE núm. 32 de 6/02/96) y modificaciones posteriores.
- Orden ITC/3747/2006, de 22 de noviembre, por la que se regula el control metrológico del Estado sobre los contadores eléctricos estáticos de energía activa en corriente alterna, clases a, b y c, en conexión directa o en conexión a transformador, emplazamiento interior o exterior, en sus fases de verificación después de reparación o modificación y de verificación periódica, (BOE núm. 294 de 9/12/06).
- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09, (BOE núm. 68 de 19/03/08 y corrección de errores de BOE núm. 174 de 19/07/08).
- 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.
- Resolución de 21 de enero de 1997, de la Dirección General de Tecnología y Seguridad Industrial, por la que se autoriza el empleo de conductores de aluminio en las canalizaciones prefabricadas para instalaciones eléctricas de enlace, (BOE núm. 35 de 10/02/97).
- Resolución de 18 de enero de 1988, de la Dirección General de Innovación Industrial y Tecnología, por la que se autoriza el empleo del sistema de

instalación con conductores aislados, bajo canales protectores de material plástico, (BOE núm. 43 de 19/02/88).

- Resolución de 19 de junio de 1984, de la Dirección General de Energía, por la que se establecen normas sobre ventilación y acceso de ciertos centros de transformación. (BOE núm. 152 de 26/06/84).
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de riesgos laborales, (BOE núm. 269 de 10/11/1995) y modificaciones posteriores.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, (BOE núm. 256 de 25/10/97) y modificaciones posteriores.
- 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, y resto de normativa aplicable en materia de prevención de riesgos, (BOE núm. 148 de 21/06/01).
- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, (BOE núm. 176 de 23/07/92).
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08), (BOE núm. 203 de 22/08/08).
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación del Ministerio de la Vivienda (BOE núm. 74 de 28/3/2006).
- Ordenanzas Municipales y otras Normas Municipales de señalización de obras y protecciones.
- Normas Técnicas Particulares de la empresa distribuidora.
- Normas UNE de obligado cumplimiento según se desprende de los Reglamentos, en sus correspondientes actualizaciones efectuadas por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Normas UNE, que no siendo de obligado cumplimiento definan las características de los elementos integrantes de la LAMT.

1.3.2 Seguridad en el Trabajo

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en el apartado "f" del apartado anterior y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en 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 suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc. pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

1.3.3 Seguridad Pública

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc. que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

1.4 Organización del trabajo

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

1.4.1 Datos de la Obra

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

1.4.2 Replanteo de la Obra

El Contratista antes de comenzar las obras, deberá realizar el replanteo de la misma, dedicando especial atención a los puntos singulares. El replanteo de los apoyos será realizado a partir de los planos de planta, perfil y de las características propias de cada uno de ellos.

Para determinar la situación de los ejes de las cimentaciones se colocarán estacas con la siguiente disposición:

- a) Tres estacas para todos los apoyos que se encuentren en alineación, aun cuando sean de amarre. Estarán alineadas en la dirección de la alineación siendo la estaca central la que indicará la proyección del eje vertical del apoyo.
- b) Cinco estacas para los apoyos de ángulo dispuestas en cruz según las direcciones de las bisectrices del ángulo que forma la línea. La estaca central indicará la proyección del eje vertical del apoyo.

El replanteo de los apoyos deberá servir también para comprobación del perfil, por lo tanto, se deberán tomar los puntos necesarios para efectuar dicha comprobación. En caso de existir diferencias entre el plano de perfil y el terreno, así como la aparición de obstáculos (naturales o artificiales) no contemplados inicialmente (edificaciones, caminos,

carreteras, etc.), se realizará un nuevo perfil sobre el que se estudiarán las posibles variaciones de la línea.

Se tendrá especial atención con los aparatos, miras, cintas, etc., que puedan entrar en contacto con líneas eléctricas próximas, cumpliendo en todo momento las reglamentarias distancias de seguridad. Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán por cuenta del Contratista.

1.4.3 Mejoras y variaciones del Proyecto

No se considerarán como mejoras ni variaciones del Proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente por escrito por el Director de Obra y convenido precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del Contratista.

1.4.4 Recepción de Materiales

El Director de Obra de acuerdo con el Contratista dará a su debido tiempo su aprobación sobre el material suministrado y confirmará que permite una instalación correcta.

La vigilancia y **conservación** del material suministrado será por cuenta del Contratista.

1.4.5 Organización

El Contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes y quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente están establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la Obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del Contratista a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El Contratista deberá, sin embargo, informar al Director de Obra de todos los planes de organización técnica de la Obra, así como de la procedencia de los materiales y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

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 cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de material o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas

sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del Director de Obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

1.4.6 Ejecución de Obras

Las obras se ejecutarán conforme al Proyecto y a las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones y en el Pliego Particular si lo hubiera y de acuerdo con las especificaciones señaladas en el de Condiciones Técnicas.

El Contratista, salvo aprobación por escrito del Director de Obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza tanto en la ejecución de la obra en relación con el Proyecto como en las Condiciones Técnicas especificadas, sin perjuicio, de lo que en cada momento pueda ordenarse por el Director de Obra a tenor de los dispuesto en el último párrafo del aptdo. 4.1.

El Contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo lo indicado en el apartado 4.3.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El Contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del Director de Obra.

1.4.7 Subcontratación de Obras

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a) Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- b) Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

1.4.8 Plazo de Ejecución

Los plazos de ejecución, total y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El Contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante, lo anteriormente indicado, 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.

1.4.9 Recepción Provisional

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, 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 este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo 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 detallados para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista.

Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

La forma de recepción se indica en el Pliego de Condiciones Técnicas correspondiente.

1.4.10 Periodos de Garantía

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

1.4.11 Recepción Definitiva

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

1.4.12 Pago de Obras

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

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.

1.4.13 Abono de Materiales Acopiados

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en

los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

1.5 Disposición final

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

2. CONDICIONES PARA EL MONTAJE DE LÍNEAS AÉREAS DE ALTA TENSIÓN.

2.1 Definición y clasificación de las instalaciones eléctricas de media y alta tensión

Según Art. 3 del Decreto 141/2009, se define como “instalación eléctrica” todo conjunto de aparatos y de circuitos asociados destinados a la producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

Asimismo, y según Art. 3 del Decreto 141/2009 éstas se agrupan y clasifican en:

- **Instalación de baja tensión:** es aquella instalación eléctrica cuya tensión nominal se encuentra por debajo de 1 kV ($U < 1 \text{ kV}$).
- **Instalación de media tensión:** es aquella instalación eléctrica cuya tensión nominal es superior o igual a 1 kV e inferior a 66 kV ($1 \text{ kV} \leq U < 66 \text{ kV}$).
- **Instalación de alta tensión:** es aquella instalación eléctrica cuya tensión nominal es igual o superior a 66 kV ($U \geq 66 \text{ kV}$).

2.2 Características generales y calidades de los materiales

Los materiales cumplirán con las especificaciones de las Normas UNE que les correspondan. Los conductores instalados serán los que figuran en el presente proyecto y deberán estar de acuerdo con las Recomendaciones UNESA y las Normas UNE correspondientes y lo que al respecto establezca el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y la reglamentación vigente.

Se realizarán cuantos ensayos y análisis indique el Ingeniero-Director de obra, aunque no estén indicados en este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

Los materiales empleados en la instalación serán entregados por el Contratista siempre y cuando no se especifique lo contrario en el Contrato de Adjudicación de las obras a realizar.

No se podrán emplear materiales que no hayan sido aceptados previamente por el Ingeniero-Director.

2.3 Componentes y productos constituyentes de la instalación

Genéricamente la instalación contará con:

- Conductores
- Aisladores
- Accesorios de sujeción
- Apoyos
- Crucetas, herrajes-soportes y tornillería
- Tirantes y tornapuntas
- Elementos de unión, conexión y anclaje: Conexiones, Empalmes, Grapas etc.

2.3.1 Conductores

Los conductores podrán ser de cualquier material metálico o combinación de éstos que permitan construir alambres o cables de características eléctricas y mecánicas adecuadas para su fin e inalterables con el tiempo, debiendo presentar, además, una resistencia elevada a la corrosión atmosférica.

Podrán emplearse cables huecos y cables rellenos de materiales no metálicos. Los conductores de aluminio y sus aleaciones serán siempre cableados.

La sección nominal mínima admisible de los conductores de cobre y sus aleaciones será de 10 mm². En el caso de los conductores de acero galvanizado la sección mínima admisible será de 12,5 mm².

Para los demás metales, no se emplearán conductores de menos de 350 kg de carga de rotura.

En el caso en que se utilicen conductores usados, procedentes de otras líneas desmontadas, las características que afectan básicamente a la seguridad deberán establecerse razonadamente, de acuerdo con los ensayos que preceptivamente habrán de realizarse.

2.3.2 ***Empalmes y conexiones***

Cuando en una línea eléctrica se empleen como conductores cables, cualquiera que sea su composición o naturaleza, o alambres de más de 6 mm de diámetro, los empalmes de los conductores se realizarán mediante piezas adecuadas a la naturaleza, composición y sección de los conductores.

Lo mismo el empalme que la conexión no deben aumentar la resistencia eléctrica del conductor. Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del cable el 90 por 100 de la carga del cable empalmado.

La conexión de conductores, tal y como ha sido definida en el presente apartado, sólo podrá ser realizada en conductores sin tensión mecánica o en las uniones de conductores realizadas en el bucle entre cadenas horizontales de un apoyo, pero en este caso deberá tener una resistencia al deslizamiento de al menos el 20 por 100 de la carga de rotura del conductor.

Para conductores de alambre de 6 mm o menos de diámetro, se podrá realizar el empalme por simple retorcimiento de los hilos.

Queda prohibida la ejecución de empalmes en conductores por la soldadura a tope de los mismos.

Se prohíbe colocar en una instalación de una línea más de un empalme por vano y conductor.

Cuando se trate de la unión de conductores de distinta sección o naturaleza, es preciso que dicha unión se efectúe en el puente de conexión de las cadenas horizontales de amarre.

Las piezas de empalme y conexión serán de diseño y naturaleza tal que eviten los efectos electrolíticos, si éstos fueran de temer, y deberán tomarse las precauciones necesarias para que las superficies en contacto no sufran oxidación.

2.3.3 ***Cables de tierra***

Cuando se empleen cables de tierra para la protección de la línea, se recomienda que el ángulo que forma la vertical que pasa por el punto de fijación del cable de tierra con la línea determinada por este punto y el conductor, no exceda de 35°.

Los conductores y empalmes reunirán las mismas condiciones explicadas en los apartados anteriores.

Cuando para el cable de tierra se utilice cable de acero galvanizado, la sección nominal mínima que deberá emplearse será de 50 mm² para las líneas de 1ª categoría y 22 mm² para las demás.

Los cables de tierra, cuando se empleen para la protección de la línea, deberán estar conectados en cada apoyo directamente al mismo, si se trata de apoyos metálicos, o a las armaduras metálicas de fijación de los aisladores, en el caso de apoyos de madera u hormigón.

2.3.4 Terminales

Serán de aluminio, adecuados para que la conexión al cable se efectúe por compresión hexagonal. La conexión del terminal a la instalación fija se efectuará mediante tornillos a presión.

2.3.5 Piezas de derivación

La conexión de conductores en las líneas aéreas de MT se realizará en lugares donde el conductor no esté sometido a sollicitaciones mecánicas. Así, pues, las conexiones para dar continuidad a la línea o para conectar una derivación se realizarán en el bucle entre dos cadenas horizontales (puente flojo) de un apoyo. En este caso la pieza de conexión, además de no aumentar la resistencia eléctrica del conductor, tendrá una resistencia al deslizamiento de, al menos, el 20 % de la carga de rotura del conductor. La continuidad de la línea y la conexión de derivaciones a la línea principal se efectuará mediante conectores de presión constante, de pleno contacto y de acúñamiento cónico.

2.3.6 HERRAJES

Los herrajes serán de diseño adecuado a su función mecánica y eléctrica y deberán ser prácticamente inalterables a la acción corrosiva de la atmósfera, muy particularmente en los casos que fueran de temerse efectos electrolíticos.

Las grapas de amarre del conductor deben soportar una tensión mecánica en el cable del 90 por 100 la carga de rotura del mismo, sin que se produzca un deslizamiento.

2.3.7 Aisladores

Los aisladores utilizados en las líneas a que se refiere este Reglamento podrán ser de porcelana, vidrio u otro material de características adecuadas a su función.

Las partes metálicas de los aisladores estarán protegidas adecuadamente contra la acción corrosiva de la atmósfera.

2.3.8 **Protecciones**

- Protección de sobrecorriente en M.T:

La línea dispondrá de una protección que deberá actuar ante sobrecargas y cortocircuitos y defectos a tierra, incluso en los puntos más alejados de la red. En todos los casos deberá adecuarse a la estructura de la red para garantizar la actuación de los diferentes escalones de protección.

Para la protección contra sobreintensidad se utilizarán interruptores automáticos asociados a relés de protección, colocados en la cabecera de la línea o de aquellas derivaciones que por sus características lo requieran. Estarán provistas de un automatismo de reconexión automática provisto de dos ciclos de reenganche uno rápido y otro lento.

- Protección contra sobretensiones en M.T

En las conversiones de línea aérea a línea subterránea, y a lo largo de la línea cuando ésta discorra por zonas con alto índice isocerámico, se instalarán pararrayos de óxido metálico, cuyas características se ajustarán a la Norma UNE-EN 60099.

- Puesta a tierra

Los apoyos metálicos y de hormigón armado estarán provistos de una puesta a tierra, con objeto de limitar las tensiones de defecto a tierra que puedan producirse por descargas en el propio apoyo. Esta instalación de puesta a tierra, complementada con los dispositivos de interrupción de corriente en cabecera de línea, deberá asegurar la descarga a tierra de la corriente homopolar de defecto, y contribuir, en caso de contacto con masas susceptibles de ponerse en tensión, a eliminar el riesgo eléctrico de tensiones peligrosas. El valor máximo de la resistencia de puesta a tierra será 20 Ω .

2.3.9 **Apoyos**

2.3.9.1 Apoyos metálicos

En los apoyos de acero, así como en elementos metálicos de los apoyos de otra naturaleza no se emplearán perfiles abiertos de espesor inferior a cuatro milímetros. Cuando los perfiles fueran galvanizados por inmersión en caliente, el límite anterior podrá reducirse a tres milímetros. Análogamente, en construcción remachada o atornillada no podrán realizarse taladros sobre flancos de perfiles de una anchura inferior a 35 mm.

No se emplearán tornillos ni remaches de un diámetro inferior a 12 mm.

En los perfiles metálicos enterrados sin recubrimiento de hormigón se cuidará especialmente su protección contra la oxidación, empleando agentes protectores adecuados, como galvanizado, soluciones bituminosas, brea de alquitrán, etc.

Se emplea la adopción de protecciones anticorrosivas de la máxima duración, en atención a las dificultades de los tratamientos posteriores de conservación necesarios.

2.3.9.2 Conexión de los apoyos a tierra

Deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica todos los apoyos metálicos y de hormigón armado, así como las armaduras metálicas de los de madera en líneas de primera categoría, cuando formen puente conductor entre los puntos de fijación de los herrajes de los diversos aisladores.

La puesta a tierra de los apoyos de hormigón armado podrá efectuarse de las dos formas siguientes:

- Conectando a tierra directamente los herrajes o armaduras metálicas a las que estén fijados los aisladores, mediante un conductor de conexión.
- Conectando a tierra la armadura de hormigón, siempre que la armadura reúna las condiciones que más adelante se exigen para los conductores de conexión a tierra. Sin embargo, esta forma de conexión no se admitirá en los apoyos de hormigón pretensado.

Los conductores de conexión a tierra podrán ser de cualquier material metálico que reúna las condiciones exigidas en el apartado de conductores. Tendrán una sección tal que puedan soportar sin un calentamiento peligroso la máxima corriente de descarga a tierra prevista, durante un tiempo doble al de accionamiento de las protecciones de la línea.

En ningún caso la sección de estos conductores será inferior a la eléctricamente equivalente a 16 mm² de cobre.

Se cuidará la protección de los conductores de conexión a tierra en las zonas inmediatamente superior e inferior al terreno, de modo que queden defendidos contra golpes, etc.

Las tomas de tierra deberán ser de un material, diseño, dimensiones, colocación en el terreno y número apropiados para la naturaleza y condiciones del propio terreno, de modo que puedan garantizar una resistencia de difusión mínima en cada caso y de larga permanencia.

2.3.9.3 Numeración y avisos de peligro

En cada apoyo se marcará el número que le corresponda, de acuerdo al criterio de comienzo y fin de línea que se haya fijado en el proyecto, de tal manera que las cifras sean legibles desde el suelo.

También se recomienda colocar indicaciones de existencia de peligro en todos los apoyos. Esta recomendación será preceptiva para líneas de primera categoría y en general para todos los apoyos situados en zonas frecuentadas.

2.3.9.4 Cimentaciones

Las cimentaciones de los apoyos podrán ser realizadas en hormigón, hormigón armado, acero o madera.

En las cimentaciones de hormigón se cuidará de su protección en el caso de suelos y aguas que sean agresivos para el mismo. En las de acero o madera se prestará especial atención a su protección, de forma que quede garantizada su duración.

2.3.10 Derivaciones, seccionamiento y protecciones

2.3.10.1 Derivaciones, seccionamiento de líneas

Las derivaciones de líneas se efectuarán siempre en un apoyo.

Como norma general, deberá instalarse un seccionamiento en el arranque de la línea derivada.

2.3.10.2 Seccionadores o desconectores

En el caso en que se instalen seccionadores en el arranque de las derivaciones, la línea derivada deberá ser seccionada sin carga o, a lo sumo, con la correspondiente a la de vacío de los transformadores a ella conectados, siempre que la capacidad total de los mismos no exceda de 500 kVA.

Sin embargo, previa la justificación de características, podrán utilizarse los denominados seccionadores bajo carga.

Los desconectores tipo intemperie estarán situados a una altura del suelo superior a cinco metros, inaccesibles en condiciones ordinarias, con su accionamiento dispuesto de forma que no pueda ser maniobrado más que por el personal de servicio, y se montarán de tal forma que no puedan cerrarse por gravedad.

Las características de los desconectores serán las adecuadas a la tensión e intensidad máxima del circuito en donde han de establecerse y sus contactos estarán dimensionados para una intensidad mínima de paso de 200 amperios.

2.3.10.3 Interruptores

En el caso en que por razones de explotación del sistema fuera aconsejable la instalación de un interruptor automático en el arranque de la derivación, su instalación y características estarán de acuerdo con lo dispuesto para estos aparatos en el Reglamento Técnico correspondiente.

2.3.10.4 Protecciones

En todos los puntos extremos de las líneas eléctricas, sea cual sea su categoría, por los cuales pueda influir energía eléctrica en dirección a la línea, se deberán disponer protecciones contra cortocircuitos o defectos en línea, eficaces y adecuadas.

En los finales de líneas eléctricas y sus derivaciones sin retorno posible de energía eléctrica hacia la línea se dispondrán las protecciones contra sobreintensidades y sobretensiones necesarias de acuerdo con la instalación receptora.

El accionamiento automático de los interruptores podrá ser realizado por relés directos solamente en líneas de tercera categoría.

Se prestará especial atención en el proyecto del conjunto de las protecciones a la reducción al mínimo de los tiempos de eliminación de las faltas a tierra, para la mayor seguridad de las personas y cosas, teniendo en cuenta la disposición del neutro de la red puesto a tierra, aislado o conectado a través de una impedancia elevada.

2.4 Condiciones técnicas de ejecución y montaje

2.4.1 Condiciones previas

En las presentes condiciones técnicas se especifican las que deben cumplir las distintas unidades de obra y materiales. Se indicarán, asimismo, los ensayos y mediciones que se llevarán a cabo sobre las unidades de obra terminadas, señalándose las tolerancias.

Los ensayos y pruebas verificadas durante la ejecución de los trabajos no tienen otro carácter que el de simples recepciones provisionales. Por consiguiente, la admisión de materiales o de unidades de obra, que en cualquier forma o momento se realice, no exonera de la obligación que el Contratista contrae de garantizar la obra hasta la recepción definitiva de la misma.

En el montaje se emplearán herramientas no cortantes para evitar que puedan dañar el aluminio o galvanizado de los cables y herrajes. Se prohíbe golpear los bulones o tornillos para que entren en sus orificios respectivos. Todos los tornillos quedarán bien apretados para evitar que se aflojen.

El personal del Contratista deberá usar todos los dispositivos, herramientas y prendas de seguridad exigidos, tales como: casco, guantes de montador, cinturón de seguridad, pértiga, banquetas aislantes, etc., pudiendo el Ingeniero-Director suspender los trabajos si estima que dicho personal está expuesto a peligros que son corregibles.

2.4.2 Trabajos y fases a ejecutar

Los trabajos a los que se refieren son los siguientes:

1. Zona de tala y poda de arbolado.
2. Pistas y Accesos.
3. Suministro, transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra de los materiales.
4. Replanteo de los apoyos y comprobación de perfil.
5. Explanación.
6. Excavación.
7. Hormigonado de las cimentaciones de los apoyos.
8. Instalación de apoyos.
9. Tomas de tierra.
10. Instalación de conductores.
11. Instalación de cables de tierra.
12. Pintado de los apoyos.
13. Placas de peligro de muerte y numeración de apoyos.

En el caso de que puedan existir trabajos y fases de ejecución distintos a los enumerados, se especificarán especialmente en el Contrato de Adjudicación de la obra.

2.4.2.1 Zona de tala y poda de arbolado

Cuando sea preciso para el paso de la línea, la Propiedad recabará de los Organismos Oficiales competentes la autorización para el talado de una zona de arboleda a ambos lados de la línea cuya anchura será la que determina el Artículo 35.1 del vigente Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. En cualquier caso el Contratista no llevará a cabo estos trabajos sin la previa autorización por escrito del Ingeniero-Director.

2.4.2.2 Pistas y accesos

Bajo ningún concepto, el Contratista iniciará la ejecución de las pistas y accesos, para el transporte de los materiales, para la circulación de vehículos, maquinaria de tendido, etc., sin la previa autorización del Ingeniero-Director. Cuando éste autorice la realización de los caminos correrá a cargo del Contratista:

- La obtención de los permisos para su ejecución y la indemnización que hay lugar por los mismos.
- Todos los daños que se ocasionen por motivo de la apertura de los caminos.
- La maquinaria, herramientas, suministro de explosivos, autorización para el empleo de los mismos y cuantos elementos se juzguen necesarios para la mejor ejecución de dichos caminos.

La maquinaria móvil que se utilice deberá disponer de los requisitos legales en vigor poniendo especial atención en: bocinas de advertencias, alarma contra el retroceso, freno de emergencia, espejos retrovisores, sistemas de luces, cabinas o techo anti-vuelco y tapas de seguridad en los tanques de combustible hidráulico.

Siempre deberán estar colocados en las máquinas que estén trabajando, o en disposición de hacerlo, las cubiertas del motor, los protectores del cárter y los protectores de rodillo en las máquinas de cadenas.

El manejo y utilización de las distintas máquinas deberá ser realizado por persona competente y cualificada.

Quedará prohibido el transporte de personas en las cabinas, estribos, escalerillas, cucharas, etc. No se llevará en las máquinas envases o materiales sueltos. Lo mismo en la carga como en la descarga de materiales en las que tengan que intervenir varios operarios, esta operación estará dirigida por una persona responsable, designada por el Contratista.

En la realización de estos caminos deben respetarse las siguientes medidas correctoras:

- Evitar causar daño o la muerte a cualquier ejemplar de reptil o ave.
- Utilizar como localización preferentemente de los caminos, los lomos, mesas o altos y en general, las zonas más llanas, evitando su apertura en laderas de fuerte pendiente. Cuando esto último sea inevitable los caminos deberán seguir la dirección de las curvas de nivel.
- Se procurará para los obligados accesos una sola rodada de camión reduciéndose al mínimo la anchura de los caminos y el tamaño de los desmontes y terraplenes.
- Remodelar la topografía alterada de modo que se ajuste lo más posible a las formas naturales del terreno.
- Retirada de tierras sobrantes a vertederos autorizados.
- Redondear los taludes, en planta y alzado, evitando aristas y superficie totalmente planas.
- Conseguir la revegetación de los taludes de los caminos con una distribución y especies similares a las del entorno, por medios naturales aplicando las técnicas oportunas.

- Retirar previamente la capa de tierra vegetal, cuando exista, en los terrenos en que se vayan a realizar movimientos de tierra, almacenarla convenientemente y extenderla posteriormente sobre los terrenos.
- Extremar las precauciones para no alterar localmente la red de drenaje en la apertura de caminos, lo que además de asegurar su duración y estabilidad evitará que se fomenten procesos erosivos que puedan dar lugar a cárcavas y barrancos. Para ello se aconseja la colocación de obras de drenaje convenientemente dimensionadas que restablezcan los drenajes naturales que sea preciso modificar, así como disponer las medidas oportunas (cunetas, desagües, etc.) que eviten la concentración puntual de la escorrentía superficial en los caminos, sobre todo en las zonas en pendiente, lo que puede ser causa de abarrancamiento.
- Mentalizar a los operarios que intervengan en las tareas propias de la apertura de caminos, de la importancia de minimizar las alteraciones sobre la vegetación de la necesidad de respetar los ejemplares y el hábitat de la fauna presente en la zona de trabajo. El Contratista se hará cargo de los fuegos, caza furtiva, etc., que efectúen los operarios al pasar por los montes y cotos de caza.
- La prohibición de abandonar residuos de cualquier tipo como hormigón, envoltorio de cigarros, cascos de cerveza, refrescos, etc., restos de comidas, árboles secos, etc., y toda clase de objetos no inherentes al estado natural del medio.

2.4.2.3 Suministro, transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra

Los materiales de acopio anticipado, es decir, aquellos materiales que, por no encontrarse existencia en el mercado local, es necesario adquirirlos antes de empezar los trabajos, serán suministrados normalmente por la Propiedad. En caso de que fuera el Contratista el suministrador de todos o parte de ellos, se especificará esta premisa con toda claridad en el Contrato de Adjudicación de las obras.

Los materiales de acopio en el momento de la construcción de la línea, es decir, aquellos materiales que, por su reducido plazo de acopio, pueda considerarse su adquisición como simultánea a su empleo, serán suministrados normalmente por el Contratista. En caso de que todos o parte de ellos fuesen suministrados por La Propiedad, se especificará esta premisa con toda claridad en el Contrato de Adjudicación de las obras.

Cuando el Contratista sea el que suministre los materiales, cuidará de su carga y transporte desde Fábrica o Puerto a sus almacenes. Estos transportes serán por cuenta del Contratista, siendo responsable de cuantas incidencias ocurran a los mismos hasta la recepción definitiva de la obra. En el caso de que entre estos materiales estén incluidos los apoyos, y si en el momento del acopio se observase la falta de algunas barras, éstas

se podrán suplir provisionalmente con la previa autorización del Ingeniero-Director hasta que se disponga de las barras originales. Esta sustitución provisional no es extensiva a cartelas y elementos de unión.

Los materiales que sean suministrados por el Contratista deberán ajustarse a los tipos, marca y características técnicas que se indican en el presente proyecto, siendo responsable el Contratista de que esto se cumpla. En caso de su incumplimiento, el Ingeniero-Director dictará orden de retirar dichos materiales.

El programa de estas recepciones deberá obrar en poder del Ingeniero-Director con la debida anticipación, para poder observar el acopio del mismo, prestando especial atención a las condiciones exigidas en el presente proyecto. El importe de todos los ensayos y pruebas de los materiales aportados por el Contratista será por cuenta del mismo.

El Contratista será responsable de todos los materiales entregados, debiendo sustituirlos por su cuenta si las pérdidas o inutilizaciones superan las tolerancias que se fijan a continuación:

Conductores y cables de tierra	2%
Aisladores	1%
Herrajes	1%
Tornillos, arandelas, etc.	2% del nº de tornillos.
Perfiles, Angulares, Chapas y Cartelas	2% del nº piezas por torre

Para el conductor se tomará como cantidad necesaria la suma de la longitud real de conductor aislado, más los trozos que se hayan tendido que cortar por indicación del Ingeniero-Director.

Los materiales que suministre la Propiedad quedarán situados en uno o más almacenes, cuyo emplazamiento e indicación de los materiales que van a contener se especificarán al Contratista.

En este caso los transportes de fábrica a almacenes serán de cuenta de la Propiedad.

Los materiales serán entregados al Contratista en perfecto estado de conservación. Las entregas podrán ser totales o parciales según se convenga.

El Contratista, a partir de la entrega de los materiales, tendrá a su cuenta y riesgo los gastos de carga, transporte, vigilancia y almacenamiento posterior.

La propiedad de los materiales entregados al Contratista, seguirá siendo de la Propiedad y los recibirá con carácter de depósito.

Al hacerse cargo del material, el Contratista comprobará el estado del mismo, siendo a partir de este momento responsable de todos los defectos y pérdidas que sufra. Si descubriese el Contratista algún defecto o falta en el material retirado, deberá presentar inmediatamente por escrito la reclamación para que sea comprobada por el Ingeniero-Director, el cual lo notificará por el mismo medio a la Propiedad.

La Propiedad podrá exigir del Contratista, que tenga en Compañía Aseguradora de reconocida solvencia, póliza contra robo y avería en transporte y montaje del material entregado.

Las maniobras de carga y descarga se realizarán siempre con grúa. La carga se estibarán de forma que no se produzcan deformaciones permanentes en las barras ni daño en el galvanizado.

El Contratista cuidará que las operaciones de carga, transporte y descarga de los materiales se efectúen sin que éstos sufran golpes, roces o daños que puedan deteriorarlos. Por ello se prohíbe el uso de cadenas o estrobos metálicos no protegidos.

En el apilado no se permitirá el contacto del material con el terreno utilizando para ello tacos de madera.

Los aisladores no se podrán apilar en sus embalajes en más de seis cajas superpuestas, su transporte se hará siempre bien embalado y con el debido cuidado en atención a su fragilidad.

Las bobinas se descargarán siguiendo lo expuesto en el 1er COMPLEMENTO a la Norma NUECSA 00.7-24A (NI-57) "Procedimiento para la Manipulación y Transporte de Bobinas de Madera".

El Contratista al término o paralización de la obra queda obligado a colocar en los almacenes de la Propiedad y por su cuenta, todo el material sobrante, debidamente clasificado. Todos los materiales que no sean chatarra recuperable como son las bobinas, embalajes, postes de hormigón o madera (no reutilizables) y en general todo tipo de material que puede afectar al MEDIO AMBIENTE, deberá depositarse en un

VERTEDERO AUTORIZADO, debiendo entregar el Contratista al Ingeniero-Director copia del recibo de lo pagado al vertedero como justificante de su cumplimiento.

2.4.2.4 Replanteo de los apoyos y comprobación de perfil

El replanteo de los apoyos será realizado por un topógrafo especializado en los estudios topográficos de líneas aéreas a cargo del Contratista, y en presencia del Ingeniero-Director o persona delegada, a partir de los planos de planta, perfil y características propias de cada apoyo entregados por la Propiedad. Con antelación suficiente, deberá comunicársele al Ingeniero-Director, la fecha en que se iniciará el replanteo, así como el topógrafo designado por el Contratista para efectuarlo. Este topógrafo vendrá provisto de los útiles necesarios para realizar el replanteo y estaquillado, así como de personal que sea preciso.

Una vez finalizados el replanteo y estaquillado de la línea, el Ingeniero-Director y el Contratista firmarán el ACTA DE REPLANTEO, que supone el conocimiento exacto por el Contratista del trazado de la línea, situación de las estaquillas y todos los detalles necesarios para su ejecución, haciéndose cargo a partir de ese momento de todas las estaquillas o banderas colocadas.

La reposición de las estaquillas desaparecidas desde la firma del ACTA DE REPLANTEO hasta el comienzo de la apertura de hoyos será por cuenta del Contratista.

Los apoyos deben quedar replanteados de la siguiente forma:

- **Apoyos de alineación** (Monobloques y patas separadas).
- Quedará definidos como mínimo, por una estaquilla central que indicará la proyección de eje vertical del apoyo y cuatro más que estarán, dos alineadas en la dirección de la línea y dos en la dirección perpendicular.
- **Apoyos de ángulo** (Monobloques y de patas separadas)
- Los apoyos de ángulo se replantearán mediante cinco estaquillas que se dispondrán en cruz, dos de ellas según la dirección de la bisectriz del ángulo que forma la línea y otras dos en la perpendicular a ella, pasando por la estaquilla central que indicará la proyección del eje vertical de apoyo.
- **Apoyos de anclaje y fin de línea** (Monobloque de patas separadas)

Se replantearán igual que los apoyos de alineación.

En apoyos de patas separadas, a partir de la cota de la estaquilla central, que se considerará como cota cero, el topógrafo en función de la conicidad del apoyo obtendrá las correspondientes a los centros de las excavaciones de las 4 patas del apoyo con

cuyos datos el Contratista cumplimentará el correspondiente Parte de Cimentaciones de Apoyos. A partir de este documento el Contratista realizará las explanaciones, recrecidos de hormigón y de anclajes a realizar en cada apoyo.

Este documento se firmará por el Ingeniero-Director y el Contratista y no se admitirán modificaciones o certificaciones, en este concepto, que se aparten del replanteo primitivo, salvo que taxativamente, y por escrito, el Ingeniero-Director los ordene.

El replanteo de los apoyos deberá servir también para comprobación del perfil. Por lo tanto se deberán tomar los puntos necesarios para efectuar dicha comprobación. En caso de existir diferencias entre el plano de perfil y el terreno, el Ingeniero-Director ordenará la obtención del nuevo perfil sobre el que se estudiarán las posibles variaciones de la línea.

En caso de que al realizar explanación se desplazase o moviese alguna de las estaquillas que definían el apoyo será preciso volver a realizar el replanteo del mismo según lo descrito anteriormente.

Se tendrá especial atención con los aparatos, miras, cintas, etc., que puedan entrar en contacto con líneas eléctricas de sus proximidades. Se deben cumplir en todo momento las reglamentarias distancias de seguridad.

Los caminos, pistas, sendas que sean utilizadas, cumplirán lo siguiente:

- Serán lo suficientemente anchos para evitar roces y choques con ramas, árboles, piedras, etc.
- No favorecerán las caídas o desprendimientos de las cargas que transporte vehículos.
- Las pendientes o peraltes serán tales que impidan las caídas o vuelcos de vehículos.

2.4.2.5 Explanación

La explanación comprende la excavación a cielo abierto con el fin de dar salida a las aguas y nivelar la zona de cimentación, para la correcta ubicación del apoyo según los datos suministrados por el Parte de Cimentación del apoyo, comprendiendo tanto la ejecución de la obra como la aportación de la herramienta necesaria, el suministro de explosivos, la autorización para el empleo de los mismos y cuantos elementos se juzguen necesarios para su mejor ejecución, así como la retirada de tierras sobrantes.

Las dimensiones de la explanación se ajustarán en lo posible a los planos entregados, no pudiendo el Contratista variarlos sin autorización expresa del Ingeniero-Director. Los datos definitivos figurarán en el Parte de Cimentación del apoyo. Este Parte será firmado por el Contratista y el Ingeniero-Director.

Se tendrán presentes las siguientes instrucciones:

- En terrenos inclinados se efectuará una explanación del terreno, al nivel correspondiente a la estaca central, en las fundaciones monobloques. Como regla general se estipula que la profundidad de la excavación debe referirse al nivel inferior.
- En el caso de apoyos con fundaciones independientes y desniveladas, se hará igualmente una explanación del terreno al nivel de la estaca central, pero la profundidad de las excavaciones debe referirse a la cota inferior de cada una de ellas. Esta explanación será definida por el Ingeniero-Director según lo especificado en el apartado “*Replanteo de los apoyos y comprobación de perfil*” del presente Pliego de Condiciones Técnicas, y se prolongará como mínimo 1 metro por fuera de la excavación, rematándose después con el talud natural de la tierra circundante, según las Tablas adjuntas, con el fin de que las peanas de los apoyos no queden recubiertas de tierra.

TABLA DE ÁNGULOS DE INCLINACIÓN Y PENDIENTES DE LOS TALUDES

NATURALEZA DEL TERRENO	Excavación en terreno virgen o terraplenes homogéneos muy antiguos			
	Terreno secos		Terrenos inmersos	
	Angulo con Horizontal	Pendiente	Angulo con Horizontal	Pendiente
Roca Dura	80°	5/1	80°	5/1
Roca blanda o fisurada	55°	7/5	55°	7/5
Restos rocosos, pedregosos, derribos, etc.	45	1/1	40°	4/5
Tierra fuerte (mezclada de arena y arcilla mezclada con piedra y tierra vegetal)	45°	1/1	30°	3/5
Grava, arena gruesa no arcillosa.	35°	7/10	30°	3/5
Arena fina no arcillosa.	30°	3/5	20°	1/3

NATURALEZA DEL TERRENO	EXCAVACION EN TERRENO REMOVIDO RECIENTE O TERRAPLENES RECIENTES			
	TERRENOS SECOS		TERRENOS INMERSOS	
	Angulo con Horizontal	Pendiente	Angulo con Horizontal	Pendiente
<i>Roca dura.</i>				
<i>Roca blanda o fisurada.</i>				
<i>Restos rocosos, pedregosos, derribos, etc.</i>	45°	1/1	40°	4/5
<i>Tierra fuerte (mezclada de arena y arcilla) mezclada con piedra y tierra vegetal.</i>	35°	7/10	30°	3/5
<i>Grava, arena gruesa no arcillosa.</i>	35°	7/10	30°	3/5
<i>Arena fina no arcillosa.</i>	30°	6/10	20°	1/3

- Las explanaciones definitivas deben quedar con pendientes adecuadas (no inferiores al 5%) como para que no se estanquen aguas próximas a las cimentaciones. Se respetarán las medidas correctoras definidas en el apartado “Pistas y accesos.”, del Presente Pliego de Condiciones Técnicas.

2.4.2.6 Excavación

La excavación propiamente dicha para los macizos de las fundaciones de los apoyos comprende, además de la apertura de hoyos en cualquier clase de terreno, la retirada de tierras sobrantes, el allanado y limpiado de los terrenos circundantes al apoyo, el suministro de explosivos, agotamiento de aguas, entibado, empleo y aportación de la herramienta necesaria y cuantos elementos se juzguen necesarios para su correcta ejecución.

Las dimensiones de las excavaciones se ajustarán a las indicadas en los Partes de Cimentación de apoyos, corriendo los excesos a cargo del Contratista, a menos que el Ingeniero-Director, considere oportuno el aumento de volumen de la excavación, si el terreno no corresponde al supuesto en los cálculos. En este caso se confeccionará un nuevo Parte de Cimentaciones que anulará el anterior. Si por cualquier otra causa se originase un aumento en el volumen de las excavaciones, éste será a cuenta del Contratista, certificándose solamente el volumen teórico.

Tanto los fosos de las excavaciones que estén terminadas como los que estén en ejecución, habrán de taparse con planchas de hierro o cualquier armazón de madera suficientemente rígida que impida su fácil desplazamiento y la caída de cualquier persona

o animal, y encima de las mismas se colocarán piedras pesadas hasta el momento del hormigonado. Los que estén en ejecución deberán taparse de un día para otro.

Los productos sobrantes de la explanación y excavación se extenderán adaptándose a la superficie natural del terreno, siempre y cuando éstos sean de la misma naturaleza y color. En el caso de que los materiales extraídos, por su volumen o naturaleza dificulten el uso normal del terreno, se procederá a su retirada a vertedero autorizado. En cualquier caso, el Ingeniero-Director concretará la aplicación de lo anteriormente indicado.

Si a causa de la constitución del terreno o por causas atmosféricas los fosos amenazasen derrumbarse, deberán ser entibados, debiendo tomar el Contratista las medidas de seguridad necesarias para evitar el desprendimiento del terreno y que éste sea arrastrado por el agua.

En el caso de que penetrase agua en los fosos, ésta deberá ser evacuada antes del relleno de hormigón.

Cuando se empleen explosivos para la apertura de hoyos, su manipulación, transporte, almacenaje, etc., deberá ajustarse en todo a lo dispuesto en la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 29 de Abril de 1.987 que modifica la instrucción Técnica Complementaria 10.2-01 "Explosivos - Utilización" publicada en el B.O.E. nº 114 de 13 de Mayo de 1.987, debiendo poseer el Contratista los permisos correspondientes de la Autoridad Competente. El Contratista deberá ajustarse en todo a las disposiciones oficiales vigentes en cada momento respecto a esta clase de trabajo.

En la excavación con empleo de explosivos, se cuidará que la roca no sea dañada debiendo arrancarse todas aquellas piedras movedizas que no forman bloques con la roca, o que no estén suficientemente empotradas en el terreno.

La compactación del terreno de relleno a realizar en las cimentaciones que requieran este procedimiento será indicada en cada caso por el Ingeniero-Director.

En los hoyos de gran profundidad y boca de pequeño diámetro, es necesario que los operarios vayan protegidos con mascarillas de filtros adecuados.

Los compresores deberán cumplir lo dispuesto en el vigente Reglamento de Aparatos de Presión, debiéndose hacer el ajuste de su válvula de seguridad al principio de los trabajos y una revisión anual.

Cuando se trabaje simultáneamente en el interior de excavaciones la distancia mínima entre trabajadores será de 1,50 metros.

En los casos de profundidad superiores a 3 metros, el operario que excave en su interior deberá llevar un arnés tipo paracaídas con cuerda de salvamento resistente.

Terminada la excavación se procederá a la colocación de la varilla de puesta a tierra según lo estipulado en el apartado “Tomas de Tierra”.

2.4.2.7 Hormigonado de las cimentaciones de los apoyos

Comprende el hormigonado de los macizos de las fundaciones incluido el transporte y suministro de todos los áridos y demás elementos necesarios a pie de hoyo, el transporte y colocación de los anclajes y plantillas, así como la correcta nivelación de los mismos.

Antes de proceder al hormigonado de cualquier apoyo, y con una antelación mínima de 48 horas, el Contratista se lo hará saber al Ingeniero-Director, el cual dispondrá lo necesario para verificar las dimensiones mínimas, comprobar con un cuadro metálico la excavación y autorizar el hormigonado si procediere.

Salvo aceptación en contrario por parte del Ingeniero-Director, la ejecución de la excavación no deberá proceder al hormigonado en más de 10 días naturales, para evitar que la meteorización de las paredes de los apoyos provoque su derrumbamiento.

2.4.2.7.1 Hormigones

Se emplearán preferentemente hormigones fabricados en central. En cualquier caso, la mezcla de los componentes del hormigón se efectuará siempre con hormigonera exceptuándose aquellos emplazamientos en que por difícil acceso o cualquier otra circunstancia haya autorización del Ingeniero-Director para realizar la mezcla a mano. En este caso, se empleará una hormigonera portátil (eléctrica o de carburante) y si el hormigón necesario para el llenado de la excavación fuese de poco volumen se autorizará hacerlo con una pastera, pero nunca se autorizará hacerlo sobre una plancha de hierro ya que agua y el cemento se pierden en gran parte.

La consistencia del hormigón será blanda (asiento en el cono de Abrams 6 - 9cm, con tolerancia de ± 1 cm).

La composición normal de la mezcla será tal que la resistencia característica del hormigón sea de 20 N/mm² (HM-20) para los hormigones en masa y de 25 N/mm² (HA-25) para los hormigones armados. El tamaño máximo permitido del árido será de 40.

En resumen, los hormigones se exigirán como a continuación se detalla:

HORMIGON PREFABRICADO	HORMIGON EN MASA
HM-20 (Hormigones en masa).	
HA-25 (Hormigones armados).	HM-20 y con dosificación mínima de 200 kg de cemento por m ³ de mezcla.
Cemento del tipo Puz-350 o tipo Portland P-350.	
Consistencia blanda.	Consistencia blanda.
Tamaño máximo de árido 40.	Tamaño máximo de árido 40.
Ambiente agresivo sin heladas (Designación III).	Ambiente agresivo sin heladas (Designación III).

A efectos de normalización, tanto para la indicación en planos como en el control de suministro, la designación de las propiedades del hormigón tendrá el siguiente formato:

T - R/C/TM/A

Siendo:

T: Indicativo que será, HA para el hormigón armado y HM para el hormigón en masa.

R: Resistencia característica especificada en N/mm².

C: Letra inicial del tipo de consistencia.

TM: Tamaño máximo del árido.

A: Designación del ambiente.

Por lo que, salvo indicación en contra en el Proyecto o del Ingeniero-Director, el hormigón exigido tendrá la siguiente designación:

HM - 20 / B / 40 / III (Hormigones en masa)

HA - 25 / B / 40 / III (Hormigones armados)

Cemento: PUZ - 350

El Ingeniero-Director podrá exigir certificado de la Planta de Hormigonado de donde proceda el hormigón, del cumplimiento de las Normas UNE citadas e incluso tomar muestras de dicho hormigón y de sus componentes según las Normas UNE correspondientes. En todos los casos se presentará en obra la Hoja de Suministro de la planta.

Queda terminantemente prohibido añadir agua al hormigón en obra.

2.4.2.7.2 Puesta en obra del hormigón

Antes de verter el hormigón deberá limpiarse la excavación de materiales desprendidos de las partes superiores.

Caso de existir agua en los hoyos, la operación de vaciado se realizará tomando las precauciones adecuadas para no causar daños a terceros.

La operación de hormigonado no se comenzará a menos que, por la cantidad de hormigón disponible, tengamos la seguridad de que el inicio o último estribo superior del anclaje (cuando disponga de más de uno) vaya a quedar cubierto con una capa de 40 cm.

Antes de hormigonar, el Contratista está obligado a disponer en el lugar de hormigonado de las varillas precisas para poder afrontar cualquier situación de emergencia.

Salvo en casos de circunstancias especiales no se realizarán labores de hormigonado en ausencia de luz diurna, considerándose como tal la comprendida desde una hora después de la salida del sol y una hora antes de su puesta.

El tiempo límite transcurrido entre la adición del agua al cemento y su descarga total deberá ajustarse a lo recomendado en la “Instrucción del Hormigón Estructural” (EHE). En ningún caso dicho tiempo será superior a una hora y media. Toda masa que sobrepase dicho tiempo deberá ser rechazada.

Si por alguna circunstancia se prevé que el tiempo límite no se puede respetar, se pondrá en conocimiento del Ingeniero-Director para la adopción de las medidas adecuadas.

En el vertido del hormigón, incluso cuando se realice mediante conducciones adecuadas se adoptarán las debidas precauciones para que no se produzca la disgregación de la mezcla ni el desplazamiento de los anclajes.

La compactación de los hormigones en obra se realizará mediante vibradores mecánicos adecuados hasta que aparentemente se consiga una masa homogénea ausente de huecos. Deberá vibrarse por capas como máximo 30cm de altura.

En caso de que se averíe el vibrador durante el proceso de hormigonado, se dispondrá en obra en todo momento, los procedimientos manuales adecuados para la mejor compactación. Esta solución eventual proseguirá mientras se repara el vibrador que deberá hacerse en el menor tiempo posible.

En el caso de que esto suceda se podrá continuar el hormigonado antes de las 12 horas siguientes, previas comprobación de que las superficies están suficientemente limpias y se riegan abundantemente. En caso de que este tiempo se supere, se colocarán varillas corrugadas que serán con cargo al Contratista, para unir las partes seccionadas de forma que queden embebidas 80cm como mínimo en cada una de ellas, procediendo a doblarla en la parte correspondiente cuando suceda que no es posible colocarlas rectas. Estas varillas se colocarán inmediatamente de vertida la última capa de hormigón.

Las varillas serán de 20mm de diámetro e irán colocadas en el hormigón a 15cm de la pared del hoyo formando circunferencia y separadas 50cm entre sí con un mínimo de ocho. En el caso de que por alguna circunstancia no se puedan colocar las varillas, se procederá a colocar una abundante capa de resina, previa limpieza de la superficie y comprobación de que la misma esté bien seca. Antes de volver a verter la nueva capa de hormigón se limpiará la superficie de la anterior, y se mojará con agua.

Durante el hormigonado se procederá a la colocación de tubos, que permitan el paso de los cables de puesta a tierra. Estos tubos serán rígidos, corrugados, reformados y de un diámetro interior de 36mm.

No se permitirá el hormigonado si la temperatura ambiente es inferior a 5° C.

Los pozos de hormigonado de las patas de las torres que no han sido hormigonados al finalizar la jornada de trabajo, han de quedar cubiertos, para evitar accidentes.

Si en el terreno de roca o en cualquier clase de suelo (arenas, creta, conglomerado, pizarra), y con el motivo debido al empleo de explosivos, la excavación ha dado un volumen mayor del que le corresponde, el hueco ha de ser rellenado de hormigón, y se certificará la medida teórica tanto de la excavación como del hormigonado.

2.4.2.7.3 *Encofrados*

Se procurará que no haya recrecidos. En zonas ecológicas se utilizarán apoyos de patas desniveladas.

En el caso de que necesariamente se hayan de realizar recrecidos, el Ingeniero-Director entregará un plan de los mismos en el que figurarán las dimensiones del macizo de hormigón, número y tipo de hierro para la confección de la armadura y longitud de la misma. Este plano se adjunta al parte de Cimentaciones.

Todos los parámetros de los recrecidos deben tener correspondencia (la misma horizontalidad, y la misma verticalidad) y cualquiera que sea la altura resultante, las peanas tendrán la misma altura. Para recrecidos superiores a 70cm se utilizarán armaduras de acero corrugado de 25mm de diámetro con correas de 10mm cada 30cm que serán embebidas en la cimentación como mínimo 1m.

Los encofrados que se utilicen para el hormigonado de las bancadas presentarán una superficie plana y lisa de tal manera que posibiliten el acabado visto del hormigón. Como regla general, los encofrados serán metálicos salvo que el Ingeniero-Director autorice otro tipo.

Se tomarán las medidas para que al desencofrar no se produzcan deterioros en las superficies exteriores, no utilizándose desencofrantes que perjudiquen las características del hormigón. Los encofrados exteriores no se retirarán antes de 24 horas después del vertido de la última capa de hormigón.

Después de desencofrar, el hormigón se humedecerá exteriormente las veces que sea necesario para que el proceso de fraguado se realice satisfactoriamente, con un mínimo de 3 días.

Todo lo dicho para los encofrados de bancada (peanas) es extensivo para los recrecidos.

2.4.2.7.4 Áridos

Los áridos a emplear, arenas y gravas, deben cumplir fundamentalmente las condiciones de ser válidos para fabricar hormigones con la resistencia característica exigida en la presente Norma. Existirán garantías suficientes de que no degradarán al hormigón a lo largo del tiempo y posibilitarán la manipulación del hormigón de tal manera que no sea necesario incrementar innecesariamente la relación agua/cemento. No se podrá utilizar ningún árido sin que haya sido examinado y aprobado previamente por el Ingeniero-Director. No se emplearán en ningún caso áridos que puedan tener piritas o cualquier tipo de sulfuros.

Las cantidades máximas de sustancias perjudiciales que podrán contener los áridos serán las siguientes:

	CANTIDADES MÁXIMAS EN % SOBRE EL PESO TOTAL DE LA MUESTRA	
	ARENA	ARIDO GRUESO
Terrones de arcilla	1.00 %	0.25 %
Partículas blandas		5.00 %
Finos que pasan por el tamiz 0.080	5.00 %	1.00 %
Material retenido por el tamiz 0.063 y que flota en un líquido de peso específico 2	0.50 %	1.00 %

Los áridos no presentarán reactividad potencial con los álcalis del cemento. Se considerarán reactivos si:

Para $R \geq 70$ la concentración de SiO_2 es $> R$

Para $R > 70$ la concentración de SiO_2 es $> 35 = 0,5 R$

La pérdida de peso máxima no será superior a la siguiente:

Ensayo realizado mediante:

	A	b
	CON SULFATO SÓDICO	CON SULFATO MAGNÉSICO
Arenas	10 %	15 %
Gravas	12 %	18 %

2.4.2.7.5 Arenas

Se consideran como arenas los áridos que pasan por un tamiz de 4mm de luz de malla. Las arenas podrán proceder de cantera natural, de barranco o de machaqueo. En el caso de utilizar arenas de mar, deberán ser lavadas previamente. No se utilizarán arenas que tengan una proporción de materia orgánica en cantidad suficiente para producir un color más oscuro que la muestra patrón.

2.4.2.7.6 **Grava o árido grueso**

Se consideran como gravas los áridos retenidos por un tamiz de 4mm de luz de malla. El coeficiente de forma no debe ser inferior a 2.

2.4.2.7.7 **Cemento**

El cemento utilizado será del tipo PUZ-350 pudiéndose utilizar el Portland P-350, bajo autorización del Ingeniero-Director.

Si por circunstancias especiales se estimara necesaria la utilización de aditivos o cementos de características distintas a los mencionados, será por indicación expresa del Ingeniero-Director o a propuesta del Contratista, debiendo ser en este último caso aceptada por escrito por parte del Ingeniero-Director.

2.4.2.7.8 **Agua**

El agua utilizada será procedente de pozo, galería o potabilizadoras, a condición de que su mineralización no sea excesiva. Queda terminantemente prohibido el empleo de agua que proceda de ciénagas o esté muy cargada de sales carbonosas o selenitosas, así como el agua de mar. Tolerancias de aniones y cationes: Deberán rechazarse todas las que tengan un pH inferior a 5, las que posean un total de sustancias disueltas superior a los 15gramos por litro (15.000ppm.) aquellas cuyo contenido en sulfato, expresado en SO₄, rebase un gramo por litro (1.000ppm.) las que contengan ión cloro en proporción superior a 6gramos por litro (6.000ppm.), en las que se aprecien hidratos de carbono y las que contengan sustancias orgánicas solubles en éter, en cantidad igual o superior a 15 gramos por litro (15.000ppm.).

2.4.2.7.9 **Instrucciones para la ejecución de las cimentaciones**

Antes de proceder al hormigonado, cualquiera que sea el tipo de apoyo a cimentar, se procederá a aplicar una protección superficial de pintura. La manera de ejecutar las distintas clases de cimentaciones, según el tipo de apoyo será la siguiente:

2.4.2.7.10 **Cimentaciones para apoyos metálicos de bases empotradas**

2.4.2.7.10.1 **Sin utilización de plantillas de hormigonado**

- Se echará primeramente una capa de hormigón del espesor indicado en los planos facilitados por el fabricante, según el tipo de apoyo, de manera que teniendo el apoyo una base firme, limpia y nivelada, se conserve la distancia marcada en el plano desde la superficie del terreno hasta la capa de hormigón mencionada.

- Al día siguiente, y sobre la base de hormigón, se colocarán y nivelarán los anclajes o el primer tramo del apoyo metálico, según el caso, quedando prohibido el hormigonado con el apoyo totalmente armado.
- Se colocará el o los tubos precisos para enhebrar los circuitos de tierra, según lo especificado en el apartado “*Tomas de Tierra*” de Presente Pliego de Condiciones Técnicas.
- A continuación, se procederá al vertido, vibrado y compactado del hormigón en el foso, según lo indicado en el epígrafe correspondiente a las “CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES Y EJECUCIÓN DE LOS HORMIGONES”.

2.4.2.7.10.2 **Con utilización de plantillas de hormigonado**

- Se colocará la plantilla sobre el foso con los anclajes debidamente situados, y será emplazada y nivelada adecuadamente, comprobando diagonales y longitudes de cara, así como la correcta instalación con las marcas de línea y contralínea, fijándola al terreno a continuación, de modo que no pueda sufrir movimiento.
- Se colocará el o los tubos precisos para enhebrar los circuitos de tierra, según lo especificado en el apartado “Tomas de Tierra” de Presente Pliego de Condiciones Técnicas
- A continuación, se procederá al vertido, vibrado y compactado del hormigón en el foso, según lo indicado en el epígrafe correspondiente a las “CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES Y EJECUCIÓN DE LOS HORMIGONES”, comprobándose el número de veces necesarias la correcta colocación de la plantilla y de los anclajes.
- Una vez relleno el foso, la plantilla no podrá tocarse ni desmontarse hasta pasadas 48 horas como mínimo de la terminación del hormigonado; se quitará entonces con el suficiente cuidado para que los anclajes no agrieten el hormigón ni queden huecos entre ambos.
- En los recrecidos se cuidará de la verticalidad y horizontalidad de los encofrados, y que éstos no se muevan durante el relleno. Estos recrecidos se realizarán de forma que las superficies vistas queden bien terminadas.
- El hormigón de la peana exterior al terreno, además de tener la misma composición que el resto de la cimentación, debe llegar hasta el borde inferior del empalme de anclaje con la torre para evitar que el extremo superior de los anclajes y del hormigón pueda trabajar a flexión.

2.4.2.7.10.3 **Tolerancias en las cimentaciones**

- El error máximo admisible en la distancia entre testas de anclaje en el sentido de la línea será $\pm 0,1\%$.
- El error máximo admisible en la distancia entre testas de anclaje en el sentido transversal a la línea será de $\pm 0,1\%$.
- El error máximo admisible en la distancia entre testas de anclaje en el sentido diagonal del cuadrilátero formado será de $\pm 0,15\%$.
- El error máximo admisible en la nivelación de las testas de cada uno de los anclajes será de $\pm 0,05\%$ de la distancia entre dichas testas.
- Respecto a los ejes de los hoyos, el máximo error admisible es de 100mm en el centrado de los anclajes.
- Se respetará el emplazamiento de los apoyos en la traza de la línea referido a la estacilla central y no se admitirán variaciones en la orientación de sus caras (giros) respecto al eje de la traza de la línea superiores al primer centesimal de las distancias de los anclajes a los ejes de replanteo de los apoyos.
- Los anclajes se fijarán de forma adecuada, para que no sufran desplazamientos durante el vertido del hormigón.
- Los elementos de fijación de los anclajes no podrán ser retirados antes de cumplirse las 24 horas del vertido del hormigón en los hoyos.
- Cualquier error superior a los indicados será corregido por la Contrata corriendo por su cuenta todos los gastos. El Contratista asumirá los costos extras que pudieran originarse, incluidos los gastos en que puedan incurrir los contratistas de izado.
- En todo caso, las tolerancias de las cimentaciones serán tales que, una vez instalado el apoyo, previo el tendido de los conductores, este quede vertical, admitiéndose una desviación máxima del 0,2%, de la altura total del apoyo, tanto en el sentido de la línea como en contralínea.

2.4.2.7.10.4 **Control de calidad**

El control de calidad del hormigón se extenderá especialmente a su consistencia y resistencia, sin perjuicio de que se compruebe el resto de las características de sus propiedades y componentes.

2.4.2.7.10.5 **Control de consistencia**

La Consistencia del hormigón se medirá por el asiento en el cono de Abrams, expresada en número entero de centímetros. El cono deberá permanecer en la obra durante todo el proceso de hormigonado.

Para verificar este control se tomará una muestra de la amasada a pie de obra realizándose con la misma el ensayo de asentamiento en cono de Abrams.

Si el asentamiento está fuera de los límites reseñados incluidas las tolerancias, se procederá a tomar dos nuevas muestras de forma inmediata, después de un breve batido de toda la masa. Si los dos últimos valores del ensayo están comprendidos entre los valores de aceptación, la amasada se dará por buena. En caso contrario la amasada completa será rechazada y el vehículo que realiza el transporte no podrá suministrar más hormigón durante ese día.

El Ingeniero-Director podrá realizar este control en cada una de las amasadas que se suministran.

2.4.2.7.10.6 **Control de resistencia**

Se realizará mediante el ensayo en laboratorio oficialmente homologado de un número determinado de probetas cilíndricas de hormigón de 15cm de diámetro y 30 cm de altura las cuales serán ensayadas a compresión a los 28 días de edad. Las probetas serán fabricadas en obras y conservadas y ensayadas según Normas UNE.

Salvo indicación en contra del Ingeniero-Director, es indispensable extraer 4 probetas por apoyo. En caso de que el volumen de hormigón vertido en el apoyo supere los 18 m³, se extraerá un juego de probetas por cada 18 m³ o fracción.

La resistencia estimada se determinará según los métodos e indicaciones preconizados de la “Instrucción de Hormigón estructural (EHE)” en vigor para la modalidad de “Ensayos de Control Estadístico del Hormigón”.

La toma de muestras, conservación y rotura serán por cuenta del Contratista debiendo este presentar al Ingeniero-Director los resultados mediante Certificado de un Laboratorio Oficial y Homologado. Si la resistencia estimada fuese inferior a la resistencia característica fijada, el Ingeniero-Director procederá a realizar los ensayos de información que juzgue convenientes y de acuerdo con los resultados obtenidos, adoptará la determinación que considere más adecuada corriendo todos los gastos producidos por cuenta del Contratista.

Realizados los ensayos de una serie de probetas tendremos, llamando X1, X2, ... X8 a los valores obtenidos, los valores medios siguientes:

Amasada A=(X1+ X2+ X3 +X4)/4=XA

Amasada B=(X5+ X6+ X7 +X8)/4=XB

Estos dos ensayos nos permitirán aplicar la tabla 88.4 b de la Instrucción EHE para N=2, K=0,88, debiendo cumplirse que la resistencia estimada $F_{est.} = K_n \cdot X$ (siendo X el valor más bajo de XA y XB) $\geq 175 \text{ kp/cm}^2$.

Se efectuará el número de ensayos de información a juicio del Ingeniero-Director.

2.4.2.7.10.7 **Ensayos a realizar con las gravas, las arenas y el agua**

Cuando no se aporten datos suficientes de la utilización de los áridos en obras anteriores o cuando por cualquier circunstancia no se haya realizado el examen previo del Ingeniero-Director, deberán realizarse necesariamente todos los ensayos que garanticen las características exigidas en la “Instrucción del Hormigón Estructural (EHE)” y por el presente Pliego de Condiciones.

Hace falta autorización expresa del Ingeniero-Director para eximir de los ensayos.

Si el hormigón es fabricado en una central hormigonera industrial bastará aportar el certificado del tipo de hormigón fabricado, salvo que por el Ingeniero-Director se exija expresamente los ensayos de los componentes del hormigón.

2.4.2.7.10.8 **Normas de seguridad específicas**

El equipo de Protección personal utilizado deberá constar de casco de barboquejo, guantes de cuero y botas de seguridad, debiendo estar todo el equipo homologado por el Ministerio de Trabajo.

Si hubiera que realizar barrenado, el operario deberá estar provisto de mascarilla con filtro para polvo y protectores de vista y oído.

La mínima dotación de trabajo debe ser de dos operarios con vehículo, con el fin de poderse prestar mutua ayuda en el supuesto de ocurrir algún percance.

Para evitar accidentes por alcance entre ellos de las herramientas, es aconsejable no trabajar más de un operario en el interior de cada hoyo.

La parte superior de los hoyos debe quedar libre de escombros para evitar caídas de materiales que puedan dañar a los operarios.

Para subir y bajar a los hoyos deberán utilizarse escaleras lo suficientemente largas para que su parte superior sobresalga de los hoyos como mínimo 1 m, debiendo estar homologadas.

Los motores o elementos que expulsan gases deberán tener el escape orientados de forma que los mismos no se acumulen en las excavaciones.

2.4.2.8 Instalación de apoyos

En la instalación de apoyos se tendrán en cuenta las siguientes fases:

- Recepción.
- Transporte.
- Acopio.
- Clasificación.
- Armado.
- Izado.
- Apretado y graneteado.
- Maquinaria y herramienta auxiliar.
- Control de Calidad.
- Normas de Seguridad Específicas.

2.4.2.8.1 Recepción

Caso de que los apoyos sean suministrados por la Propiedad, además de tener en cuenta lo expuesto en el apartado “Suministro, transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra” del presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, ésta facilitará al Contratista el “Packing List” de los mismos con relación de bultos y contenido de cada uno de ellos, teniendo que comprobar el Contratista que el material recibido está de acuerdo con el citado “Packing List”.

2.4.2.8.2 Transporte

Se tendrá en cuenta lo expuesto en el apartado “Suministro, transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra” del presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

Los caminos de acceso a los puntos de emplazamiento de los apoyos, serán los mismos que sirvieron para desarrollar las actividades precedentes. Cualquier alteración será propuesta al Ingeniero-Director para su aceptación, si es que procede.

2.4.2.8.3 Acopio

Se tendrá en cuenta lo expuesto en el apartado “Suministro, transporte, almacenamiento y acopio a pie de obra” del presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

Las torres se acopiarán a obra de acuerdo con la Propiedad con antelación suficiente y en consonancia con el ritmo de izado, evitando que estén en el campo excesivo tiempo sin ser utilizadas. Los tornillos se acopiarán a medida que se vayan a utilizar.

2.4.2.8.4 Clasificación

Para la clasificación se utilizarán los planos y listas que la Propiedad facilitará al respecto, realizándola con la previsión suficiente para no interrumpir los trabajos del armado e izado, debiéndose comunicar las posibles faltas o defectos con al menos quince días de antelación.

2.4.2.8.5 Armado

2.4.2.8.5.1 Consideraciones Previas

No se podrá realizar modificación alguna en las barras y cartelas (corte de ingletes, talados, etc.) ni sustitución de materiales, sin el consentimiento previo del Ingeniero-Director. Cualquier modificación, bien sea en cartelas o angulares, deberá ser expresamente autorizada por el Ingeniero-Director. La parte modificada deberá protegerse de la oxidación mediante la aplicación de la correspondiente pintura del tipo Frigalván.

Las barras de los apoyos deberán ser comprobadas a pie de obra antes de ser montadas con objeto de asegurarse de que no han sufrido deformaciones y torceduras en el transporte, debiendo procederse a su corrección o desecharlas en el caso de que esto haya ocurrido.

No podrán ser utilizados en obra sin autorización expresa del Ingeniero-Director y para cada caso en particular sopletes o elementos de soldadura eléctrica u oxiacetilénica.

2.4.2.8.5.2 Tornillería

En cada unión se utilizarán los tornillos indicados en los planos. Los tornillos se limpiarán escrupulosamente antes de usarlos, y una vez apretados, deberán sobresalir de la tuerca el mínimo necesario que nos permita garantizar un correcto graneteado. Caso de no ser así, se le comunicará al Ingeniero-Director. Como norma general, los tornillos estarán siempre orientados con la tuerca hacia el exterior de la torre, y en el caso de posición vertical (crucetas y encuadramientos), la tuerca irá hacia arriba y se comprobará exhaustivamente en estos elementos su apriete y posterior graneteado. Se prohíbe expresamente golpear tornillos en su colocación.

2.4.2.8.5.3 Herramientas

Para el montaje sólo se emplearán como herramientas las llaves autorizadas, barrilla, el puntero y el punzón de calderero que servirá para hacer coincidir los taladros de las piezas pero sin que el uso del puntero sirva para agrandar el taladro.

Las herramientas y medios mecánicos empleados están correctamente dimensionados y se utilizarán en la forma y con los coeficientes de seguridad para los que han sido diseñados.

2.4.2.8.5.4 Ejecución Material

El sistema de montaje de apoyo será el adecuado al tipo del mismo y se podrá realizar por el procedimiento que el Contratista considere más conveniente, pero en el caso de no ser el denominado “barra a barra” deberá ser previamente aprobado por el Ingeniero-Director.

Cuando el armado del apoyo se realice en el suelo, se realizará sobre terreno sensiblemente horizontal y perfectamente nivelado con gatos y calces prismáticos de madera a fin de no producir deformaciones permanentes en barras o tramos.

El apriete de los tornillos con la torre en el suelo será inferior al determinado como apriete final, debiendo ser el suficiente para mantener unidas las barras.

En caso de roturas de barras y rasgado de taladros por cualquier causa, el Contratista tiene la obligación de ponerlo en conocimiento del Ingeniero-Director y de proceder al cambio de los elementos.

2.4.2.8.5.5 Izado

No podrán comenzar los trabajos de izado de los apoyos antes de haber transcurrido siete días desde la finalización del hormigonado de los mismos.

En todos los casos en que la estructura por su volumen o dimensiones necesite de arriostramiento para su izado, con el fin de evitar deformaciones, éste se realizará por medio de puntales de madera o elementos metálicos preparados. El Contratista utilizará para el izado, el procedimiento que estima más conveniente, dentro de los habitualmente sancionados por la práctica (con pluma y cabrestantes, con grúas, etc.), evitando causar daños a las cimentaciones y sin someter a las estructuras a esfuerzos para los que no estén diseñadas.

Cualquiera que sea el procedimiento de izado, el apriete de las barras en el armado será el adecuado para que permita a los taladros en las distintas fases del izado absorber las pequeñas diferencias que se hayan producido como consecuencia de la fabricación del apoyo y la ejecución de las cimentaciones antes del apriete final.

Una vez izado el apoyo, la falta de verticalidad del mismo no podrá ser superior a 0,2% de la altura del apoyo.

Con carácter orientativo el par de apriete final de los tornillos de calidad 5.6 será:

M-12	3.00 daN.m
M-14	4.50 daN.m
M-16	7.00 daN.m
M-18	9.50 daN.m
M-20	13.50 daN.m
M-22	18.50 daN.m
M-24	25.00 daN.m

Las partes, por ser de rosca métrica se apretarán con llave dinamométrica y a los pares de apriete recomendados para la tornillería.

2.4.2.8.5.6 Izado con pluma

Cuando se utilice el procedimiento de izado con pluma, se hará siempre con cabrestante y a fin de evitar el pandeo de la misma, el cable de cabrestante deberá deslizarse verticalmente pegado a la pluma, colocándose en la base del apoyo, una polea de reenvío.

Se comprobará el estado de las plumas en todos sus tramos cada vez que vayan a usarse. Una vez izada la pluma, se venteará según el esfuerzo a que vaya a ser sometida, y siguiendo las instrucciones de uso para las que ha sido concebida. Se instalarán como mínimo, 3 vientos dispuestos en estrella. Todos los vientos se fijarán al terreno mediante elementos de anclaje, debidamente diseñados y ejecutados, siendo obligatorio intercalar trácteles o “pull-lifts” para su regulación.

La pluma no podrá suspenderse en el apoyo, excepto en los puntos y de la forma expresamente señalada para ello por el Ingeniero-Director quien indicará además el peso máximo entre pluma y tramo a suspender. El ángulo máximo del eje de la pluma con los estrobos de fijación de la misma al apoyo no superará los 45°.

2.4.2.8.5.7 Izado con grúa

Cuando las condiciones del terreno, de su entorno y de los apoyos a izar lo permitan, se podrán usar grúas en las operaciones de izado, con tal de que el proceso se realice con el conocimiento y aprobación previa del Ingeniero-Director.

Cuando se utilice este procedimiento, se izará el apoyo suspendiéndolo de los puntos señalados en los planos. Caso de no existir puntos específicos para esta maniobra, se estrobará por las zonas aprobadas por el Ingeniero-Director, a propuesta del Contratista, forrando convenientemente los estrobos para evitar daños.

La estructura será convenientemente arriostrada en las zancas y lugares propensos a deformaciones antes del izado.

Previamente a la operación de izado, el Contratista remitirá al Ingeniero-Director un informe donde se reflejen el nombre y experiencia del gruista para este tipo de trabajo.

Salvo autorización expresa del Ingeniero-Director no se utilizarán grúas para el izado en las proximidades de elementos energizados; en cualquier caso, el Contratista tomará las precauciones necesarias en evitación de accidentes. Cumpliendo en todo momento con lo dispuesto en las “Prescripciones de Seguridad y Primeros Auxilios” redactadas por la Comisión de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA y “Prescripciones de Seguridad” para Trabajos y maniobras en Instalaciones Eléctricas” de UNELCO-AMYS.

2.4.2.8.5.8 Apretado y graneteado

Una vez que el Contratista haya comprobado el perfecto montaje de los apoyos, deberá proceder al repaso de los mismos, comprobando que han sido colocados la totalidad de los tornillos y realizado de forma sistemática el último apriete de los mismos y el graneteado de las tuercas de los tornillos (3 granetazos en estrella), con el fin de impedir que se aflojen. Una vez finalizado el graneteado de los tornillos y las tuercas se procederá a proteger el conjunto de la oxidación mediante pintura de tipo Frigalván.

2.4.2.8.5.9 Maquinaria y herramienta auxiliar

Toda la maquinaria y herramienta a utilizar en el izado de los apoyos estará dimensionada para soportar los esfuerzos que demande de acuerdo con el tipo y altura del apoyo a izar.

- **Camión**, para el transporte y acopio de los materiales, provisto de pluma auxiliar y acompañado de grúa para las operaciones de carga y descarga.
- **Grúa**. Las grúas que se utilicen en las operaciones de izado llevarán en lugar perfectamente visible la placa de características. Deberán ser autopropulsadas, de pluma telescópica y con capacidad y altura suficiente para seguir con

corrección las maniobras. Las grúas deberán ineludiblemente disponer de dispositivos de seguridad que incluya como mínimo el limitador de carga.

- **Cabrestante de izado**, elemento utilizado en la operación de izado con pluma, llevará una placa de características fijas en la que vendrán grabadas en caracteres indelebles el peso de esfuerzo útil, potencia y velocidad en los distintos desarrollos. Asimismo, el Contratista dispondrá de la documentación que justifique las revisiones periódicas. El cable será de las características y longitud adecuadas y estará perfectamente fijado al extremo del tambor de arrollamiento. Su coeficiente de seguridad será de al menos 6, con relación a los pesos a manejar. Estarán dotados de un sistema de bloqueo manual que impida el movimiento accidental de la pieza elevada.
- **Plumas de izado**. Serán metálicas y los tramos abrochados con tornillería de alta resistencia.
- **Aparejo armado con cable**. Compuesto al menos de dos roldanas por cabeza y de giratorio. El número de roldanas estará en función de las cargas de trabajo.
- **Trácteles o pull-lifts**, utilizados en las operaciones de atirantado de pluma y auxiliares de construcción.
- **Eslingas, estrobos y pilotos**, los cuales deberán tener marcado o justificada su carga de trabajo.
- **Llaves para tornillería**, utilizadas para el apriete de los tornillos, será las denominadas llaves de pipa empleadas en sus dimensiones originales (sin suplemento). Para el apriete final se utilizarán llaves dinamométricas (manuales, neumáticas o eléctricas).
- **Taquímetro**, provisto de anteojo con giro azimutal, para comprobación de la verticalidad de los apoyos en sentido de línea y contra línea.
- **Utillaje diverso**. Poleas auxiliares de maniobra, con su carga de trabajo marcada; pistoles para anclaje, barrillas y punteros de montaje, granetes, gatos niveladores, calce prismáticos de madera, riostras de madera o metálicas para evitar deformaciones en el izado de las estructuras.

2.4.2.8.5.10 **Control de calidad**

La verticalidad final del apoyo izado previo al tendido de los conductores no tendrá una desviación superior al 0,2% de la altura del apoyo.

Los posibles defectos que se observen en el galvanizado producido como consecuencia de las operaciones desarrolladas serán subsanados con los productos de protección adecuados, autorizados por el Ingeniero-Director, o en su caso con el cambio completo de elementos defectuosos, a cargo del Contratista.

Se dispondrá en obra de un comprobador de llaves dinamométricas.

El Contratista deberá cumplir todos los requisitos establecidos para la ejecución de los trabajos, debiendo facilitar al Ingeniero-Director el protocolo de revisión de apoyos de línea.

2.4.2.8.5.11 **Normas de seguridad específicas**

El equipo de protección personal utilizado deberá constar de casco con barboquejo, guantes de cuero, botas de seguridad, cinturón de seguridad y paracaídas (método “línea de vida”), debiendo estar todo el equipo homologado por el Ministerio de Trabajo.

La mínima dotación de trabajo debe ser de dos operarios con vehículo, con el fin de poderse prestar mutua ayuda en el supuesto de que ocurra algún percance.

Las herramientas y medios mecánicos empleados estarán correctamente dimensionados y se utilizarán en la forma y con los coeficientes de seguridad para los que han sido diseñados.

Cuando se utilice el cabrestante en el izado estará anclado al terreno y situado a una distancia tal que no pueda ser alcanzado por la caída fortuita de la pluma o tramos de apoyo que se están izando. Deberá disponer de puesta a tierra.

Cuando para el izado se utilice grúa, las señales entre el jefe de maniobra y el gruista serán las especificadas para estos casos, debiendo figurar en el cuadro de maniobra de la grúa. La grúa se asentará en terreno firme y resistente que impida el hundimiento de los gatos hidráulicos que la sustentan, colocando cuando sea necesario, los elementos auxiliares para lograr una correcta distribución de la presión sobre el terreno y poniendo el chasis de la grúa a tierra.

2.4.2.9 **Tomas de tierra**

2.4.2.9.1 ***Definición de toma de tierra de los apoyos***

Es el conjunto de todos los cuerpos conductores enterrados en el terreno, en contacto íntimo con éste y unidos eléctricamente a los apoyos. La toma de tierra del apoyo abarca el conjunto de la toma de tierra de cada pata y la mejora de la toma de tierra.

- **Toma de tierra del apoyo.** Es el conjunto de todos los cuerpos conductores enterrados en el terreno, en contacto íntimo con éste y unidos eléctricamente a los

apoyos. La toma de tierra del apoyo abarca el conjunto de la toma de tierra de cada pata y la mejora de la toma de tierra.

- **Toma de tierra de cada pata.** Es la que se instala en cada hoyo de cimentación, bien de trate de apoyos monobloques o de cada cimentación de apoyos de patas separadas.
- **Mejora de la toma de tierra.** Es la parte de la toma de tierra formada por anillos y antenas y cuyo fin es rebajar el gradiente de potencial en las proximidades del apoyo y disminuir la resistencia de la toma de tierra del apoyo.

2.4.2.9.2 ***Reglamentación y normativa aplicables***

Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión.

Normativa sobre clasificación de zonas de situación de apoyos.

En el ámbito de esta especificación las zonas en las que pueden quedar situados los apoyos se clasifican en:

- Zonas de pública concurrencia (P.C.)
- Zonas frecuentadas (F)
- Zonas no frecuentadas agrícolas (N.F.A.)

A continuación, se define cada una de las zonas, indicando de forma concreta detalles que puedan ayudar al proyectista en su clasificación correcta.

Zonas de pública concurrencia.

Se consideran como tales las siguientes:

- Casco urbano y parques urbanos públicos.
- Áreas públicas destinadas al ocio cultural o recreativo, tales como parque deportivos, zoológicos, ferias y otras instalaciones análogas.
- Lugares de celebración habitual de romerías, festivales, concursos, actos políticos, sindicales, religiosos, mercados, ferias de ganado, etc.
- Zonas de equipamientos comunitarios, tanto públicos como privados, tales como hipermercados, hospitales, centros de enseñanza, etc.

Zonas frecuentadas.

Se considerarán zonas frecuentadas las que, no estando incluidas en el apartado anterior se hallen próximas a las anteriores.

Se consideran también como tales:

- Zonas próximas a viviendas, carreteras, caminos de servicio de los que sean titulares el Estado, entidades autónomas, entidades locales y demás personas de derecho público, o aquéllas construidas por personas privadas con finalidad análoga.
- Fuentes y pozos de utilización habitual. Zonas de huertas.
- Instalaciones agropecuarias en la proximidad de establos o edificaciones.
- Proximidad a ermitas.

Zonas no frecuentadas agrícolas.

Se considerarán comprendidas en este tipo aquellas zonas que, no estando incluidas en los apartados anteriores, se hallen o puedan estar sometidas a explotación agrícola o bien a explotación ganadera en terreno cercado.

2.4.2.10 Instalación de conductores

2.4.2.10.1 **Instalación de conductores desnudos**

Los trabajos comprendidos en este apartado son los correspondientes a:

- Condiciones generales.
- Colocación de cadenas de aisladores y poleas.
- Instalación de protecciones en cruzamientos.
- Tendido de los conductores y cables de tierra.
- Realización de empalmes y amarres.
- Arriostramiento vertical y horizontal de los apoyos.
- Tensado.
- Regulado y medición de flechas.
- Compensación de cadenas e instalación de grapas suspensión.
- Elementos de unión y puentes.
- Colocación de antivibradores y contrapesos.
- Control de Calidad.
- Normas de Seguridad específicas.
- Maquinaria auxiliar.

2.4.2.10.2 **Condiciones generales**

El Contratista proporcionará a la obra toda la herramienta, equipo y maquinaria necesaria para la correcta ejecución de los trabajos de tendido. El comienzo de los trabajos de tendido, en un cantón, será como mínimo 28 días después de la terminación del hormigonado de todos los apoyos del mismo. El plazo mencionado podrá ser reducido, con la autorización expresa y por escrito del Ingeniero-Director.

Antes del inicio de los trabajos, se hará conjuntamente por parte del Ingeniero-Director y del Contratista una revisión de cada uno de los apoyos del cantón, comprobándose que en todos se cumplen las condiciones exigidas en los apartados anteriores de este Pliego de Condiciones. No podrán iniciarse los trabajos de tendido si a algún apoyo le faltasen angulares, tornillos sin el apriete final o sin granetear.

Con anterioridad suficiente se realizará una revisión conjunta de las herramientas, útiles y maquinaria a utilizar en la ejecución de los trabajos. En caso de que el Ingeniero-Director lo considere oportuno, se realizará una prueba del equipo de tendido, herramientas y útiles a emplear.

Cualquier diferencia de longitud que el Contratista hallará al ser tendido el cable, deberá ponerlo en conocimiento del Ingeniero-Director por escrito.

2.4.2.10.3 Colocación de cadenas de aisladores y poleas

Las cadenas de aisladores, tanto de suspensión, como de suspensión-cruce o de amarre tendrán la composición indicada en los planos de montaje del presente proyecto. En el plano de perfil de la línea se reflejará el tipo de cadena a instalar en cada apoyo. La manipulación de los aisladores y de los herrajes se hará con el mayor cuidado, no desembalándolos hasta el instante de su colocación, comprobándose si han sufrido algún desperfecto, en cuyo caso la pieza deteriorada será devuelta a almacén y sustituida por otra.

Las cadenas de aisladores se limpiarán cuidadosamente antes de ser montadas en los apoyos. Su elevación se hará de forma que no sufran golpes, ni entre ellas, ni contra superficies duras y de forma que no experimenten esfuerzos de flexión los vástagos que unen entre sí los elementos de la cadena, que podrían provocar el doblado y rotura de los mismos. A tal fin, las cadenas cuya composición sea igual o superior a 12 elementos, se montarán disponiéndolas en el interior de armaduras que aseguren el cumplimiento de lo expuesto.

Se cuidará que todas las grupillas de fijación queden bien colocadas y abiertas.

Los tornillos, bulones y pasadores de los herrajes y aisladores una vez montados quedarán mirando hacia la torre.

2.4.2.10.4 Instalación de protecciones en cruzamientos

Son los dispositivos que deben colocarse en los cruzamientos con carreteras, caminos, líneas eléctricas y telefónicas etc., antes de iniciarse el tendido de los cables, permitiendo al mismo tiempo el paso por las vías de comunicación sin interrumpir la circulación.

Estarán compuestas, como mínimo, por 2 pies derechos y 1 travesaño horizontal que deberá ser de madera o material de similar dureza. El número de travesaños y pies derechos será tal que la longitud total de la protección exceda, como mínimo, 2 metros a cada lado del ancho total de la línea.

En los cruzamientos con caminos, líneas de Baja Tensión y líneas telefónicas se instalará una protección, por delante del obstáculo a cruzar y en el sentido de la línea a tender.

En los cruces con carreteras y autopistas se instalará una protección a cada lado de las vías. Y una en la mediana de separación en el caso de autopistas. En ambos casos se instalará una red que proteja las vías de posibles caídas de los cables.

Su instalación se realizará de forma que cumpla los Reglamentos vigentes para los servicios cruzados.

Estarán convenientemente atirantadas con un cable de acero de 9mm de diámetro.

Si los pies derechos van empotrados, su profundidad mínima será de 1,30 m para una altura hasta 8 metros, aumentando en 0,10 m por cada metro de exceso.

Cuando sea necesario el acoplamiento de postes, éste se realizará por medio de piezas metálicas adecuadas.

En los cruzamientos con líneas eléctricas se tomarán todas las precauciones (cortes de tensión, puesta a tierra, etc.) para evitar accidentes, siendo únicamente responsable el Contratista de lo que pudiera suceder, eximiendo en todo momento de responsabilidad al Ingeniero-Director.

El Contratista deberá solicitar los cortes de tensión con quince (15) días de antelación. Las líneas de tensión inferior a 66kV, podrán ser puenteadas por el Contratista con cable aislado siempre que lo considere oportuno el Ingeniero-Director. En todo momento se contará con el permiso de la Compañía Suministradora para realizar estos trabajos, estando siempre presente un responsable de la esta para la observación de la ejecución de los trabajos. Asimismo, ésta facilitará al Contratista el cable aislado necesario para realizar un “by pass” de la línea de 66 kV.

2.4.2.10.5 *Tendido de los conductores y cables de tierra*

El tendido de los cables consiste en desplegar los mismos a lo largo de la línea, pasándolo por las poleas situadas en los apoyos, las cuales se colocarán a la altura de fijación de los cables, esto es, en las cadenas de suspensión, en los apoyos de alineación, y en la punta de cruceta, en los de amarre.

Se denomina “serie” el tramo de línea comprendida entre dos apoyos de amarre entre los que se tenderá un conductor o una bobina. Una serie podrá comprender varios cantones.

Deberá comprobarse que en todo momento los cables deslizan suavemente sobre las poleas.

El Contratista elegirá los emplazamientos de los equipos de tendido y de las bobinas teniendo en cuenta la longitud de las mismas, el número y la situación de los apoyos de amarre y las prescripciones que señala el vigente Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión, respecto a la situación de empalmes. Con anterioridad suficiente, el Contratista presentará para su aprobación, el Plan General de Tendido, en el que se indicará, para cada serie, la ubicación de la maquinaria, bobinas, longitud de la serie, longitud de las bobinas y posible punto de empalme.

El criterio a seguir es tender bobinas completas y las combinaciones de las mismas a que diera lugar en cada serie particular, incluso su tendido parcial sucesivo o en series discontinuas, a fin de evitar en la medida de lo posible los sobrantes de cable y la realización de empalmes.

Se podrá tender más de una bobina por fase si se dispone de la suficiente potencia en la máquina de freno. En este caso la unión de ambas bobinas, durante el tendido, se realizará mediante una camisa de dos puntas o cualquier otro tipo de empalmes provisional. Queda totalmente prohibido el paso de un empalme definitivo por una polea, durante el tendido.

El cable se sacará de las bobinas mediante giro de las mismas. Este giro deberá efectuarse en el sentido impuesto por el fabricante.

Las bobinas se instalarán sobre gatos o soportes adecuados al peso y dimensiones de la misma. Estos gatos deberán disponer de elementos de nivelación mecánica y frenos adecuados para conseguir que el cable entre en la máquina de freno con tracción mecánica, evitando así que se aflojen las capas del cable en la bobina.

Las bobinas se situarán perfectamente alineadas con la máquina de freno y traza de la línea.

El despliegue de los cables se efectuará con máquina de freno, para evitar el rozamiento de los mismos con el suelo, o cualquier otro obstáculo.

Se observará el estado de los cables a medida que vayan saliendo del tambor del freno con objeto de detectar posibles deterioros.

En los conductores que se observen rozamientos o rotura de alguna vena, bien procedente de fábrica o producidos durante el tendido, se podrán utilizar varillas o manguitos de reparación, o bien un empalme completo, si respecto a su situación el

Reglamento lo autoriza. En todos los casos la reparación a efectuar deberá ser aprobada previamente por el Ingeniero-Director.

La máquina de freno deberá estar convenientemente anclada al terreno mediante el suficiente número de puntos, de forma que quede asegurada su inmovilidad. Nunca podrán utilizarse los apoyos, cimentaciones o árboles para realizar el anclaje de las mismas.

Las máquinas de freno y de tiro deberán situarse a una distancia de los apoyos tal, que el ángulo que forme el cable, a la salida o llegada de las mismas, con la horizontal, no supere los 26°. En la práctica se puede decir que:

“El cabrestante o freno se situará a una distancia mínima de la torre, que sea doble de la que hay entre la cota donde se instale la máquina y la polea superior en la torre”.

Para el manejo de cada una de estas máquinas deberá disponerse como mínimo de dos operarios dotados de emisoras que comuniquen perfectamente entre ellos.

En las líneas de media tensión con una longitud inferior a 300 m, y siempre que la sección del conductor no justifique la utilización de maquinaria y quede garantizado que el conductor no rozará con algún obstáculo, podrá autorizarse el tendido sin máquina de freno, sustituyéndola por gatos con sistema de freno efectivo. Todo lo mencionado se concederá con la autorización por escrito del Ingeniero-Director.

Durante el despliegue de los cables se situarán los operarios necesarios, provistos de emisoras, y en disposición de detener la operación de tendido de inmediato. Será necesario disponer de un operario en cada punto de cruce importante de la línea (carreteras, líneas eléctricas, obstáculos importantes, etc.).

La tracción de tendido de los conductores será, como mínimo, la necesaria para que venciendo la resistencia de la máquina de freno, puedan desplegarse los cables evitando el rozamiento con los obstáculos naturales. Como máximo, esta tracción será del 70% de la necesaria para colocar los cables a su flecha. Esta tracción deberá mantenerse constante durante el tendido de todos los conductores de la serie.

Una vez definida la tracción máxima para una serie, se colocará en ese punto el disparo del dinamómetro de la máquina de tiro y no podrá variarse el mismo sin contar con la autorización expresa del Ingeniero-Director.

Los cables pilotos empleados para ejercer la tracción sobre los cables deberán ser flexibles y antigiratorios, con una carga de rotura tal que el coeficiente de seguridad mínimo durante el tendido sea de cinco (5). La unión del piloto al conductor se realizará mediante bulones de rotación (giratorios), para compensar los efectos de torsión.

La longitud de la serie a tender vendrá limitada por la resistencia de las poleas al avance del conductor sobre ellas. En principio se puede considerar un máximo de 20 poleas por conductor y tramo, aunque este número se reducirá si existen poleas muy cargadas. No podrá iniciarse el tendido de un cable si se prevé que no podrá finalizarse en el día. No podrá detenerse la operación de tendido por un periodo mayor de dos horas. Según se vayan terminando los distintos cantones, se irá retirando el material sobrante así como las bobinas vacías de manera que éstas estorben el menor tiempo posible. Los daños producidos durante el tendido serán por cuenta del Contratista.

2.4.2.10.6 **Realización de empalmes y amarres**

Grapas de amarre de compresión

El Contratista en caso necesario, dispondrá para la realización de la compresión de grapas de la prensa hidráulica adecuada con sus matrices correspondientes al diámetro de los conductores.

Las grapas de compresión deberán ser limpiadas interior y exteriormente con cepillos y baquetas adecuados, debiendo limpiar el cable con gasolina en la zona donde se realizará la comprobación. Caso de efectuarse esta operación, sobre el terreno, se instalará una lona de al menos 2 x 2 metros, sobre la que se dispondrán las piezas necesarias y el utillaje. El corte de hilos de aluminio se realizará con útil adecuado (terraja cortadora o sierra) para no dañar jamás el alma de acero. Nunca podrá utilizarse tijeras o cizallas. Para evitar que se aflojen los hilos se colocarán unas retenciones de alambre al cable, por el punto de corte.

El proceso de ejecución es el siguiente:

- Deslizar el cuerpo de grava sobre el conductor.
- Se dejará al descubierto el alma de acero con una longitud aproximada un 20% mayor que la longitud de la caña del émbolo de la grapa.
- Para evitar la oxidación se pintará con una pasta espesa de cromato de cinc o minio de plomo y aceite de linaza, el(los) extremo(s) del alma de acero del cable, antes de entrar en el manguito de acero, y el manguito de acero después de comprimido.
- Introducir el alma de acero en la caña del émbolo, haciendo tope en el fondo de éste.
- Comprimir con la matriz adecuada al diámetro del conductor, siguiendo la dirección de las flechas grabadas en el émbolo (desde la zona ondulada hacia el conductor).
- Limpiar con cepillo cuidadosamente e impregnar con grasa selladora toda la zona que quedará cubierta con el cuerpo de aluminio.

- Deslizar el cuerpo de grapa sobre el émbolo.
- Elegir la posición del émbolo (según interese por la posición de la cadena) mediante las muescas de la pala del cuerpo y el pivote situado en la balona o tope del émbolo.
- Comprimir con la matriz indicada la zona de grapa correspondiente a las ondulaciones del émbolo, siguiendo la dirección de las flechas grabadas en el cuerpo de grapa.
- Comprimir con la misma matriz la zona de grapa correspondiente al conductor siguiendo la dirección de las flechas grabadas en el cuerpo de grapa.
- Una vez comprimido el émbolo se efectuará la medida de la distancia entre caras del hexágono resultante, que será una media de 3 medidas efectuadas entre cada pata de caras. Esta medida se comparará con la medida que viene marcada por el fabricante en dicho émbolo. Análogamente, una vez comprimido el conjunto del émbolo cuerpo grapa, se repetirá la operación anterior, pero en este caso la media se efectuará con 12 medidas de las cuales 3 de ellas se efectuarán en la zona de émbolo y el resto en la zona del conductor.

Se pondrá especial cuidado en que no se produzca embolsamiento del aluminio a la salida de la grapa. Todas las grapas comprimidas serán realizadas siempre en presencia del Ingeniero-Director, quien grabará una contraseña en la parte externa sin lo cual no podrán ser regulados los conductores. A todas las uniones atornilladas o comprimidas, así como en las bocas de las grapas se aplicarán pastas y cintas antioxidantes.

2.4.2.11 Grapas de amarre helicoidales (Retenciones Terminales Preformadas)

En las líneas de Distribución hasta 36 kV, en los amarres se utilizarán grapas de amarre helicoidales también denominadas retenciones terminales preformadas, que basadas en el arrollamiento helicoidal de las varillas preformadas, proporcionan una fuerza de agarre radial y constante sobre el conductor, no inferior al 90% de la carga nominal de rotura del propio conductor.

2.4.2.11.1 Empalmes y manguitos de separación

Todo lo indicado para las grapas de comprensión, con relación a las medidas a tomar con respecto a limpieza, corte del conductor, medidas de hexágonos, embolsamientos de aluminio, supervisión, cintas auto-oxidantes, etc., será de aplicación a la ejecución de empalmes haciendo la consideración de que para éstos se sustituirán los émbolos por manguitos y con relación a los manguitos de separación, las de limpieza, medidas de hexágonos, etc.

Durante la sustitución de los empalmes provisionales por los definitivos, la maniobra se realizará de forma que el resto del conductor se mantenga con la tracción necesaria para que no llegue a tocar en tierra.

En el caso de empalmes, se tomarán las medidas necesarias para conseguir que el manguito de acero quede perfectamente centrado respecto al de aluminio, siguiendo las instrucciones del fabricante.

2.4.2.11.2 Arriostramiento vertical y horizontal de los apoyos

Antes de iniciar las operaciones de tensado, se atirantarán las torres de amarre de principio y final de la serie, siempre que no sean torres de fin de línea, en sentido de la línea y como un ángulo de los tirantes con la horizontal de 30° . Las crucetas de estos dos apoyos deberán ser atirantadas, siempre, para contrarrestar los esfuerzos verticales a los que se verán sometidas.

El resto de los apoyos de amarre de la serie se ventearán en sentido contrario al del tensor que se venga efectuando. Este atirantado puede obviarse, contando con la autorización expresa del Ingeniero-Director, siempre que se colocaran en su posición de amarre los cables de dos cantones contiguos, con su tensión mecánica en ambos lados del apoyo. Esto es, de forma que el apoyo quede con la tensión mecánica equilibrada en ambos lados. Las crucetas de estos apoyos sí deberán ser atirantadas siempre.

El atirantado, tanto horizontal como vertical, se realizará con cables de acero sección adecuada al esfuerzo que van a estar sometidos, afectados por un coeficiente de seguridad mínimo de 5.

Cada uno de estos tirantes llevará intercalado un tráctel que permita aumentar o disminuir la tracción del tirante.

2.4.2.11.3 Tensado

Esta operación, posterior a la de tendido, consiste en poner a flecha aproximada los cables de la serie, previo amarre de los mismos en uno de sus extremos, por medio de las cadenas y grapas correspondientes, sin sobrepasar nunca la tensión de flecha. En caso de que la serie esté formada por más de un cantón, la tensión a la que llevará toda la serie será inferior a la menor de todos los cantones.

Las operaciones de tensado podrán realizarse con un cabrestante, tráctel o cualquier otro tipo de maquinaria o útil adecuado, que estará colocado a una distancia horizontal mínima del apoyo de tense, igual a dos veces y media la altura del mismo, de tal manera que el ángulo que formen las tangentes de entrada y salida del cable piloto a su paso por

la polea no sea inferior a 150°. Todas las maniobras se harán con movimientos suaves y nunca se someterán los cables a sacudidas.

Los cables deberán permanecer sin engrapar un máximo de 48 horas, colocados en su flecha sobre poleas antes del regulado, al objeto que se produzca el asentamiento de los cables.

- ***Instrucciones para la realización del tensado.***

A cada uno de los tramos en que quede dividida la línea entre cadenas de amarre la denominaremos “cantón”. Queda terminantemente prohibido tensar con las pinzas de amarre.

2.4.2.11.4 Regulado y medición de flechas

Regulado

Una vez se haya producido el asentamiento de los cables, se procederá a la operación de regulado, que consiste en poner los cables a la flecha indicada en las Tablas de Tendido para la temperatura del cable en ese momento.

El afino de la regulación se hará con cabrestante auxiliar de mano colocado en serie con la máquina o sistema de tracción y la comprobación por medio de la flecha.

Para efectuar la operación de regulado, se divide la longitud de la línea en tramos de longitud variable, según sea la situación de los apoyos de amarre. A cada uno de estos tramos entre cadenas de amarre se le denominará “cantón”.

Se denominan “Vanos de Regulación” de un cantón aquéllos en los que se ha de medir la flecha, es decir, donde se ha de efectuar la regulación de los conductores. Se elegirá como tales los de mayor longitud y menor desnivel. Los denominados como “Vanos de Comprobación” son aquellos en los que se contrastarán los errores motivado por la imperfección del sistema empleado en el reglaje, especialmente por lo que se refiere a los rozamientos habidos en las poleas.

Dependiendo de la longitud del “cantón”, el perfil del terreno, y la uniformidad de los vanos, podrán establecerse los siguientes casos:

1 Vano de regulación	1 Vano de comprobación
1 Vano de regulación	2 Vanos de comprobación
2 Vanos de regulación	3 Vanos de comprobación

No debiendo quedar más de tres vanos consecutivos sin comprobar. En todo caso el Ingeniero-Director decidirá el número de vanos de regulación y de comprobación necesarios.

La operación de regulado se realizará por medio de pull-lifts o trácteles en la cruceta punto de amarre o cabrestante situado en el punto de tiro del conductor. El tensado de los conductores se efectuará con arreglo a las tablas de tendido. La longitud de los vanos y desniveles será facilitada por el Contratista de las medidas tomadas una vez instalados los apoyos.

Si existen árboles que puedan estorbar para la regulación porque los conductores descansen en ellos, en su posición normal, deben ser cortados antes de la regulación y su necesidad se preverá con el tiempo suficiente para obtener el permiso necesario.

Si en un mismo cantón se han marcado dos vanos como de regulación, ésta debe ejecutarse simultáneamente en ambos, disponiendo el Contratista de los medios de comunicación necesarios para que las órdenes de tirar, aflojar y parar lleguen al cabrestante auxiliar de mano de forma simultánea, y si a éste llegan dos órdenes contradictorias, primero se ejecutará la del punto más alejado.

2.4.2.11.5 Medición de flechas

La medición de las flechas deberá realizarse con aparatos topográficos de precisión o por el método de tablillas utilizando un teleflechas u otro dispositivo óptico similar.

Para la determinación de la temperatura, se utilizará un termómetro centesimal, instalación en un trozo de conductor o bien alojado en el mismo en sustitución del alma de acero. Se instalará el termómetro a la altura de las crucetas y si la serie tiene una longitud superior a un kilómetro, se colocarán tantos termómetros como vanos de regulación tenga, durante un tiempo mínimo de 30 minutos. Si la diferencia de temperatura entre dos puntos cualesquiera fuera de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ no podrá regularse.

En cualquiera de las operaciones tanto de tensado, regulado, marcado y correcciones a que diera lugar se mantendrá la instrucción anterior sobre los $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

El Contratista deberá marcar las flechas correspondientes a los vanos de regulación y comprobación en la situación mencionada en el plano correspondiente como la de “Flechas sobre poleas” para las operaciones de tensado y regulado, estableciéndose las correspondientes a “Flechas definitivas” para la comprobación final.

Cualquier variación de la Temperatura en $\pm 5^{\circ}\text{C}$ sobre la fijada para el marcado de flechas dará lugar a la corrección de las marcas para los distintos cables de la serie en las diversas operaciones.

Las tolerancias admisibles en las medidas de las flechas de los cables para cada uno de ellos, así como respecto a la de su situación en el conjunto serán:

- **Para cada cable independiente.**

En los vanos de la regulación y comprobación $\pm 2\%$ de la flecha teórica con un máximo admisible de ± 50 cm. En el resto de los vanos, las tolerancias anteriores afectadas por el coeficiente 1,20 es decir, $\pm 2,4\%$ con un máximo admisible de ± 60 cm.

- ***Para el conjunto de los cables.***

Tanto en el plano vertical como en el horizontal, $\pm 2\%$ de la flecha teórica, con un máximo de ± 50 cm. Una vez efectuado el regulado, se comprobarán las flechas en los vanos correspondientes antes de iniciar las operaciones de engrapado.

2.4.2.11.6 *Compensación de cadenas e instalación de grapas de suspensión*

Compensación de cadenas

Esta operación se realizará como mínimo a partir de las 48 horas siguientes al regulado contándose con la autorización previa del Ingeniero-Director.

En aquellos cantones en que por razón del perfil del terreno, los apoyos se hallen enclavados a niveles muy diferentes, el Contratista deberá conseguir mantener constante la tensión horizontal del conductor en las grapas de suspensión para la temperatura más frecuente del año y, por lo tanto, la verticalidad en las cadenas de aisladores de suspensión. No se admitirá que las mencionadas grapas se desplacen en sentido de la línea, un valor superior al 1% de la longitud de la cadena.

El proceso de compensación de cadenas será el siguiente:

- Se tomará como base la tabla de corrección de cadenas de cada uno de los cantones, en la que vendrá indicada la magnitud en cm de la corrección y el sentido de la misma.
- Se determinará como punto de referencia para las magnitudes de corrección, la proyección vertical del punto de fijación de la cadena sobre el conductor.
- A partir de este punto de referencia y con el sentido indicado en las tablas se llevará la magnitud de corrección correspondiente, que dará lugar a la marca del punto de engrape.
- Esta operación se repetirá en todas las torres de suspensión del cantón antes de proceder al engrapado.
- Si una vez engrapado el conductor se comprueba que por no haberlo marcado bien la grapa no se ha puesto en el lugar correcto y que, por tanto, la cadena no queda dentro de los límites de tolerancia indicados, se procederá a desengrapar el conductor y a engrapar de nuevo considerando dichos límites de tolerancia.

Instalación de grapas de suspensión

Las grapas de suspensión armada serán instaladas sobre la segunda marca, una vez efectuada en la compensación.

El procedimiento de instalación es el siguiente:

- En primer lugar, procederemos a instalar los manguitos de neopreno, centrándolos en el punto de engrapado ya definido; las dos mitades de los manguitos quedarán situadas de forma que su plano de unión sea horizontal.
- En segundo lugar, se procederá a la colocación de las varillas de protección comenzando su instalación por el centro de la misma, aplicándose sobre el conducto primero hacia un extremo y después hacia el otro.
- El sentido del cableado de las varillas deberá ser el mismo que el de la capa externa de conductor sobre el que vaya a ser aplicado.
- Una vez finalizada la colocación de todas las varillas se procederá a la instalación de la grapa de suspensión.

Una vez terminada la operación de engrapado y amarrado de la serie, se comprobarán la flechas de los vanos de regulación y comprobación las cuales deberán coincidir con las indicadas en las Tablas de Tendido como “flechas después de engrapado”. Posteriormente, se comprobará la situación de “verticalidad” entre sí de las cadenas de suspensión, en cada apoyo.

2.4.2.11.7 Elementos de unión y puentes

La brida de unión de la grapa de amarre de compresión con el puente postizo se entregará cubierta con un papel especial que no se quitará hasta el momento del montaje de los puentes. Tanto en bridas, como en todas las uniones a través de las cuales circule la corriente, se usará una impregnación conductora, de la que de ninguna forma se puede prescindir. A todas las uniones atornilladas o comprimidas se aplicarán pastas y cintas antioxidantes.

Asimismo, es fundamental dar el correspondiente par de apriete a los tornillos de todos los elementos cogidos al conductor ya que de no ser así, las vibraciones del conductor pueden aflojarlos, con el consiguiente riesgo de avería (“punto caliente”).

Para las líneas de Distribución se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Las conexiones o empalmes en cobre-cobre o aluminio-aluminio se realizarán mediante manguitos a compresión adecuados al conductor respectivo, evitándose

la tornillería, pero cuando sea imprescindible instalarla, ésta será de acero inoxidable calidad AISI/316 o equivalente en la norma europea.

- Las conexiones “bimetálicas” se realizarán mediante conectores de cuña a presión protegidos con masilla dieléctrica y las cubiertas adecuadas según las secciones de los conductores y especificaciones del fabricante y teniendo muy en cuenta que el aluminio irá siempre en la parte alta y el cobre en la parte baja.
- Las conexiones bimetálicas se utilizarán para las conexiones de conductores de distinta naturaleza como Aluminio y Cobre, así como para las conexiones de Aluminio con aluminio. Para la conexión cobre-cobre sólo se utilizarán piezas de cobre, nunca “bimetálicas”.
- Los trabajos a compresión se harán con las matrices adecuadas. La compresión se hace en el cobre sin punzonado y en el aluminio con punzonado. En cualquier caso, se limpiará muy bien los conductores y se les dará grasa de contacto antes de hacer los empalmes.
- Las conexiones o empalmes “bimetálicos” se realizarán mediante cuñas a presión de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

No se efectuará ningún empalme que quede sometido a tracción mecánica. Los “puentes” de conexión a la aparamenta serán lo más corto posible y con terminales reforzados.

En los puentes flojos se cuidarán su distancia a masa, y la verticalidad de los mismos así como, su homogeneidad.

PUENTES FLOJOS			
TENSION	Nº DE ELEMENTOS POR	ALTURA	DEL
20	3 v 4	80	
66	8	180	
132	12	200	
220	24	280	

⁽¹⁾ Distancia mínima entre el conductor y las partes metálicas de la cruceta.

2.4.2.11.8 **Control de calidad**

Antes de iniciar los trabajos se realizará una revisión conjunta por parte del Ingeniero-Director y el Contratista, de las herramientas, útiles, máquinas a emplear en la realización de los trabajos. En el transcurso de la obra en intervalos comprendidos entre uno y medio y dos meses, se realizarán revisiones similares a la antes mencionada.

Ninguna modificación de los elementos definidos para la obra (programa, persona, maquinaria, herramienta y proyecto) podrá ser realizada sin la autorización previa del Ingeniero-Director.

El Contratista, deberá cumplir todos los requisitos establecidos para la ejecución de los trabajos, debiendo facilitar al Ingeniero-Director los siguientes protocolos:

- Protocolo de mantenimiento de las máquinas y herramientas principales a utilizar en los trabajos: Vehículos, cabrestante, freno, poleas, trácteles, pull-lifts, carros, llaves dinamométricas, etc., así como de sus revisiones periódicas.
- Protocolo de tendido de conductores y medición de empalmes y grapas, como indicación de los datos complementarios, relación de bobinas empleadas en cada cantón indicando longitud empleada y metros sobrantes.
- Protocolo de comprobación de regulado de las flechas de cada cantón, en los vanos de Regulación y Comprobación, así como las temperaturas y las tolerancias en flecha.
- Relación de daños producidos tanto a terceros como a instalaciones de la obra, incluidos los materiales que le hayan sido suministrados por parte de la Propiedad.

El Contratista al finalizar cada uno de los cantones, cumplimentará un protocolo, donde se reflejarán los datos reseñados en el proyecto para cada vano y la situación real de la construcción, así como un resumen del estado de los caminos, accesos y modificaciones del entorno, que deberá entregar al Ingeniero-Director, así como las fichas anteriormente mencionados. Estos datos se harán llegar a la Propiedad.

Asimismo, dispondrá en obra de los siguientes elementos, tarados oficialmente:

- Comprobador dinamométrico para llaves.

Dinamómetro de 4 T.

El Ingeniero-Director podrá realizar todos los controles e inspecciones que estime oportuno en cualquiera de las instalaciones o equipos, relacionados con la obra, así como en documentación preceptiva, en los plazos señalados y en cualquier otro que pudiera parecerle conveniente.

2.4.2.11.9 Normas de seguridad específicas

Tanto el cabrestante como el freno deberán disponer de elementos de puesta a tierra. El Contratista, dispondrá de los juegos de puesta a tierra necesarios, así como de detectores de tensión a distancia preferentemente de tipo acústico.

En todos los cruzamientos que se efectúen con líneas eléctricas, además de la utilización de las protecciones indicados en el apartado referente a la “INSTALACION DE PROTECCIONES EN CRUZAMIENTOS”, deben comprobarse (cuando la línea a cruzar esté en descargo) la ausencia de tensión colocándose las puestas a tierra correspondientes en ambos extremos del vano del cruce. Solo se cruzarán líneas con tensión cuando la misma esté constituida por cable aislado convenientemente protegido para evitar que una caída fortuita del cable pueda dañar el aislamiento y energizar el conductor que se esté tendiendo.

En todos los trabajos en proximidad de elementos con tensión eléctrica, se observará lo dispuesto en las “Prescripciones de Seguridad y Primeros Auxilios” redactadas por la Comisión de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA y “Prescripciones de Seguridad para Trabajos y Maniobras en Instalaciones Eléctricas” de UNELCO-AMYS.

En los cruzamientos sobre vías públicas de comunicación se situarán operarios a ambos lados del cruzamiento, según lo dispuesto en el vigente Código de Circulación, provisto de emisoras y de señales indicadoras de peligro, disponiendo asimismo la instalación de las señales de tráfico reglamentarias.

En los casos, en los que por la trascendencia del cruzamiento se estimara oportuno, se utilizarán elementos complementarios de seguridad para prevenir los posibles deslizamientos de vanos o rotura de los dispositivos de tense (estrobos fiadores, doble sistema de los elementos de tensa independientemente de la tracción, fiadores de las cadenas de suspensión, etc.). Estas medidas complementarias se dispondrán en todas las operaciones de tendido, tensado y regulado, hasta el amarre completo de la serie.

Cesarán los trabajos en los cables, cuando exista riesgo de tormenta eléctrica en la zona.

Los elementos de comunicación (radioteléfonos) deberán ser probados antes del inicio de cualquiera de las operaciones de tendido, tensado o regulado.

Las poleas, giratorios, camisas, etc., deberán tener grabada su carga de trabajo.

Se dispondrá de un Plan de Seguridad para atención y evacuación de accidentados.

2.4.2.11.10 Maquinaria auxiliar

El Contratista deberá aportar toda la maquinaria y herramienta necesaria, para realizar con las debidas garantías técnicas la instalación de conductores, cables de tierra y accesorios. A este fin el Contratista deberá facilitar al Ingeniero-Director, para su aprobación, una relación de las herramientas y maquinaria que se van a emplear en las distintas operaciones de tendido. La aceptación de esta maquinaria dependerá exclusivamente del criterio del Ingeniero-Director.

2.4.2.12 Pintado de los apoyos

No es objeto de este Pliego describir cómo se debe aplicar una protección superficial de los apoyos a base de pintura.

2.4.2.13 Placas de peligro de muerte y numeración de los apoyos

Los apoyos llevarán la siguiente identificación:

- Numeración.
- Nombre de la Línea.
- Advertencia de riesgo eléctrico.

2.4.2.13.1 **Fijación de la identificación**

En el caso de la numeración, ésta irá rotulada con plantilla.

Las placas con el nombre de la línea y con la advertencia de riesgo eléctrico se sujetan de la forma que se describe a continuación, siempre y cuando el montante del apoyo traiga de fábrica un taladro exprofeso para su fabricación. Se prohíbe terminantemente realización de taladros para la fijación de las placas.

Para la fijación de la placa se empleará uno de estos métodos.

- *Brida + Prolongación.*

La brida se sujeta al montante del apoyo, y la placa se fija en la prolongación.

- *Cinta adhesiva de doble cara de espuma acrílica.*

Se prestará especial atención en la esmerada limpieza de las partes a unir.

2.4.2.13.2 **Líneas de media tensión**

Cada apoyo dispondrá de:

- Una numeración de apoyo.
- Una placa de advertencia de riesgo eléctrico con adicional del tipo CE-21 según documento PRA - 1.4 - 10 de la Asociación de Medicina y Seguridad en el Trabajo de UNESA para la Industria Eléctrica (AMYS).

3. CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA EJECUCIÓN DE CENTROS DE SECCIONAMIENTO

3.1 Objeto

Este Pliego de Condiciones determina las condiciones que se han adoptado para la ejecución de las obras concernientes a la instalación y puesta en funcionamiento de centros de seccionamiento.

3.2 Local

La ubicación se determinará considerando los aspectos siguientes: El local de todo CS tener acceso directo desde la vía pública, tanto para el personal, como para la instalación o sustitución de equipos. Tendrá una acera exterior, preferentemente de al menos de 1,10m de anchura, para protección suplementaria frente a tensiones de contacto. Los viales para el acceso al CS deben permitir el transporte, en camión, de los transformadores y demás elementos integrantes de aquél, hasta el lugar de ubicación del mismo. En ningún caso se admitirá el acceso a través de garaje o pasillo interior de un edificio, ni tampoco a través de zonas que no sean comunes. El acceso estará situado en una zona que con el CS abierto, deje libre permanentemente el paso de bomberos, servicios de emergencia, salidas de urgencias o socorro.

El local estará convenientemente defendido contra la entrada de aguas en aquellos lugares en que haya posibilidad de inundaciones o en las zonas de alto nivel freático. En todo caso, dicho nivel freático se encontrará como mínimo 0,3 m debajo del nivel inferior de la solera más profunda del C.S.

3.2.1 Dimensiones

Las dimensiones del CS deberán permitir:

- El movimiento e instalación en su interior de los elementos y maquinaria necesarios para la realización adecuada de la instalación; Ejecutar las maniobras propias de su explotación en condiciones óptimas de seguridad para las personas que lo realicen, según la ITC-RAT 14.
- El mantenimiento del material, así como la sustitución de cualquiera de los elementos que constituyen el mismo sin necesidad de proceder al desmontaje o desplazamiento del resto.
- La instalación de las celdas prefabricadas de MT.

Para determinar las dimensiones del CS se establecen los siguientes criterios:

- a) Se instalará el conjunto de las celdas de forma alineada. Debe dejarse el espacio libre necesario para una celda adicional, en previsión de una posible ampliación.
- b) Se tendrán en cuenta las superficies de ocupación de la aparamenta y las de pasillos o zonas de maniobra.
- c) Aquellas partes en tensión que puedan ser accesibles deberán quedar perfectamente delimitadas y protegidas, respetándose las distancias indicadas en la Tabla 1 del RD 614/2001 de 8 de junio, disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

3.2.2 Superficies de ocupación

Para los diferentes elementos que habitualmente se instalan en el interior del CS se tomarán en consideración las dimensiones de la superficie que ocupan físicamente y de la superficie necesaria para pasillos y maniobra según ITC-RAT 14, no se incluye la separación a pared de la aparamenta que debe facilitar el fabricante. En el diseño de CS las zonas de servidumbre podrán superponerse. Se entiende por zona de servidumbre aquella necesaria para hacer maniobras y efectuar el montaje y desmontaje de la aparamenta, su ancho de pasillo es el reglamentario.

3.2.3 Ventilación

La evacuación del calor generado en el interior del CT se efectuará según lo indicado en la ITC RAT-14 apartado 3.3, utilizándose siempre que sea posible el sistema de ventilación natural. La ubicación de las rejillas de ventilación se diseñará procurando que la circulación de aire haga un barrido sobre los equipos. Cuando sea necesario el empleo de la ventilación forzada, ésta deberá disponer de dispositivo de parada automática para su actuación en caso de incendio (ITC RAT-14).

3.2.4 Insonorización y medidas antivibratorias

En la fase de proyecto y construcción de la obra civil, se preverá que los centros de seccionamiento lleven el correspondiente aislamiento acústico y medidas antivibratorias, de forma que con el CS en servicio, no se transmitan niveles superiores a los admitidos por las Ordenanzas Municipales si las hubiere, o en su defecto 40 y 30 dbA, respectivamente, según recomienda la Norma Básica de la Edificación vigente. El aislamiento acústico y antivibratorio cumplirán con la Norma ONSE 34.20-12.

3.2.5 Medidas contra incendios

En la fase de proyecto y construcción de la obra civil, se tomarán las medidas de protección contra incendios de acuerdo a lo establecido en el apartado 4.1 del ITC-RAT 14.

3.2.6 Construcción de la solera

La solera soportará los esfuerzos verticales asignados para los forjados para cargas fijas y móviles antes indicadas. Cuando sea necesario, en la construcción de CS en edificio independiente, deberá realizarse un estudio geotécnico simplificado (un sondeo) para determinar si el terreno admite cimentaciones superficiales directas. En caso de que las características del terreno no admitan este tipo de cimentaciones, se realizarán cimentaciones profundas con micropilotes, o se estudiará un nuevo emplazamiento.

Cuando la solera sea de obra de fábrica, se hará con una capa de mortero de una composición adecuada para evitar la formación de polvo y ser resistente a la abrasión, estará elevada como mínimo 0,20 m sobre el nivel exterior y contendrá el mallazo equipotencial. Tendrá una ligera pendiente hacia el exterior o un punto adecuado de recogida de líquido, en el propio CS.

3.2.7 Canalizaciones de entrada de cables

Los cables entrarán al CS a través de pasamuros estancos o tubos, llegando a las celdas correspondientes por un sistema de fosos o canales. Los tubos serán de polietileno de alta densidad, tendrán un diámetro PN 160, su superficie interna será lisa y no se admitirán curvas. Los que no se utilicen se sellarán con espumas impermeables y expandibles.

Los fosos o canales de cables tendrán la solera inclinada, con pendiente del 2% hacia la entrada de los cables.

En los canales, los radios de curvatura serán como mínimo de 0,60 m.

3.2.8 Piso y mallazo

El CS estará construido de manera que su interior presente una superficie equipotencial para lo cual en el piso y a 0,10 m de profundidad máxima se instalará un enrejado de acero, formado por redondo de 3 mm de diámetro como mínimo, con los nudos electrosoldados, formando una malla no mayor de 0,30 x 0,30 m.

El enrejado se unirá a la puesta a tierra de protección mediante una pletina metálica o conductor de acero o cobre que sobresalga 0,50 m por encima del piso del CS, de sección mínima igual a la del enrejado.

3.3 Instalación eléctrica

3.3.1 Cables de MT

Los valores mínimos que deben tener los radios de curvatura que deben respetarse al instalar cables unipolares de aislamiento seco es $10(D+d)$, siendo D el diámetro del cable y d el del conductor.

En el caso de centros de seccionamiento interior cuya alimentación provenga de una línea aérea, la entrada de líneas al CS será subterránea con conversión aerosubterránea en apoyo, entrando con cable seco de las características antes indicadas.

Los terminales serán del tipo enchufables.

3.3.2 Aparamenta de MT

La aparamenta de MT será del tipo denominado bajo envolvente metálica, con dieléctrico y corte en SF₆ del tipo “extensible”. Las características eléctricas de la aparamenta y el cumplimiento de las Normas deberá garantizarse mediante el correspondiente protocolo de ensayo. Los fusibles empleados en la protección de los transformadores serán del tipo “limitadores” de alto poder de ruptura (APR), que deberán cumplir con las Normas UNE 21.120 y ONSE 54.25-01, y los compartimentos dispuestos para alojar esos fusibles serán compatibles con las dimensiones de los fusibles indicadas en dicha Norma ONSE 54.25-01.

3.3.3 Protección contra sobretensiones en MT

En caso de paso aéreo-subterráneo, se instalarán pararrayos de óxido metálico. Se colocará un juego de pararrayos en el punto de transición de línea aérea a subterránea. La conexión de la línea al pararrayos, se hará mediante conductor desnudo de las mismas características que el de la línea. Dicha conexión será lo más corta posible evitando en su trazado las curvas pronunciadas.

El margen de protección entre el nivel de aislamiento del transformador y el nivel de protección del pararrayos será como mínimo del 80%.

3.3.4 Alumbrado

Para el alumbrado interior del CS se instalarán las fuentes de luz necesarias para conseguir al menos un nivel medio de iluminación de 150 lux, existiendo como mínimo dos puntos de luz. Los focos luminosos estarán dispuestos de tal forma, que se mantenga la máxima uniformidad posible en la iluminación. Los puntos de luz se situarán de manera que pueda efectuarse la sustitución de lámparas sin peligro de contacto con otros elementos en tensión. Los interruptores del alumbrado estarán situados en la

proximidad de las puertas de acceso con un piloto que indique su presencia. También podrán utilizarse interruptores final de carrera.

3.4 Señalizaciones y material de seguridad

Los CS cumplirán las siguientes prescripciones:

- Las puertas de acceso al CS llevarán el cartel con la correspondiente señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la Recomendación AMYS 1.410, modelo CE-14 con rótulo adicional “Alta Tensión - Peligro de muerte”.
- Todo CS se dotará de la señal CR 14 de Peligro Tensión de Retorno.
- En las puertas y pantallas de protección se colocará la señal triangular distintiva de riesgo eléctrico, según las dimensiones y colores que especifica la recomendación AMYS 1.410, modelo AE-10. Las celdas prefabricadas de MT llevarán también la señal triangular distintiva de riesgo eléctrico adhesiva, equipada en fábrica.
- En un lugar bien visible del interior del CS se situará un cartel con las instrucciones de primeros auxilios a prestar en caso de accidente y su contenido se referirá a la respiración boca a boca y masaje cardíaco. Su tamaño será como mínimo UNE A-3.
- En todo CS y en lugar apropiado, se dispondrán las instrucciones escritas para la maniobra de los aparatos.

4. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICO PARTICULAR LÍNEA SUBTERRÁNEA

4.1 Ejecución de la obra

4.1.1 Trazado

Antes de comenzar los trabajos, se marcarán en el pavimento las zonas donde se vayan a abrir las zanjas, señalando tanto su anchura como su longitud y las zonas donde se dejen puentes o llaves para la contención del terreno. Si se conocen las acometidas de otros servicios a las fincas construidas, se indicarán sus situaciones con el fin de tomar las precauciones necesarias.

Se realizará la señalización de los trabajos de acuerdo con la normativa vigente y se determinarán las protecciones precisas tanto de la zanja como de los pasos que sean necesarios para los accesos a los portales, comercios, garajes, etc., así como las chapas de hierro que hayan de colocarse sobre la zanja para el paso de vehículos y personal.

Al marcar el trazado de las zanjas, se tendrá en cuenta el radio mínimo que hay que dejar en las curvas según a la sección del conductor o conductores que se vayan a canalizar

4.1.2 Demolición de pavimentos

Se efectuará con medios manuales o mecánicos, trasladando a vertedero autorizado los cascotes y tierras sobrantes.

Para dar cumplimiento a la normativa sobre emisiones de ruido en la vía pública, las herramientas neumáticas que hayan de utilizarse, así como los compresores, serán del tipo insonorizados.

Cuando se trate de calzadas con mortero asfáltico u hormigón en masa se efectuará previamente un corte rectilíneo de una anchura 5-10 cm superior a la anchura de la zanja tipo.

4.1.3 Apertura de zanjas

Antes del inicio de la obra se obtendrá de las Empresas de Servicios la afectación que la traza indicada en el plano de obra tiene sobre sus instalaciones. Será responsabilidad de la Empresa que ejecuta los trabajos, cualquier daño ocasionado a terceros.

Se iniciará la obra efectuando catas de prueba con objeto de comprobar los servicios existentes y determinar la mejor ubicación para el tendido.

Al marcar el trazado de zanjas se tendrá en cuenta el radio mínimo de curvatura que hay que respetar en los cambios de dirección.

Las paredes de las zanjas serán verticales hasta la profundidad escogida, colocándose entibaciones en los casos en que la naturaleza del terreno lo haga preciso.

En el caso de que exista o se prevea la instalación de nuevos servicios y estos comprometan la seguridad del tendido de la red subterránea de MT, se aumentará la profundidad de la zanja.

Se procurará dejar un espacio mínimo de 50 cm entre la zanja y las tierras extraídas, con el fin de facilitar la circulación del personal de la obra y evitar la caída de tierras en la zanja.

Se deberán tomar las precauciones precisas para no tapar con tierra los registros de gas, teléfono, bocas de riego, alcantarillas, etc.

Si existen árboles en las inmediaciones de la ubicación de la canalización, se definirán con el servicio de conservación de parques y jardines del Ayuntamiento, o con el Organismo que corresponda las distancias a mantener.

Durante la ejecución de los trabajos en la vía pública, se dejarán los pasos suficientes para vehículos y peatones, así como los accesos a los edificios, comercios y garajes. Si es necesario interrumpir la circulación, se precisará una autorización especial del Organismo competente

En el caso de construcción de nuevas tubulares para cruces, se procederá a la realización de las mismas por carriles de circulación, abriendo y tapando sucesivamente hasta el último en que se colocarán los tubos, se hormigonarán y se continuará con los tramos anteriores.

Cuando la naturaleza del tráfico rodado permita la colocación de planchas de hierro adecuadas, no se tapará la zanja abierta, teniendo la precaución de fijarlas sobre el piso mediante elementos apropiados.

Las dimensiones mínimas de las zanjas serán las indicadas en el proyecto.

El fondo de la zanja deberá estar en terreno firme para evitar corrimientos en profundidad que pudieran someter a los cables a esfuerzos por estiramiento.

4.1.4 Canalizaciones

Las zanjas a construir deberán ser paralelas a la línea de bordillo a una distancia tal que permita salvar los albañales de recogida de aguas y futuras construcciones de éstos.

En el caso de tubulares directamente enterrados estos se instalarán sobre un lecho de arena y posteriormente serán cubiertos también con arena. Las dimensiones serán las indicadas en el proyecto.

En los casos de dificultad en el acopio de arena el técnico encargado de la obra podrá autorizar el cambio por otro material de similares características.

Para tubos en dado de hormigón las embocaduras se dispondrán para que eviten la posibilidad de rozamientos internos contra los bordes durante el tendido. Además, se ensamblarán teniendo en cuenta el sentido de tiro de los cables.

Previamente a la instalación del tubo, el fondo de la zanja se cubrirá con una lechada de hormigón HNE-15/B/20 de 6 cm de espesor.

El bloqueo de los tubos se llevará a cabo con hormigón de resistencia HNE-15/B/20 cuando provenga de planta o con una dosificación del cemento de 200 kg/m³ cuando se realice a pié de obra, evitando que la lechada se introduzca en el interior de los tubos por los ensambles. Para permitir el paso del hormigón se utilizarán separadores de tubos.

Terminada la tubular, se procederá a su limpieza interior.

El hormigón de la tubular no debe llegar hasta el pavimento de rodadura, pues facilita la transmisión de vibraciones. Cuando sea inevitable, debe intercalarse una capa de tierra o arena que actúe de amortiguador.

Los tubos quedarán sellados con espumas expandibles impermeables, yeso o mortero ignífugo.

Cuando en una zanja coincidan cables de distintas tensiones, se situarán a distinta profundidad los tubos previstos para la MT y para la BT.

En tramos largos se evitará la posible acumulación de agua o de gas a lo largo de la canalización situando convenientemente pozos de escape en relación al perfil altimétrico.

4.1.5 *Transporte, almacenamiento y acopio de los materiales a pie de obra*

El transporte y manipulación de los materiales se realizará de forma que no se produzcan deformaciones permanentes y evitando que sufran golpes, roces o daños que puedan deteriorarlos. Se prohíbe el uso de cadenas o estribos metálicos no protegidos.

En el acopio no se permitirá el contacto del material con el terreno utilizando para ello tacos de madera o un embalaje adecuado.

Las bobinas se transportarán siempre de pie. Para su carga y descarga deberán embragarse las bobinas mediante un eje o barra de acero alojado en el orificio central. La braga o estrobo no deberá ceñirse contra la bobina al quedar ésta suspendida, para lo cual se dispondrá de un separador de los cables de acero. No se podrá dejar caer la bobina al suelo, desde la plataforma del camión, aunque este esté cubierto de arena.

Los desplazamientos de la bobina por tierra se harán girándola en el sentido de rotación que viene indicado en ella por una flecha, para evitar que se afloje el cable enrollado en la misma.

Cuando deba almacenarse una bobina en la que se ha utilizado parte del cable que contenía, se sellarán los extremos de los cables mediante capuchones termorretráctiles o cintas autovulcanizables para impedir los efectos de la humedad. Las bobinas no se almacenarán sobre un suelo blando.

4.1.6 *Tendido de cables*

4.1.6.1 *Emplazamiento de las bobinas para el tendido*

La bobina del cable se colocará en el lugar elegido de forma que la salida del mismo se efectúe por su parte superior, y emplazada de tal forma que el cable no quede forzado al tomar la alineación del tendido.

Los elementos de elevación necesarios para las bobinas son gatos mecánicos y una barra de dimensiones convenientes, alojada en el orificio central de la bobina. La base de los gatos será suficientemente amplia para que garantice la estabilidad de la bobina durante su rotación.

La elevación de ésta respecto al suelo es deben ser de unos 10 ó 15 cm como mínimo.

Al retirar las duelas de protección, se cuidará hacerlo de forma que ni ellas ni el elemento empleado para desclavarlas pueda dañar el cable.

4.1.6.2 Ejecución del tendido

Cuando la temperatura ambiente sea inferior a cero grados centígrados, no se permitirá el tendido del cable, debido a la rigidez que toma el aislamiento.

En todo momento, las puntas de los cables deberán estar selladas mediante capuchones termorretráctiles o cintas autovulcanizables para impedir los efectos de la humedad y asegurar la estanquidad de los conductores.

Los cables deben ser siempre desenrollados y puestos en su sitio con el mayor cuidado evitando que sufran torsión, hagan bucles, etc., y teniendo en cuenta que el radio de curvatura del cable debe ser superior a 20 veces su diámetro durante su tendido y a 10 veces su diámetro una vez instalado. En ningún caso, el radio de curvatura del cable no debe ser inferior a los valores indicados en las normas UNE correspondientes, relativas a cada tipo de cable.

El deslizamiento del cable se favorecerá con la colocación de rodillos preparados al efecto; estos rodillos permitirán un fácil rodamiento con el fin de limitar el esfuerzo de tiro, dispondrán de una base apropiada que, con o sin anclaje, impidan que se vuelquen, y una garganta por la que discurra el cable para evitar su salida o caída.

Esta colocación, será especialmente estudiada en los puntos del recorrido en que haya cambios de dirección, donde además de los rodillos que faciliten el deslizamiento, deben disponerse otros verticalmente, para evitar el ceñido del cable contra el borde de la canalización en el cambio de sentido. Igualmente debe vigilarse en las embocaduras de los tubulares donde deben colocarse protecciones adecuadas.

Para evitar el roce del cable contra el suelo a la salida de la bobina, es recomendable la colocación de un rodillo de mayor anchura para abarcar las distintas posiciones que adopta el cable.

En general el tendido de los conductores se realizará mediante dispositivos mecánicos (cabestrante o máquina de tiro y máquina de frenado). Sólo en líneas de pequeña entidad

se permitirá el tendido manual y, en cualquier caso, será obligatorio el uso de cables piloto.

Las máquinas de tiro estarán accionadas por un motor autónomo, dispondrán de rebobinadora para los cables piloto y de un dispositivo de parada automática.

Las máquinas de frenado dispondrán de dos tambores en serie con acanaladuras para permitir el enrollamiento en espiral del conductor (de aluminio, plástico, neopreno...), cuyo diámetro no sea inferior a 60 veces el del conductor que se vaya a tender.

Los cables piloto para el tendido serán flexibles, antigiratorios y estarán dimensionados teniendo en cuenta los esfuerzos de tendido y los coeficientes de seguridad correspondientes para cada tipo de conductor. Se unirán al conductor mediante manguitos de rotación para impedir la torsión.

Para permitir la fijación del cable a la cuerda piloto del tren de tendido la guía del extremo se colocará una mordaza tiracables a la que se sujetará la cuerda piloto.

Estas mordazas, consisten en un disco taladrado por donde se pasan los conductores sujetándolos con manguitos mediante tornillos. El conjunto queda protegido por una envolvente, (el disco antes citado va roscado a éste interiormente) que es donde se sujeta el fiador para el tiro.

La tracción para el tendido de los conductores será, como mínimo, la necesaria para que venciendo la resistencia de la máquina de freno puedan desplegarse los conductores. Deberá mantenerse constante durante el tendido de todos los conductores de la serie y no será superior a 3 kg/mm² para cables unipolares de aluminio según UNE 211620.

Una vez definida la tracción máxima para un conductor, se colocará en ese punto el disparo del dinamómetro de la máquina de tiro.

Durante el tendido será necesaria la utilización de dispositivos para medir el esfuerzo de tracción de los conductores en los extremos del tramo cabrestante y freno. El del cabrestante habrá de ser de máxima y mínima con dispositivo de parada automática cuando se produzcan elevaciones o disminuciones anormales de las tracciones de tendido.

Cuando los cables que se canalicen vayan a ser empalmados, se solaparán en la longitud indicada en el proyecto o en su defecto por el técnico encargado de obra.

Si con motivo de las obras de canalización aparecieran instalaciones de otros servicios; se tomarán todas las precauciones para no dañarlas. Si involuntariamente se causa alguna avería en dichos servicios, al terminar el trabajo, las instalaciones averiadas deberán dejarse en las mismas condiciones que se encontraban primitivamente.

No se pasarán por un mismo tubo más de una terna de cables unipolares.

Los extremos de los tubulares deberán quedar sellados.

4.1.7 *Protección mecánica y señalización*

El cable se protegerá mecánicamente mediante placa de polietileno normalizada, según se indica en los planos correspondientes y solamente para cable en tubo directamente enterrado.

Adicionalmente, todo conjunto de cables deberá estar señalado por una cinta de atención colocada a la distancia indicada en el correspondiente plano.

4.1.8 *Cierre de zanjas*

En tubo directamente enterrado, en el fondo de la zanja se extenderá una capa de arena de río de un espesor de 5 cm sobre la que se depositará el tubo a instalar, que se cubrirá con otra capa de arena de idénticas características hasta la altura indicada en el proyecto; sobre esta se colocará como protección mecánica placas de plástico sin halógenos (PE), colocadas longitudinalmente al sentido del tendido del cable.

En todos los casos, incluido el tubo hormigonado, a continuación, se extenderá otra capa, con tierra procedente de la excavación, de 20 cm de espesor, apisonada por medios manuales. Esta capa de tierra estará exenta de piedras o cascotes, en general serán tierras nuevas.

A continuación, se rellenará la zanja con tierra apta para compactar por capas sucesivas de 15 cm de espesor, debiendo utilizar para su apisonado y compactación medios mecánicos, con el fin de que el terreno quede suficientemente consolidado.

En la compactación del relleno debe alcanzar una densidad mínima del 95% sobre el próctor modificado. Se instalará la cinta de señalización que servirá para indicar la presencia de los cables durante eventuales trabajos de excavación según indican los planos del proyecto

La arena que se utilice para la protección de los cables será limpia, suelta y áspera, exenta de sustancias orgánicas, arcilla o partículas terrosas, para lo cual se tamizara o lavará convenientemente si fuera necesario. Siempre se empleará arena de río y las dimensiones de los granos serán de 0,2 a 1 mm. En los casos de dificultad en el acopio de arena el técnico encargado de la obra podrá autorizar el cambio por otro material de similares características.

En las zonas donde se requiera efectuar reposición de pavimentos, se rellenará hasta la altura conveniente que permita la colocación de éstos.

Finalmente se reconstruirá el pavimento, si lo hubiera, del mismo tipo y calidad del existente antes de realizar la apertura.

El contratista será responsable de los hundimientos que se produzcan por la deficiente realización de esta operación y, por lo tanto, serán de su cuenta las posteriores reparaciones que tengan que ejecutarse durante el tiempo de garantía exigido.

Si en la excavación de las zanjas, los materiales retirados no reúnen las condiciones necesarias para su empleo como material de relleno con las garantías adecuadas, por contener escombros o productos de desecho, se sustituirán por otros que resulten aceptables para aquella finalidad.

En cualquier caso, se atenderá a lo que establezca la Administración competente en sus Ordenanzas o en la licencia de obras (acopio obligatorio de nuevas, etc.).

4.1.9 *Reposición de pavimentos*

La reposición de pavimento, tanto de las calzadas como de aceras, se realizará en condiciones técnicas de plena garantía, recortándose su superficie de forma uniforme y extendiendo su alcance a las zonas limítrofes de las zanjas que pudieran haber sido afectadas por la ejecución de aquellas.

En los casos de aceras de losetas, éstas se repondrán por unidades completas, no siendo admisible la reposición mediante trozos de baldosas.

En los casos de aceras de aglomerado asfáltico en las que la anchura de las zanjas sea superior al 50% de la anchura de aquéllas, la reposición del pavimento deberá extenderse a la totalidad de la acera.

4.1.10 *Empalmes y terminaciones*

Para la confección de empalmes y terminaciones se seguirán los procedimientos establecidos por los fabricantes.

Los operarios que realicen los empalmes y terminaciones, conocerán y dispondrán de la documentación necesaria para su ejecución prestando especial atención en los siguientes aspectos:

- Dimensiones del pelado de cubierta, semiconductora externa e interna.
- Utilización correcta de manguitosy engaste con el utillaje necesario
- Limpieza general.
- Aplicación del calor uniforme en los termo retráctiles y ejecución correcta de los contráctiles.

Tras realizar las terminaciones, las pantallas metálicas de los cables se conectarán a tierra en ambos extremos.

4.1.11 *Señalización de la obra*

La señalización de las zonas de trabajo se realizará de acuerdo con el estudio básico de Seguridad y Salud que figure en el proyecto, así como por todo lo recogido en el plan de seguridad y salud efectuado por el contratista antes de empezar la ejecución y aprobado por el técnico de Seguridad y Salud responsable de la obra.

Los elementos que se utilicen para señalización, además de cumplir adecuadamente su finalidad fundamental, deberán mantenerse en perfecto estado de conservación.

4.1.12 *Ensayo conductores*

Con carácter previo a la puesta en servicio de las líneas subterráneas de Media Tensión se ensayarán los conductores de acuerdo a lo indicado en la ICT-LAT 05 y 06.

DOCUMENTO IV

PRESUPUESTO

ÍNDICE

1.	PRESUPUESTOS PARCIALES	194
1.1	Línea Aérea Media Tensión	194
1.2	Red subterránea Media Tensión a C.S.P.M.	194
1.3	Centro de Seccionamiento, Protección y Medida	195
1.4	Red subterránea Media Tensión C.S.P.M. – C.T.	195
1.5	Centro de Transformación.....	196
2.	PRESUPUESTO TOTAL	197

1. PRESUPUESTOS PARCIALES

1.1 Línea Aérea Media Tensión

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UD	TOTAL
Instalación de apoyo metálico C-14 2000 TR2 CA con 2 conversiones aéreo - subterráneas, terminales I, 2 juegos de autoválvulas, totalmente instalado.	1	11.481,04 €	11.481,04 €
Instalación apoyo metálico C-16 1000.	1	5.865,29 €	5.865,29 €
Instalación apoyo metálico C-16-500	3	4.925,33 €	14.775,99 €
Instalación apoyo metálico C-16 2000	1	6.435,22 €	6.435,22 €
Instalación apoyo metálico C-18 500	2	5.230,11 €	10.460,22 €
Instalación apoyo metálico C-20 500	1	5.400,65 €	5.400,65 €
Instalación apoyo metálico C-22 500	1	5.785,40 €	5.785,40 €
Sustitución apoyo nº4 existente por apoyo metálico C-16 2000 TR3.	1	10.984,29 €	10.984,29 €
MI Tendido conductor 47AL1/8ST1A (COD ANT: LA-56)	1504	9,29 €	13.972,16 €

1.2 Red subterránea Media Tensión a C.S.P.M.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UD	TOTAL
MI Zanja para doble circuito de MT en tierra bajo tubo hormigonado, apertura mixta, se incluye, limo, placa de señalización y reposición con material extraído y compactación. Se incluye tubo de reserva de las mismas dimensiones	17	84,77 €	1441,09
MI Suministro y tendido circuito conductor RH5Z1 12/20KV 3x1x240mm ² Al bajo tubo	74	22,03 €	1630,22
Ud suministro e instalación conjunto de terminales T atornillado para cable RHZ51 12/20KV 1x240mm ²	2	416,09 €	832,18
Ensayo de cables MT. Megado de un circuito de cables de media tensión con su informe correspondiente	2	488,33 €	976,66
Ud Plano "As built" de la línea subterránea de media tensión según normativa de compañía suministradora	1	286,65 €	286,65

1.3 Centro de Seccionamiento, Protección y Medida

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UD	TOTAL
Instalación edificio prefabricado tipo PFU-5 incluida excavación, transporte y asentamiento del mismo, instalación y conexión de PAT bajo edificio, reposición superficial, señalización y sellado de entrada de cables.	1	18.525,70 €	18.525,70 €
Edificio prefabricado en 24KV tipo PFU-5 o similar, incluyendo alumbrado y red de tierras interior. Incluyendo acera perimetral	1	21.001,36 €	21.001,36 €
Celda de SF6 de función de línea 24KV 630A 20KA con mando motor.	3	2.109,15 €	6.327,45 €
Celda de servicios auxiliares con Trafo 15/0,4kV y 0,6kVA.	1	1.835,60 €	1.835,60 €
Celda de Remonte 24KV 630A 20KA	1	1.941,14 €	1.941,14 €
Celda de SF6 de función de interruptor-automático 24KV 630A 20KA con mando motor, incluyendo protecciones.	1	9.819,48 €	9.819,48 €
Celda de SF6 de función de línea 24kv 630A 20kA con mando manual	1	1.953,55 €	1.953,55 €
Celda de Medida, incluyendo 3 TT y 3 TI	1	2.946,63 €	2.946,63 €
Ensayo de protecciones indirectas con informe	1	913,04 €	913,04 €
Redes de puesta a tierra de herrajes	1	611,41 €	611,41 €
Suministro y tendido de línea de BT para 230Vca en CS	25	12,21 €	305,25 €
Certificado de instalación en MT para puesta en servicio	1	608,70 €	608,70 €
Ud suministro e instalación armario telemando UP 2015 WM_UP8	1	1.121,71 €	1.121,71 €
Ud suministro e instalación RGDAT en celdas	3	266,48 €	799,44 €

1.4 Red subterránea Media Tensión C.S.P.M. – C.T.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UD	TOTAL
MI Zanja para circuito simple de MT en tierra bajo tubo seco, apertura mixta, se incluye, limo, placa de señalización y reposición con material extraído y compactación. Se incluye tubo de reserva de las mismas dimensiones	89	63,25 €	5.629,25 €
MI Suministro y tendido circuito conductor RH5Z1 12/20KV 3x1x240mm ² Al bajo tubo	109	22,03 €	2.401,27 €
Ud suministro e instalación conjunto de terminales T atornillado para cable RHZ51 12/20KV 1x240mm ²	2	416,09 €	832,18 €
Ensayo de cables MT. Megado de un circuito de cables de media tensión con su informe correspondiente	1	488,33 €	976,66 €

1.5 Centro de Transformación

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UD	TOTAL
Instalación edificio prefabricado tipo PFU-4 incluida excavación, transporte y asentamiento del mismo, instalación y conexión de PAT bajo edificio, reposición superficial, señalización y sellado de entrada de cables.	1	15.825,70 €	15.825,70 €
Edificio prefabricado en 24KV tipo PFU-4 o similar, incluyendo alumbrado y red de tierras interior. Incluyendo acera perimetral	1	16.501,36 €	16.501,36 €
Ud suministro e instalación de Celda de protección con ruptofusible 24kV/630A/20kA incluida fijación de la misma, unión a otras celdas y conexión de circuito y PAT	1	2.861,59 €	2.861,59 €
Ud suministro e instalación de Celda de línea 24kV/630A/20kA incluida fijación de la misma, unión a otras celdas y conexión de circuito y PAT	1	1.953,55 €	1.953,55 €
Ud Suministro e instalación de transformador de 1.000kVA 15.000/800V incluida conexión de circuitos	1	11.450,75 €	11.450,75 €
Ud puente de MT incluido tendido de cable RH5Z1 3x1x95mm ² Al 12/20kV y la realización de las terminaciones necesarias	1	476,19 €	476,19 €
Ud Suministro e instalación de puente BT entre transformador y cuadro de protección	1	1.012,64 €	1.012,64 €
Ud. Autotransformador trifásico para cambio de tensión, tipo seco, 5kVA, tensión de 800/400 V completamente instalado	1	480,00 €	480,00 €
Ud. Cuadro de baja tensión con seccionamiento en cabecera mediante pletinas deslizantes, de 4 salidas con base portafusible vertical tripolar desconectable en carga. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación	1	1.477,84 €	1.477,84 €
Redes de puesta a tierra de herrajes	1	611,41 €	611,41 €
Certificado de instalación en MT para puesta en servicio	1	608,70 €	608,70 €

2. PRESUPUESTO TOTAL

DENOMINACIÓN	IMPORTE
LÍNEA AÉREA MEDIA TENSIÓN	85.160,26 €
RED SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN A C.S.P.M.	5.166,80 €
CENTRO DE SECCIONAMIENTO, PROTECCIÓN Y MEDIDA	68.710,46 €
RED SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN C.S.P.M. – C.T.	9.839,36 €
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	53.259,73 €
TOTAL IMPORTE	222.136,61 €

Asciende el presente Presupuesto de “Línea de evacuación de energía de un parque fotovoltaico en el Término Municipal de Lécera (Zaragoza)” a la expresada cantidad de:

“DOSCIENTOS VEINTIDOS MIL CIENTO TREINTA Y SEIS EUROS CON SESENTA Y UN CÉNTIMOS” I.V.A. no incluido.

DOCUMENTO V

**ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y
SALUD**

ÍNDICE

1.	OBJETO	200
2.	NORMATIVA	200
3.	ALCANCE	200
4.	DATOS GENERALES	200
4.1	Tipo de trabajo	200
4.2	Actividades principales	201
4.3	Climatología	201
4.4	Plazo de ejecución	201
4.5	Número de operarios previstos	201
4.6	Oficios	201
4.7	Maquinaria y medios auxiliares	202
4.8	Instalaciones eléctricas provisionales	202
5.	ANÁLISIS DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS	203
5.1	Riesgos generales	203
5.2	Riesgos y medidas específicas	204
5.2.1	Trabajos Con Ferralla	204
5.2.2	Trabajos de Encofrado y Desencofrado	204
5.2.3	Trabajos con Hormigón	205
5.2.4	Maniobras de Izado, Situación en Obra y Montaje de Equipos y Materiales. 206	
5.2.5	Máquinas y Medios Auxiliares	207
5.2.6	Instalaciones Eléctricas Provisionales	209
6.	PROTECCIONES PERSONALES	209
7.	FORMACIÓN PERSONAL	210
7.1	Charla de seguridad y primeros auxilios para personal de ingreso en obra	210
7.2	Charlas sobre riesgos específicos	210
8.	MEDICINA ASISTENCIAL	211
8.1	Control medico	211
8.2	Medios de actuación y primeros auxilios	211
9.	REVISIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD	212
	215	

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, así como la minimización de las consecuencias de los accidentes que se produzcan durante la ejecución de los trabajos del proyecto objeto de estudio.

2. NORMATIVA

Para la realización del presente estudio se ha tenido en cuenta la siguiente Normativa:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre sobre los criterios de planificación, control y desarrollo de los medios y medidas de Seguridad y Salud que deben tenerse presentes en la Ejecución de los Proyectos de Construcción.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.M. 9 de marzo de 1971), en los Capítulos y Artículos no derogados por la Ley 31/95.
- Notificación de accidentes de trabajo (O.M. 16 de diciembre de 1.987)

3. ALCANCE

Las medidas contempladas en este Estudio alcanzan a todos los trabajos a realizar en el citado proyecto, y aplica la obligación de su cumplimiento a todas las personas que intervengas en la ejecución de estos.

4. DATOS GENERALES

4.1 Tipo de trabajo

El trabajo en la ejecución del Proyecto de “RED SUBTERRÁNEA MEDIA TENSIÓN 15 KV A/Y CENTRO DE SECCIONAMIENTO, MEDIDA Y TRANSFORMACIÓN 1.000 KVA PREFABRICADO PARA EVACUACIÓN DE ENERGÍA PARQUE FOTOVOLTAICO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE ELÉCERA (ZARAGOZA)” consiste básicamente en el desarrollo de las siguientes fases principales de construcción:

- Pequeña Obra Civil.
- Montaje de estructuras metálicas.
- Montaje de contenedores prefabricados.
- Montaje de la instalación eléctrica B.T.
- Montaje de Cuadros, cableado y conexionado.
- Pruebas y Puesta en Marcha de los distintos Equipos y Sistemas.

4.2 Actividades principales

Las actividades principales por ejecutar en el desarrollo de los trabajos detallados son, básicamente, las siguientes:

- Replanteo, Excavación y Cimentación.
- Manipulación de materiales.
- Transporte de materiales y equipos dentro de la obra.
- Montaje de estructuras y cerramientos.
- Maniobra de izado, situación en obra y montaje de equipos y materiales.
- Tendido y conexionado de cables.
- Montaje de Instalaciones.
- Suelos y Acabados.

Más adelante analizaremos los riesgos previsibles inherentes a los mismos, y describiremos las medidas de protección previstas en cada caso.

4.3 Climatología

La climatología de la zona es de tipo continental, con inviernos fríos y veranos calurosos.

4.4 Plazo de ejecución

El periodo de tiempo estimado para la ejecución de las obras del Proyecto es de 15 días.

4.5 Número de operarios previstos

El número aproximado de trabajadores totales previstos, para realizar las distintas actividades del proyecto, serán unos 8, estimándose una punta máxima de 6.

4.6 Oficios

La mano de obra directa prevista la compondrán trabajadores de los siguientes oficios:

- Jefes de Equipo, Mandos de Brigada.
- Albañiles
- Montadores de estructuras metálicas
- Montadores de equipos e instalaciones eléctricas
- Soldadores
- Cableadores y Conexionistas
- Pintores
- Gruistas y Maquinistas
- Especialistas de acabados diversos
- Ayudantes

La mano de obra indirecta estará compuesta por:

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

4.7 Maquinaria y medios auxiliares

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

- Equipo de soldadura eléctrica.
- Equipo de soldadura oxiacetilénica -oxicorte.
- Camión de transporte.
- Grúa móvil.
- Camión grúa.
- Cablestante de izado.
- Pistolas de fijación.
- Taladradoras de mano.
- Cortatubos.
- Curvadoras de tubos.
- Radiales y esmeriladoras.
- Tracteles, poleas, aparejos, eslingas, grilletes, etc.
- Martillo rompedor y picador, etc.

Entre los medios auxiliares cabe mencionar los siguientes:

- Andamios sobre borriquetas.
- Andamios metálicos modulares.
- Escaleras de tijera.
- Cuadros eléctricos auxiliares.
- Instalaciones eléctricas provisionales.
- Herramientas de mano.
- Bancos de trabajo.

Equipos de medida

- Comprobador de secuencia de fases.
- Medidor de aislamiento
- Medidor de tierras.
- Pinzas amperimétricas.

4.8 Instalaciones eléctricas provisionales

Para el suministro de energía a las máquinas y herramientas eléctricas propias de los trabajos objeto del presente Estudio, los contratistas instalarán cuadros de distribución

con toma de corriente en las instalaciones de la propiedad o alimentados mediante grupos electrógenos.

5. ANÁLISIS DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

Analizamos a continuación los riesgos previsibles inherentes a las actividades de ejecución previstas, así como las derivadas del uso de maquinaria, medios auxiliares y manipulación de instalaciones, máquinas o herramientas eléctricas.

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. Sin excluir el uso de estas últimas, las protecciones colectivas previstas, en función de los riesgos enunciados, son los siguientes:

5.1 Riesgos generales

Entendemos como riesgos generales aquellos que pueden afectar a todos los trabajadores, independientemente de la actividad concreta que realicen.

Se prevé que puedan darse los siguientes:

- Caídas de objetos o componentes sobre personas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Proyecciones de partículas a los ojos.
- Conjuntivitis por arco de soldadura u otros.
- Heridas en manos o pies por manejo de materiales.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes y cortes por manejo de herramientas.
- Golpes contra objetos.
- Atrapamiento entre objetos.
- Quemaduras por contactos térmicos.
- Exposición a descargas eléctricas.
- Incendios y explosiones.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas, vehículos o equipos.
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento.

Protecciones Colectivas

- Se montará Protección Mecánica en los huecos por los que pudiera producirse caída de personas.
- En cada tajo de trabajo, se dispondrá de, al menos, un extintor portátil de polvo polivalente.
 - Si algún puesto de trabajo generase riesgo de proyecciones (de partículas, o por arco de soldadura) a terceros se colocarán mamparas opacas de material inifugo.
 - Si se realizasen trabajos con proyecciones incandescentes en proximidad de materiales combustibles, se retirarán estos o se protegerán con lona inifuga.

- Se mantendrán ordenados los materiales, cables y mangueras para evitar el riesgo de golpes o caídas al mismo nivel por esta causa.
- Los restos de materiales generados por el trabajo se retirarán periódicamente para mantener limpias las zonas de trabajo.

5.2 Riesgos y medidas específicas

Nos referimos aquí a los riesgos propios de actividades concretas que afectan solo al personal que realiza trabajos en las mismas.

Este personal estará expuesto a los riesgos generales indicados en el punto 5.1., más los específicos de su actividad.

A tal fin analizamos a continuación las actividades más significativas.

5.2.1 Trabajos Con Ferralla

5.2.1.1 Riesgos más Comunes

- Cortes y heridas en el manejo de las barras o alambres.
- Atrapamientos en las operaciones de carga y descarga de paquetes de barras o en la colocación de estas.
- Torcedura de pies, tropiezos y caídas al mismo nivel al caminar sobre las armaduras.
- Roturas eventuales de barras durante el doblado.

5.2.1.2 Medidas Específicas

- Los paquetes de redondos se acopiarán en posición horizontal, separando las capas con durmientes de madera y evitando alturas de pilas superiores a 1.50m.
- No se permitirá trepar por las armaduras.
- se colocarán tableros para circular por las armaduras de ferralla.
- No se emplearán elementos o medios auxiliares (escaleras, ganchos, etc.) hechos con trozos de ferralla soldada.
- Diariamente se limpiará la zona de trabajo, recogiendo y retirando los recortes y alambres del armado.

5.2.2 Trabajos de Encofrado y Desencofrado

5.2.2.1 Riesgos más Comunes

- Desprendimiento de tableros.
- Pinchazos con objetos punzantes.
- Caída de materiales (tableros, tablones, puntales, etc.)
- Caída de elementos del encofrado durante las operaciones de desencofrado.
- Cortes y heridas en manos por manejo de herramientas (sierras, cepillos, etc.) y materiales.

5.2.2.2 Medidas Específicas

- El ascenso y descenso a los encofrados se hará con escaleras de mano reglamentarias.
- No permanecerán operarios en la zona de influencia de las cargas durante las operaciones de izado y traslado de tableros, puntales, etc.
- Se sacarán o remacharán todos los clavos o puntas existentes en la madera usada.
- El desencofrado se realizará siempre desde el lado en que no puedan desprenderse los tableros y arrastrar al operario.

5.2.3 **Trabajos con Hormigón**

5.2.3.1 Riesgos más Comunes

- Salpicaduras de hormigón a los ojos.
- Hundimiento, rotura o caída de encofrados.
- Torceduras de pies, pinchazos, tropiezos y caídas al mismo y a distinto nivel, al moverse sobre las estructuras.
- Dermatitis en la piel.
- Aplastamiento o atropellamiento por fallo de entibaciones.
- Lesiones musculares por el manejo de vibradores.
- Electrocutión por ambientes húmedos.

5.2.3.2 Medidas Específicas

- Vertidos mediante canaleta:
 - Instalar topes de final de recorrido de los camiones hormigonera para evitar vuelcos.
 - No situarse ningún operario detrás de los camiones hormigonera en las maniobras de retroceso.
- Vertidos mediante cubo con grúa:
 - Señalizar con pintura el nivel máximo de llenado del cubo para no sobrepasar la carga admisible de la grúa.
 - No permanecer ningún operario bajo la zona de influencia del cubo durante las operaciones de izado y transporte de este con la grúa.
 - La apertura del cubo para vertido se hará exclusivamente accionando la palanca prevista para ello. Para realizar tal operación se usarán, obligatoriamente, guantes, gafas y, cuando exista riesgo de caída, cinturón de seguridad.
 - El guiado del cubo hasta su posición de vertido se hará siempre a través de cuerdas guía.

5.2.4 Maniobras de Izado, Situación en Obra y Montaje de Equipos y Materiales.

5.2.4.1 Riesgos Específicos.

- Caída de materiales, equipos o componentes de estos por fallo de los medios de elevación o error en la maniobra.
- Caída de pequeños objetos o materiales sueltos (cantoneras, herramientas, etc.) sobre personas.
- Caída de personas desde altura en operaciones de estrobo o desestrobo de las piezas.
- Atrapamientos de manos o pies.
- Aprisionamiento o aplastamiento de personas por movimientos incontrolados de la carga.
- Golpes de equipos, en su izado y transporte, contra otras instalaciones (estructuras, líneas eléctricas, viviendas, etc.)
- Caída o vuelco de los medios de elevación.

5.2.4.2 Medidas Específicas

- No se permitirá, bajo ningún concepto, el acceso de cualquier persona a la zona señalizada y acotada en la que realicen maniobras con cargas suspendidas.
- El guiado de las cargas o equipos para su ubicación definitiva se hará siempre mediante cuerdas guía manejadas desde lugares fuera de la zona de influencia de su posible caída, y no se accederá a dicha zona hasta el momento justo de efectuar su acople o posicionamiento.
- Se taparán o protegerán con medios mecánicos los huecos que se generen en el proceso de montaje.
- Se ensamblarán a nivel de suelo, en la medida que lo permita la zona de montaje y capacidad de las grúas, los módulos de estructuras con el fin de reducir en lo posible el número de horas de trabajo en altura y sus riesgos.
- La zona de trabajo sea de taller o de campo, se mantendrá siempre limpia y ordenada.
- Los equipos y estructuras permanecerán arriostadas, durante toda la fase de montajes hasta que no se efectúe la sujeción definitiva, para garantizar su estabilidad en las peores condiciones previsibles.
- Los andamios que se utilicen cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G.S.H.T.
- Se instalarán cuerdas o cables fiadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar plataformas de trabajo con

barandilla, o sea necesario el desplazamiento de operarios sobre la estructura. En estos casos se utilizarán cinturones de caída, con arnés provistos de absorción de energía.

5.2.5 Máquinas y Medios Auxiliares

Analizamos en este apartado los riesgos que además de los generales, pueden presentarse en el uso de la maquinaria y medios auxiliares.

Diferenciamos estos riesgos clasificándolos de la forma siguiente.

Máquinas fijas y herramientas eléctricas.

- Accidentes por contactos, tanto directos como indirectos.
- Caídas de personal al mismo, o distinto nivel por desorden de mangueras.
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones de máquinas giratorias o de corte.
- Proyecciones de partículas.

Medios de Elevación.

- Caída de la carga por deficiente estrobo o maniobra.
- Rotura de cable, gancho, grillete, o cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Golpes o aplastamientos por movimientos de la carga.
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente.
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos.
- Caída de personas a distinto nivel durante operaciones de movimiento de cargas.

Andamios, Plataformas y Escaleras.

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caída del andamio por vuelco.
- Vuelcos o deslizamientos de escaleras.
- Derivados de padecimiento de enfermedades no detectadas (epilepsia, vértigo, etc.)

Equipos de soldadura eléctrica y oxiacetilénica.

- Incendios.
- Quemaduras.
- Los derivados de la inhalación de vapores metálicos.
- Explosión de botellas de gases.
- Proyecciones incandescentes, o de cuerpos extraños.
- Contacto con la energía eléctrica.

Medidas Específicas

▪ **Para evitar la caída de objetos:**

- Coordinar los trabajos de forma que no se realicen trabajos superpuestos.
- Ante la necesidad de trabajos en el mismo vertical, poner las oportunas protecciones (redes, marquesinas, etc.).
- Controlar la zona donde se realicen maniobras con cargas suspendidas, hasta que estas se encuentren totalmente apoyadas.

Emplear cuerdas para el guiado de cargas suspendidas, que serán manejadas desde fuera de la zona sólo cuando la carga esté prácticamente arriada.

▪ **Para evitar la caída de personas:**

Colocarán protecciones mecánicas en los huecos existentes en forjados, así como en paramentos verticales si estos son accesibles o están a menos de 1,5 m. del suelo.

Las barandillas que se quiten o huecos que se destapen para introducción de equipos, etc., se mantendrán prácticamente controlados y señalizados durante la maniobra, reponiéndose las correspondientes protecciones nada mas finalizar estas.

Los andamios que se utilicen (molduras o tubulares) cumplirán los requerimientos y condiciones mínimas definidas en la O.G.S.H.T., destacando entre otras:

- Superficie de apoyo horizontal y resistente.
- Si son móviles, las ruedas estarán bloqueadas y no se trasladarán con personas sobre las mismas.
- No sobrecargar las plataformas de trabajo y mantenerlas limpias y libres de obstáculos.
- En altura (mas de 2 m) es obligatorio utilizar cinturón de seguridad, siempre que no existan protecciones (barandillas) que impidan la caída, el cual estará anclado a elementos, fijos, móviles, definitivos o provisionales, de suficiente resistencia.
- Se instalarán cuerdas o cables fijadores para sujeción de los cinturones de seguridad en aquellos casos en que no sea posible montar barandillas de protección, o bien sea necesario el desplazamiento de los operarios sobre estructuras o cubiertas. En este caso se utilizarán cinturones de caída, con arnés provistos de absorción de energía.
- Las escaleras de mano cumplirán, como mínimo, las siguientes condiciones:
 - No tendrán rotos ni astillados largueros o peldaños. Dispondrán de zapatas antideslizantes.
 - La superficie de apoyo inferior y superior serán planas y resistentes.

- Fijación o amarre por su cabeza en casos especiales y usar el cinturón de seguridad anclado a un elemento ajeno a esta.
- Colocarla con la inclinación adecuada.
- Con las escaleras de tijera, ponerle tope o cadena para que no se abran, no usarlas plegadas y no ponerse a caballo en ellas.

5.2.6 *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.

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.

5.2.6.1 Medidas específicas

Serán estancos, y estarán dotados de las siguientes protecciones:

- Protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Diferencial de 30 mA para las tomas monofásicas que alimentan herramientas o útiles portátiles.
- Los conductores aislados utilizados tanto para acometidas como para instalaciones serán de 1.000 voltios de tensión nominal como mínimo.
- 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.

6. 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.

Se prevé el uso, en mayor o menor grado, de las siguientes protecciones personales:

- Casco.
- Pantalla facial transparente.
- Pantalla de soldador con visor abatible y cristal inactivo.
- Mascarillas faciales según necesidades.
- Mascarillas desechables de papel.
- Guantes de varios tipos (montador, soldador, aislante, goma, etc.).
- Cinturón de seguridad.
- Absorbedores de energía.
- Chaqueta, peto, manguitos y polainas de cuero.
- Gafas de varios tipos (contraimpactos, sopletero, etc.).
- Calzado de seguridad, adecuado a cada uno de los trabajos.
- Protecciones auditivas (cascos o tapones).
- Ropa de trabajo.

Todas las protecciones personales cumplirán la Normativa Europea (CE) relativa a Equipos de Protección Individual (EPI).

Todos los equipos de Protección Individual (EPI) cumplirán lo establecido en el R.D. 1470/92 de 20 de noviembre, y modificaciones posteriores, por el que se adoptan en Todos los Equipos de Protección Individual (EPI) cumplirán lo establecido en el R.I. España los criterios de la Normativa Europea (Directiva 89/656/CE).

Dispondrán del consiguiente certificado y contendrá de forma visible el sello (CE) correspondiente.

7. FORMACIÓN PERSONAL

Su objetivo es informar a los trabajadores de los riesgos propios de los trabajos que van a realizar, darles a conocer las técnicas preventivas y mantener el espíritu de seguridad de todo el personal.

7.1 Charla de seguridad y primeros auxilios para personal de ingreso en obra.

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

7.2 Charlas 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.

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 estarán 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.

8. MEDICINA ASISTENCIAL

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.

8.1 Control medico

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.

8.2 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, 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 y médicos locales.

9. REVISIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD

Con el fin de comprobar la correcta aplicación del Plan de Seguridad, el Coordinador de Seguridad durante la Obra realizará cuantas visitas e inspecciones considere oportunas.

En el caso de efectuarse alguna anotación en el libro de incidencias el Coordinador de Seguridad estará obligado a remitir en el plazo de 24 horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realice la Obra.

DOCUMENTO VI

GESTIÓN DE RESIDUOS

ÍNDICE

1.	OBJETO	215
2.	NATURALEZA DE LOS RESIDUOS	215
3.	VOLUMEN GENERADO DE RESIDUOS.....	215
4.	ALMACENAMIENTO	216
5.	RECOGIDA	216
6.	TRATAMIENTO	217
7.	COSTES GESTIÓN DE RESIDUOS	217

1. OBJETO

El objeto del presente apartado es dar cumplimiento al preceptivo estudio de residuos tóxicos, en cumplimiento al Real Decreto 105/2008 del 1 de febrero 2008.

2. NATURALEZA DE LOS RESIDUOS

Los residuos generados por la instalación u obra que conlleva este proyecto entran en la clasificación de residuo inerte, es decir, aquel residuo no peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana, el contenido de contaminantes del residuo y la ecotoxicidad del lixiviado son insignificantes.

Estos residuos son los resultantes del excavado y levantamiento de tierras o aceras para la ejecución de redes subterráneas (o para la instalación de la red de tierras del CT), o de cimentación u otro elemento constructivo necesario para la adecuación del recinto para la instalación del CT.

Según la clasificación a seguir por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, los posibles residuos que pueden generarse se corresponden con la siguiente clasificación:

- 01 04 08: Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07
- 01 04 09 Residuos de arena y arcillas
- 17 04 11 Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.
- 17 05 04 Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.
- 10 13 Residuos de la fabricación de cemento, cal y yeso y de productos derivados.
- 10 13 14 Residuos de hormigón y lodos de hormigón.

3. VOLUMEN GENERADO DE RESIDUOS

Los residuos generados en las obras implicadas en la ejecución del presente proyecto vienen generados por las siguientes partidas:

- Excavación para la realización de cimentación de edificios prefabricados y redes de tierras: dicha actividad supone la extracción de **21,62 m³** de tierra.
- Excavación para la realización de cimentación de los apoyos: dicha actividad supone la extracción de **24,10 m³** de tierra.
- Excavación para la realización de red subterránea de media tensión: dicha actividad supone la extracción de **61,94 m³** de tierra.
- Material de construcción proveniente de cortes o sobrantes (ladrillo cerámico, mortero, etc.); **1,5 m³**.
- Materiales eléctricos sobrantes: (cables, conectores, etc): No apreciables.

4. ALMACENAMIENTO

El almacenamiento que se va a producir es prácticamente nulo, ya que se hace retirada de los productos sobrantes de forma continua y en vertedero autorizado. Dicha actuación se limita a la separación pertinente de los residuos y/o la gestión por entidades autorizadas para el manejo, separación y, en su caso otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición de la obra que estas últimas tengan asignadas.

Los titulares de actividades en las que se desarrollen operaciones de recogida, transporte y almacenamiento de residuos no peligrosos de construcción y demolición deberán notificarlo al órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma correspondiente, quedando debidamente registradas estas actividades en la forma que establezca la legislación de las comunidades autónomas. La legislación de las comunidades autónomas podrá someter a autorización el ejercicio de estas actividades.

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

5. RECOGIDA

Los titulares de actividades en las que se desarrollen operaciones de recogida, transporte y almacenamiento de residuos no peligrosos de construcción y demolición deberán notificarlo al órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma

correspondiente, quedando debidamente registradas estas actividades en la forma que establezca la legislación de las comunidades autónomas. La legislación de las comunidades autónomas podrá someter a autorización el ejercicio de estas actividades.

En cualquier caso, siempre se seguirá lo dispuesto en la norma UNE 134002:1999 de Gestión de eliminación de Residuos Inertes de derribo y demás residuos de la construcción.

6. TRATAMIENTO

Entendiendo por tratamiento cualquier proceso físico, térmico, químico o biológico, incluida la clasificación, que cambia las características de los residuos de construcción y demolición de los residuos generados en la obra o instalación, no se contempla, debido a la naturaleza de los residuos, otra actividad que no sea la de la clasificación, preparación, y separación de los desechos, además de preparar la documentación e informes exigidos en el Decreto 105/2008 del 1 de febrero 2008.

Se reducirá en lo posible el volumen o la peligrosidad de los materiales residuales, facilitando su manipulación, incrementando su potencial de valorización o mejorando su comportamiento en el vertedero.

Según la Orden MAM/304/2002, el destino de los residuos es el siguiente:

D12 Depósito permanente

D5 Vertido en lugares especialmente diseñados

RECICLADO

La entidad propietaria no contempla, debido a la naturaleza de los residuos, tratamientos posibles de reciclado que no sean aquellos a los que los propios organismos autorizados y encargados de las actividades de recogida y almacenamiento hayan legalmente dispuesto para uso ajeno al de la propiedad.

7. COSTES GESTIÓN DE RESIDUOS

La valoración de los costes asociados a la gestión de residuos se incluye en el presupuesto general del proyecto, y en particular en los presupuestos de la obra civil.

Se estiman las toneladas T de residuos (totales) en función de los m² desplazados utilizando parámetros estimativos, tales como la altura de la mezcla de residuos (unos 20 cm) y una densidad tipo d (1,5 t /m³ a 0,5 t /m³)

Dichos costes por lo comentado anteriormente no incluyen almacenamiento ni tratamiento alguno, así pues, se separan en:

- Separación, manejo, gestión de residuos
- Recogida y transporte
- Vertido conforme a la directiva 99/31/CE

DOCUMENTO VII

PLANOS

ÍNDICE

PLANO N°01

SITUACIÓN - EMPLAZAMIENTO

PLANO N° 02

PLANTA GENERAL

PLANO N° 03

PLANTA INSTALACIÓN

PLANO N° 04

PLANTA-PERFIL

PLANO N° 05

ZANJA TIPO

PLANO N° 06

6.1. APOYOS. ARMADOS Y CADENAS DE AISLAMIENTO

6.2. APOYO N°1. INSTALAR DOBLE CONVERSIÓN A/S

6.3. APOYOS. PLANO DE MONTAJE

6.4. APOYOS. PUESTA A TIERRA

PLANO N° 07

CAMINO ACCESO

PLANO N° 08

8.1. CENTRO DE SECCIONAMIENTO. PFU-5

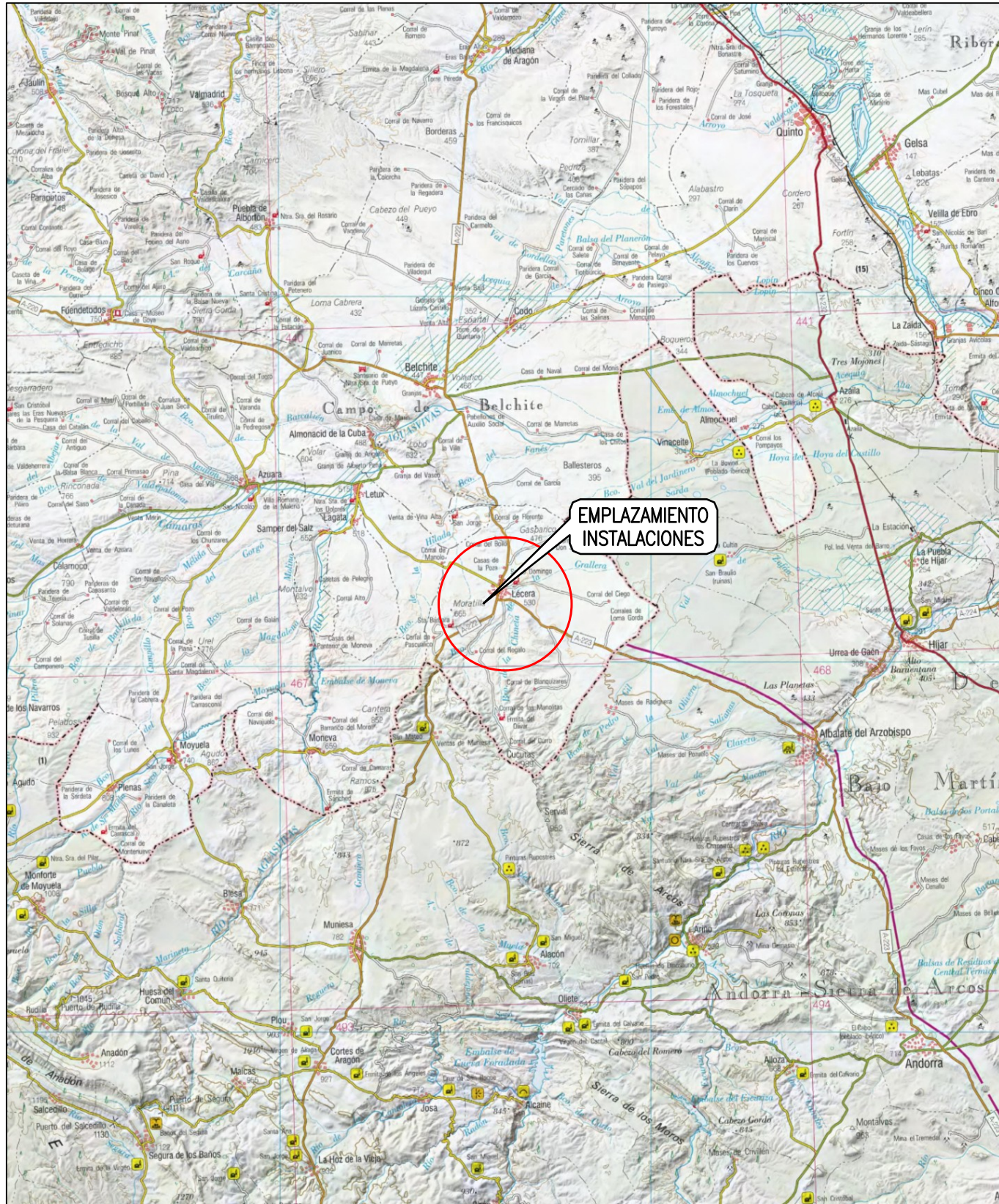
8.2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN. PFU-4

PLANO N° 09

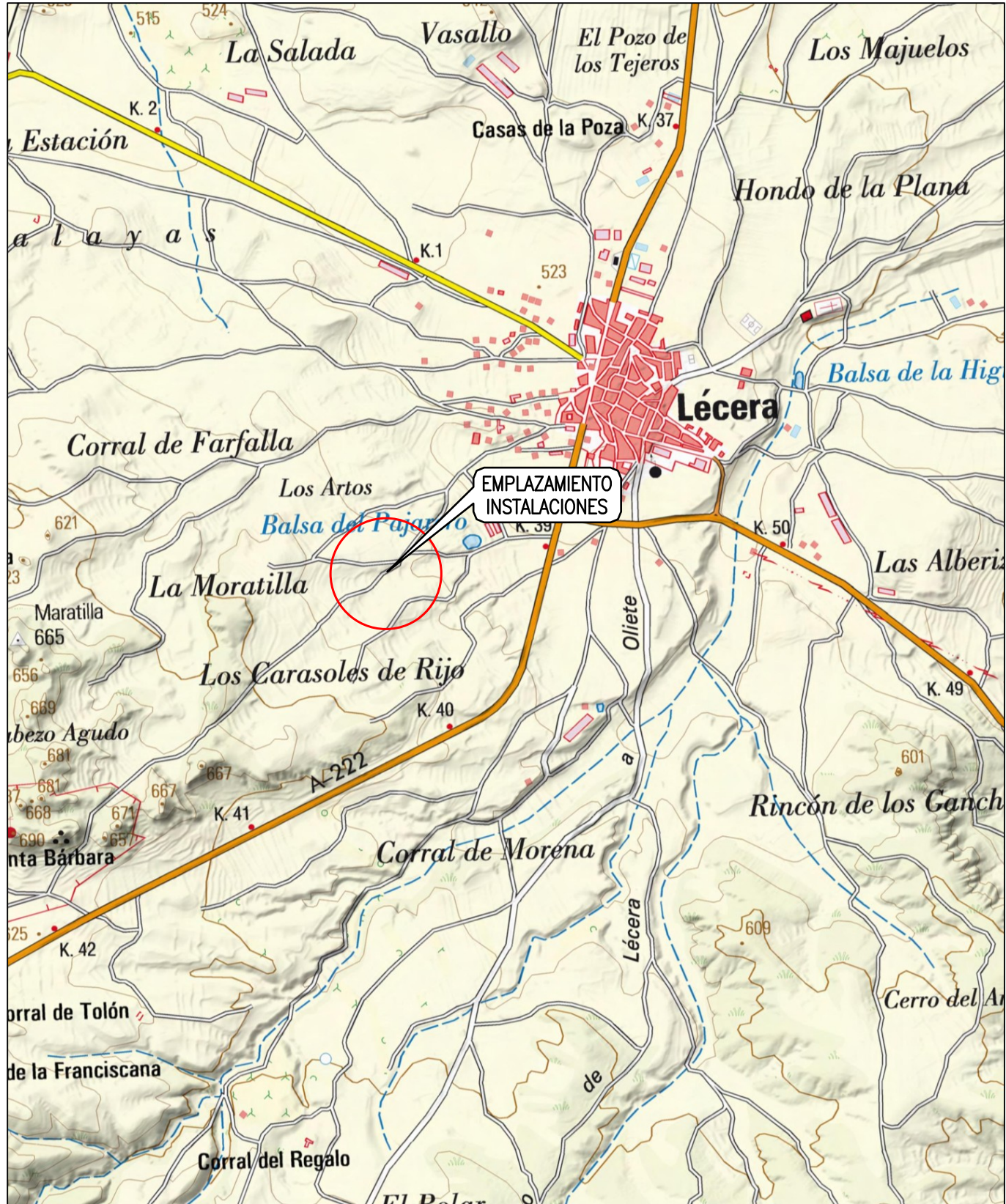
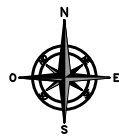
ESQUEMA UNIFILAR

PLANO N° 10

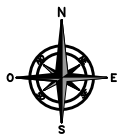
SISTEMA TELEMANDO

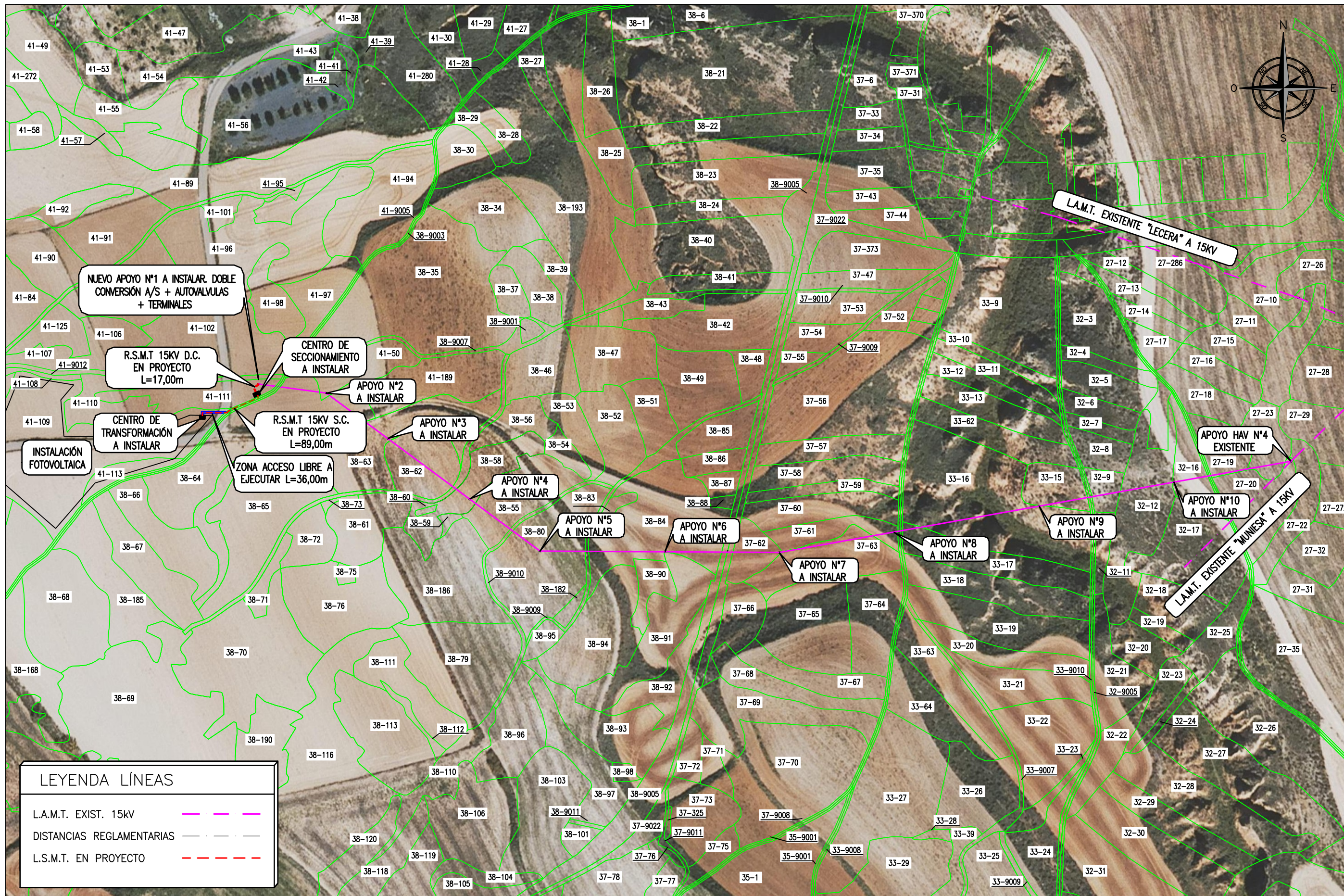


PLANO DE SITUACION
ESCALA 1:300.000

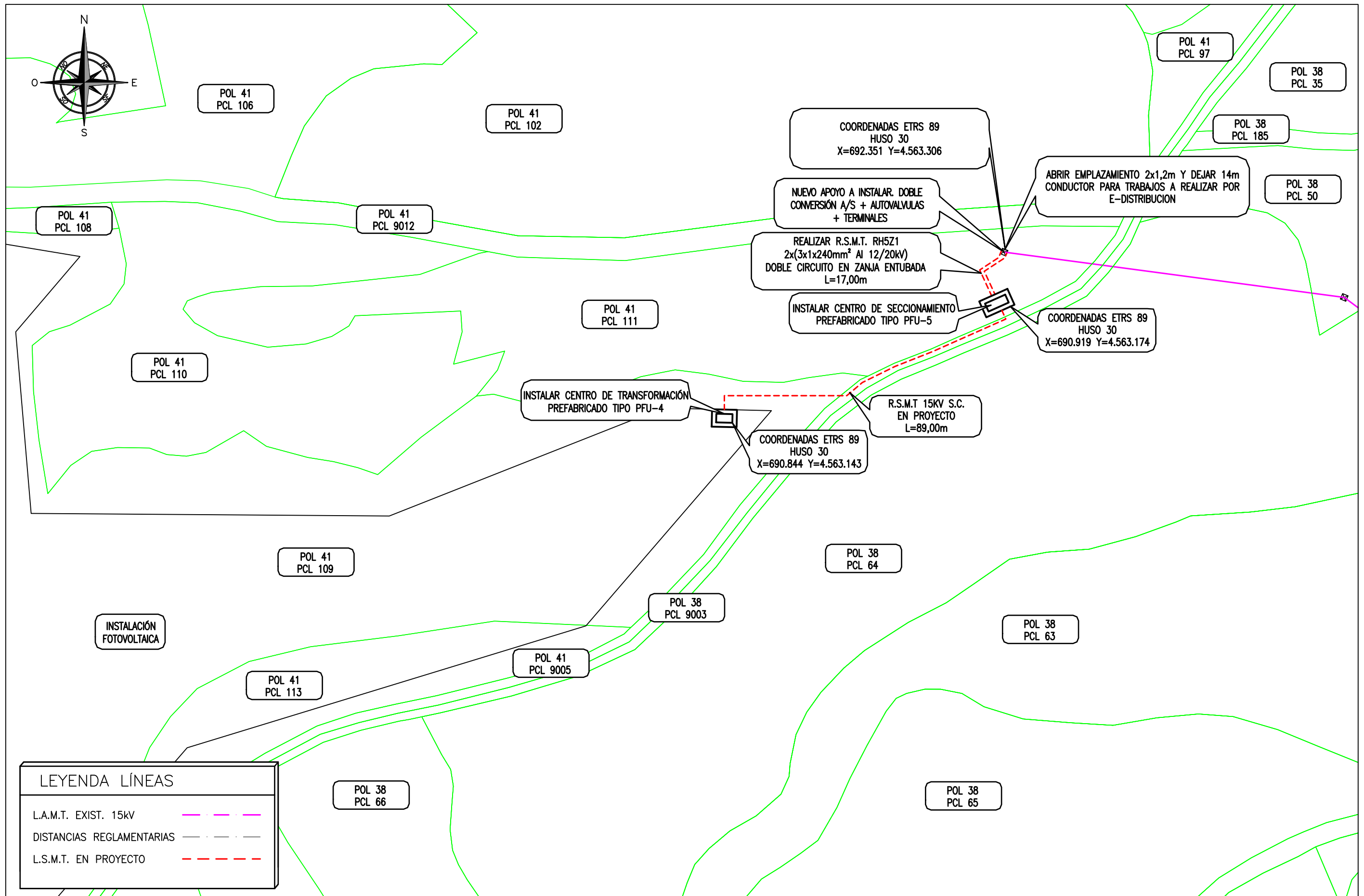


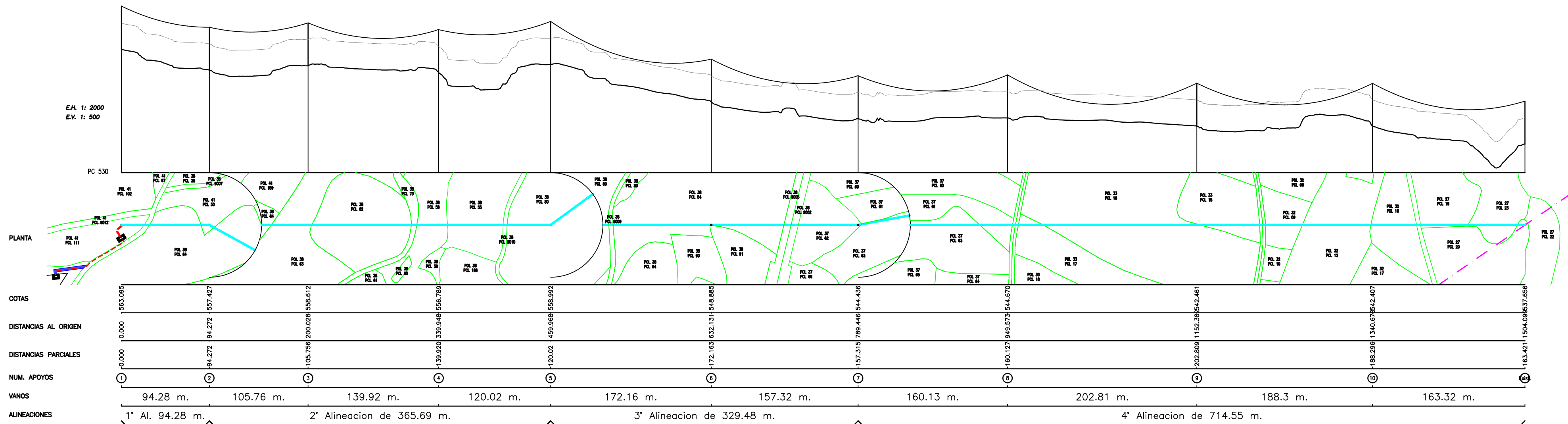
PLANO DE EMPLAZAMIENTO
ESCALA 1:25.000



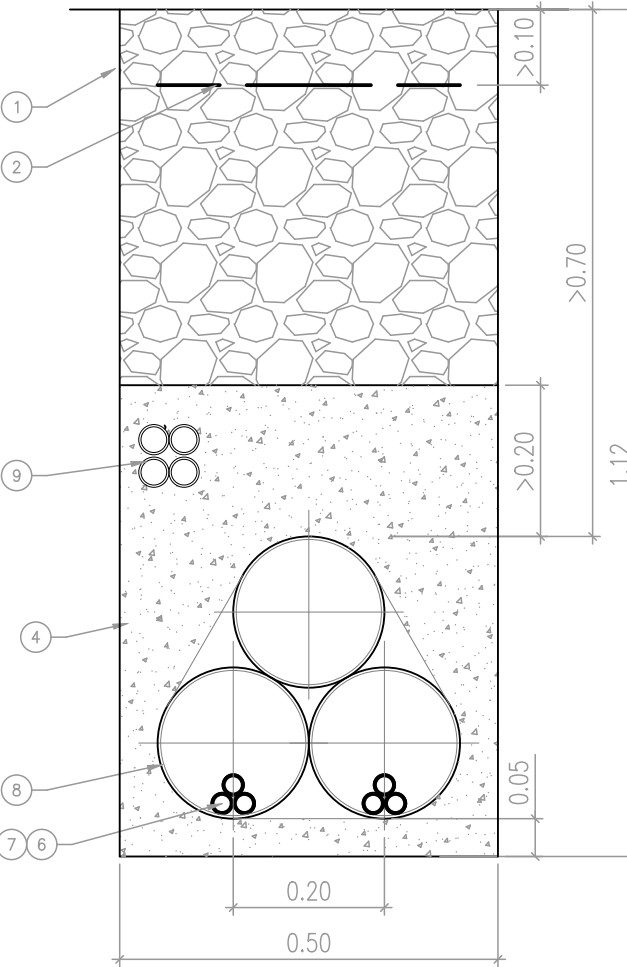


LEYENDA LÍNEAS	
L.A.M.T. EXIST. 15kV	
DISTANCIAS REGLAMENTARIAS	
L.S.M.T. EN PROYECTO	

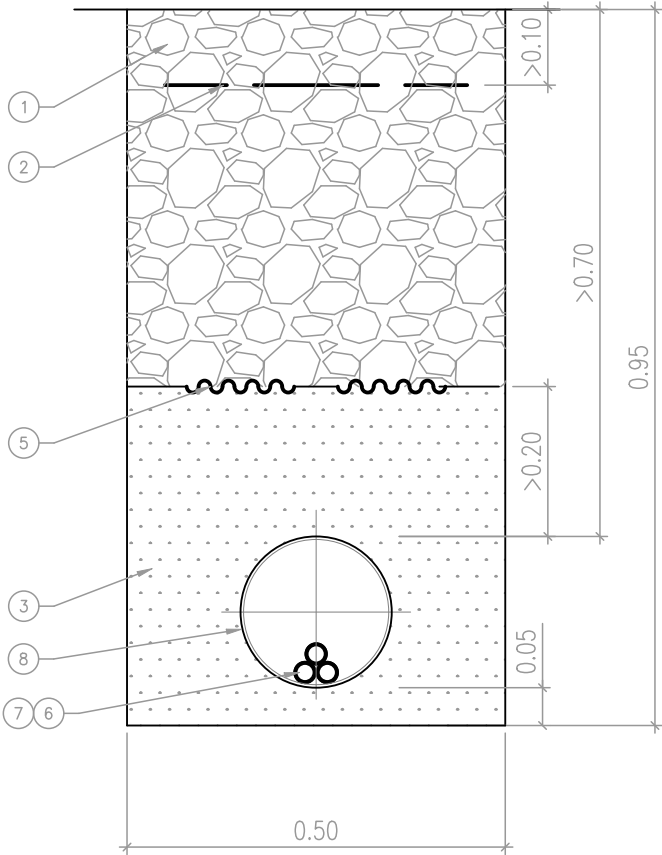




ZANJA TIPO POR TIERRA DOS CIRCUITOS CON TUBO
HORMIGONADO CON TUBO DE RESERVA Y SEÑALIZACIÓN
PARA CABLES DE MEDIA TENSIÓN



ZANJA TIPO POR TIERRA UN CIRCUITO CON TUBO SECO Y
SEÑALIZACIÓN PARA CABLES DE MEDIA TENSIÓN



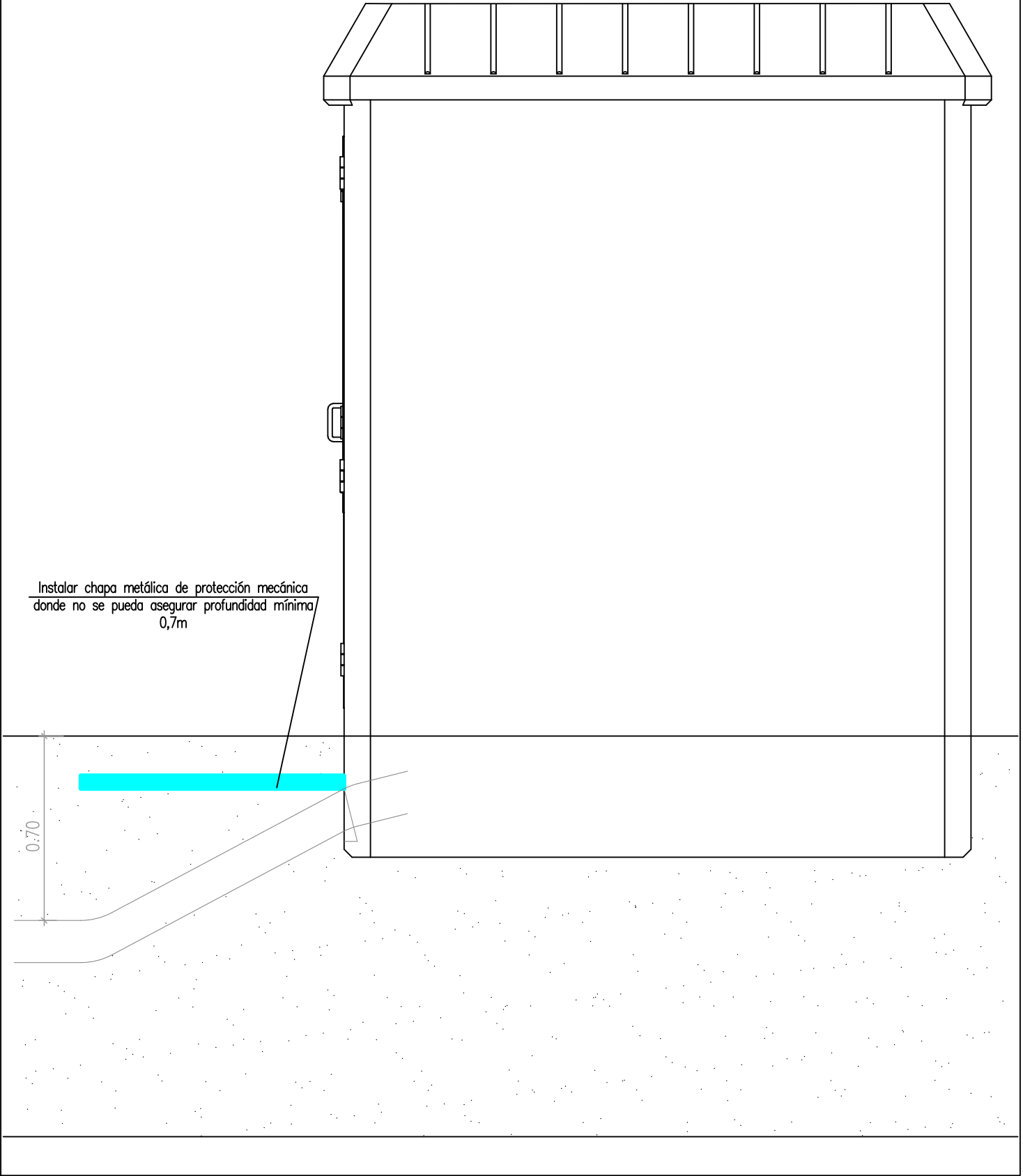
OBSERVACIONES:

- LA POSICIÓN 1 SE COMPACTARÁ MECÁNICAMENTE POR TONGADAS DE ESP.E.SOR MÁXIMO DE 0'30m, DEBIENDO ALCANZAR UNA DENSIDAD MÍNIMA DEL 0'95% P.M
- EN EL CASO DE TENDIDO DE CABLES UNIPOLARES, SE COLOCARÁ CADA 1'50m UNA SUJECCIÓN QUE AGRUPE A LOS TRES CONDUCTORES

9	Ud.	TETRATUBO DE CONTROL
8	Ud.	TUBO P.E. Ø200mm
7	Ud.	ABRAZADERA TIPO UNEX 6 SIMILAR COLOCADA CADA 1'50 m
6	ml.	TERNA DE CABLES RH5Z1 12/20kV 3x1x240mm² Al
5	ml.	PLACAS P.E
4	m3	HORMIGÓN EN MASA HNE-15/B/20
3	m3	ARENA TAMIZADA o LAVADA DE RIO SUELTA Y ASPERA
2	ml.	CINTA DE P.E.
1	m3	TIERRA DE EXCAVACIÓN DEBIDAMENTE COMPACTADA

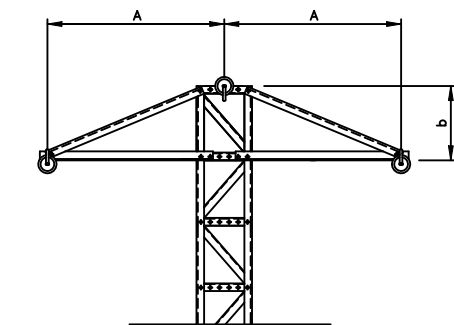
ESCALA 1:10

ESCALA 1:20

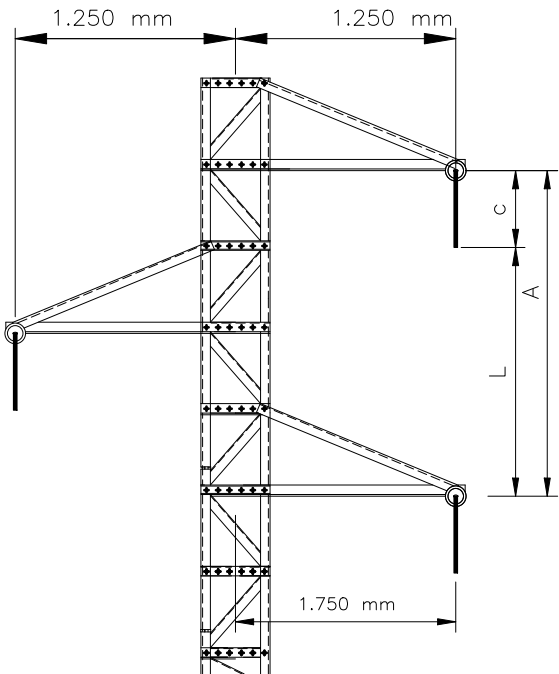


Instalar chapa metálica de protección mecánica
donde no se pueda asegurar profundidad mínima
0,7m

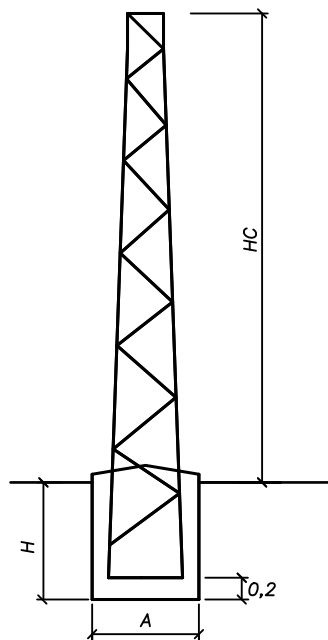
DISTANCIA DE SEGURIDAD ENTRE ZONA DE POSADA Y CONDUCTOR
APOYOS TIPO METALICO CELOSIA CON ARMADO HORIZONTAL, Y BOVEDA



ARMADO	DISTANCIA ALCANZADA	
	A	b
TR1	1.250 mm	600 mm
TR3	1.750 mm	600 mm

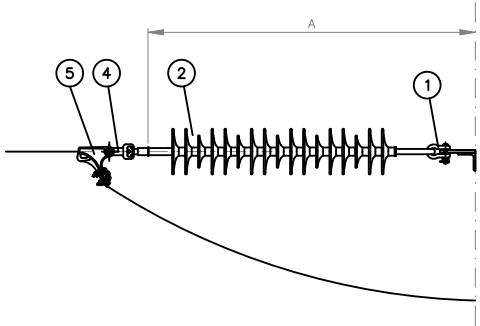


ARMADO	DISTANCIA ALCANZADA		DISTANCIA MINIMA SEGURIDAD
	A	C	
TB0	1.250 mm	750 mm	L > 1.500 mm



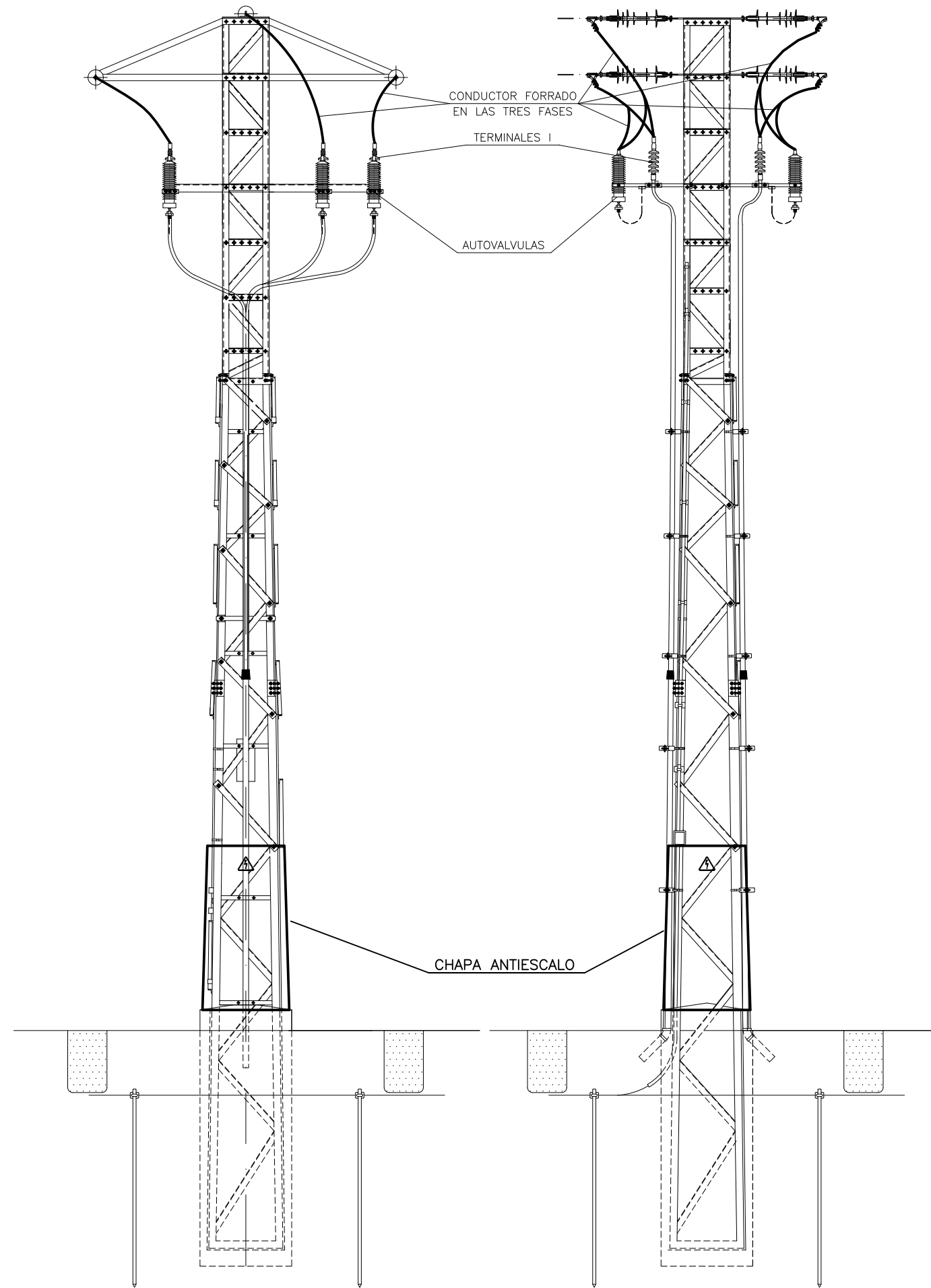
TIPO CELOSIA	ALTURA UTIL (1) m.	CIMENTACION (EXCAVACION)		
		∅A m.	H m.	V m³
C-500-16	11,67	1,08	1,53	1,78
C-500-18	13,65	1,16	1,55	2,09
C-500-20	15,44	1,22	1,58	2,23
C-500-22	17,60	1,31	1,6	2,75
C-1000-16	11,24	1,07	1,76	2,02
C-2000-14	11,54	1,05	2,01	2,22
C-2000-16	12,89	1,13	2,05	2,62

DISTANCIA DE SEGURIDAD ENTRE ZONA DE POSADA Y PUNTO EN TENSION
MONTAJE CADENA DE AMARRE SIMPLE CON GRAPA DE AMARRE
TIPO GA PARA U < 25 KV



5	1+1	GRAPA DE AMARRE
4	1+1	ROTULA LARGA R16P
2	1+1	AISLADOR POLIMERICO CS70AB170/1150
1	1+1	GRILLETE NORMAL GN
MARCA	Nº PIEZAS	D E N O M I N A C I O N

FORMACION CADENAS	DISTANCIA ALCANZADA	DISTANCIA MINIMA DE SEGURIDAD
AISLADOR POLIMERICO CS70AB170/1150	A = 1150 mm	> 700 mm > 1.000 mm (ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS)



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

CLAUDIA MONTE RÁFALES
Ingeniería Electrónica y Automática
curso 2024/2025

PROYECTO DE:
RSMT 15KV A/Y CENTRO SECCIONAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN
1.000kVA PREFABRICADO EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE PARQUE
FOTOVOLTAICO EN T.M. LÉCERA (ZARAGOZA)

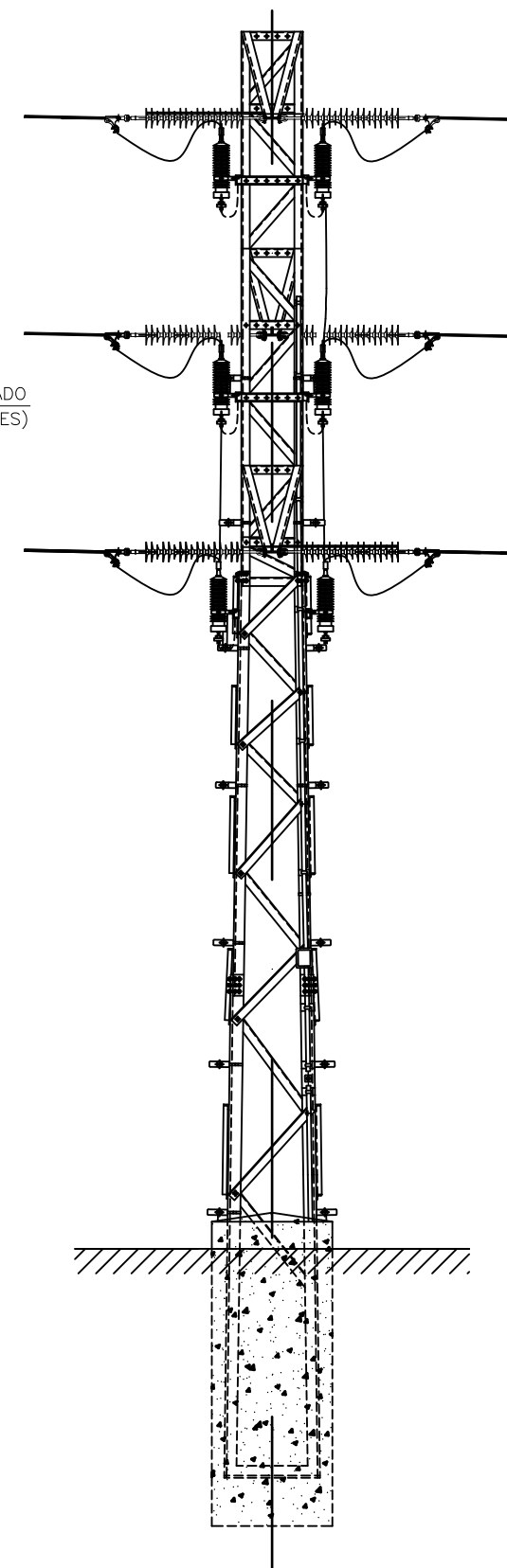
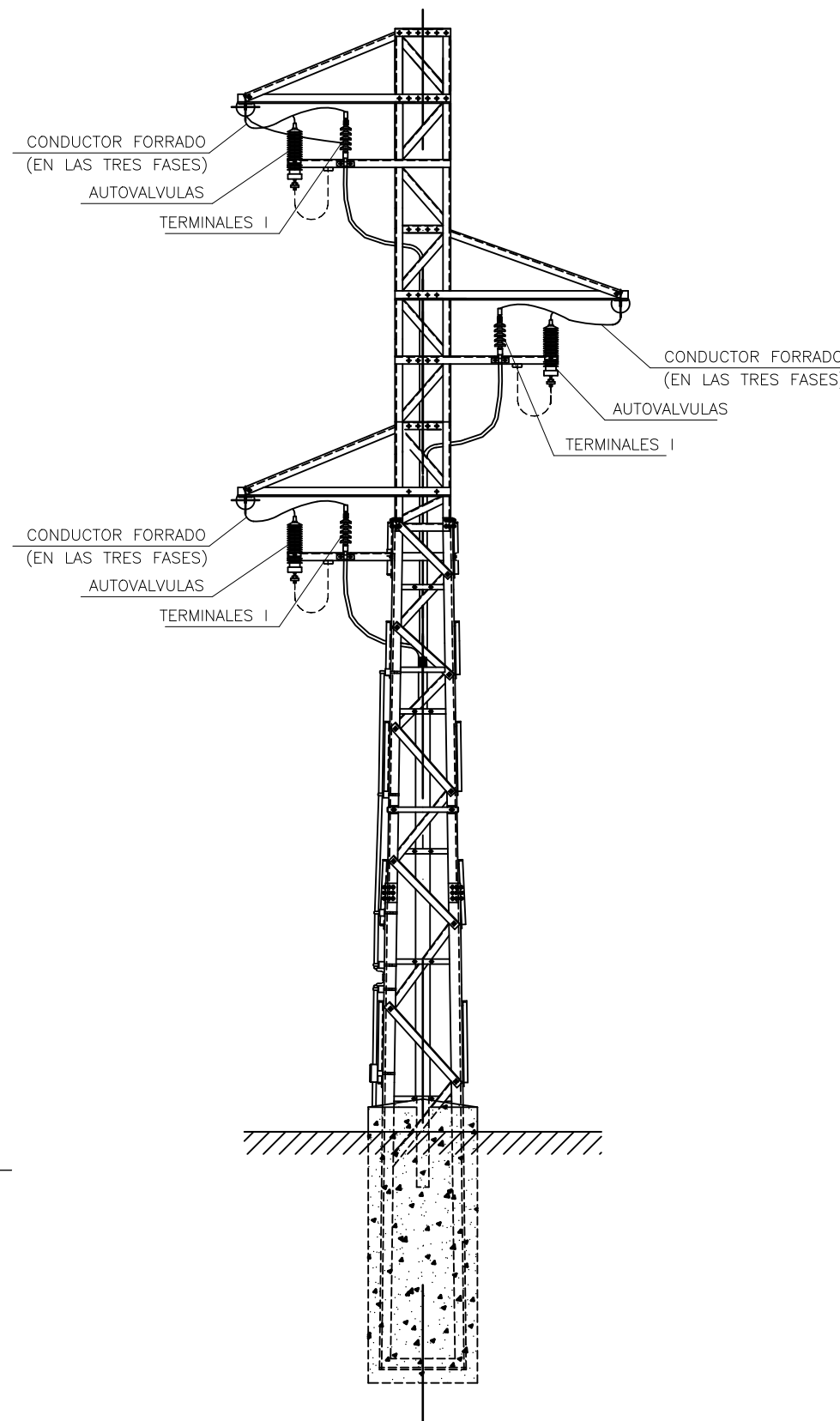
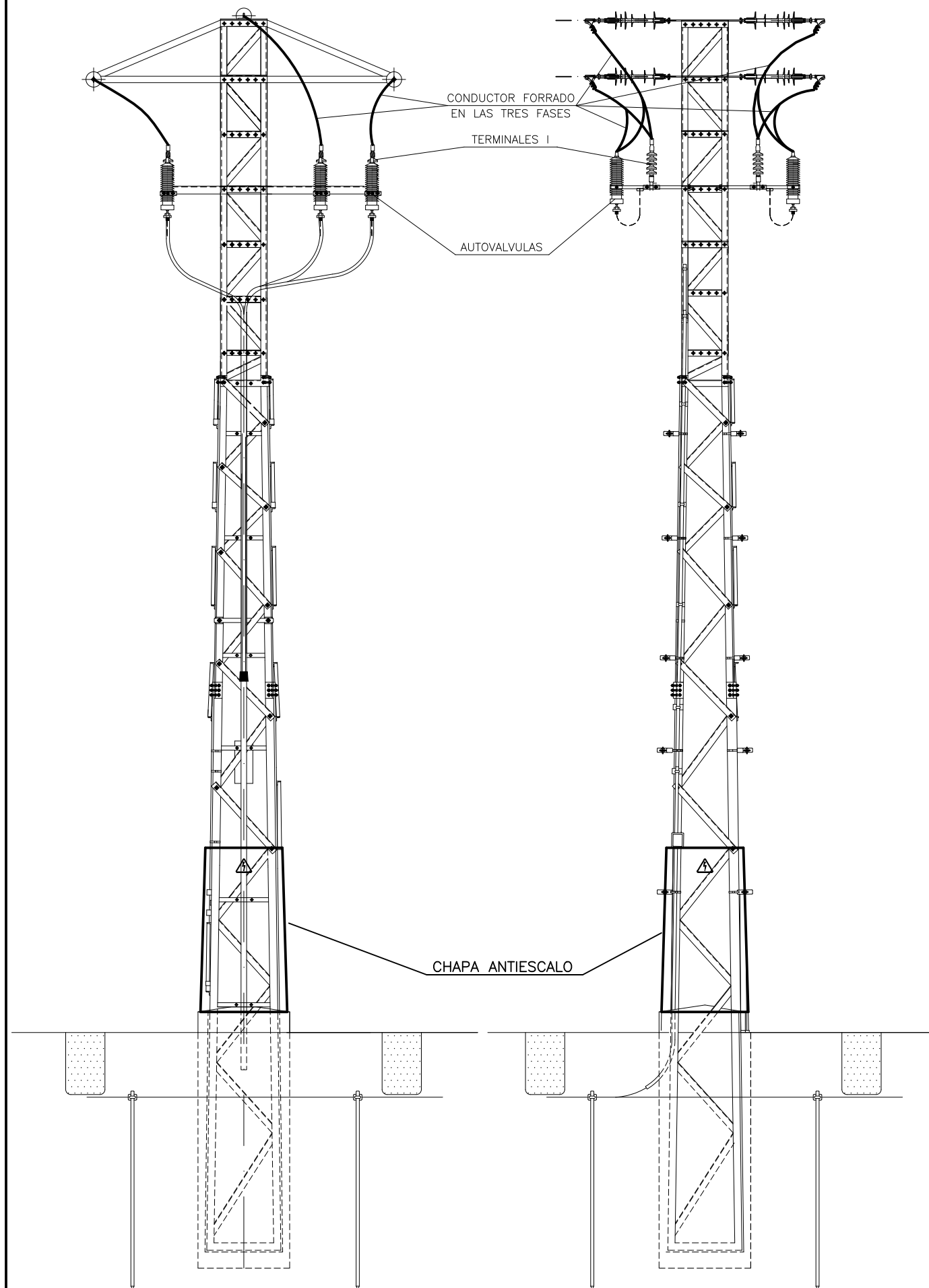
FECHA:
ENERO 2025

ESCALA:
S/E

PLANO:
APOYO N°1 A INSTALAR DOBLE CONVERSIÓN.
PLANO DE MONTAJE

PLANO:
06

HOJA:
2 de 4



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

CLAUDIA MONTE RÁFALES
Ingeniería Electrónica y Automática
curso 2024/2025

PROYECTO DE:
RSMT 15KV A/Y CENTRO SECCIONAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN
1.000kVA PREFABRICADO EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE PARQUE
FOTOVOLTAICO EN T.M. LÉCERA (ZARAGOZA)

FECHA:
ENERO 2025

ESCALA:
S/E

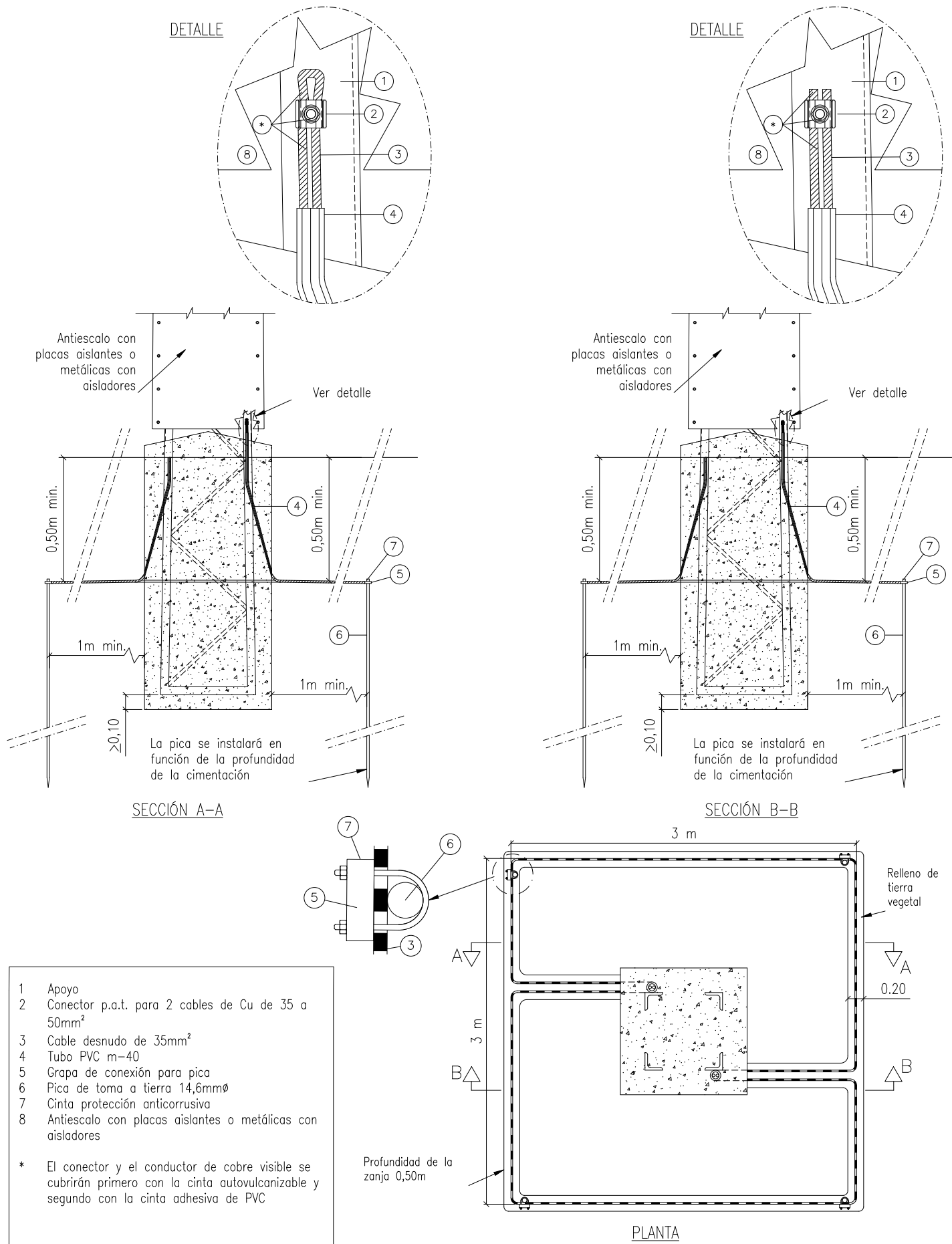
PLANO:

APOYOS.
PLANO DE MONTAJE

PLANO:
06

HOJA:
3 de 4

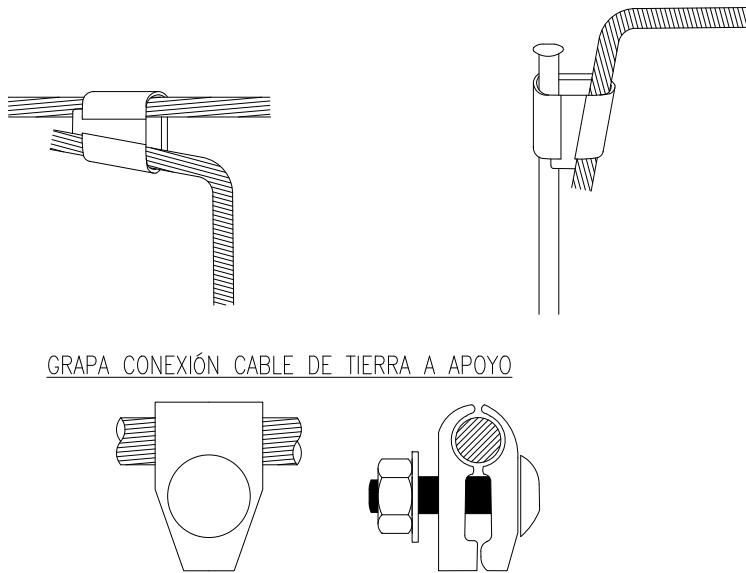
APOYO FRECUENTADO



DETALLE PLANTAS ANTIESCALO AISLADO

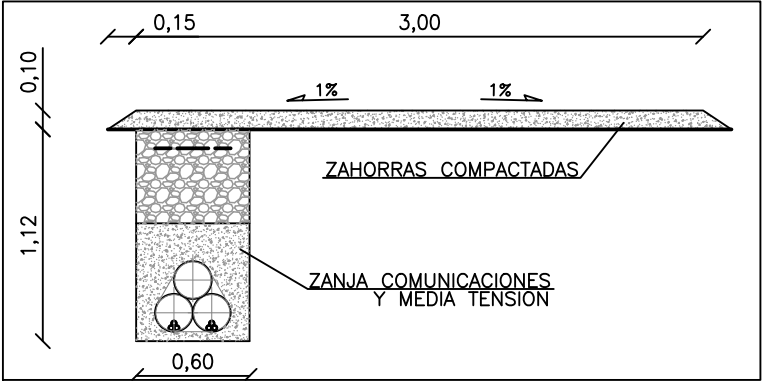
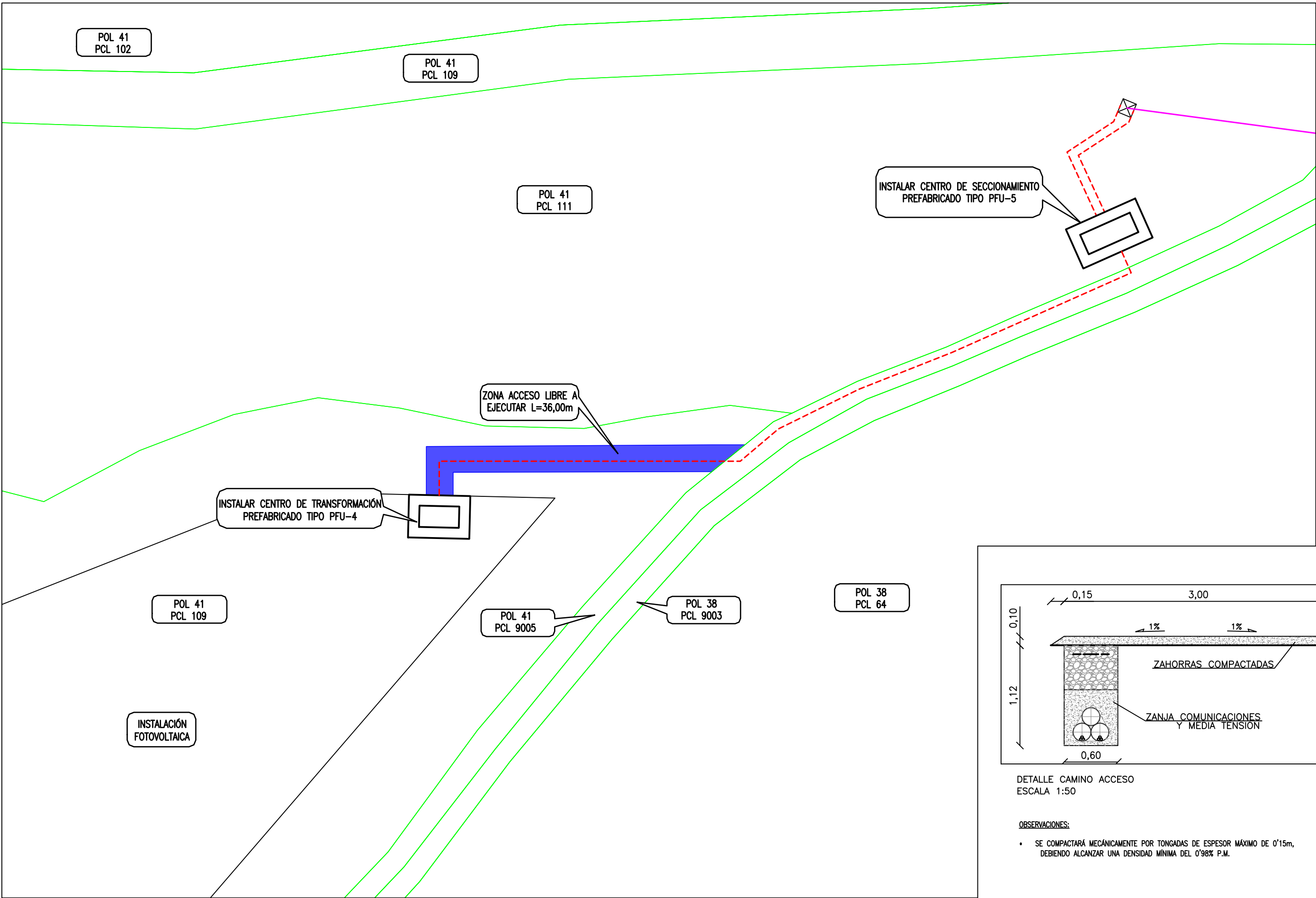


CONECTORES AMPACT PARA ENLACES Cu/Cu Y Cu/PICA EN PUESTA A TIERRA



NOTA

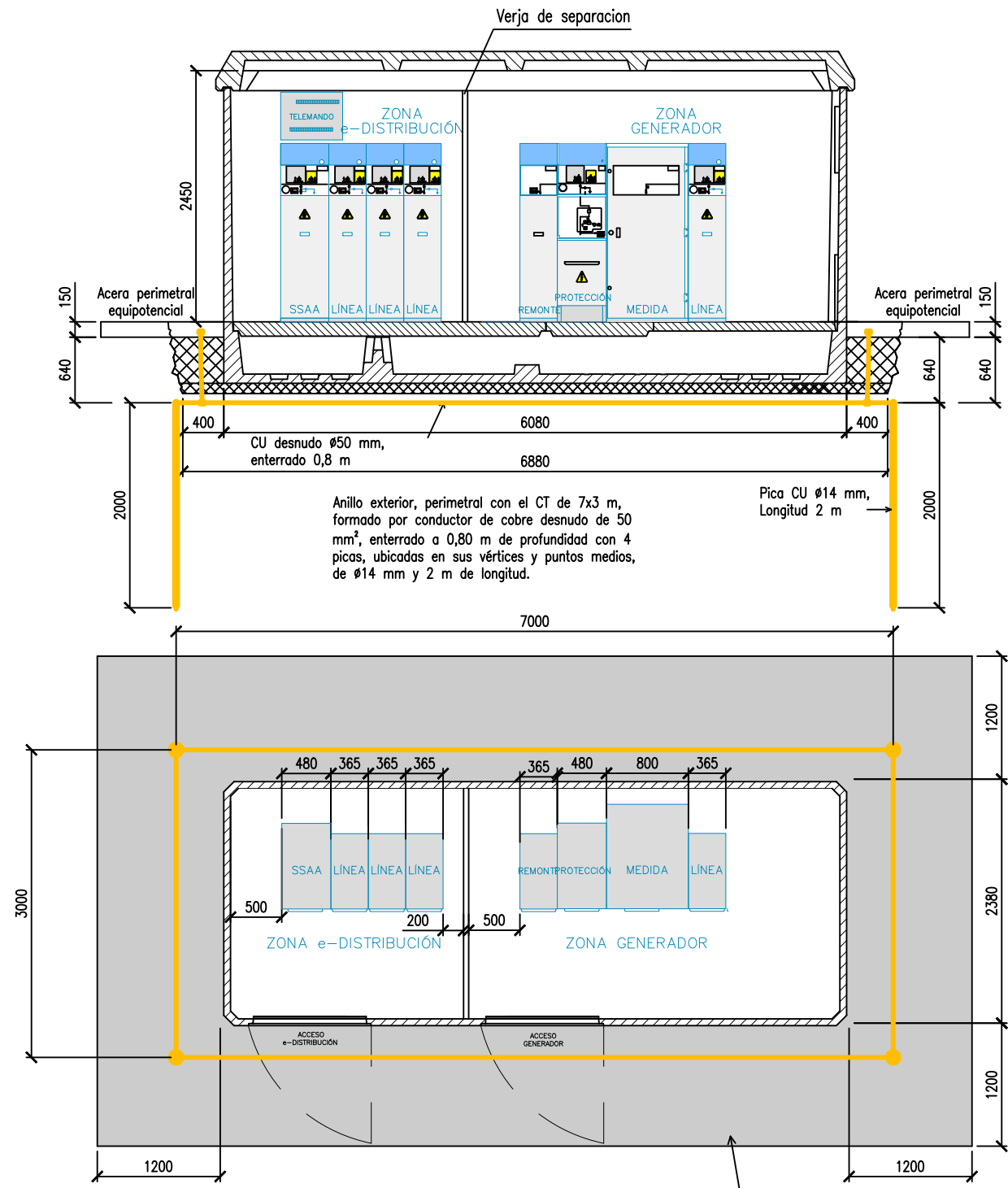
- Las Puestas a Tierra de los Apoyos cumplirán lo establecido en el Apartado 7 de la ITC-LAT-07 del Reglamento de Líneas de Alta Tensión
- Cada Apoyo llevará mínimo 4 picas
- Desde el anillo cerrado se realizaran 2 conexiones a la estructura del apoyo, uno por montante



DETALLE CAMINO ACCESO
ESCALA 1:50

- OBSERVACIONES:
- SE COMPACTARÁ MECÁNICAMENTE POR TONGADAS DE ESPESOR MÁXIMO DE 0'15m, DEBIENDO ALCANZAR UNA DENSIDAD MÍNIMA DEL 0'98% P.M.

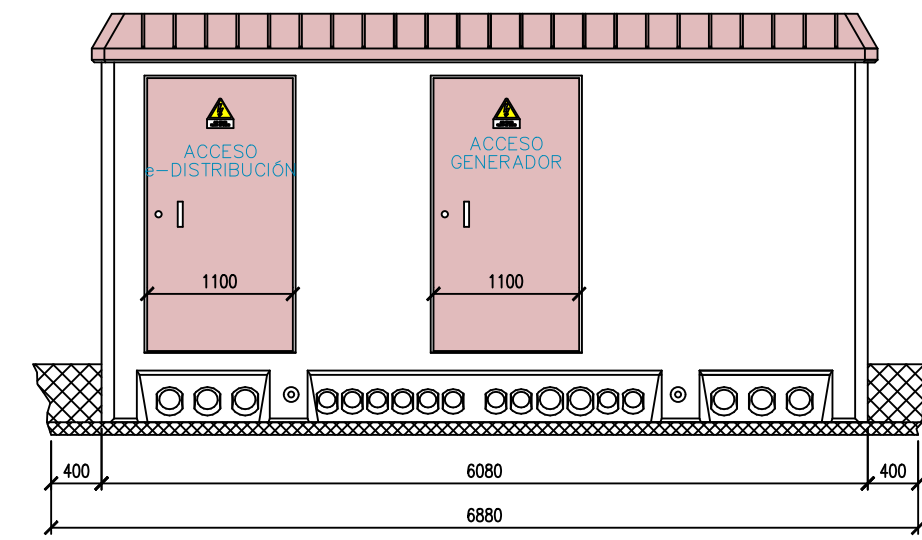
PLANO CAMINO ACCESO
ESCALA 1:250



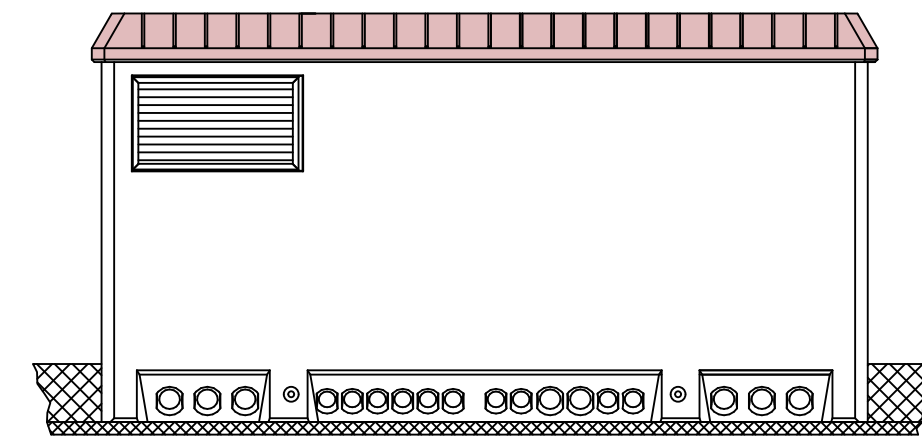
- Elementos a conectar a la PAT:
1. Cuba del transformador/res.
 2. Envoltente metálica del cuadro B.T.
 3. Envoltentes de las celdas de alta tensión (en dos puntos).
 4. Puertas o tapas metálicas de acceso y rejillas metálicas accesibles del centro de transformación.
 5. Pantallas del cable (extremos de líneas de llegada y líneas de salida de celdas y ambos extremos de línea de conexión al transformador).
 6. Pantallas de los cables correspondientes al paso aéreo-subterráneo en el caso de que el CT se alimente desde una línea aérea.
 7. Cualquier elemento / armario metálico instalado en el centro de transformación.

Distancias Mínimas
1. Pasillo maniobra 800 mm
2. Pared trasera 100 mm
3. Pared Lateral 100 mm

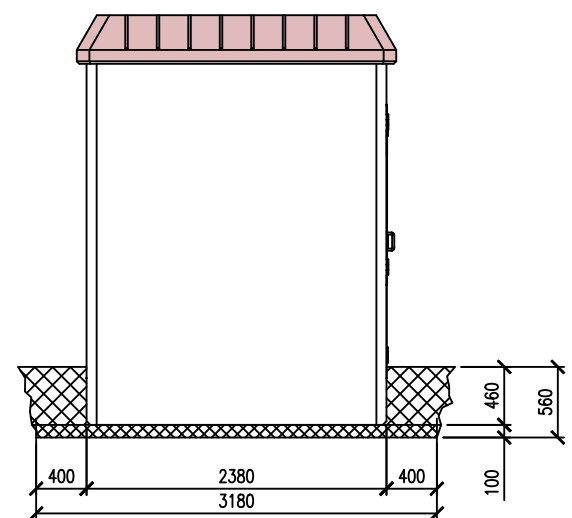
Mallazo:
Cuadro Máximo 30x30 cm
Redondo mínimo Ø4 mm



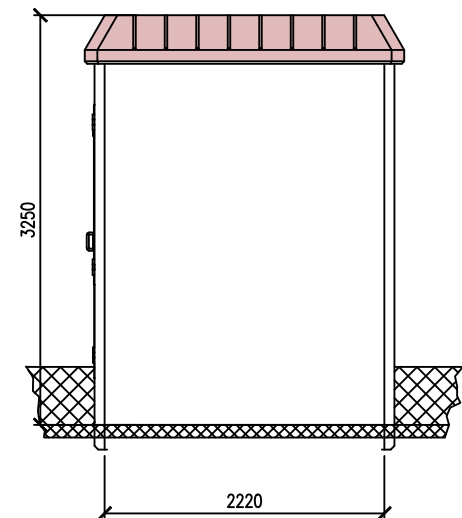
VISTA FRONTAL



VISTA POSTERIOR

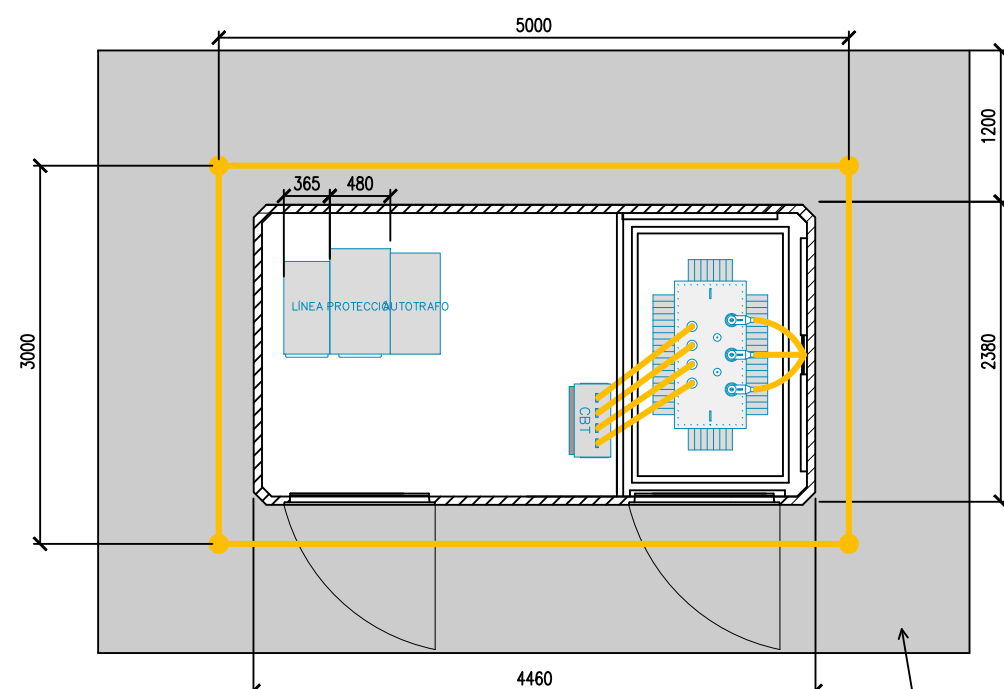
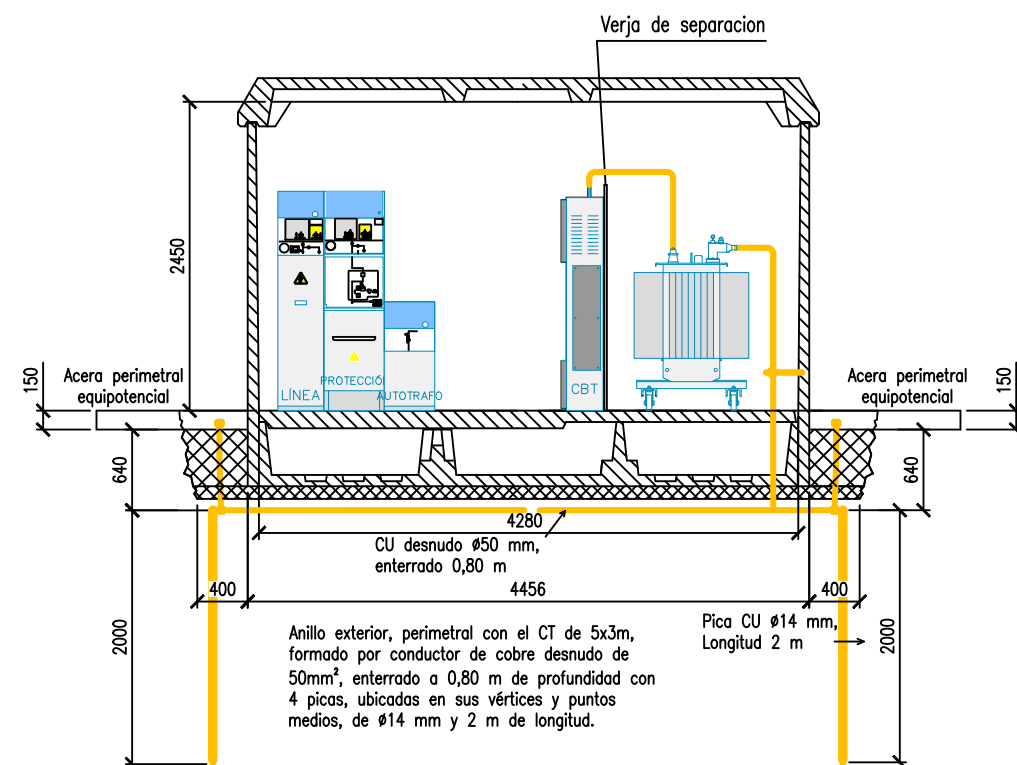


VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA LATERAL DERECHA

DIMENSIONES DE LA EXCAVACION
6,88 m. LARGO x 3,18 m. ANCHO x 0,56 m. PROFUND.



Elementos a conectar a la PAT:

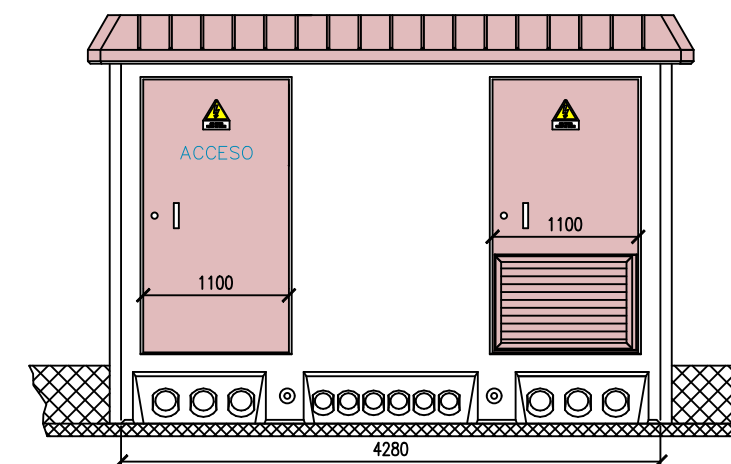
1. Cuba del transformador/res.
2. Envolvente metálica del cuadro B.T.
3. Envolventes de las celdas de alta tensión (en dos puntos).
4. Puertas o tapas metálicas de acceso y rejillas metálicas accesibles del centro de transformación.
5. Pantallas del cable (extremos de líneas de llegada y líneas de salida de celdas y ambos extremos de línea de conexión al transformador).
6. Pantallas de los cables correspondientes al paso aéreo-subterráneo en el caso de que el CT se alimente desde una línea aérea.
7. Cualquier elemento / armario metálico instalado en el centro de transformación.

Distancias Mínimas

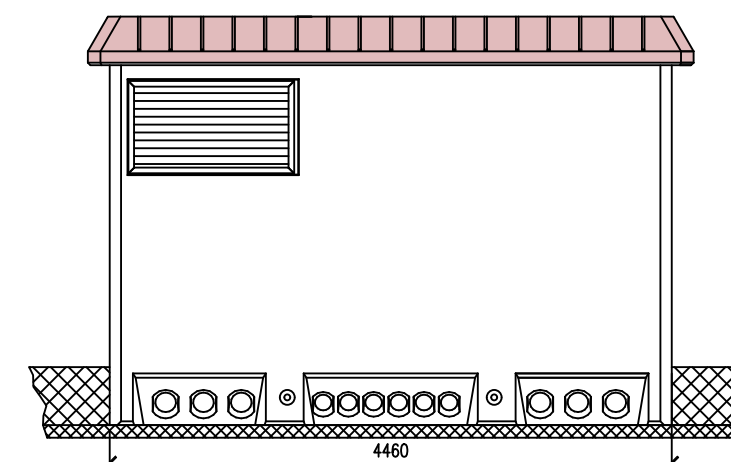
1. Pasillo maniobra 800 mm
2. Pared trasera 100 mm
3. Pared Lateral 100 mm

Mallazo:
Cuadro Máximo
30x30 cm
Redondo mínimo
 $\phi 4$ mm

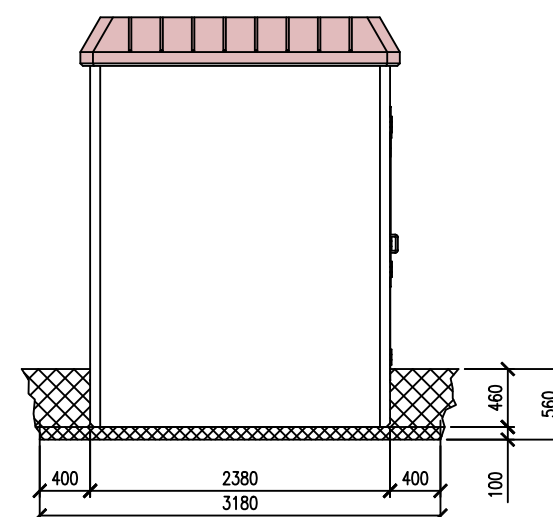
DIMENSIONES DE LA EXCAVACION
5.26 m. ancho x 3.18 m. fondo x 0.56 m. profund.



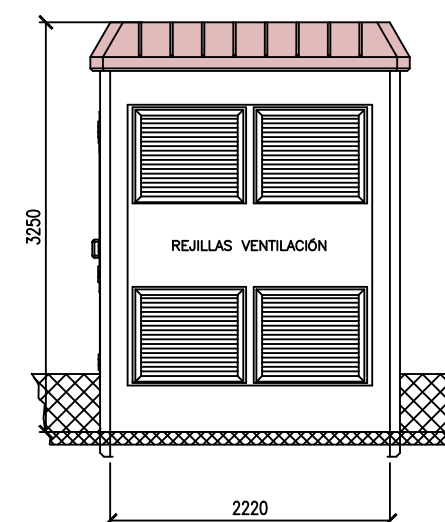
VISTA FRONTAL



VISTA POSTERIOR



VISTA LATERAL
IZQUIERDA



VISTA LATERAL
DERECHA



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

CLAUDIA MONTE RAFALES
Ingeniería Electrónica y Automática
curso 2024/2025

PROYECTO DE:
RSMT 15KV A/Y CENTRO SECCIONAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN
1.000kVA PREFABRICADO EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE PARQUE
FOTOVOLTAICO EN T.M. LÉCERA (ZARAGOZA)

FECHA:
ENERO 2025

ESCALA:
1:60

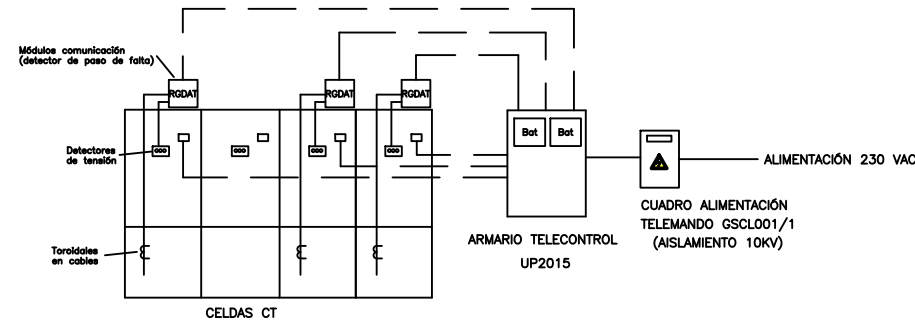
PLANO:

CENTRO DE TRANSFORMACIÓN PFU-4.
PLANO DE MONTAJE

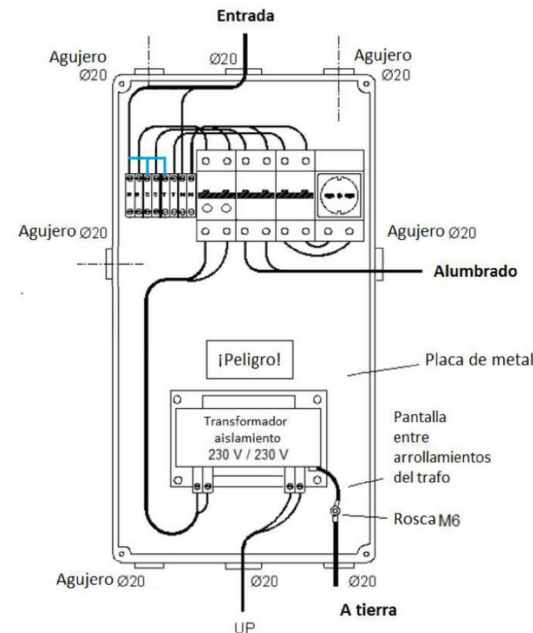
PLANO:
08

HOJA:
2 de 2

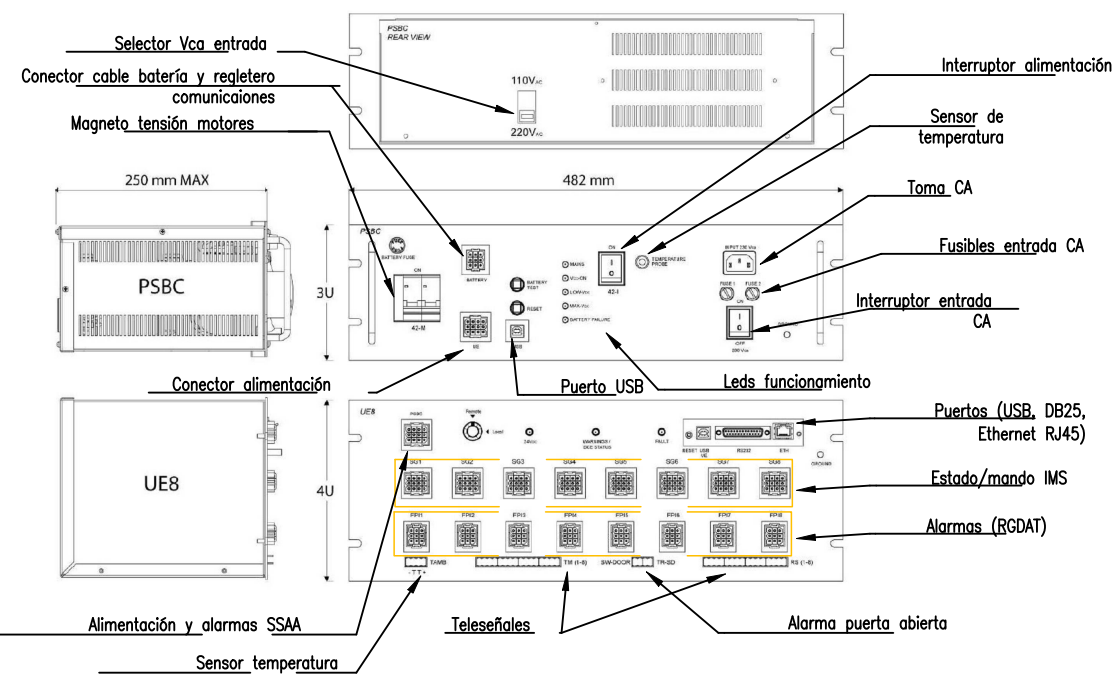
ESQUEMA SIMPLIFICADO SISTEMA TELEMANDO, CONEXIONADO DE EQUIPOS PARA CONTROL EN CT



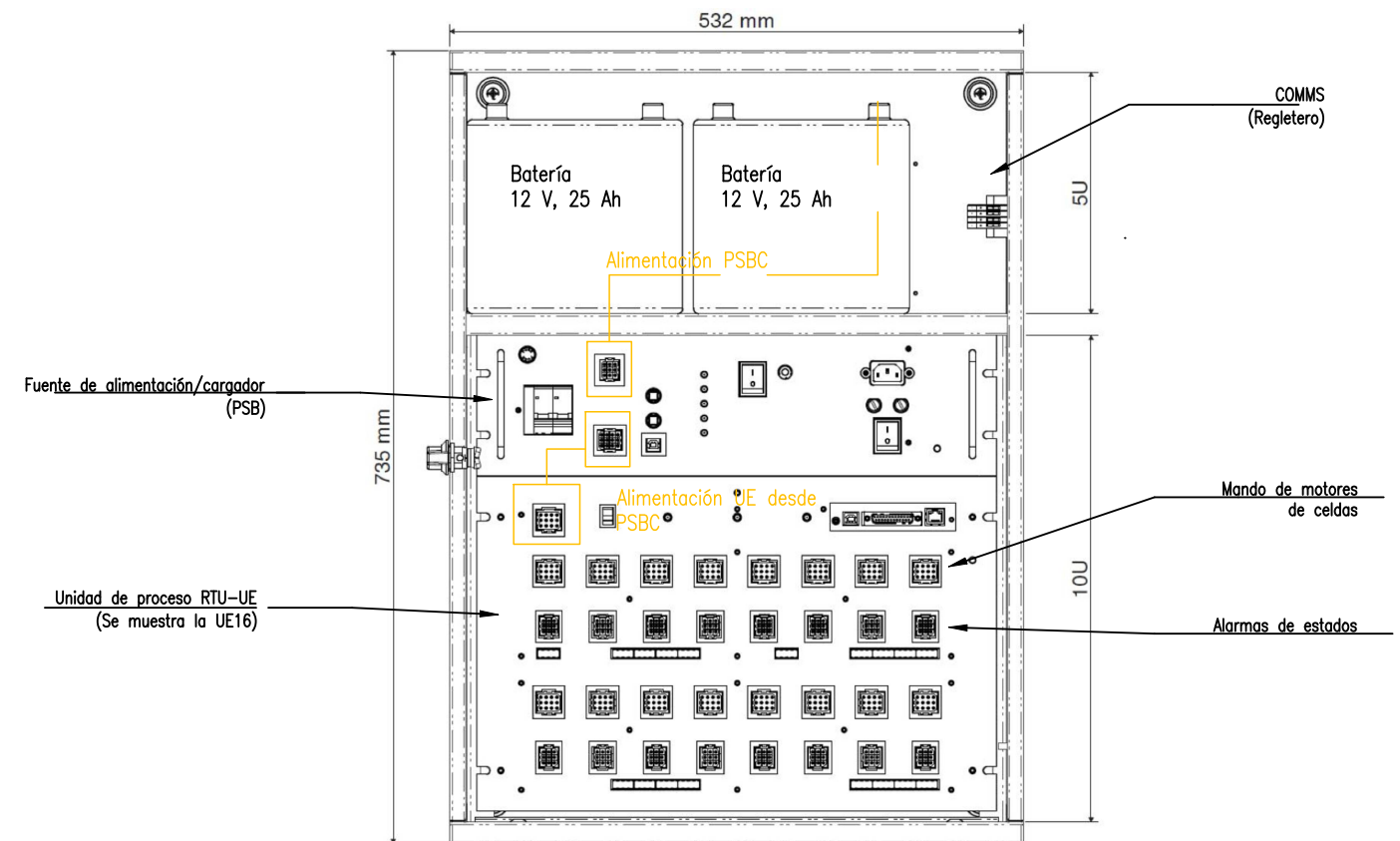
DETALLE CUADRO TRAF0 DE AISLAMIENTO 10 kV



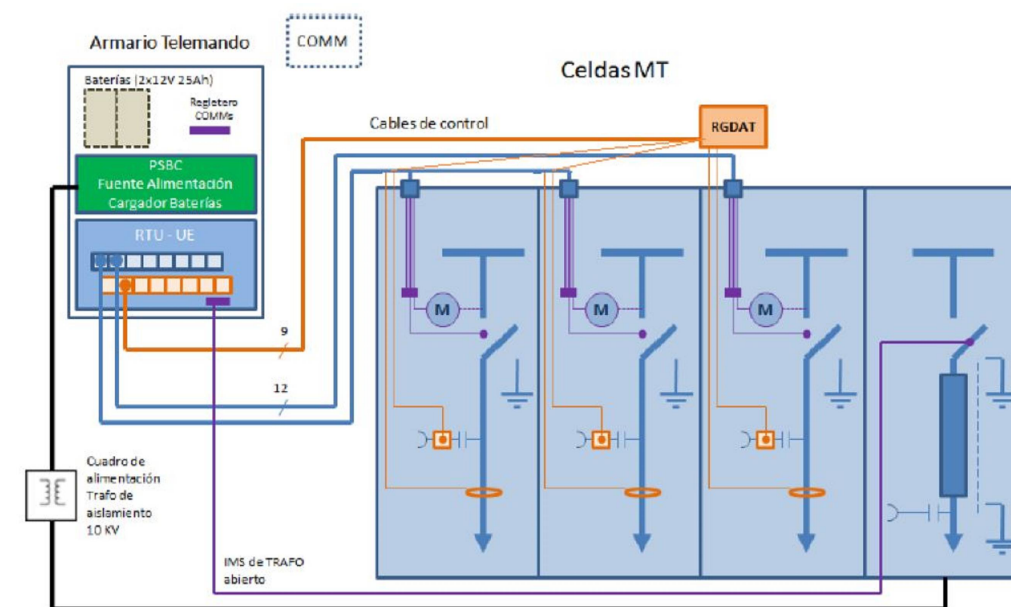
VISTA PANELES DE PSBC Y RTU-UE



DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS EN ARMARIO



ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN ENTRE ELEMENTOS DEL SISTEMA



Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

CLAUDIA MONTE RAFALES
Ingeniería Electrónica y Automática
curso 2024/2025

PROYECTO DE:
RSMT 15KV A/Y CENTRO SECCIONAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN
1.000kVA PREFABRICADO EVACUACIÓN DE ENERGÍA DE PARQUE
FOTOVOLTAICO EN T.M. LÉCERA (ZARAGOZA)

FECHA:
ENERO 2025

ESCALA:
S/E

PLANO:

SISTEMA TELEMANDO

PLANO:

10

HOJA:

1 de 1