




Propiedad:  	13023-PTA-LAT-QUI-001		Rev 02 v02
	Número de Obra:	13023	JUL-25
	Ingeniería: 		

Proyecto:

**PROYECTO DE EJECUCIÓN DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN
220 kV SET COLECTORA NUDO QUINTOS - SET QUINTOS 220 kV**

Obra:

**LÍNEA SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN
220 kV Y CENTRO DE MEDIDA**

Título:




MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA

RESPONSABLE	NOMBRE	FIRMA	FECHA
EJECUTÓ:	José Alejandro Zerlin Palomo	J.A.Z.P.	07-25
REVISÓ:	José Alejandro Zerlin Palomo	J.A.Z.P.	07-25
VERIFICÓ:	Daniel García Puertas	D.G.P.	07-25
VALIDÓ:	Pablo Mercado Bautista	P.M.B.	07-25

DOCUMENTOS DE REFERENCIA




02	SEGUNDA EMISIÓN	J.A.Z.P.	J.A.Z.P.	D.G.P.	P.M.B.	07-25
01	PRIMERA EMISIÓN	J.A.Z.P.	J.A.Z.P.	D.G.P.	P.M.B.	04-25
00	EMISIÓN INICIAL	J.A.Z.P.	J.A.Z.P.	D.G.P.	P.M.B.	03-25
No.	D E S C R I P C I Ó N	EJECUTÓ	REVISÓ	VERIFICÓ	APROBÓ	FECHA

C A M B I O S




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

ÍNDICE




1	MEMORIA TÉCNICA LÍNEA SUBTERRANEA DE ALTA TENSIÓN 220KV	8
1.1	Antecedentes	9
1.2	Objeto	11
1.3	Peticionario	13
1.4	Emplazamiento	13
1.5	Descripción del trazado de la línea	14
1.5.1	Primer tramo subterráneo (SET Colectora Nudo Quintos - Centro de medida)	14
1.5.2	Segundo tramo subterráneo (Centro de medida – SET Quintos)	19
1.5.3	Resumen longitudes trazado	21
1.6	Descripción de la instalación	21
1.6.1	Características generales	21
1.6.2	Características de los materiales	22
1.6.2.1	Conductores	22
1.6.2.2	Cable equipotencial de acompañamiento	23
1.6.2.3	Canalización subterránea	23
1.6.2.4	Cámaras de empalme	38
1.6.2.5	Empalmes	38
1.6.2.6	Terminales	39
1.6.2.7	Terminales exteriores	40
1.6.2.8	Puesta a tierra pantallas: Directa	40
1.6.2.9	Puesta a tierra pantallas: Configuración Cross-Bonding	41
1.7	Cronograma	42
1.8	Normativa aplicable y disposiciones oficiales	42
1.9	Normativa Técnica	45
1.9.1	Generales	45
1.9.2	Cables Y Conductores	47
1.9.3	Aisladores	50
1.9.4	Pararrayos	52
1.9.5	Normativa Referente A Ámbito Civil	52
1.9.6	Normas consultivas	52
1.10	Comunidad autónoma de Andalucía	53
1.11	Cálculos eléctricos	55
1.11.1	Cálculos eléctricos primer tramo subterráneo (SET Colectora Nudo Quintos – Centro de medida)	55
1.11.1.1	Características generales	55
1.11.1.2	Resistencia	56
1.11.1.3	Reactancia inductiva	58
1.11.1.4	Capacidad	59
1.11.1.5	Pérdidas en el dieléctrico	59

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




1.11.1.6	Pérdidas en las pantallas.....	60
1.11.1.7	Resistencia térmica del aislamiento	61
1.11.1.8	Resistencia térmica de la cubierta	62
1.11.1.9	Resistencia térmica exterior al cable	62
1.11.1.10	Corriente máxima.....	64
1.11.1.11	Potencia a transportar.....	65
1.11.1.12	Cálculo de capacidad de transporte en zanjas (Situación más desfavorable)	65
1.11.1.12.1	Corriente máxima (Situación más desfavorable).....	68
1.11.1.12.2	Potencia a transportar (Situación más desfavorable)	69
1.11.1.13	Matriz de impedancias	69
1.11.1.14	Impedancias de secuencia	76
1.11.1.14.1	Impedancias de secuencia.....	77
1.11.1.15	Matriz de susceptancias.....	78
1.11.1.16	Susceptancia de secuencia.....	78
1.11.1.17	Impedancia característica y constante de propagación	79
1.11.1.18	Potencia característica	80
1.11.1.19	Corriente máxima cortocircuito.....	80
1.11.1.20	Corriente máxima cortocircuito no adiabático	81
1.11.1.21	Corriente máxima cortocircuito en la pantalla	82
1.11.1.22	Corriente máxima cortocircuito no adiabático	83
1.11.1.23	Corriente máxima cortocircuito del cable equipotencial.....	85
1.11.1.24	Corriente máxima cortocircuito no adiabático	85
1.11.1.25	Caída de tensión.....	87
1.11.1.26	Pérdida de potencia	87
1.11.1.27	Campo eléctrico	88
1.11.1.28	Campo magnético	88
1.11.2	Cálculos eléctricos segundo tramo subterráneo (Centro de medida – SET Quintos) 89	
1.11.2.1	Características generales	89
1.11.2.2	Reactancia inductiva	91
1.11.2.3	Capacidad.....	91
1.11.2.4	Pérdidas en el dieléctrico	92
1.11.2.5	Pérdidas en las pantallas.....	92
1.11.2.6	Resistencia térmica del aislamiento	94
1.11.2.7	Resistencia térmica de la cubierta	94
1.11.2.8	Resistencia térmica exterior al cable	95
1.11.2.9	Corriente máxima.....	97
1.11.2.10	Potencia a transportar.....	98
1.11.2.11	Matriz de impedancias	98

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




1.11.2.12	Impedancias de secuencia	103
1.11.2.12.1	Impedancias de secuencia	104
1.11.2.13	Matriz de susceptancias.....	104
1.11.2.14	Susceptancia de secuencia.....	105
1.11.2.15	Impedancia característica y constante de propagación	106
1.11.2.16	Potencia característica	106
1.11.2.17	Sobretensiones en las pantallas	107
1.11.2.17.1	Régimen permanente	108
1.11.2.17.2	Cortocircuito trifásico	109
1.11.2.17.3	Cortocircuito monofásico	109
1.11.2.17.4	Descargadores	110
1.11.2.18	Corriente máxima cortocircuito.....	111
1.11.2.19	Corriente máxima cortocircuito no adiabático	112
1.11.2.20	Corriente máxima cortocircuito en la pantalla	113
1.11.2.21	Corriente máxima cortocircuito no adiabático	114
1.11.2.22	Corriente máxima cortocircuito del cable equipotencial.....	115
1.11.2.23	Corriente máxima cortocircuito no adiabático	116
1.11.2.24	Caída de tensión.....	117
1.11.2.25	Pérdida de potencia	118
1.11.2.26	Campo eléctrico	118
1.11.2.27	Campo magnético	118
1.11.3	Resumen de impedancias por tramos	120
1.12	Prescripciones especiales.....	121
1.12.1	Calles y carreteras	123
1.12.2	Líneas eléctricas y de telecomunicación	123
1.12.3	Canalizaciones de gas	125
1.12.4	Paralelismos entre líneas.....	125
1.12.5	Cruzamientos	126
1.12.6	Paralelismos	131
1.12.7	Relación de Organismos afectados	132
1.12.8	Relación de Ayuntamientos afectados.....	132
1.12.9	Perforación de tipo: Hinca neumática	132
1.12.10	Señalización y balizamiento.....	134
1.13	Conclusión.....	135
2	MEMORIA TÉCNICA CENTRO DE MEDIDA	136
2.1	Antecedentes.....	137
2.2	Objetivo	137
2.3	Emplazamiento.....	137
2.4	Normativa de aplicación	139

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




2.4.1	Normativa referente a seguridad y salud	139
2.4.2	Normativa referente a ámbito eléctrico	139
2.4.3	Normativa referente a instalaciones	142
2.4.4	Normativa referente a obra civil	142
2.5	Condiciones ambientales.....	144
2.6	Características eléctricas	144
2.7	Descripción general de las instalaciones	145
2.7.1	Niveles de aislamiento.....	145
2.7.2	Distancias mínimas.....	146
2.7.2.1	Sistema de 220 kV.....	146
2.7.3	Disposición del Centro de Medida.....	148
	Sistema de 220 kV	149
2.8	Descripción general de las instalaciones	149
2.8.1	Transformador de tensión 220 kV	149
2.8.2	Transformador de tensión 220 kV para SSAA.....	150
2.8.3	Transformador de intensidad 220 kV.....	150
2.8.4	Autoválvulas 220 kV	151
2.8.5	Conexiones en 220 kV.....	152
2.8.6	Piezas de conexión.....	152
2.8.7	Edificio de control	152
2.8.8	Sistema de medida local	153
2.8.9	Sistema de comunicaciones	153
2.8.10	Servicios auxiliares.....	155
2.8.10.1	Servicios auxiliares de corriente alterna.....	156
2.8.10.2	Servicios auxiliares de corriente continua	156
2.8.11	Red de puesta a tierra	157
2.8.11.1	Red de tierras inferiores	157
2.8.11.2	Red de tierras superior.....	157
2.9	Descripción general civil	158
2.9.1	Obra civil	158
2.9.2	Movimiento de tierras.....	158
2.9.3	Plataformas	159
2.9.4	Red de viales interiores y de acceso.....	160
2.9.5	Drenajes.....	161
2.9.6	Vallado perimetral y sistema de seguridad	162
2.9.7	Cimentaciones.....	163
2.9.8	Canalizaciones y arquetas.....	163
2.9.9	Nivel de ruido	164
2.9.10	Estructuras metálicas y soportes.....	164
2.10	Cálculos justificativos del centro de medida	165
2.10.1	Características del sistema eléctrico.....	165

Propiedad:	 	Ingeniería:		Rev.:	02	V02
				Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001			MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			




2.10.2	Conductor desnudo de at 220 kv.....	165
2.10.2.1	Características del conductor desnudo 220 kV	165
2.10.2.2	Cálculos eléctricos	166
2.10.3	Resistencia.....	166
2.10.4	Reactancia inductiva	167
2.10.5	Susceptancia.....	169
2.10.6	Potencia a transportar	169
2.10.7	Potencia de transporte en función de condiciones meteorológicas	170
2.10.8	Potencia máxima de transporte.....	182
2.10.9	Efecto corona	182
2.10.10	Cortocircuito máximo.....	187
2.10.11	Procedimiento para diseño del sistema de tierras	188
2.10.12	Premisas de cálculo.....	189
2.10.13	Determinación de la sección del conductor de la red de tierras	190
2.10.14	Propuesta de la red de tierras del recinto de medida	192
2.10.15	Distancias mínimas	194
2.10.16	Distancias en pasillos de servicio.....	194
2.10.17	Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación	195
2.10.18	Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación.....	196
2.11	Estudio de campos magnéticos.....	196
2.11.1	Límites máximos admisibles.....	196
2.11.2	Niveles de referencia.....	197
2.11.3	Definiciones	198
2.11.4	Medidas para limitar las emisiones	199
2.11.5	Cálculo de campos magnéticos	200
2.11.5.1	Consideraciones de cálculo.....	200
2.11.5.2	Cableado de baja tensión TSA – Cuadro SS.AA.	201
2.11.5.3	Cable aéreo de 220 kv.....	203
2.12	Conclusiones	206
3	PRESUPUESTO	207
3.1	Presupuesto línea subterránea de alta tensión 220kV	208
3.1.1	Primer tramo subterráneo (SET Colectora Nudo Quintos – Centro de medida) 208	
3.1.1.1	Material y equipamiento eléctrico	208
3.1.1.2	Montaje de equipamiento eléctrico	209
3.1.1.3	Obra civil	210
3.1.1.4	Resumen presupuesto primer tramo subterráneo	211
3.1.2	Segundo tramo subterráneo (Centro de medida – SET Quintos)	211
3.1.2.1	Material y equipamiento eléctrico	211

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

3.1.2.2	Montaje de equipamiento eléctrico	212
3.1.2.3	Obra civil segundo tramo subterráneo	212
3.1.2.4	Resumen presupuesto segundo tramo subterráneo.....	213
3.1.3	Resumen presupuesto línea de alta tensión.....	213
3.2	Presupuesto centro de medida	214
3.2.1	Obra civil	214
3.2.2	Sistema de tierras.....	215
3.2.3	Estructuras metálicas.....	215
3.2.4	Aparamenta e instalaciones	215
3.2.4.1	Aparamenta 220 kV	215
3.2.4.2	Armarios de medida y control.....	216
3.2.4.3	Armarios de servicios auxiliares	216
3.2.4.4	Alumbrado exterior	217
3.2.4.5	Cables de control y BT.....	217
3.2.4.6	Cajas auxiliares	217
3.2.4.7	Materiales auxiliares	218
3.2.4.8	Edificio del Centro de Medida.....	218
3.2.5	Ingeniería y estudios	218
3.2.6	Resumen de presupuesto centro de medida	219
3.3	Resumen del presupuesto total de la línea de 220Kv y el centro de medida .	220

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1 MEMORIA TÉCNICA LÍNEA SUBTERRANEA DE ALTA TENSIÓN 220KV

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.1 Antecedentes

Debido al auge de las energías renovables, surge la necesidad de desarrollar una ingeniería específica que se centre en la infraestructura de evacuación de las instalaciones de generación de energías renovables que se enmarcan en el presente proyecto de ejecución.

Las plantas de generación eléctrica con fuentes renovables que servirán de base para la ingeniería de evacuación de este proyecto, objeto de proyectos independientes, son las siguientes:

- FV "Bajo Guadalquivir" 37.75MW POI, 32.76MWn, 35.52MWp.
- FV "Bajo Guadalquivir II" 37.75MW POI, 45.04MWn, 49.98MWp.
- FV "Allives" 100.00MW POI, 114.95MWn, 120.042MWp

El sistema fotovoltaico transformará la energía procedente de la luz solar en energía eléctrica de corriente continua a través de la utilización de paneles solares fotovoltaicos, y mediante la utilización de inversores se convertirá en corriente alterna. Se evacua la energía eléctrica hacia la subestación elevadora, denominada SET Colectora Nudo Quintos y desde esta subestación comenzará una línea subterránea de alta tensión 220 kV hasta la subestación SET Quintos 220 kV, propiedad de Red Eléctrica de España (REE).




Este documento realiza una descripción de las instalaciones objeto de este proyecto de manera que sirva como guía para la ejecución del proyecto y el desarrollo de ofertas económicas para dicha actuación y se tramite la solicitud AAC (Autorización Administrativa de Construcción) por parte de la Delegación Territorial competente en Sevilla y que, a su vez, sirva como base para el análisis y presentación de ofertas con por parte de los diferentes posibles contratistas.

El presente proyecto tiene como finalidad sustituir y actualizar el proyecto de infraestructuras de evacuación inicialmente tramitado en el año 2021. Dicha actualización responde a la necesidad de adaptar el diseño de las instalaciones a nuevas condiciones técnicas y operativas.

Infraestructuras del Proyecto Inicial (2021):

El proyecto original contemplaba la ejecución de las siguientes infraestructuras:

- Subestación colectora 30/66/220 kV, que integraba un centro de medida en su

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

configuración.




- Línea eléctrica subterránea de 220 kV para la evacuación de la energía hacia el punto de conexión autorizado en la red de transporte.

Infraestructuras del Nuevo Proyecto:

Como resultado del proceso de revisión y optimización, el nuevo proyecto propone las siguientes infraestructuras, que sustituyen completamente a las inicialmente previstas:

- Subestación colectora 30/220 kV:
- Línea subterránea de 220 kV:
- Centro de medida: Aunque en el proyecto inicial estaba integrado dentro de la subestación, en esta nueva propuesta se define y detalla como infraestructura independiente.

	Proyecto tramitado inicialmente	Nuevo proyecto 2025
Nombre del proyecto	Subestación Colectora denominada "SET COLECTORA NUDO QUINTOS 30-66/220 kV":	Subestación Colectora denominada "SET COLECTORA NUDO QUINTOS 30/220 kV":
Configuración subestación	-Parque 220 kV o 1 posición de línea o 2 posiciones de transformador -Parque 66 kV o 1 posición de línea o 1 posición de transformador -Parque 30 kV o 14 celdas (10 de línea, 1 de medida y protecciones, 1 de acometida del transformador de potencia, 1 de batería de condensadores y 1 de transformador de S.S.A.A.)	-Parque 220 kV o 1 posición de línea o 2 posiciones de transformador -Parque 30 kV de PSF BG y PSF BGII o 3 celdas (2 de línea, 1 de transformador de potencia) y espacio para 2 celdas futuras. -Parque 30kV de PSF Allives o 12 celdas (10 de línea, 1 de transformador de potencia, y 1 de transformador de S.S.A.A.) y espacio para 12 celdas futuras.
Área de la subestación	7.424,5 m2	5.737,7 m2

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




	Proyecto tramitado inicialmente	Nuevo proyecto 2025
Separación a linde de parcela (av. Universidades)	22,8 m	29,3 m
Transformadores de potencia	PFV GUADALQUIVIR I y II: 66/220kV de 75-100 MVA PFV ALLIVES: 30/220kV de 75-100 MVA	PFV GUADALQUIVIR I y II: 30/220kV de 85 MVA PFV ALLIVES: 30/220kV de 120 MVA
Edificio de control	2 edificios: - Edificio de control (10,8 x 5,5 m2) - Edificio celdas 30kV (10,8 x 5,5 m2)	1 edificio (54,4 x 5,8 m2) con 1 sala de celdas 30kV para PFV ALLIVES, 1 sala de celdas 30kV para PFV GUADALQUIVIR, 1 sala de control, 1 sala de medida y 1 almacén.
Servicios auxiliares	Transformador de servicios auxiliares en 30kV	Transformador de servicios auxiliares en 30kV para PFV ALLIVES y transformadores de tensión PVT para servicios auxiliares
Grupo electrógeno	Sin previsión de instalar un grupo electrógeno	Se incluye grupo electrógeno 100 kVA

1.2 Objeto

El objeto del presente proyecto es el diseño y descripción de una línea subterránea de alta tensión de evacuación desde la SET Colectora Nudo Quintos hasta la subestación SET Quintos 220 kV, denominada LSAT 220 kV SET Colectora Nudo Quintos - SET Quintos 220 kV, para la evacuación de la potencia generada por las plantas fotovoltaicas promovida por:

- ES PLANTA SOLAR 1, S.L.
- ES PLANTA SOLAR 2, S.L.
- NARA ES SOLAR 7 S.L.

Asimismo, se pretende que el proyecto constituya la documentación técnica necesaria para realizar ante los Organismos Competentes para la obtención de la Autorización Administrativa de Construcción para la instalación y puesta en servicio de la referida línea de alta tensión.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




La finalidad de la instalación será la evacuación de una potencia total de 175,5 MW a través de la energía producida por las plantas:

- FV "Bajo Guadalquivir" 37.75MW POI, 32.76MWn, 35.52MWp.
- FV "Bajo Guadalquivir II" 37.75MW POI, 45.04MWn, 49.98MWp.
- FV "Allives" 100.00MW POI, 114.95MWn, 120.042MWp

Este proyecto está de acuerdo con lo dispuesto en la ley 54/1997 de 27 de Noviembre del Sector Eléctrico, para informar a la Administración sobre las características de la línea a fin de obtener las correspondientes autorizaciones.

A tal efecto, el proyecto tiene en cuenta las normas que el ministerio de Industria y Energía da en el Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, conforme Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero de 2008 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.

El objeto del presente proyecto es obtener su Autorización Administrativa, Declaración de Utilidad Pública y Aprobación como Proyecto Técnico Administrativo.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.3 Peticionario

- ES PLANTA SOLAR 1, S.L.
C.I.F: B40520207
Domicilio fiscal: Edificio América, Plaza América, 2, 8º, 8A-8B 46.004, València
- ES PLANTA SOLAR 2, S.L.
C.I.F: B40545527
Domicilio fiscal: Edificio América, Plaza América, 2, 8º, 8A-8B 46.004, València
- NARA ES SOLAR 7, S.L.
C.I.F: B88380480
Domicilio fiscal: Calle Génova, Nº 27, Planta 3 - 28004 Madrid, España.




Las sociedades que actúan como promotores de las instalaciones pertenecen a los grupos, "Esparity Solar" y "Cero Generation".

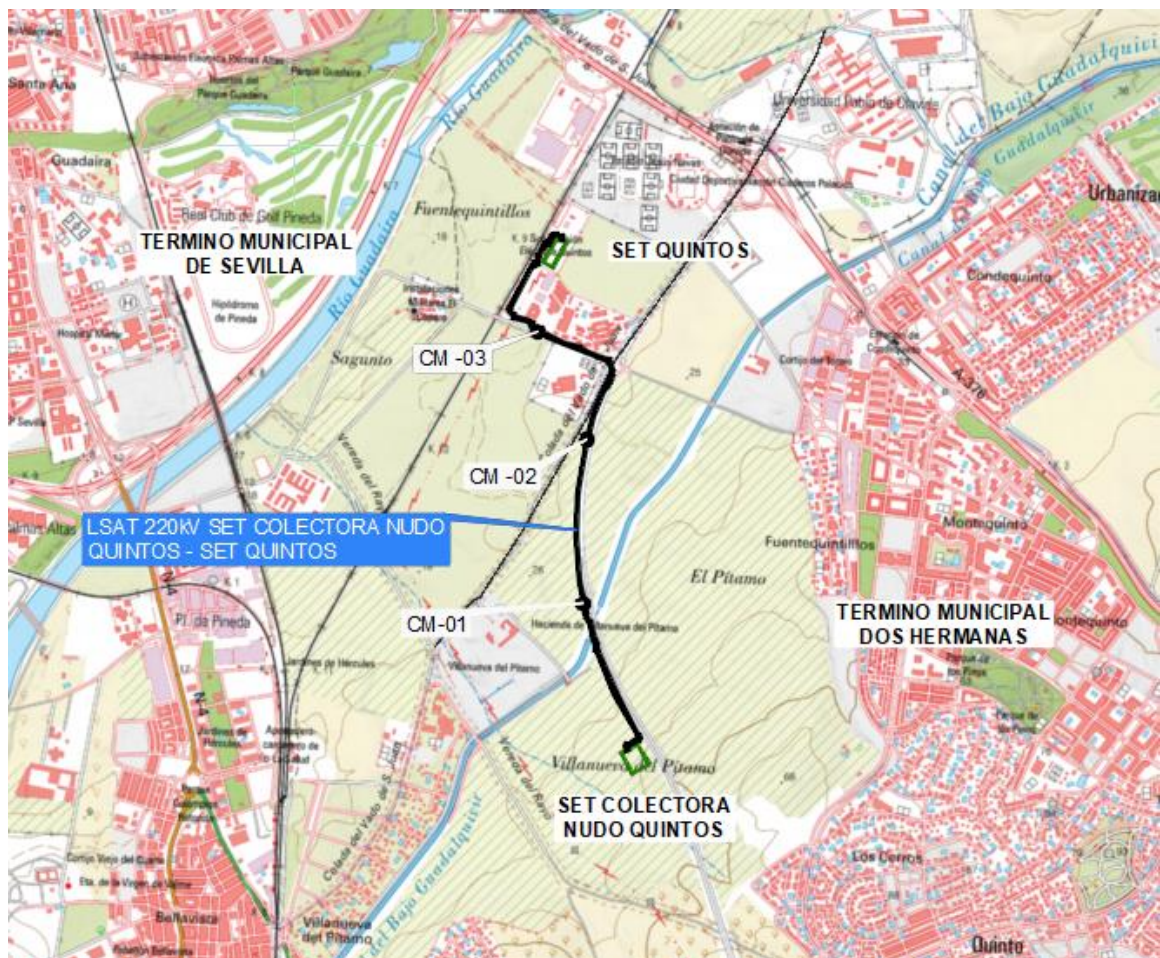
1.4 Emplazamiento

Tal como se muestra en el plano de situación las infraestructuras e instalaciones están ubicadas en Sevilla, y discurre por los términos municipales de Dos Hermanas y Sevilla.



A continuación, se muestra una imagen del plano de situación de la línea:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		



1.5 Descripción del trazado de la línea




La línea dispone de 2 tramos cuyo trazado se describe a continuación:

1.5.1 Primer tramo subterráneo (SET Colectora Nudo Quintos - Centro de medida)

El trazado tiene una longitud de 2,531 kilómetros en planta

Este tramo subterráneo se encuentra en los municipios de Dos Hermanas y Sevilla (Sevilla). A continuación, se muestra una tabla con las longitudes de recorrido en cada término municipal por el que discurre la línea enterrada:

Término municipal	Provincia	Longitud (m)
Dos Hermanas	Sevilla	1.695,0

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Término municipal	Provincia	Longitud (m)
Sevilla	Sevilla	836,1

El tramo de línea subterránea parte de subestación intemperie SET Colectora Nudo Quintos (Objeto de otro proyecto) y finaliza en el Centro de Medida.

A continuación, se muestra una tabla con las coordenadas U.T.M. del inicio y final, así como de las cámaras de empalme en Datum ETRS-89 huso 30.




Tipo	Distancia origen (m)	X U.T.M.	Y U.T.M.	Cota (msnm)	Término municipal
Inicial	0,0	238.812,6	4.135.684,6	34,1	Dos Hermanas (Sevilla)
CM N°1	686,7	238.617,7	4.136.298,2	23,6	Dos Hermanas (Sevilla)
CM N°2	1.368,8	238.632,8	4.136.974,5	18,5	Dos Hermanas (Sevilla)
CM N°3	2.030,9	238.431,4	4.137.417,3	13,0	Sevilla (Sevilla)
Final	2.523,1	238.478,9	4.137.794,1	12,5	Sevilla (Sevilla)

La canalización de la línea eléctrica discurre en simple circuito enterrado bajo tubo.

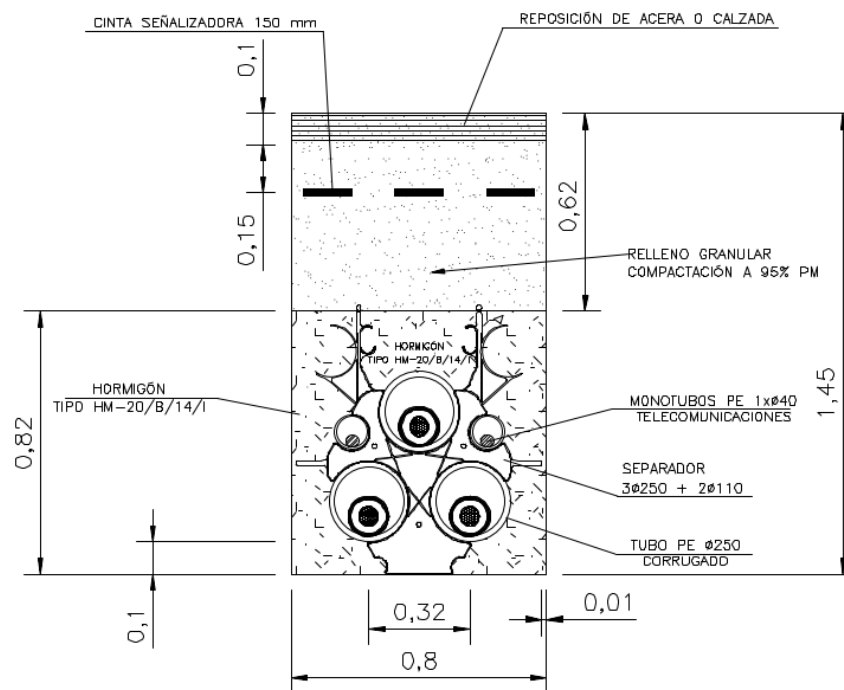
La zanja tiene una anchura de 0,8 metros y una profundidad de 1,45 metros. En el lecho de la zanja se dispondrá una capa de hormigón de 10 cm de espesor sobre la que se colocarán los tubos. A continuación, se cubrirán los tubos con hormigón de modo que la canalización sea hormigonada.

Se colocará adicionalmente a lo largo de la canalización cinta señalizadora color amarilla o naranja vivo que advierta de la presencia de los cables. Estará colocada a una distancia mayor de 10 cm de la cara inferior del pavimento, o a 20 cm de la superficie en caso de terreno natural.

De manera puntual en los cruzamientos con otros servicios se podrá realizar una zanja de mayor profundidad para cumplir con las distancias establecidas en el RLAT ITC-06.




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

A continuación, se muestra un esquema de la zanja tipo con los cables enterrados bajo tubo:






Seguidamente, se muestra una tabla con otros tramos de canalización donde varía la altura de la zanja dependiendo de la ubicación de la línea y los cruzamientos:




Tramo	Descripción	Longitud (m)	Distancia origen (m)	X U.T.M.	Y U.T.M.	Cota (msnm)	Término municipal
1	Paso superior	62,49	534,1	238.663	4.136.151	27,2	Dos Hermanas (Sevilla)
			596,59	238.643	4.136.217	26,4	Dos Hermanas (Sevilla)
2	Hinca	50,0	1.149,6	238.597,1	4.136.758,6	18,3	Dos Hermanas (Sevilla)
			1.199,6	238.603,7	4.136.808,2	18,3	Dos Hermanas (Sevilla)

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Tramo	Descripción	Longitud (m)	Distancia origen (m)	X U.T.M.	Y U.T.M.	Cota (msnm)	Término municipal
3	Hinca	20,1	1.470,9	238.659,6	4.137.072,6	16,7	Dos Hermanas (Sevilla)
			1.491,0	238.665,6	4.137.091,8	16,2	Dos Hermanas (Sevilla)
4	Bajo tubo separado	6,1	1.612,6	238.716,0	4.137.201,4	16,9	Dos Hermanas (Sevilla)
			1.618,7	238.720,3	4.137.205,6	16,8	Dos Hermanas (Sevilla)
5	Bajo tubo separado	6,4	1.647,8	238.733,1	4.137.231,6	16,6	Dos Hermanas (Sevilla)
			1.654,2	238.735,4	4.137.237,6	16,6	Dos Hermanas (Sevilla)
6	Bajo tubo separado	7,4	1.654,2	238.735,4	4.137.237,6	16,6	Dos Hermanas (Sevilla)
			1.661,6	238.738,0	4.137.244,5	16,5	Dos Hermanas (Sevilla)
7	Bajo tubo separado	2,2	1.676,7	238.736,7	4.137.259,1	16,4	Dos Hermanas (Sevilla)
			1.678,9	238.736,0	4.137.261,3	16,4	Dos Hermanas (Sevilla)
8	Bajo tubo separado	11,0	1.712,2	238.722,8	4.137.291,3	15,7	Sevilla (Sevilla)
			1.723,2	238.713,4	4.137.296,9	15,4	Sevilla (Sevilla)
9	Bajo tubo separado	2,0	1.778,7	238.663,7	4.137.320,5	14,8	Sevilla (Sevilla)
			1.780,7	238.661,9	4.137.321,3	14,8	Sevilla (Sevilla)

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Tramo	Descripción	Longitud (m)	Distancia origen (m)	X U.T.M.	Y U.T.M.	Cota (msnm)	Término municipal
10	Bajo tubo separado	6,5	1.928,1	238.525,3	4.137.376,6	13,5	Sevilla (Sevilla)
			1.934,6	238.519,3	4.137.379,0	13,4	Sevilla (Sevilla)
11	Bajo tubo separado	10,1	1.962,6	238.493,2	4.137.389,4	12,9	Sevilla (Sevilla)
			1.972,7	238.483,9	4.137.393,1	13,3	Sevilla (Sevilla)
12	Bajo tubo separado	8,2	2.051,8	238.415,4	4.137.429,5	13,1	Sevilla (Sevilla)
			2.060,0	238.413,3	4.137.437,5	13,2	Sevilla (Sevilla)
13	Bajo tubo separado	54,0	2.060,0	238.413,3	4.137.437,5	13,2	Sevilla (Sevilla)
			2.114,0	238.372,0	4.137.467,5	13,3	Sevilla (Sevilla)
14	Bajo tubo separado	2,3	2.114,0	238.372,0	4.137.467,5	13,3	Sevilla (Sevilla)
			2.116,3	238.369,9	4.137.468,4	13,3	Sevilla (Sevilla)
15	Bajo tubo separado	13,7	2.116,3	238.369,9	4.137.468,4	13,3	Sevilla (Sevilla)
			2.130,0	238.357,2	4.137.473,7	13,2	Sevilla (Sevilla)
16	Bajo tubo separado	4,4	2.130,0	238.357,2	4.137.473,7	13,2	Sevilla (Sevilla)
			2.134,4	238.353,2	4.137.475,4	13,4	Sevilla (Sevilla)
17	Bajo tubo separado	41,4	2.134,4	238.353,2	4.137.475,4	13,4	Sevilla (Sevilla)
			2.175,8	238.320,0	4.137.497,7	13,4	Sevilla (Sevilla)
18	Bajo tubo separado	2,4	2.175,8	238.320,0	4.137.497,7	13,4	Sevilla (Sevilla)
			2.178,2	238.318,7	4.137.499,8	13,5	Sevilla (Sevilla)

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001		Fecha:	JUL.-2025	
		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Tramo	Descripción	Longitud (m)	Distancia origen (m)	X U.T.M.	Y U.T.M.	Cota (msnm)	Término municipal
19	Bajo tubo separado	146,7	2.178,2	238.318,7	4.137.499,8	13,5	Sevilla (Sevilla)
			2.324,9	238.377,2	4.137.628,7	13,8	Sevilla (Sevilla)
20	Bajo tubo separado	2,4	2.324,9	238.377,2	4.137.628,7	13,8	Sevilla (Sevilla)
			2.327,3	238.378,4	4.137.630,8	13,8	Sevilla (Sevilla)
21	Bajo tubo separado	81,3	2.327,3	238.378,4	4.137.630,8	13,8	Sevilla (Sevilla)
			2.408,6	238.418,7	4.137.701,4	13,3	Sevilla (Sevilla)
22	Bajo tubo separado	4,1	2.408,6	238.418,7	4.137.701,4	13,3	Sevilla (Sevilla)
			2.412,7	238.420,7	4.137.704,9	13,0	Sevilla (Sevilla)

1.5.2 Segundo tramo subterráneo (Centro de medida – SET Quintos)

El trazado tiene una longitud de 75,2 metros en planta




Este tramo subterráneo se encuentra en su totalidad en el municipio de Sevilla (Sevilla).

El tramo de línea subterránea parte del Centro de medida y finaliza en subestación intermedia SET Quintos existente.

A continuación, se muestra una tabla con las coordenadas U.T.M. del inicio y final del tramo en Datum ETRS-89 huso 30.

Tipo	Distancia origen (m)	X U.T.M.	Y U.T.M.	Cota (msnm)	Término municipal
Inicial	2.537,5	238.486,1	4.137.807,2	12,7	Sevilla (Sevilla)
Final	2.612,7	238.527,0	4.137.791,1	13,2	Sevilla (Sevilla)

La totalidad de la canalización de la línea eléctrica discurre en simple circuito enterrado bajo tubo de 250 mm de diámetro.

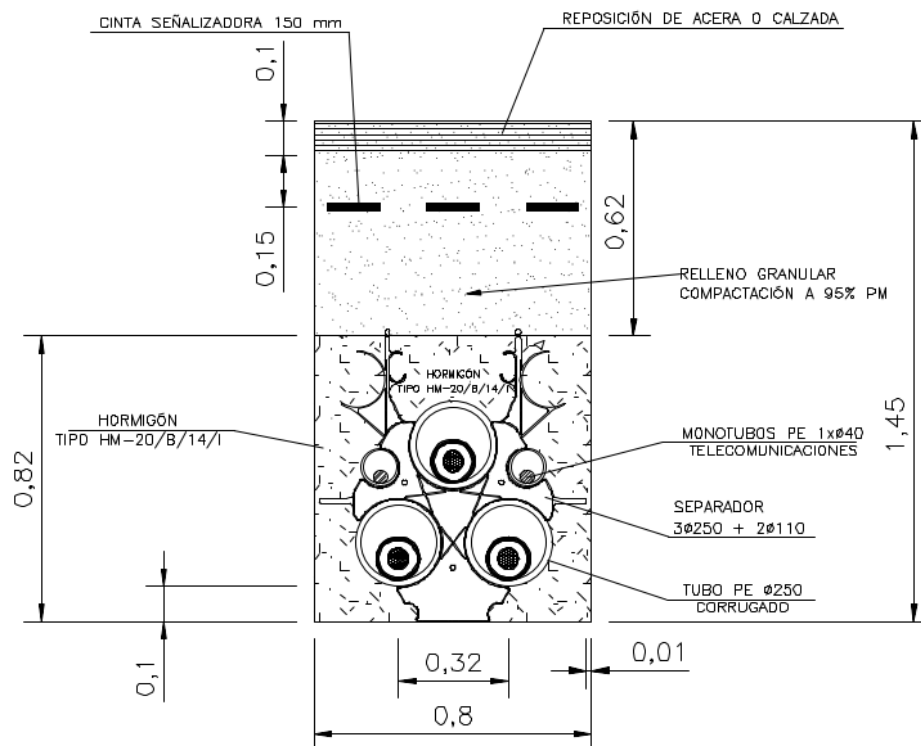
Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

La zanja tiene una anchura de 0,8 metros y una profundidad de 1,45 metros. En el lecho de la zanja se dispondrá una capa de hormigón de 10 cm de espesor sobre la que se colocarán los tubos. A continuación, se cubrirán los tubos con hormigón de modo que la canalización sea hormigonada.




Se colocará adicionalmente a lo largo de la canalización cinta señalizadora color amarilla o naranja vivo que advierta de la presencia de los cables. Estará colocada a una distancia mayor de 10 cm de la cara inferior del pavimento, o a 20 cm de la superficie en caso de terreno natural.

De manera puntual en los cruzamientos con otros servicios se podrá realizar una zanja de mayor profundidad para cumplir con las distancias establecidas en el RLAT ITC-06.

A continuación, se muestra un esquema de la zanja tipo con los cables enterrados bajo tubo:



Seguidamente, se muestra una tabla con otros tramos de canalización donde varía la altura de la zanja dependiendo de la ubicación de la línea y los cruzamientos:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Tramo	Descripción	Longitud (m)	Distancia origen (m)	X U.T.M.	Y U.T.M.	Cota (msnm)	Término municipal
23	Bajo tubo separado	2,1	2.566,9	238.506,9	4.137.823,4	13,0	Sevilla (Sevilla)
			2.569,0	238.508,8	4.137.822,5	13,0	Sevilla (Sevilla)
24	Bajo tubo separado	2,7	2.600,4	238.531,0	4.137.802,5	13,2	Sevilla (Sevilla)
			2.603,1	238.530,9	4.137.799,8	13,2	Sevilla (Sevilla)

1.5.3 Resumen longitudes trazado

La longitud de cada tramo junto con la longitud total de la línea se muestra en la siguiente tabla:




Tramo	Tipo	Longitud (m)
1	subterráneo	2.523
2	subterráneo	75
Longitud total		2.598

1.6 Descripción de la instalación

La instalación queda definida por las siguientes características:

1.6.1 Características generales

SistemaCorriente alterna trifásica
Frecuencia..... 50 Hz
Tensión nominal 220 kV
Tensión más elevada de la red 245 kV
CategoríaEspecial
Número de circuitos 1
Tipo de cable aisladoXLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265
Potencia máxima de transporte..... 312,5 MVA
Longitud.....2,621 km

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




Sección cable.....	2.000 mm ²
Tipo de aislamiento.....	XLPE
Material conductor.....	Al
Puesta a tierra pantallas.....	Cross Bonding y Single Point
Tipo cable equipotencial.....	RV 0,6/1kV 400mm ² CU
Número de cables de fibra óptica.....	1
Tipo de cable de fibra óptica.....	PKP 64
Tipo de instalación.....	Enterrado bajo tubo y Hinca
Anchura de la zanja.....	0,8 m
Profundidad de la zanja.....	1,45 m

1.6.2 Características de los materiales

1.6.2.1 Conductores

Las características del cable aislado son las siguientes:

Denominación.....	XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265
Tensión nominal.....	220 kV
Sección.....	2.000 mm ²
Material conductor.....	Al
Tipo de cuerda.....	Segmentada
Tipo de aislamiento.....	XLPE
Sección pantallas.....	265 mm ²
Material pantallas.....	Cu
Material cubierta exterior.....	DME1
Diámetro del conductor.....	55,7 mm
Diámetro sobre aislamiento.....	101,7 mm
Diámetro medio de las pantallas.....	107,3 mm
Diámetro exterior del cable.....	119,3 mm
Peso del cable.....	16,35 kg/m
Resistencia eléctrica a 20°C en CC.....	0,0149 Ω/km
Capacidad del cable.....	0,247 μF/km
Curvatura mínima durante instalación.....	3.600 mm
Temperatura máxima en régimen permanente.....	90 °C

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Temperatura máxima en cortocircuito250 °C

1.6.2.2 Cable equipotencial de acompañamiento

Como las pantallas de los cables se conectan en una configuración con un único extremo conectado a tierra es necesario a lo largo de la canalización instalar un cable equipotencial conectado a tierra en ambos extremos para que pueda retornar la corriente de falta en caso de cortocircuito monofásico. Este cable aislado tendrá las siguientes características:

Denominación RV 0,6/1kV 400mm² CU
Tensión nominal 1 kV
Sección 400 mm²
Material conductor Cu
Tipo de aislamiento XLPE
Material cubierta exterior PVC
Diámetro del conductor 23,5 mm
Diámetro sobre aislamiento 28,2 mm
Diámetro exterior del cable 32,6 mm
Peso del cable 3,92 kg/m
Resistencia eléctrica a 20°C en CC 0,047 Ω/km




1.6.2.3 Canalización subterránea

La canalización de la línea eléctrica discurre en simple circuito enterrado bajo tubo.

La zanja tiene una anchura de 0,8 metros y una profundidad de 1,45 metros. En el lecho de la zanja se dispondrá una capa de hormigón de 10 cm de espesor sobre la que se colocarán los tubos. A continuación, se cubrirán los tubos con hormigón de modo que la canalización sea hormigonada.

Se colocará adicionalmente a lo largo de la canalización cinta señalizadora color amarilla o naranja vivo que advierta de la presencia de los cables. Estará colocada a una distancia mayor de 10 cm de la cara inferior del pavimento, o a 20 cm de la superficie en caso de terreno natural.

De manera puntual en los cruzamientos con otros servicios se podrá realizar una zanja de mayor profundidad para cumplir con las distancias establecidas en el RLAT ITC-06.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

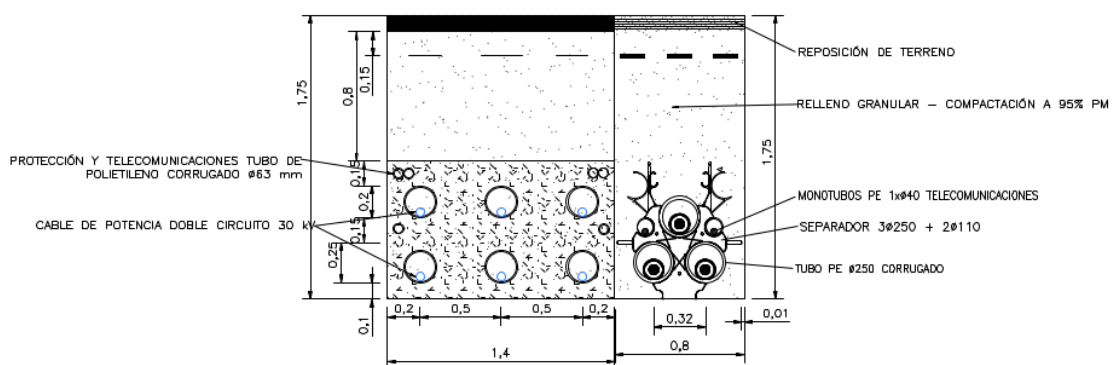
Primer tramo: (Cruzamiento con el Canal del Bajo Guadalquivir): Se prevé otro tramo de línea entre el pk de la línea proyectada 0+534 (UTM X=238.663 Y=4.136.151) y el pk 0+597 (UTM X=238.643 Y=4.136.217) de 63 metros de longitud donde la canalización se realiza mediante un paso superior.




Para el tramo de la línea donde se efectúa el cruzamiento con el Canal del Bajo Guadalquivir existirá una zanja paralela que comprende las mismas características que la anterior mencionada.

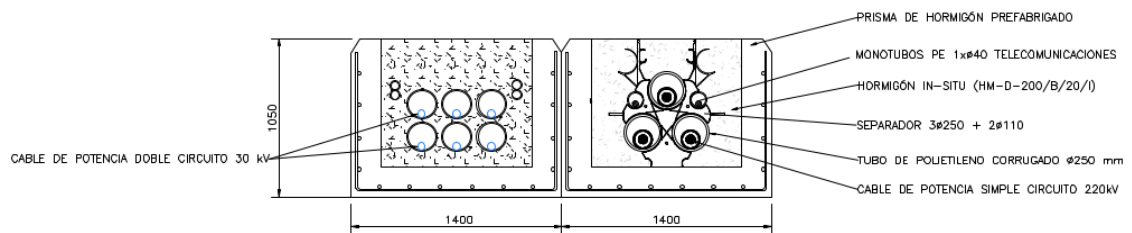
Se colocará adicionalmente a lo largo de la canalización cinta señalizadora color amarilla o naranja vivo que advierta de la presencia de los cables. Estará colocada a una distancia mayor de 10 cm de la cara inferior del pavimento, o a 20 cm de la superficie en caso de terreno natural.

El paso superior constará elevar la conducción sobre el suelo por medio de dos arquetas de transición, la conducción transcurrirá en prisma de hormigón que contenga la línea eléctrica bajo tubos de polietileno de 250 y 200 milímetros de diámetro según sea la tensión de la línea. La línea irá paralela a un DC de media tensión 30 kV (**OBJETO DE OTRO PROYECTO**)

A continuación, se muestra un esquema de la zanja tipo con los cables hormigonado bajo tubo y la canalización en el paso superior en prisma de hormigón bajo tubo (Las secciones de zanja pueden observarse mejor en el documento PLANOS):

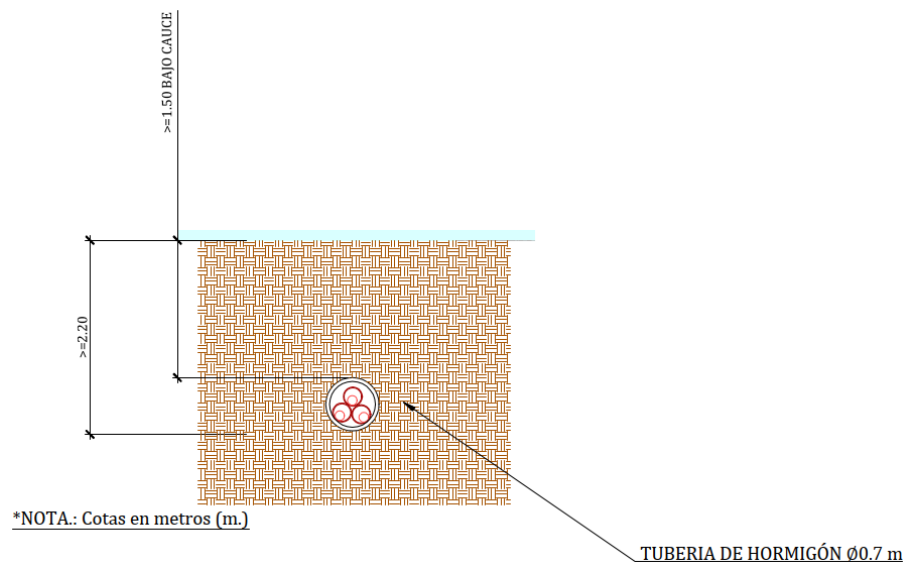


Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		





Segundo tramo: Se prevé otro tramo de línea entre el pk de la línea proyectada 1+150 (UTM X=238.597 Y=4.136.759) y el pk 1+200 (UTM X=238.604 Y=4.136.808) de 50 metros de longitud donde la canalización se realiza mediante perforación horizontal tipo Hinca.

La perforación horizontal instalará un tubo de diámetro 1,47 donde posteriormente se tenderán los cables. La profundidad de la perforación será de 4 metros y está previsto unas dimensiones del pozo de ataque para alojar la máquina de 2,2 metros de anchura por 3,4 de longitud. Por último, una vez tendidos los cables, el tubo de polietileno de alta densidad de 1,47 metros de diámetro se rellenará de bentonita para favorecer la disipación del calor generado en el interior del cable.

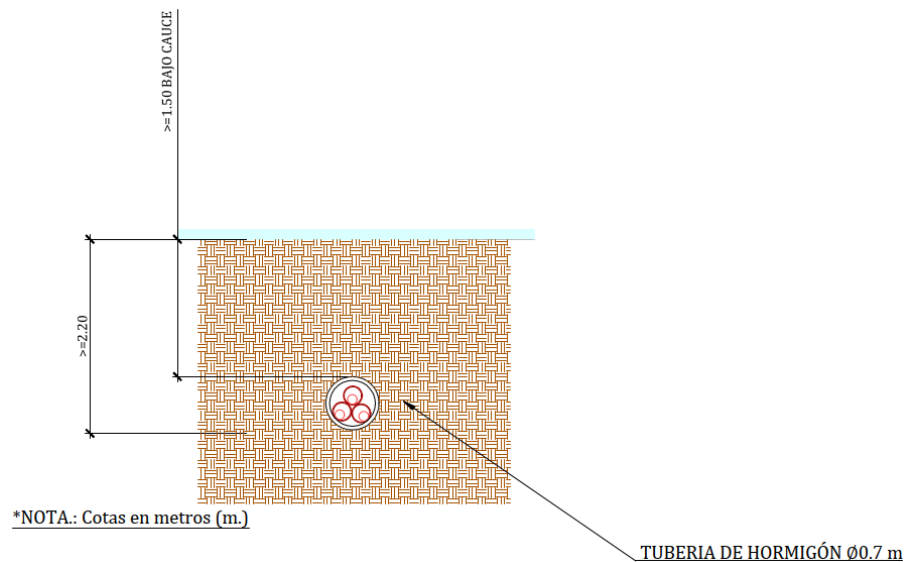


Tercer tramo: Se prevé otro tramo de línea entre el pk de la línea proyectada 1+471 (UTM X=238.660 Y=4.137.073) y el pk 1+491 (UTM X=238.666 Y=4.137.092) de 20 metros de longitud donde la canalización se realiza mediante perforación horizontal tipo Hinca.

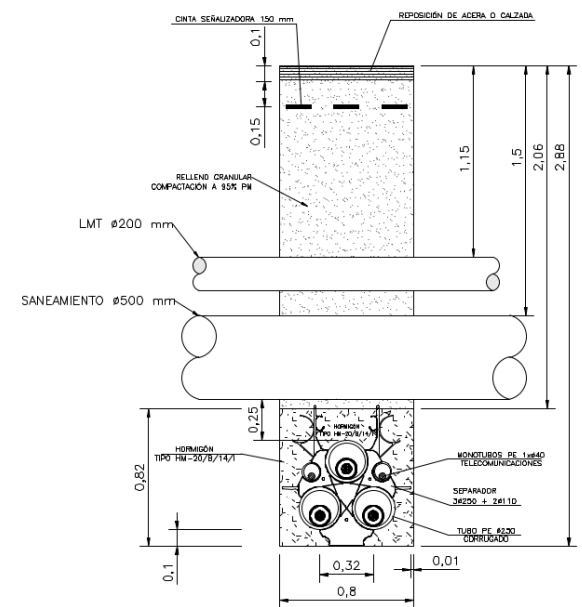
La perforación horizontal instalará un tubo de diámetro 1,47 donde posteriormente se tenderán los cables. La profundidad de la perforación será de 4 metros y está previsto unas




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

dimensiones del pozo de ataque para alojar la máquina de 2,2 metros de anchura por 3,4 de longitud. Por último, una vez tendidos los cables, el tubo de polietileno de alta densidad de 1,47 metros de diámetro se rellenará de bentonita para favorecer la disipación del calor generado en el interior del cable.

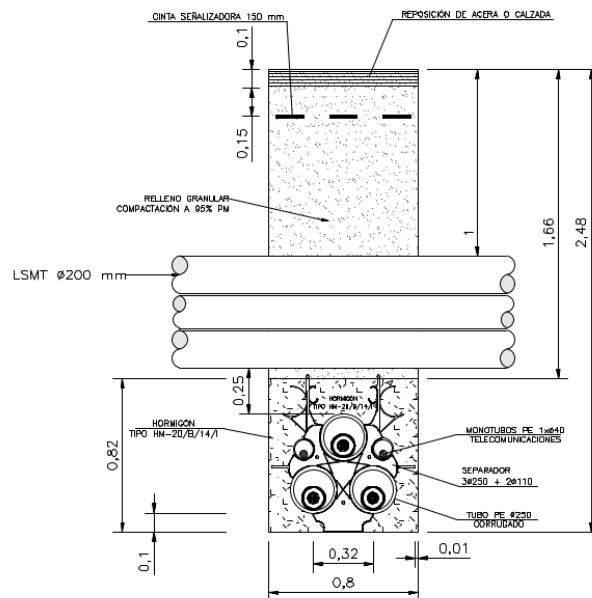


Cuarto tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 2,88 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 1+613 (UTM X=238.716 Y=4.137.201) y el pk 1+619 (UTM X=238.720 Y=4.137.206) de 6 metros de longitud

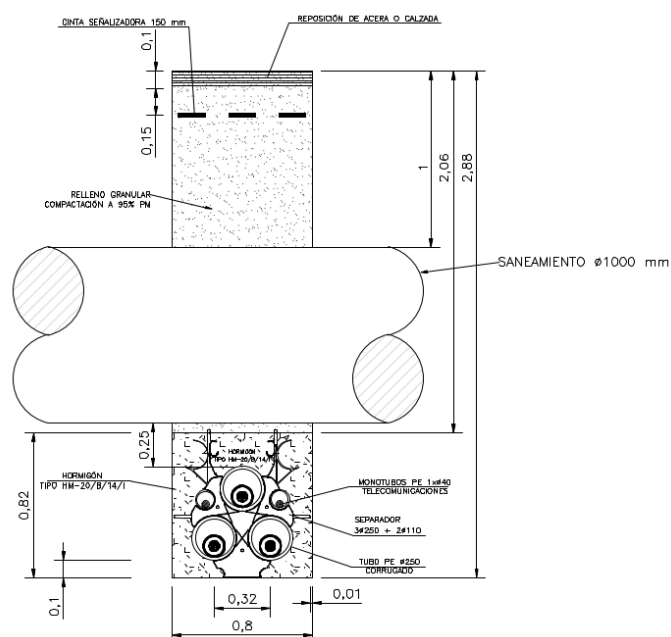





Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Quinto tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 2,48 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 1+648 (UTM X=238.733 Y=4.137.232) y el pk 1+654 (UTM X=238.735 Y=4.137.238) de 6 metros de longitud.

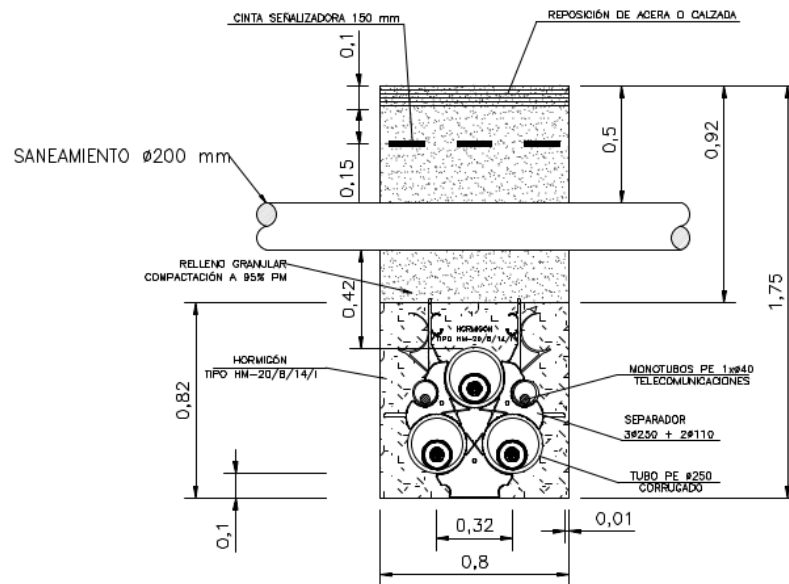


Sexto tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 2,88 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 1+654 (UTM X=238.735 Y=4.137.238) y el pk 1+662 (UTM X=238.738 Y=4.137.245) de 7 metros de longitud.

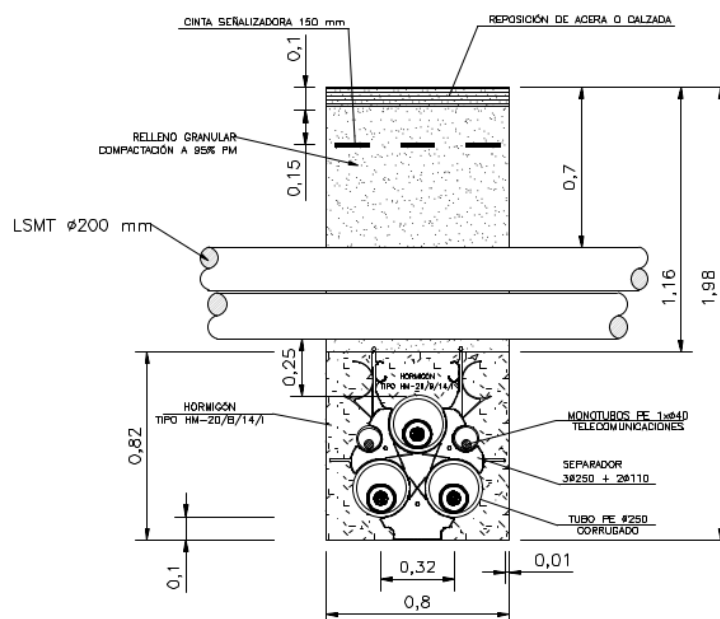





Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
		Fecha: JUL.-2025
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	

Séptimo tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 1,75 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 1+677 (UTM X=238.737 Y=4.137.259) y el pk 1+679 (UTM X=238.736 Y=4.137.261) de 2 metros de longitud.

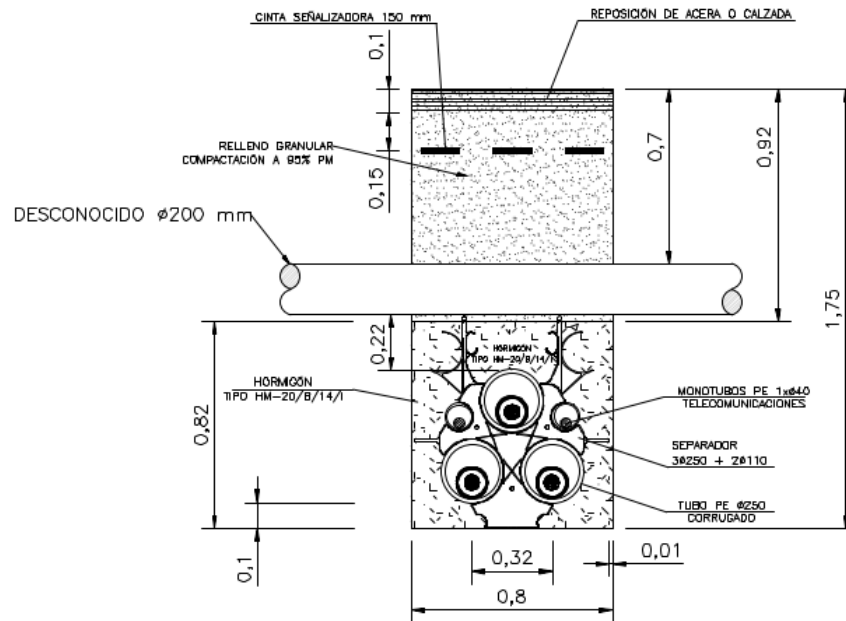


Octavo tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 1,98 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 1+712 (UTM X=238.723 Y=4.137.291) y el pk 1+723 (UTM X=238.713 Y=4.137.297) de 11 metros de longitud.

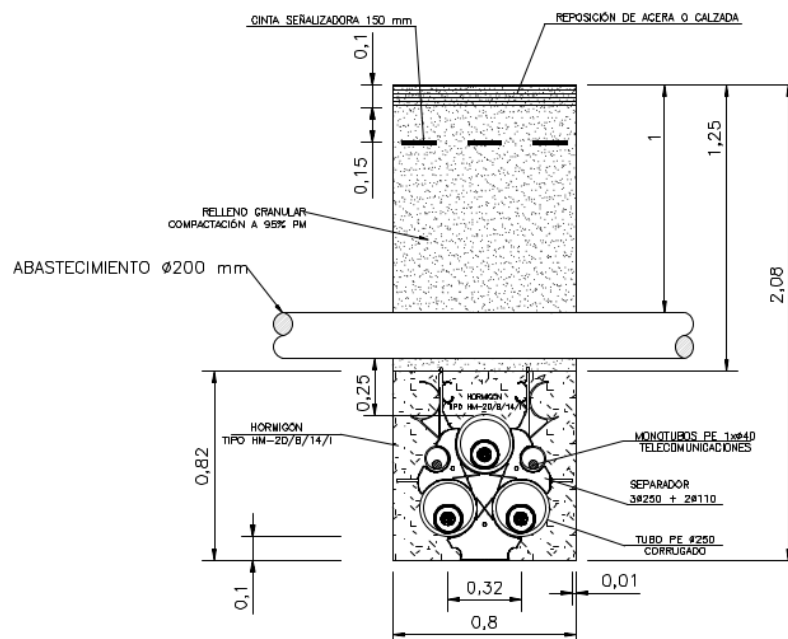





Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Noveno tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 1,75 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 1+779 (UTM X=238.664 Y=4.137.320) y el pk 1+781 (UTM X=238.662 Y=4.137.321) de 2 metros de longitud.

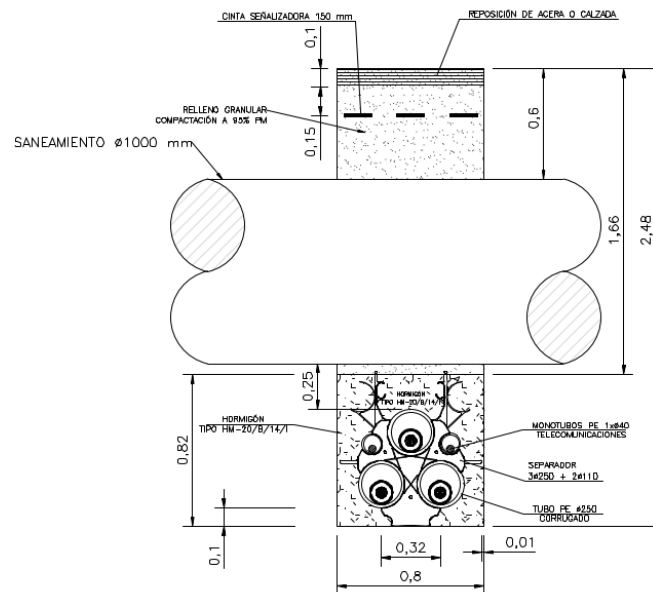


Decimo tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 2,08 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 1+928 (UTM X=238.525 Y=4.137.377) y el pk 1+935 (UTM X=X=238.519 Y=4.137.379) de 7 metros de longitud.

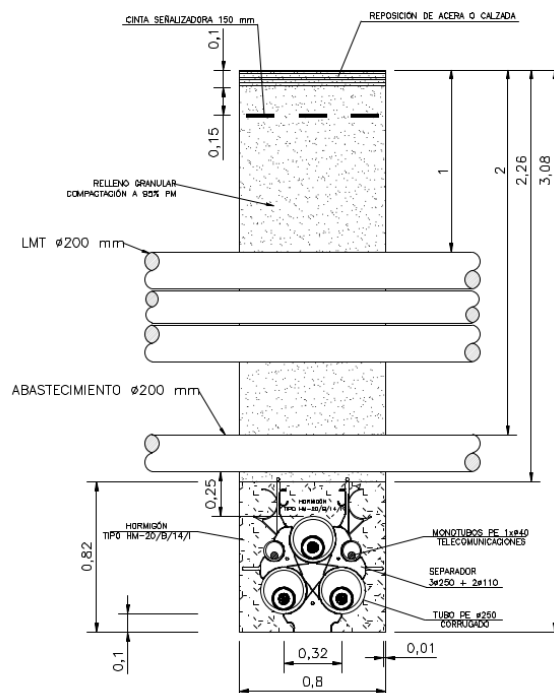





Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Decimoprimer tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 2,48 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 1+963 (UTM X=238.493 Y=4.137.389) y el pk 1+973 (UTM X=238.484 Y=4.137.393) de 10 metros de longitud.

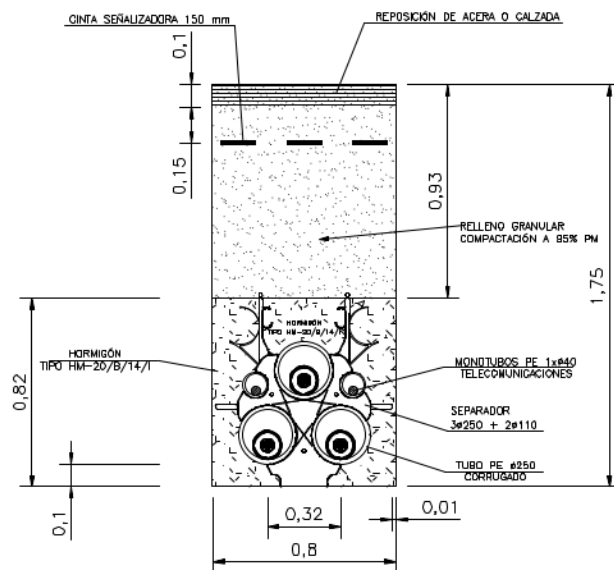


Decimosegundo tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 3,08 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+052 (UTM X=238.415 Y=4.137.430) y el pk 2+060 (UTM X=238.414 Y=4.137.438) de 8 metros de longitud.

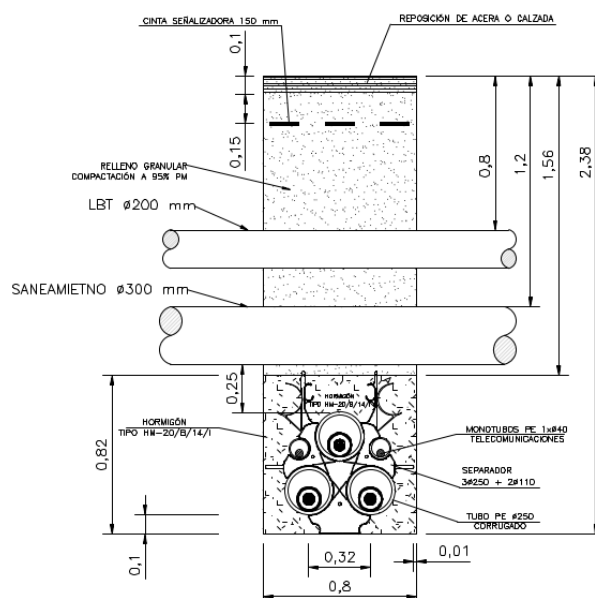





Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Decimotercer tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 1,75 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+060 (UTM X=238.413 Y=4.137.437) y el pk 2+114 (UTM X=238.372 Y=4.137.468) de 54 metros de longitud. En los tramos comprendidos dentro del recinto de la Guardia Civil se profundiza la zanja 1,75m para disminuir los campos magnéticos de la línea.

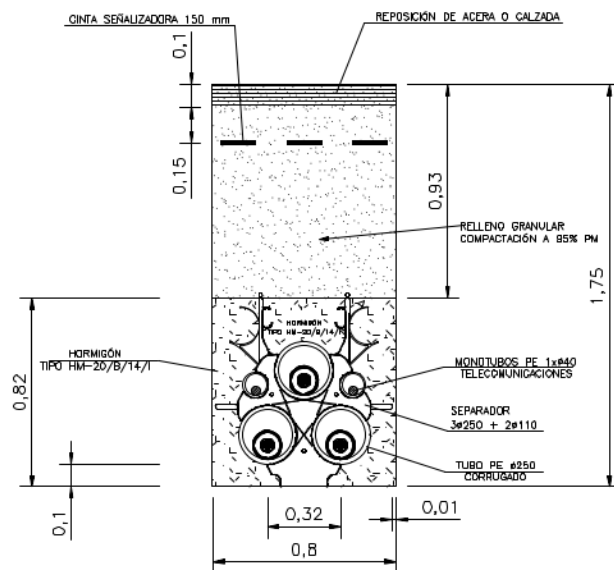


Decimocuarto tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 2,38 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+114 (UTM X=238.372 Y=4.137.468) y el pk 2+116 (UTM X=238.370 Y=4.137.468) de 2 metros de longitud.

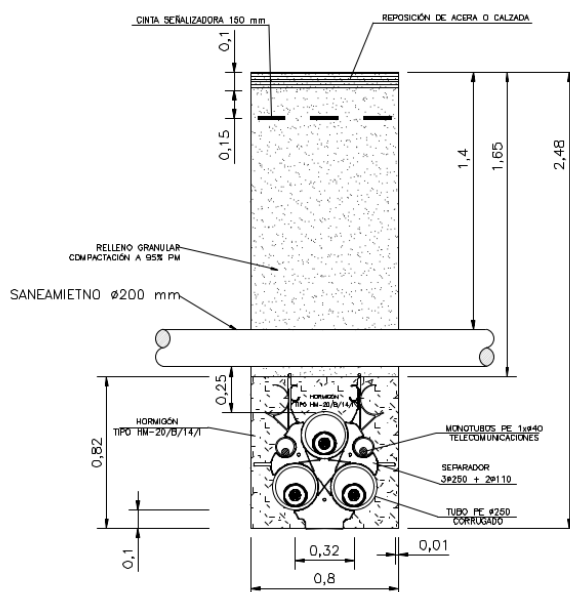





Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Decimoquinto tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 1,75 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+116 (UTM X=238.370 Y=4.137.468) y el pk 2+130 (UTM X=238.357 Y=4.137.474) de 14 metros de longitud. En los tramos comprendidos dentro del recinto de la Guardia Civil se profundiza la zanja 1,75m para disminuir los campos magnéticos de la línea.

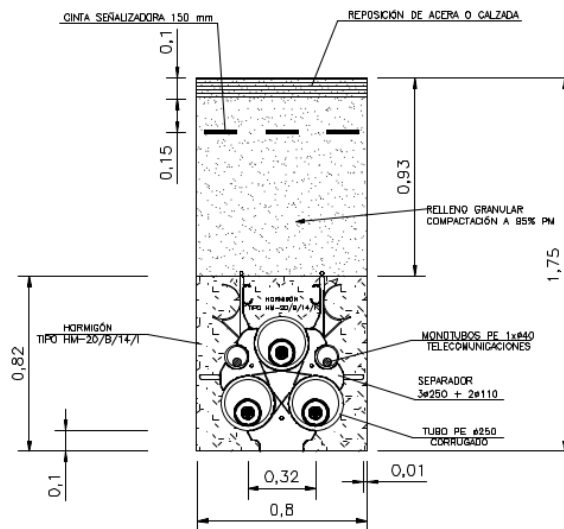


Decimosexto tramo Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 2,48 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+130 (UTM X=238.357 Y=4.137.474) y el pk 2+134 (UTM X=238.353 Y=4.137.475) de 4 metros de longitud.

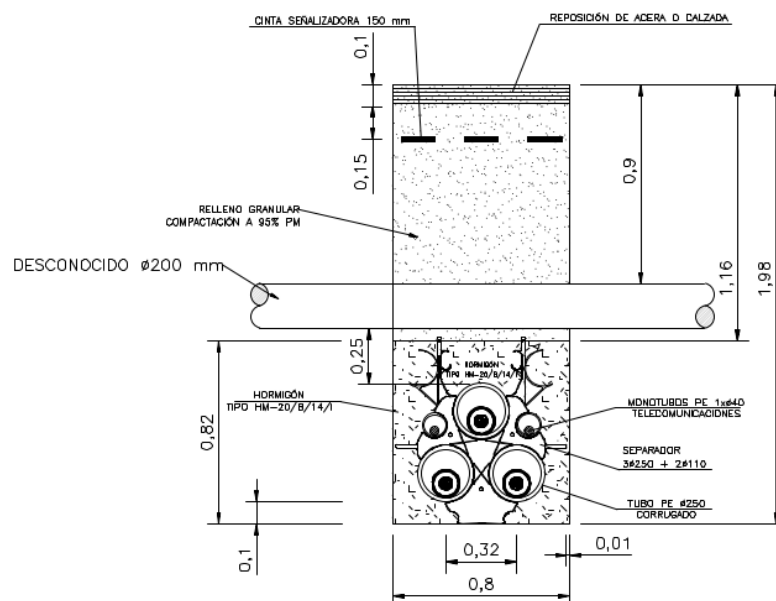





Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Decimoséptimo tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 1,75 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+134 (UTM X=238.353 Y=4.137.475) y el pk 2+176 (UTM X=238.320 Y=4.137.498) de 41 metros de longitud. En los tramos comprendidos dentro del recinto de la Guardia Civil se profundiza la zanja 1,75m para disminuir los campos magnéticos de la línea.

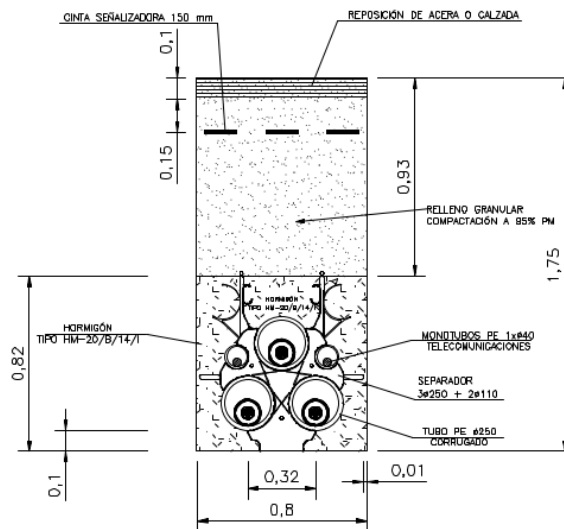


Decimooctavo tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 1,98 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+176 (UTM X=238.320 Y=4.137.498) y el pk 2+178 (UTM X=238.319 Y=4.137.500) de 2 metros de longitud.

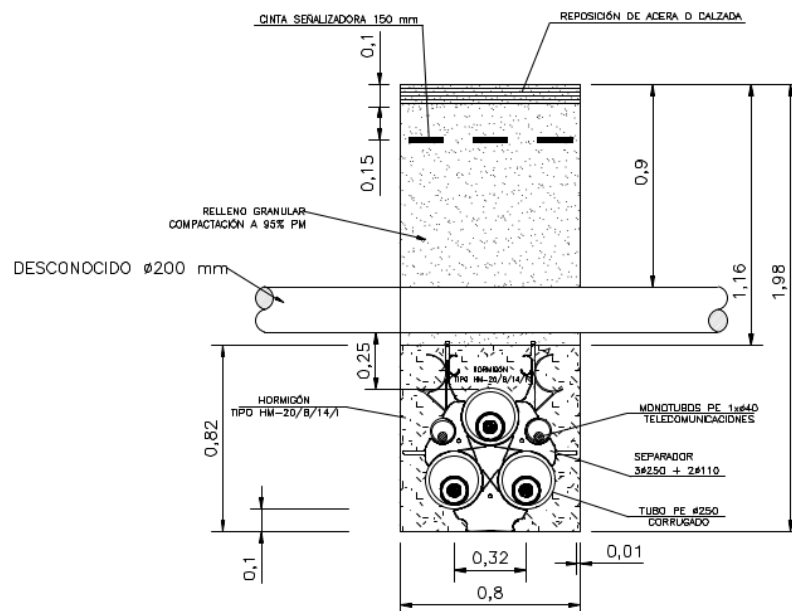





Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Decimonoveno tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 1,75 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+178 (UTM X=238.319 Y=4.137.500) y el pk 2+325 (UTM X=238.377 Y=4.137.629) de 147 metros de longitud. En los tramos comprendidos dentro del recinto de la Guardia Civil se profundiza la zanja 1,75m para disminuir los campos magnéticos de la línea.

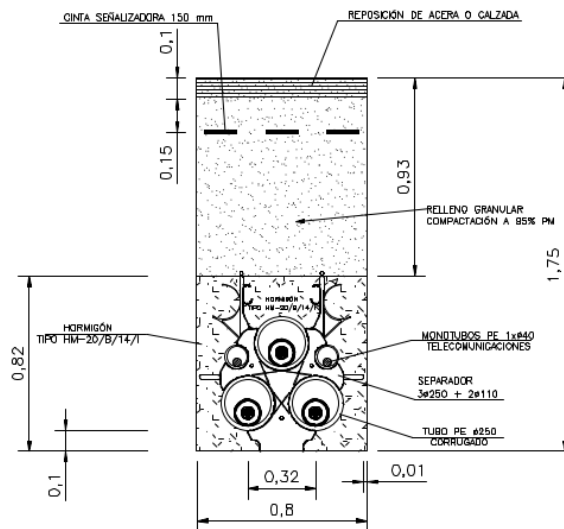


Vigésimo tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 1,98 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+325 (UTM X=238.377 Y=4.137.629) y el pk 2+327 (UTM X=238.378 Y=4.137.631) de 2 metros de longitud.

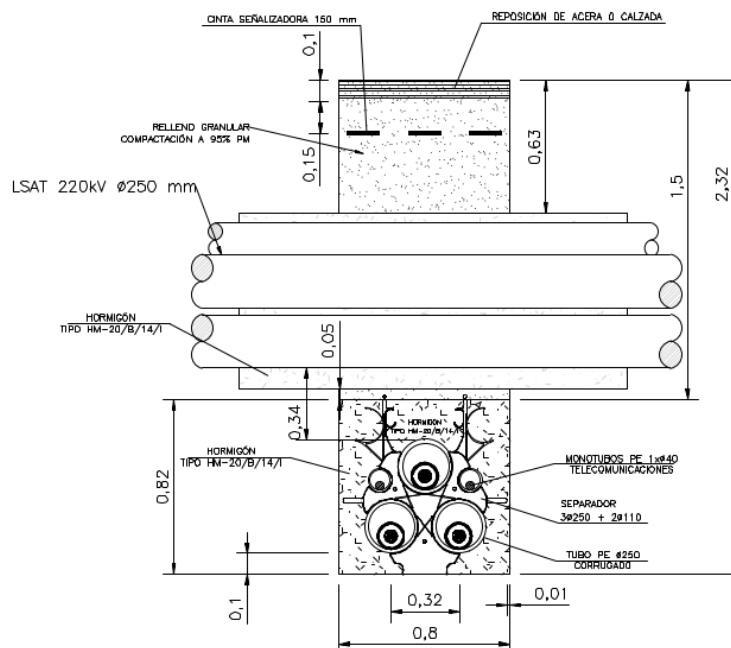





Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Vigesimoprimer tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 1,75 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+327 (UTM X=238.378 Y=4.137.631) y el pk 2+409 (UTM X=238.419 Y=4.137.701) de 82 metros de longitud. En los tramos comprendidos dentro del recinto de la Guardia Civil se profundiza la zanja 1,75m para disminuir los campos magnéticos de la línea.

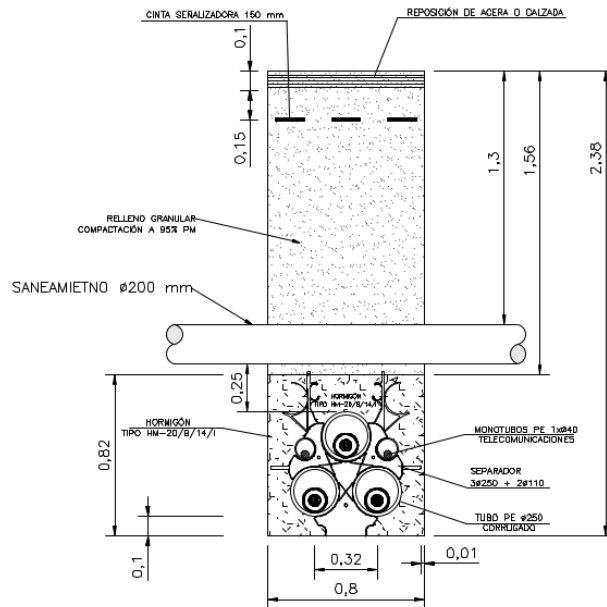


Vigesimosegundo tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 2,32 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+409 (UTM X=238.419 Y=4.137.702) y el pk 2+413 (UTM X=238.421 Y=4.137.705) de 3 metros de longitud.

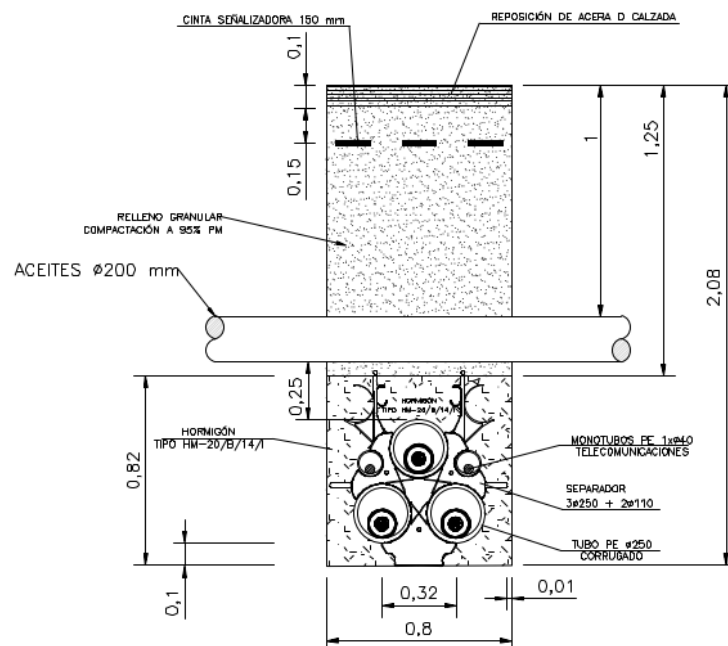





Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Vigesimotercer tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 2,38 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+567 (UTM X=238.507 Y=4.137.823) y el pk 2+570 (UTM X=238.509 Y=4.137.822) de 2 metros de longitud.

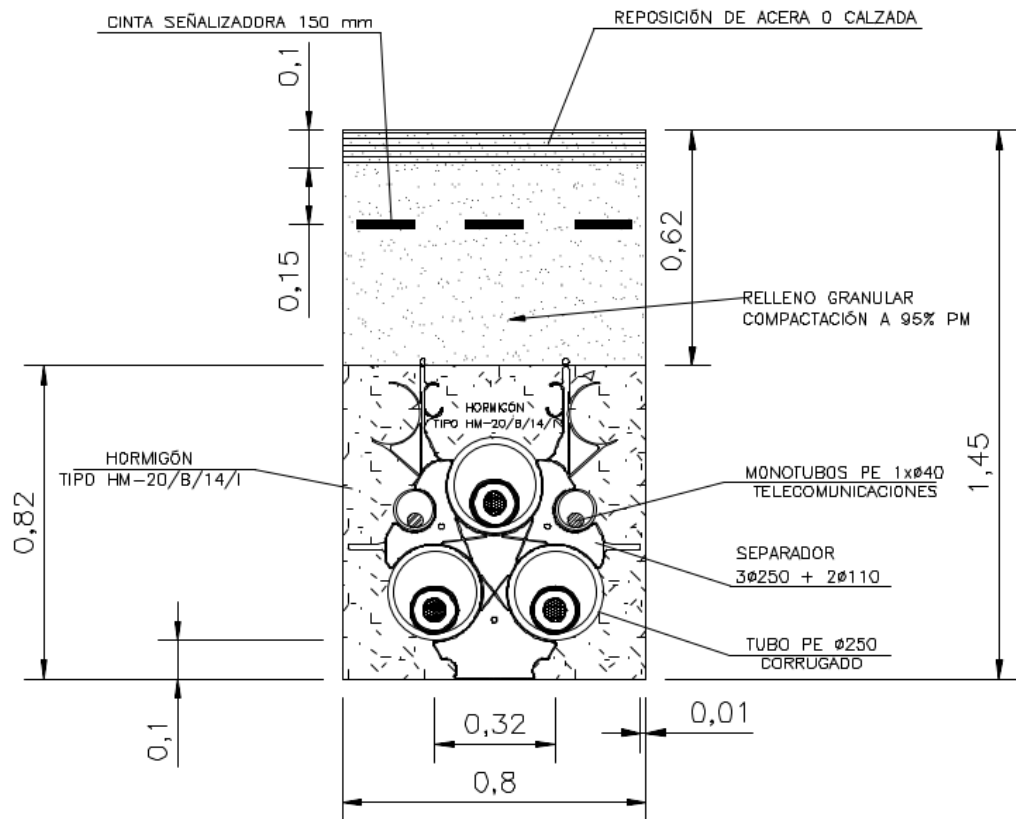





Vigesimocuarto tramo: Enterrado bajo tubo en zanja de 0,8 metros de anchura y 2,08 de profundidad entre el pk de la línea proyectada 2+600 (UTM X=238.531 Y=4.137.802) y el pk 2+603 (UTM X=238.531 Y=4.137.800) de 3 metros de longitud.



Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

A continuación, se muestra un esquema de la zanja tipo con los cables enterrados bajo tubo:



Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.6.2.4 Cámaras de empalme

Como la longitud total de línea es superior a la máxima bobina de cable se disponen tres cámaras de empalme.

Las cámaras de empalme serán prefabricadas estancas de una longitud de 7,9 metros, una anchura de 2,7 metros y una profundidad de 3,2 metros. Estas cámaras serán de hormigón armado, prefabricadas de una sola pieza y transportadas a su ubicación final.

La siguiente tabla muestra la situación de las cámaras de empalme que se utilizan en la línea subterránea:

N Cámara	Tipo	Distancia origen (m)	Distancia anterior (m)	Distancia siguiente (m)	X U.T.M.	Y U.T.M.	Cota (m)
CM N°1	Prefabricada estanca	686,7	686,7	682,1	238.617,7	4.136.298,2	23,6
CM N°2	Prefabricada estanca	1.368,8	682,1	662,1	238.632,8	4.136.974,5	18,5
CM N°3	Prefabricada estanca	2.030,9	662,1	492,2	238.431,4	4.137.417,3	13,0




1.6.2.5 Empalmes

La longitud de fabricación de los cables es limitada por lo que es necesario realizar empalmes intermedios.

Los empalmes serán preferentemente premoldeados y se probarán en fábrica antes del montaje en obra. Proporcionarán al menos las mismas características eléctricas y mecánicas que el cable XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265 que unen. Deberán tener mínimo la misma capacidad de transporte, mismo nivel de aislamiento, corriente de cortocircuito, protección contra entrada de agua, protección contra degradación, etc...

Los empalmes se suministrarán con todos los accesorios y pequeño material necesarios para la confección y conexionado de pantallas.

El empalme deberá recomponer todas las capas del cable:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

El manguito de unión cumplirá con la norma UNE 21021, efectuándose el engastado de las piezas metálicas mediante compresión por punzonado profundo escalonado o compresión circular hexagonal.

El cuerpo premoldeado del empalme será preferentemente una única pieza formada por las siguientes capas:

- Capa semiconductoras interna
- Aislamiento
- Capa semiconductoras externa

La pantalla del empalme no supondrá una disminución de la sección respecto a la pantalla del cable. En empalmes con separador de pantallas, las pantallas y semiconductoras externas estarán separadas mediante un anillo seccionador aislante.




El empalme dispondrá de una cubierta de protección que soportará los esfuerzos mecánicos y proporcionará estanqueidad total frente a la entrada de agua. En empalmes con separador de pantallas, la cubierta estará provista de una salida para el cable de conexión de pantallas y una brida aislada que los separe.

Los empalmes deberán cumplir los requerimientos y deberán superar los ensayos de las siguientes normas:

- UNE 211067-1 Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, de tensión asignada superior a 150 kV ($U_m = 170$ kV) hasta 400 kV ($U_m = 420$ kV). Parte 1: Requisitos y métodos de ensayo.

1.6.2.6 Terminales

Los terminales se instalarán en los extremos de los cables para garantizar la unión con otras partes del sistema eléctrico y mantener el aislamiento hasta ese punto. Tendrán condiciones adecuadas para adaptarse completamente al aislamiento del cable sobre el que se instalan.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.6.2.7 Terminales exteriores

La conexión del cable con la aparamenta de las subestaciones intemperie o con una línea aérea se realizará mediante una botella terminal de tipo exterior unipolar.

Las características técnicas de los terminales tipo exterior serán compatibles con los cables en los que se instalen, en este caso cable XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265.

Tanto la capacidad de transporte como la corriente de cortocircuito soportada deberán ser como mínimo igual a la del cable.

Será preferente en uso de terminales tipo exterior secos, aunque se podrán instalar terminales con fluido aislante de aceite de silicona y a presión atmosférica.

El cono premoldeado de control del campo deberá estar ensayado en fábrica




Los terminales exteriores deberán cumplir los requerimientos y deberán superar los ensayos de las siguientes normas:

- UNE 211067-1 Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, de tensión asignada superior a 150 kV ($U_m = 170$ kV) hasta 400 kV ($U_m = 420$ kV). Parte 1: Requisitos y métodos de ensayo.

1.6.2.8 Puesta a tierra pantallas: Directa

La puesta a tierra de las pantallas de los cables será con un único extremo a tierra. Este método de conexión tiene la ventaja de que no permite la circulación de corriente por las pantallas, produciéndose menos pérdidas y obteniendo mayor capacidad de transporte al evitar calentamiento de la cubierta. Por otro lado, se debe tender un cable de acompañamiento equipotencial a través de la zanja y se deben disponer unos descargadores en el extremo aislado de tierra para absorber las sobretensiones transitorias que provoca un cortocircuito monofásico protegiendo de este modo la cubierta del cable.

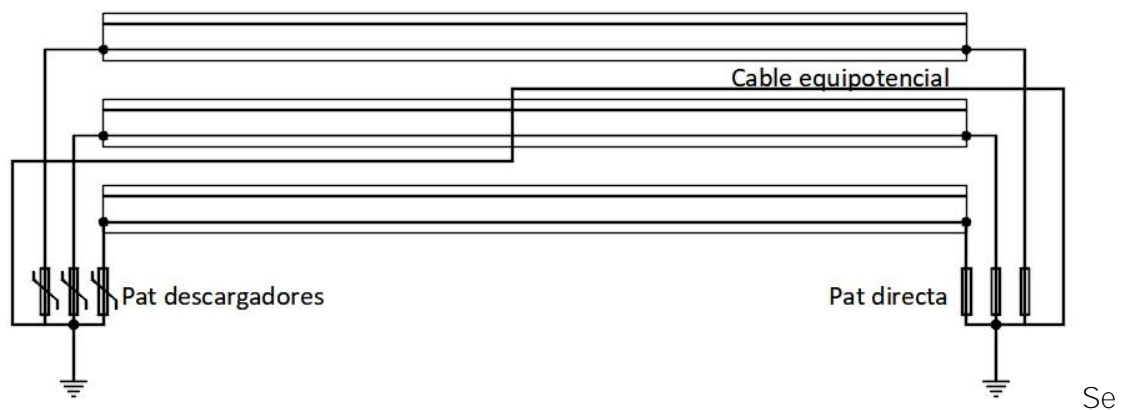
El cable de acompañamiento equipotencial es RV 0,6/1kV 400mm² CU cuyas características se han indicado anteriormente. Este cable irá tendido a lo largo de toda la canalización y se prevé la trasposición del cable para minimizar las tensiones inducidas en el mismo y

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

reducir la corriente que pudiera circular por él. La línea consta de un único tramo de 686,7 metros de longitud.

Se ha previsto conectar a tierra en el final de la línea y utilizar descargadores al inicio de la misma.

El siguiente esquema muestra la conexión de puesta a tierra de pantallas:



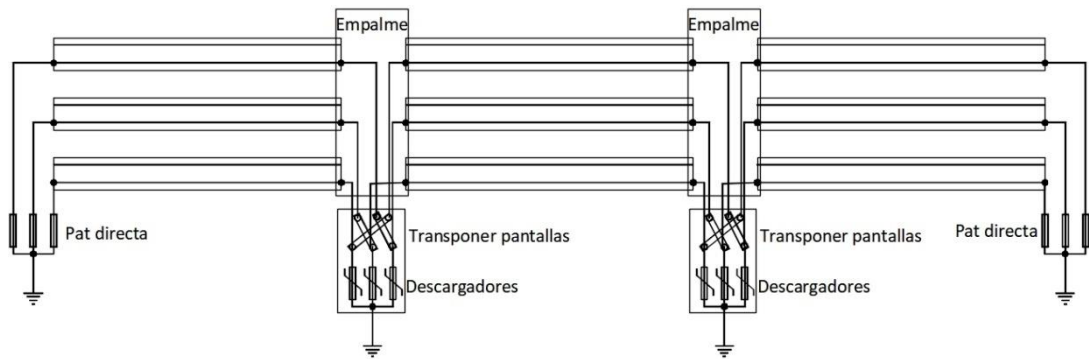
Se puede visualizar mejor el esquema de puesta tierra en el documento de planos.

1.6.2.9 Puesta a tierra pantallas: Configuración Cross-Bonding

La puesta a tierra de las pantallas de los cables será una configuración de trasposición de pantalla también llamada Cross-Bonding. Este método de conexión tiene la ventaja de limitar la circulación de corriente por las pantallas, produciéndose menos pérdidas y obteniendo mayor capacidad de transporte al disminuir el calentamiento de la cubierta. En los empalmes se deben disponer unas cajas de trasposición de pantallas con unos descargadores para absorber las sobretensiones transitorias que provoca un cortocircuito monofásico protegiendo de este modo la cubierta del cable.

Las longitudes de los tramos de trasposición de pantallas son 682, 663 y 581 metros en planta.

El siguiente esquema muestra la conexión de puesta a tierra de pantallas:



Se puede visualizar mejor el esquema de puesta tierra en el documento de planos.

1.7 Cronograma




Una vez obtenidas las autorizaciones administrativas pertinentes, se prevé un plazo de ejecución de cinco (5) meses, excluyendo de este periodo la redacción de proyectos de detalle, así como las autorizaciones y licencias finales.

Se ha representado en el diagrama de barras adjunto la duración prevista de las distintas actuaciones para el PROYECTO DE EJECUCIÓN PARA LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE ALTA TENSIÓN 220 kV SET COLECTORA NUDO QUINTOS - SET QUINTOS 220 kV, en los términos municipales de Dos Hermanas y Sevilla (Sevilla).




	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tramo subterráneo	Semanas														
Replanteo															
Excavación zanja															
Tendido cable aislado															
Cierre zanja y reposición terreno															
Ensayos y pruebas															

1.8 Normativa aplicable y disposiciones oficiales




- 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

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- 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 ITCRAT 01 a 23.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión
- Normalización Nacional. Normas UNE y especificaciones técnicas de obligado cumplimiento según la Instrucción Técnica Complementaria ITC-LAT 02.
- 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
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales
- 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
- Recomendaciones UNESA
- Recomendaciones CIGRÉ
- Recomendaciones IEEE
- Normativa IEC
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1997 sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en las obras
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria (BOE nº 176 de 23/07/1992)

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- Real Decreto 1066/2001, 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
- Real Decreto 542/2020, de 26 de mayo, por el que se modifican y derogan diferentes disposiciones en materia de calidad y seguridad industrial.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, la Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes y la Ley 1/2005, de 9 de marzo, por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.
- Ley 43/2003 de 21 de noviembre, de Montes, modificado por la Ley 10/2006.
- Real Decreto 1193/1998, de 12 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
- Real Decreto 439/1990 de 30 marzo, por el que se regula el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas y modificaciones posteriores.
- Orden AAA/1351/2016, de 29 de julio, por la que se modifica el anexo del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.
- Orden AAA/75/2012, de 12 de enero, por la que se incluyen distintas especies en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial para su adaptación al Anexo II del Protocolo sobre zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el Mediterráneo.
- Real Decreto 139/2011 de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, de ruido.
- Real Decreto Legislativo 2/2008, de 20 de junio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Suelo.
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Ley 45/2007, de 13 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural.
- Ley 3/1995, de 23 de marzo, del Vías Pecuarias.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. (BOE nº 140 de 10/06/2014)
- Real Decreto 2818/1998 de 23 de diciembre sobre Producción de Energía Eléctrica por Recursos o Fuentes Renovables, Residuos y Cogeneración.
- RDL 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Prevención y Control Integrados de la Contaminación.
- Ley 9/2006, de 28 de abril, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.




1.9 Normativa Técnica

1.9.1 Generales

- UNE-EN 60529:2018, Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE-EN 60529:2018/A1:2018, Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE-EN 60529:2018/A2:2018, Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE-EN 60060-1:2012, Técnicas de ensayo de alta tensión. Parte 1: Definiciones generales y requisitos de ensayo
- UNE-EN 60529:2018/A2:2018/AC:2019-02, Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP).
- UNE-EN 50102:1996, Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK).




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- UNE-EN 50102 CORR:2002, Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK)
- UNE-EN 50102/A1:19992, Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK)
- 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 60060-2:2012, Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 2: Sistemas de medida.
- UNE-EN 60060-3:2006, Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
- UNE-EN 60060-3:2006 CORR.:2007, Técnicas de ensayo en alta tensión. Parte 3: Definiciones y requisitos para ensayos in situ.
- UNE-EN IEC 60071-1:2020, Coordinación de aislamiento. Parte 1: Definiciones, principios y reglas.
- UNE-EN IEC 60071-2:2018, Coordinación de aislamiento. Parte 2: Guía de aplicación.
- UNE-EN 60270:2002, Técnicas de ensayo en alta tensión. Medidas de las descargas parciales.
- UNE-EN 60270:2002/A1:2016, Técnicas de ensayo en alta tensión. Medidas de las descargas parciales.
- UNE-EN 60865-1:2013, Corrientes de cortocircuito. Cálculo de efectos. Parte 1: Definiciones y métodos de cálculo.
- UNE-EN 60909-0:2016, Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de corrientes (Ratificada por AENOR en agosto de 2016)
- UNE-EN 60909-3:2011, Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 3: Corrientes durante dos cortocircuitos monofásicos a tierra simultáneos y separados y corrientes parciales de cortocircuito circulando a través de tierra.




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.9.2 Cables Y Conductores




- UNE 21144-1-1:2012, Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 1: Generalidades.
- UNE 21144-1-1:2012/1M:2015, Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 1: Generalidades.
- UNE 21144-1-2:1997, Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 1: Ecuaciones de intensidad admisible (factor de carga 100%) y cálculo de pérdidas. Sección 2: Factores de pérdidas por corrientes de Foucault en las cubiertas en el caso de dos circuitos en capas.
- UNE 21144-1-3:2003, Cables eléctricos. 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 21144-2-1:1997, Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica
- UNE 21144-2-1/1M:2002, Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
- UNE 21144-2-1:1997/2M:2007, Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 1: Cálculo de la resistencia térmica.
- UNE 21144-2-2:1997, Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 2: Resistencia térmica. Sección 2: Método de cálculo de los coeficientes de reducción de la intensidad admisible para grupos de cables al aire y protegidos de la radiación solar.
- UNE 21144-3-1:2018, Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3-1: Condiciones de funcionamiento. Condiciones del sitio de referencia.
- UNE 21144-3-2:2000, Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 2: Optimización económica de las secciones de los cables eléctricos de potencia.
- UNE 21144-3-3:2007, Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible. Parte 3: Secciones sobre condiciones de funcionamiento. Sección 3: Cables que cruzan fuentes de calor externas.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- UNE 21192:1992, Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
- UNE 21192:1992/1M:2009, Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático.
- UNE 207015:2013, Conductores desnudos de cobre duro cableados para líneas eléctricas aéreas
- UNE 211003-1:2001, Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) a 3 kV ($U_m = 3,6$ kV).
- UNE 211003-1:2001/1M:2009, Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) a 3 kV ($U_m = 3,6$ kV).
- UNE 211003-2:2001, Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) a 30 kV ($U_m = 36$ kV).
- UNE 211003-2:2001/1M:2009, Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) a 30 kV ($U_m = 36$ kV).
- UNE 211003-3:2001, Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada superior a 30 kV ($U_m = 36$ kV).
- UNE 211003-3:2001/1M:2009, Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada superior a 30 kV ($U_m = 36$ kV).
- UNE 211067-1:2017, Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, de tensión asignada superior a 150 kV ($U_m = 170$ kV) hasta 400 kV ($U_m = 420$ kV). Parte 1: Requisitos y métodos de ensayo.
- UNE 211435:2011, Guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada superior o igual a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.
- UNE-EN 50182:2002, Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas.
- UNE-EN 50182:2002/AC:2013, Conductores para líneas eléctricas aéreas. Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas.
- UNE-EN 50183:2000, Conductores para líneas eléctricas aéreas. Alambres en aleación de aluminio-magnesio silicio.
- UNE-EN 50189:2000, Conductores para líneas eléctricas aéreas. Alambres de acero galvanizado.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




- UNE-EN 50397-1:2007, Conductores recubiertos para líneas aéreas y sus accesorios para tensiones nominales a partir de 1 kV c.a. hasta 36 kV c.a. Parte 1: Conductores recubiertos.
- UNE-EN 60228:2005, Conductores de cables aislados.
- UNE-EN 60228 CORR.:2005, Conductores de cables aislados.
- UNE-EN IEC 60794-4:2018, Cables de fibra óptica. Parte 4: Especificación intermedia. Cables ópticos aéreos a lo largo de líneas eléctricas de potencia. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en octubre de 2018.)
- UNE-EN 61232:1996, Alambres de acero recubiertos de aluminio para usos eléctricos.
- UNE-EN 61232/A11:2001, Alambres de acero recubiertos de aluminio para usos eléctricos.
- UNE-HD 620-10E:2012/1M:2020, Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV inclusive. Parte 10: Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento de XLPE. Sección E: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 10E-1, 10E-3, 10E-4 y 10E-5).
- UNE-HD 620-9E:2012/1M:2020, Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV inclusive. Parte 9: Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento de HEPR. Sección E: Cables con cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 9E-1, 9E-3 y 9E-5).
- UNE 211632-4A:2017, Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, para tensiones asignadas superiores a 36 kV ($U_m = 42$ kV) hasta 150 kV ($U_m = 170$ kV). Parte 4A: Cables unipolares con aislamiento seco de polietileno reticulado y cubierta de poliolefina o de polietileno de alta densidad (tipos 1, 2 y 3)
- UNE 211632-6A:2017, Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios, para tensiones asignadas superiores a 36 kV ($U_m = 42$ kV) hasta 150 kV ($U_m = 170$ kV). Parte 6A: Cables unipolares con aislamiento seco de etileno propileno de alto módulo y cubierta de poliolefina o de polietileno de alta densidad (tipos 1, 2 y 3)
- UNE 211006:2010, Ensayos previos a la puesta en servicio de sistemas de cables eléctricos de alta tensión en corriente alterna.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- UNE 211620:2020, Cables eléctricos de distribución con aislamiento extruido, de tensión asignada desde 3,6/6 (7,2) kV hasta 20,8/36 (42) kV inclusive. Cables unipolares y unipolares reunidos con aislamiento de XLPE. Cables con pantalla de tubo de aluminio y cubierta de compuesto de poliolefina (tipos 10E–6, 10E–7, 10E–8 y 10E–9)
- 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).
- UNE 211028:2013/1M:2016, Accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV).
- UNE 211028:2013/1M:2016, Accesorios de conexión. Conectores separables apantallados enchufables y atornillables para redes subterráneas de distribución con cables de tensión asignada hasta 18/30 (36 kV)
- UNE-EN 50540:2010, Conductores para líneas aéreas. Conductores de aluminio soportados por acero (acss).




1.9.3 Aisladores

- UNE-EN IEC 60120:2021 Acoplamientos y alojamientos de rótula de los elementos de cadenas de aisladores. Dimensiones.
- UNE-EN IEC 60471:2021 Acoplamientos de horquilla y lengüeta de los elementos de las cadenas de aisladores. Dimensiones.
- UNE 21909:1995 Aisladores compuestos destinados a las líneas aéreas de corriente alterna de tensión nominal superior a 1 000 V. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE-EN 61467:2010 Aisladores para líneas aéreas. Cadena de aisladores y cadenas de aisladores equipadas para líneas de tensión nominal superior a 1000 V. Ensayos de arco de potencia en corriente alterna
- UNE-EN IEC 60305:2022 Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 000 V. Elementos de aisladores de material cerámico o de vidrio para sistemas

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

de corriente alterna. Características de los elementos de aisladores tipo caperuza y vástago.

- UNE-EN IEC 60372:2021 Dispositivos de enclavamiento para acoplamiento de rótula y alojamiento de rótula de cadenas de aisladores. Dimensiones y ensayos.
- UNE-EN 60383-1:1997, Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 1: Elementos de aisladores de cadena de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE-EN 60383-1/A11:2000, Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 1: Elementos de aisladores de cadena de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE-EN 60383-2:1997, Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1.000 V. Parte 2: Cadenas de aisladores y cadenas de aisladores equipadas para sistemas de corriente alterna. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE-EN 60433:1999, Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Aisladores de cerámica para sistemas de corriente alterna. Características de los elementos de cadenas de aisladores de tipo bastón
- UNE-EN 61211:2005, Aisladores de material cerámico o vidrio para líneas aéreas con tensión nominal superior a 1000V. Ensayos de perforación con impulsos en aire.
- UNE-EN 61325:1997, Aisladores para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1.000 V. Elementos aisladores de cerámica o de vidrio para sistemas de corriente continua. Definiciones, métodos de ensayo y criterios de aceptación.
- UNE-EN 61466-1:1998, Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 1: Clases mecánicas y acoplamiento de extremos normalizados.
- UNE-EN 61466-2:1999, Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 2: Características dimensionales y eléctricas
- UNE-EN 61466-2/A1:2003, Elementos de cadenas de aisladores compuestos para líneas aéreas de tensión nominal superior a 1 kV. Parte 2: Características dimensionales y eléctricas.

Propiedad:	 	Ingeniería:		Rev.:	02	V02
				Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001			MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

- UNE-EN 62217:2007, Aisladores poliméricos para uso interior y exterior con una tensión nominal superior a 1000 V. Definiciones generales, métodos de ensayo y criterios de aceptación.

1.9.4 Pararrayos




- UNE 21087-3:1995, Pararrayos. Parte 3: ensayos de contaminación artificial de los pararrayos.
- UNE-EN 60099-1/A1:2001 Pararrayos. Parte 1: Pararrayos de resistencia variable con explosores para redes de corriente alterna
- UNE-EN 60099-4:2016 Pararrayos. Parte 4: Pararrayos de óxido metálico sin explosores para sistemas de corriente alterna.
- UNE-EN IEC 60099-5:2018 (Ratificada) Pararrayos. Parte 5: Recomendaciones para la selección y utilización. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en mayo de 2018.)

1.9.5 Normativa Referente A Ámbito Civil

- Código Estructural según Real Decreto 470/2021
- NCSE-02: Norma de Construcción sismorresistente
- CTE DB-SE: Documento Básico SE Seguridad Estructural
- CTE DB-SE-AE: Documento Básico SE-AE Acciones en Edificación
- CTE DB-SE-C: Documento Básico SE-C Cimientos
- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para “Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)” y para “Obras de Conservación de Carreteras (PG-4)”.
- 6.1-IC Secciones de Firme de la Instrucción de Carreteras
- RC-16 Instrucción para la Recepción de Cementos
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, publicado en BOE número 303 de 17 de diciembre de 2004.
- RD 560/2010, de 7 de mayo y enmienda RD 560/2010, de 7 de mayo

1.9.6 Normas consultivas




- Eurocódigo 0: Bases de Diseño Estructural (EN 1990)

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




- Eurocódigo 1: Acciones sobre las Estructuras (EN 1991)
- Eurocódigo 2: Diseño de Estructuras de Hormigón (EN 1992)
- Eurocódigo 3: Diseño de Estructuras de Acero (EN 1993)
- Eurocódigo 7: Diseño Geotécnico (EN 1997)
- Eurocódigo 8: Diseño Sísmico de Estructuras (EN 1998)
- Guía Cimentaciones en obras de Carretera
- UNE-EN 50341-1 Líneas eléctricas aéreas de más de 45kV en corriente alterna
- ASCE 10-15 Design of Latticed Steel Transmission Structures
- Normas ASTM y Normas NLT.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
- Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura.
- Cualquier otra norma que se publique durante la ejecución de los trabajos y que les afecte a ellos, tanto si es de ámbito Local como Autonómico o Nacional.

1.10 Comunidad autónoma de Andalucía

- Ley 7/2007. Gestión Integrada de la Calidad Ambiental
- Decreto 5/2012. Regulación de la Autorización Ambiental Integrada
- Decreto 356/2010, que regula la Autorización Ambiental Unificada y sus modificaciones surgidas en el Decreto 5/2012
- Decreto 297/1995. Reglamento de Calificación Ambiental
- Ley 3/2014, de 1 de octubre, de medidas normativas para reducir las trabas administrativas para las empresas
- Decreto 6/2012. Reglamento de protección contra la contaminación acústica en Andalucía
- Decreto 9/2011, de 18 de enero, por el que se modifican diversas normas Regulatorias de Procedimientos Administrativos de Industria y Energía
- Decreto 178/2006, de 10-10-2006. Normas de protección de la avifauna para las instalaciones eléctricas de alta tensión
- Resolución de 5 de mayo de 2005. Normas particulares y condiciones técnicas y de seguridad de Endesa, en Andalucía y modificaciones
- Instrucción de 14 de octubre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre previsión de cargas eléctricas y coeficientes de simultaneidad en áreas de uso residencial y áreas de uso industrial.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- Plan general Municipal de ordenación urbana
- Decreto 59/2005 de 1 de marzo por el que se regula el procedimiento para la instalación, ampliación, traslado y puesta en funcionamiento de los establecimientos industriales, así como el control, responsabilidad y régimen sancionador de los mismos, con anexo modificado por Orden de 5 de octubre de 2007.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.11 Cálculos eléctricos

Seguidamente se justifican los elementos que componen las instalaciones proyectadas.




La línea consta de 2 tramos diferentes, todos con la misma tensión nominal de 220 kV. Se realizarán los cálculos eléctricos de cada tramo por separado. Las características principales de los tramos se muestran a continuación.

Tipo	Numero circuitos	Longitud (km)	Conductor
Subterráneo	1	2,52	XLPE AI 110/220 kV 1x2000AI+H265
Subterráneo	1	0,075	XLPE AI 110/220 kV 1x2000AI+H265

1.11.1 Cálculos eléctricos primer tramo subterráneo (SET Colectora Nudo Quintos – Centro de medida)

1.11.1.1 Características generales

Sistema	Corriente alterna trifásica
Frecuencia.....	50 Hz
Tensión nominal	220 kV
Tensión más elevada de la red	245 kV
Categoría	Especial
Número de circuitos	1
Tipo de cable aislado	XLPE AI 110/220 kV 1x2000AI+H265
Potencia máxima de transporte.....	312,5 MVA
Longitud.....	2,53 km
Sección cable.....	2.000 mm ²
Tipo de aislamiento.....	XLPE
Material conductor.....	AI
Puesta a tierra pantallas.....	Cross Bonding y Single Point
Tipo cable equipotencial	RV 0,6/1kV 400mm ² CU
Número de cables de fibra óptica.....	1
Tipo de cable de fibra óptica	PKP 64

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Tipo de instalación..... Enterrado bajo tubo y Hinca
Anchura de la zanja 0,8 m
Profundidad de la zanja..... 1,45 m
Características del conductor



Las características del cable aislado son las siguientes:

DenominaciónXLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265
Tensión nominal 220 kV
Sección 2.000 mm²
Material conductor..... Al
Tipo de cuerda Segmentada
Tipo de aislamiento..... XLPE
Sección pantallas..... 265 mm²
Material pantallas..... Cu
Material cubierta exterior DME1
Diámetro del conductor 55,7 mm
Diámetro sobre aislamiento 101,7 mm
Diámetro medio de las pantallas..... 107,3 mm
Diámetro exterior del cable..... 119,3 mm
Peso del cable.....16,35 kg/m
Resistencia eléctrica a 20°C en CC 0,0149 Ω/km
Capacidad del cable0,247 μF/km
Curvatura mínima durante instalación 3.600 mm
Temperatura máxima en régimen permanente 90 °C
Temperatura máxima en cortocircuito250 °C

1.11.1.2 Resistencia

La resistencia del conductor XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265, por unidad de longitud, en corriente continua y a la temperatura máxima del conductor (90°C) vendrá dada por la siguiente expresión:

$$R_{90cc} = R_{20cc}[1 + \alpha (90 - 20)]$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

Donde:

- R_{90cc} : Resistencia del conductor en corriente continua a 90 °C (Ω/km)
- R_{20cc} : Resistencia en corriente continua a 20 °C (0,0149 Ω/km)
- α : Coeficiente de aumento de la resistividad eléctrica con la temperatura

$$R_{90cc} = R_{20cc}[1 + \alpha (90 - 20)] = 0,0149 \frac{\Omega}{\text{km}} [1 + 4,03 \cdot 10^{-3} \cdot 70] = 0,0191 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

La resistencia, por unidad de longitud, en corriente alterna y a la temperatura máxima vendrá dada por la siguiente expresión:

$$R_{90ca} = R_{90cc}(1 + y_s + y_p)$$

Donde:

- R_{90ca} : Resistencia del conductor en corriente alterna a 90 °C (Ω/km)
- R_{90cc} : Resistencia del conductor en corriente continua a 90 °C (Ω/km)
- y_s : Factor de efecto pelicular (skin effect)
- y_p : Factor de efecto proximidad

El cálculo del factor de efecto pelicular se realiza según la teoría de Kelvin con la ecuación:




$$x_s^2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{8\pi f k_s}{R_{cc}} = 10^{-7} \cdot \frac{H \cdot 8 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 0,28}{19,1 \cdot 10^{-6} \frac{\Omega}{\text{m}}} = 1,8419$$

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0,8 x_s^4} = \frac{3,3925}{192 + 0,8 \cdot 3,3925} = 0,0174$$

Para el cálculo del factor de efecto proximidad se utiliza la siguiente expresión:

$$y_p = \frac{x_p^4}{192 + 0,8 x_p^4} \left(\frac{d_c}{Sep} \right)^2 \left[0,312 \left(\frac{d_c}{Sep} \right)^2 + \frac{1,18}{\frac{x_p^4}{192 + 0,8 x_p^4} + 0,27} \right]$$

Con:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
		Fecha: JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

$$x_p^2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{8\pi f k_p}{R_{cc}} = 10^{-7} \cdot \frac{H}{m} \frac{8 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 0,37}{19,1 \cdot 10^{-6} \frac{\Omega}{m}} = 2,4339$$

Donde:

-Sep: Es la separación entre ejes de los conductores (315 mm)

-d_c : Es el diámetro del alma (55,7 mm)

$$y_p = \frac{1,560^4}{192 + 0,8 \cdot 1,560^4} \left(\frac{55,7}{315} \right)^2 \left[0,312 \left(\frac{55,7}{315} \right)^2 + \frac{1,18}{\frac{1,560^4}{192 + 0,8 \cdot 1,560^4} + 0,27} \right]$$

$$= 3,71 \cdot 10^{-3}$$

Por tanto:

$$R_{90ca} = R_{90cc}(1 + y_s + y_p) = 0,0191 \frac{\Omega}{km} (1 + 0,0174 + 0,0037) = 0,0195 \frac{\Omega}{km}$$

Dada la longitud de 2,614 km, la resistencia eléctrica total de la línea será de 0,051 Ω

$$R_{90ca} = 0,051 \Omega$$

1.11.1.3 Reactancia inductiva

La reactancia inductiva de una terna de cables aislados se calcular con la siguiente expresión:

$$X_L = 2\pi f \frac{\mu_0}{2\pi} \left[\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2 \text{ DMG}}{d_c} \right) \right]$$

Donde:

-X_L : Reactancia inductiva de la línea (Ω/m)




-f: Frecuencia de la red (Hz)

-μ₀ : Permeabilidad magnética del vacío (4·π·10⁻⁷ H/m)

-DMG : Distancia media geométrica de la línea

-d_c : Diámetro del conductor

$$X_L = 2\pi f \frac{\mu_0}{2\pi} \left[\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2 \text{ DMG}}{d_c} \right) \right] = 2\pi \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \frac{H}{km} \left[\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2 \cdot 250}{55,70} \right) \right] = 0,1536 \frac{\Omega}{km}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Dada la longitud de 2,523 km, la reactancia inductiva total será de 0,388 Ω

$$X_L = 0,388 \Omega$$

1.11.1.4 Capacidad

La capacidad de un cable aislado, por unidad de longitud, se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{\epsilon}{18 \ln\left(\frac{D_i}{d_c}\right)}$$

Donde:

- ϵ : es la permitividad relativa del aislamiento
- D_i : es el diámetro sobre el aislamiento
- d_c : Diámetro del conductor

El fabricante del cable proporciona el valor de la capacidad obtenido mediante ensayos:

$$C = 0,247 \frac{\mu F}{km}$$

Dada la longitud total de la línea de 2,523 km, la capacidad total será:

$$C = 0,62 \mu F$$




1.11.1.5 Pérdidas en el dieléctrico

Las pérdidas dieléctricas en cada fase, vienen dadas por:

$$W_d = 2 \pi f C \tan(\delta) \left(\frac{U}{\sqrt{3}}\right)^2$$

Donde:

- f: Frecuencia de la red (Hz)
- C: es la capacidad del cable
- $\tan(\delta)$: es la tangente del ángulo de pérdidas en el aislamiento
- U: es la tensión nominal entre fases de la línea

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

Por tanto:

$$W_d = 2 \pi f C \tan(\delta) \left(\frac{U}{\sqrt{3}} \right)^2 = 2 \pi 50 \text{Hz} 0,247 \frac{\mu\text{F}}{\text{km}} 0,001 \left(\frac{220 \text{kV}}{\sqrt{3}} \right)^2 = 1,25 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

Las pérdidas totales en el dieléctrico por fase serán:

$$W_d = 3.158,6 \text{ W}$$

1.11.1.6 Pérdidas en las pantallas

En este apartado se evalúan las pérdidas en las pantallas que se calculan como un factor (λ) de las pérdidas que se producen en el conductor.

En este caso no existe circulación de corriente por las mismas, por tanto las pérdidas se producirán por efecto Foucault en las pantallas. La expresión que se utiliza para el cálculo del factor de pérdidas es:

$$\lambda'' = \frac{R_s}{R_{90ca}} \left[g_s \lambda_0 (1 + \Delta_1) + \frac{(\beta_1 t_s)^4}{12} \right]$$

- R_s : es la resistencia eléctrica de la pantalla

- R_{90ca} : Resistencia del conductor en corriente alterna a 90 °C (Ω/km)

- t_s : es el espesor de la pantalla

Los valores de g_s , λ_0 , Δ_1 y β_1 se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$\beta = \sqrt{\frac{2 \pi f}{\rho_s} \cdot \mu_0} = \sqrt{\frac{2 \pi 50 \text{ Hz}}{17,241 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot \text{m}} \cdot 4 \pi 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}} = 151,32 \frac{1}{\text{m}}$$




$$g_s = 1 + \left(\frac{t_s}{d_m} \right)^{1,74} \cdot (\beta_1 d_m - 1,6) = 1 + \left(\frac{0,79}{107,3} \right)^{1,74} \cdot (0,1513 \cdot 107,3 - 1,6) = 1,0028$$

Con:

- d_m : el diámetro medio de las pantallas

Por otro lado se calcula el factor m mediante:

$$m = \frac{\mu_0}{2 \pi} \cdot \frac{\omega}{2 R_s}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

La resistencia de las pantallas a la temperatura de trabajo en función del material y la sección de las mismas será:

$$R_s = \frac{\rho_s}{S_{ecc}} (1 + \alpha \cdot \Delta\theta) = \frac{17,241 \frac{\Omega \cdot mm^2}{km}}{265 mm^2} [1 + 3,93 \cdot 10^{-3} (85,4 - 20)] = 0,0818 \frac{\Omega}{km}$$

La temperatura de las pantallas se ha obtenido tras conocer la corriente y mediante un método iterativo se recalculan los valores hasta obtener una temperatura de las pantallas de 85,4 °C.

Por tanto:

$$m = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \frac{\omega}{2R_s} = 0,2 \cdot 10^{-6} \frac{H}{m} \frac{2\pi 50 Hz}{81,78 \cdot 10^{-6} \frac{\Omega}{m}} = 0,3842$$

$$\lambda_0 = 3 \cdot \left(\frac{m^2}{1 + m^2} \right) \cdot \left(\frac{d_m}{2 Sep} \right)^2 = 3 \cdot \left(\frac{0,3842^2}{1 + 0,3842^2} \right) \cdot \left(\frac{107,3}{2 \cdot 250} \right)^2 = 0,018$$




$$\begin{aligned} \Delta_1 &= (1,14 m^{2,45} + 0,33) \left(\frac{d_m}{2 Sep} \right)^{0,92m+1,66} \\ &= (1,14 \cdot 0,3842^{2,45} + 0,33) \left(\frac{107,3}{2 \cdot 250} \right)^{0,92 \cdot 0,3842 + 1,66} = 0,0198 \end{aligned}$$

Agrupando todos los términos, el factor de pérdidas será:

$$\begin{aligned} \lambda'' &= \frac{R_s}{R_{90ca}} \left[g_s \lambda_0 (1 + \Delta_1) + \frac{(\beta_1 t_s)^4}{12} \right] \\ \lambda'' &= \frac{0,0818}{0,0195} \left[1,003 \cdot 0,018 (1 + 0,020) + \frac{(151,3 \cdot 0,8)^4}{12} \right] = 0,0761 \end{aligned}$$

1.11.1.7 Resistencia térmica del aislamiento

Los diferentes elementos del cable y el medio exterior oponen una resistencia a la propagación del calor producido en el interior del cable por las pérdidas eléctricas y las pérdidas por efecto Joule en el conductor y las pantallas. Esta resistencia depende de la resistividad térmica de los distintos materiales y de los espesores de los mismos.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		
Fecha:		JUL.-2025	

La ecuación que permite calcular la resistencia térmica del aislamiento T_1 de cables unipolares es la siguiente:

$$T_1 = \frac{\rho_{ais}}{2 \pi} \ln \left(\frac{D_i}{d_c} \right)$$

Donde:

- ρ_{ais} : es la resistividad térmica del aislamiento (XLPE)
- D_i : es el diámetro sobre el aislamiento
- d_c : Diámetro del conductor

$$T_1 = \frac{\rho_{ais}}{2 \pi} \ln \left(\frac{D_i}{d_c} \right) = \frac{3,50}{2 \pi} \ln \left(\frac{101,7}{55,7} \right) = 0,335 \frac{m K}{W}$$

1.11.1.8 Resistencia térmica de la cubierta

La expresión que permite calcular la resistencia térmica de la cubierta exterior T_3 es la siguiente:

$$T_3 = \frac{\rho_{cub}}{2 \pi} \ln \left(\frac{D_{ext}}{D_{cub}} \right)$$




Donde:

- ρ_{cub} : es la resistividad térmica de la cubierta (DME1)
- D_{ext} : es el diámetro exterior del cable
- D_{cub} : es el diámetro interior de la cubierta

$$T_3 = \frac{\rho_{cub}}{2 \pi} \ln \left(\frac{D_{ext}}{D_{cub}} \right) = \frac{3,50}{2 \pi} \ln \left(\frac{119,3}{107,3} \right) = 0,059 \frac{m K}{W}$$

1.11.1.9 Resistencia térmica exterior al cable

En el caso de perforaciones dirigidas, para el cálculo de la resistencia térmica exterior al cable se tienen en cuenta todas las capas que se encuentra el flujo de calor, desde su cubierta hasta el medio ambiente. Estas son cinco: La primera es el aire que se encuentra en el interior del tubo de potencia, la segunda el propio tubo de potencia. Por estas dos capas circula el calor generado en un solo cable de potencia. La tercera capa es el interior del tubo de la perforación, por la que circula el flujo calorífico generado por la totalidad de los cables que se encuentran en el interior de la perforación. La cuarta capa es la del propio

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

tubo de la perforación y la quinta y última representa el terreno exterior al tubo de la perforación. De este modo se calculan dos resistencias exteriores al cable, la primera por la que circula el calor que se genera en un único cable (primera y segunda capa) y la segunda por la cual circula el calor generado en todos los cables (capas de tercera a quinta). Por lo tanto:

$$T_{4a} = T_4' + T_4''$$

$$T_{4b} = T_4''' + T_4'''' + T_4'''''$$

La primera capa que representa el aire del interior del tubo donde se aloja el cable de potencia genera una resistencia al paso del calor que se puede calcular como:

La resistencia del aire del interior del tubo se puede calcular mediante:

$$T_4' = \frac{U}{1 + 0,1(V + Y \theta_m)D_{ext}}$$

Los valores de U, V e Y son función del material del tubo, en este caso en conducto plástico. θ_m es la temperatura estimada en el interior del tubo y D_{ext} es el diámetro exterior del cable en milímetros.

Por tanto:




$$T_4' = \frac{U}{1 + 0,1(V + Y \theta_m)D_{ext}} = \frac{1,87}{1 + 0,1(0,312 + 0,0037 \cdot 52,68)119,3} = 0,265 \frac{m K}{W}$$

La segunda capa es la resistencia que presenta el propio tubo de diámetro 250 mm donde se aloja el cable de potencia.

$$T_4'' = \frac{\rho_{tubo}}{2 \pi} \ln \left(\frac{D_{extb}}{D_{intb}} \right) = \frac{3,50}{2 \pi} \ln \left(\frac{250}{218} \right) = 0,076 \frac{m K}{W}$$

Por estas dos resistencias térmicas circula el calor generado en un solo cable, por lo que se agrupan al ser resistencias en serie. Por tanto:

$$T_{4a} = T_4' + T_4'' = 0,265 + 0,076 = 0,342 \frac{m K}{W}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

La resistencia exterior a los tubos que se encuentran en el interior del tubo de la perforación se calcula como si estos estuvieran en aire ya que es más desfavorable que realizar el cálculo considerando un material bentonítico en el interior del tubo. Además, así se toma en consideración la posibilidad de que no se rellene completamente de bentonita este espacio intermedio. Por lo tanto:

$$T_4' = \frac{U}{1 + 0,1(V + Y \theta_m) 2,15 \cdot D_{ext}} = \frac{1,87}{1 + 0,1(0,312 + 0,0037 \cdot 49,18) 2,15 \cdot 250} = 0,068 \frac{m K}{W}$$

La siguiente capa es la que representa el tubo de la perforación, con un diámetro exterior de 1.470 mm la resistencia que presenta es:

$$T_4'''' = \frac{\rho_{tuboPerf}}{2 \pi} \ln \left(\frac{D_{extP}}{D_{intP}} \right) = \frac{3,50}{2 \pi} \ln \left(\frac{1.470}{1.172,91} \right) = 0,126 \frac{m K}{W}$$

Por último, se calcula la resistencia exterior al tubo de la perforación, para un único tubo de diámetro 1.470 mm y enterrado a una profundidad de 9 m se calcula el parámetro "u" mediante la siguiente expresión:

$$u = \frac{2 L}{D_{TuboPerf}} = \frac{2 \cdot 9}{1,47} = 12,24$$

Y la resistencia térmica del terreno exterior al tubo es:


$$T_4'''''' = \frac{\rho_{terr}}{2 \pi} \ln \left[u + \sqrt{u^2 - 1} \right] = \frac{1,50}{2 \pi} \ln \left[12,24 + \sqrt{12,24^2 - 1} \right] = 0,763 \frac{m K}{W}$$

Por estas tres últimas resistencias térmicas circula el calor generado en todos los cables que se encuentran en el interior de la perforación. Por lo tanto la resistencia térmica total de estas tres capas será:

$$T_{4b} = T_4''' + T_4'''' + T_4'''''' = 0,068 + 0,126 + 0,763 = 0,957 \frac{m K}{W}$$

1.11.1.10 Corriente máxima

La corriente máxima que puede circular por el cable XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265 en régimen permanente se calcula realizando el equilibrio térmico entre las fuentes que

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

aportan calor y la capacidad de evacuar ese calor al ambiente a través de las resistencias térmicas.

La expresión que define la corriente máxima es:

$$I_{max} = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d \left(\frac{T_1}{2} + (T_3 + T_4) \right)}{R_{\theta ca} (T_1 + (1 + \lambda)(T_3 + T_4))}}$$

Donde:

- $\Delta\theta$: diferencia de temperatura entre conductor 90 °C y ambiente 35 °C
- W_d : son las pérdidas en el dieléctrico (W/m)
- T_1 : es la resistencia térmica del aislamiento del cable (m K/W)
- T_3 : es la resistencia térmica de la cubierta exterior del cable (m K/W)
- T_4 : es la resistencia térmica exterior al cable (m K/W)
- $R_{\theta ca}$: es la resistencia eléctrica del conductor (Ω/m)
- λ : es el factor de pérdidas en las pantallas

Todos los valores se han calculado en apartados anteriores, por tanto:

$$I_{max} = \sqrt{\frac{55 - 1,252 \left(\frac{0,335}{2} + (0,059 + 1,771) \right)}{19,51 \cdot 10^{-6} (0,335 + 1,0481(0,059 + 1,771))}} = 1.092,8 A$$




1.11.1.11 Potencia a transportar

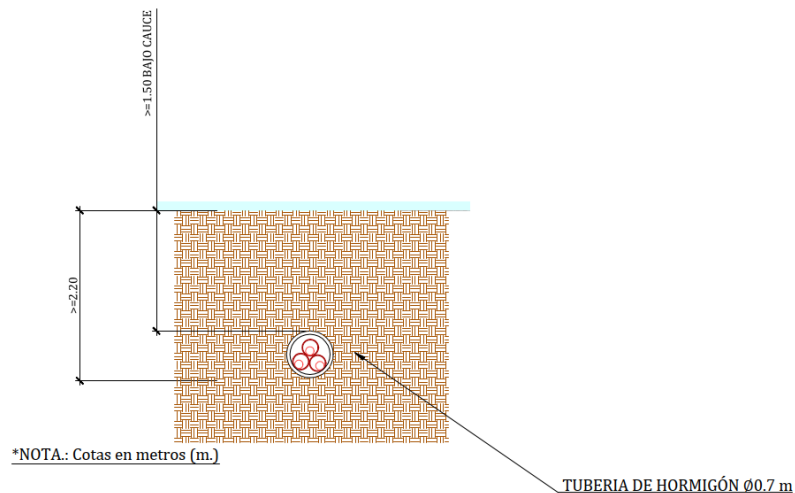
La máxima potencia de transporte de la línea subterránea en función de la intensidad máxima admisible estará determinada según la siguiente expresión:

$$S_{max} = \sqrt{3} \cdot 220 kV \cdot 1.092,8 A = 416,4 MVA$$

1.11.1.12 Cálculo de capacidad de transporte en zanjas (Situación más desfavorable)

La situación más desfavorable se presenta en el segundo tramo de la canalización el cual entre en el pk de la línea proyectada 1+150 (UTM X=238.597 Y=4.136.759) y el pk 1+200 (UTM X=238.604 Y=4.136.759) de 50 metros de longitud donde la canalización se realiza mediante perforación horizontal tipo Hincas. De 4 m de profundidad

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		
		Fecha: JUL.-2025	



En el caso de cables enterrados bajo tubo hormigonados, la resistencia T_4 se calcula como suma de tres resistencias térmicas más un factor de corrección que tiene en cuenta la diferencia de resistividades entre hormigón y terreno:

$$T_4 = T_4' + T_4'' + T_4''' + F_{cr}$$

La resistencia T_4' representa el aire del interior del tubo, la resistencia T_4'' es la propia del tubo y T_4''' corresponde a resistencia térmica exterior al tubo.

La resistencia del aire del interior del tubo se puede calcular mediante:

$$T_4' = \frac{U}{1 + 0,1(V + Y \theta_m) D_{ext}}$$




Los valores de U, V e Y son función del material del tubo, en este caso en conducto plástico. θ_m es la temperatura estimada en el interior del tubo y D_{ext} es el diámetro exterior del cable en milímetros.

Por tanto:

$$T_4' = \frac{U}{1 + 0,1(V + Y \theta_m) D_{ext}} = \frac{1,87}{1 + 0,1(0,312 + 0,0037 \cdot 80,48) 119,3} = 0,226 \frac{m K}{W}$$

La resistencia propia del conducto es función de la resistividad térmica del material que lo compone y de las dimensiones del mismo. De este modo:

$$T_4'' = \frac{\rho_{tubo}}{2 \pi} \ln \left(\frac{D_{extb}}{D_{intb}} \right) = \frac{3,50}{2 \pi} \ln \left(\frac{250}{218} \right) = 0,076 \frac{m K}{W}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		
Fecha:		JUL.-2025	

D_{extb} y D_{intb} son los diámetros exterior e interior del tubo respectivamente y la resistividad térmica del material del tubo es ρ_{tubo}

La resistencia térmica exterior al tubo en el caso de un circuito de cables enterrados bajo tubos separados en configuración trébol T''''_4 se realiza mediante la siguiente expresión:

$$T''''_4 = \frac{\rho_{hgon}}{2\pi} \ln \left[2u \sqrt{v^2 + 1} \sqrt{v^2 - \sqrt{3}v + 1} \right]$$

Donde:

$$u = \frac{2L}{D_{tubo}} = \frac{2 \cdot 2.855}{250} = 22,84$$

$$v = \frac{2L}{s} = \frac{2 \cdot 2.855}{315} = 18,13$$

$$T''''_4 = \frac{\rho_{hgon}}{2\pi} \ln \left[2u \sqrt{v^2 + 1} \sqrt{v^2 - \sqrt{3}v + 1} \right]$$

$$= \frac{1}{2\pi} \ln \left[2 \cdot 22,84 \sqrt{18,13^2 + 1} \sqrt{18,13^2 - \sqrt{3} \cdot 18,13 + 1} \right] = 1,523 \frac{mK}{W}$$

-L : es la profundidad medida hasta el centro del tubo más bajo: 2.855 mm

- D_{tubo} : es el diámetro exterior del tubo

-s : es la separación entre centros de los tubos

- ρ_{terr} : es la resistividad térmica del terreno, se considera el terreno homogéneo de hormigón de valor 1 m K/W




Se debe aplicar un factor de corrección al tener distinta resistividad térmica el terreno del hormigón que lo circunda tal y como aparece en el apartado 2.2.7.3 de la norma UNE 21144-2-1. Este factor se calcula como:

$$F_{cr} = \frac{N}{2\pi} (\rho_{terr} - \rho_{hgon}) \ln (u + \sqrt{u^2 - 1})$$

-N es el número de cables en el bloque de hormigón, en este caso 3

- ρ_{terr} : es la resistividad térmica del terreno

- ρ_{hgon} : es la resistividad térmica del hormigón

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$u = \frac{L_g}{r_g}$$

-Lg: es la profundidad respecto al centro del bloque de conductos

-rg: es el radio equivalente del bloque de hormigón, dado por:

$$\ln(r_g) = \frac{1}{2} \cdot \frac{800}{825} \cdot \left(\frac{4}{\pi} - \frac{800}{825} \right) \cdot \ln \left(1 + \frac{825^2}{800^2} \right) + \ln \left(\frac{800}{2} \right); r_g = 445mm$$

Por tanto:

$$u = \frac{L_g}{r_g} = \frac{2668}{445} = 5,994$$

$$F_{cr} = \frac{3}{2\pi} (1,50 - 1,00) \ln \left(5,994 + \sqrt{5,994^2 - 1} \right) = 0,591 \frac{mK}{W}$$

Por último, la resistencia térmica total exterior al cable en el caso de canalización entubada será:

$$T_4 = T_4' + T_4'' + T_4''' + F_{cr} = 0,226 + 0,076 + 1,523 + 0,591 = 2,417 \frac{mK}{W}$$

1.11.1.12.1 Corriente máxima (Situación más desfavorable)

La corriente máxima que puede circular por el cable XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265 en régimen permanente se calcula realizando el equilibrio térmico entre las fuentes que aportan calor y la capacidad de evacuar ese calor al ambiente a través de las resistencias térmicas.

La expresión que define la corriente máxima es:




$$I_{max} = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d \left(\frac{T_1}{2} + T_3 + T_{4a} + n \cdot T_{4b} \right)}{R_{\theta ca} (T_1 + (1 + \lambda)(T_3 + T_{4a} + n \cdot T_{4b}))}}$$

Donde:

- $\Delta\theta$: diferencia de temperatura entre conductor 90 °C y ambiente 35 °C

- W_d : son las pérdidas en el dieléctrico (W/m)

- T_1 : es la resistencia térmica del aislamiento del cable (m K/W)

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		
Fecha:		JUL.-2025	

- T_3 : es la resistencia térmica de la cubierta exterior del cable (m K/W)
- T_{4a} : es la resistencia térmica exterior al cable de potencia e interior al tubo (m K/W)
- T_{4b} : es la resistencia térmica exterior al tubo (m K/W)
- R_{90ca} : es la resistencia eléctrica del conductor (Ω/m)
- λ : es el factor de pérdidas en las pantallas

Todos los valores se han calculado en apartados anteriores, por tanto:

$$I_{max} = \sqrt{\frac{55 - 1,252 \left(\frac{0,335}{2} + 0,059 + 0,342 + 3 \cdot 0,762 \right)}{19,55 \cdot 10^{-6} (0,335 + 1,0762(0,059 + 0,342 + 3 \cdot 0,762))}} = 902,9 A$$

1.11.1.12.2 Potencia a transportar (Situación más desfavorable)

La máxima potencia de transporte de la línea subterránea en función de la intensidad máxima admisible estará determinada según la siguiente expresión:

$$S_{max} = \sqrt{3} \cdot 220 kV \cdot 902,9 A = 344,0 MVA$$

Como se puede observar calculando la potencia máxima en la situación de zanja mas desfavorable se supera la potencia que se requiere transportar.

1.11.1.13 Matriz de impedancias

El cálculo de la matriz de impedancias se realiza mediante la teoría de Carson. De este modo se calcula la impedancia propia y mutua de todos conductores y pantallas que forman la línea teniendo en cuenta el terreno.




La impedancia propia de un conductor se puede evaluar como:

$$Z_{c_{i,i}} = R_i + \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \left(\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2D_e}{d_c} \right) \right)$$

La impedancia mutua entre dos conductores será:

$$Z_{c_{i,j}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \ln \left(\frac{D_e}{D_{i,j}} \right)$$

Donde:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

- R_i es la resistencia eléctrica del conductor i
- D_{ij} es la distancia entre el conductor i y el j
- D_e es la distancia de retorno por tierra de la corriente
- d_c es el diámetro del conductor
- ω es la pulsación $2 \pi f$
- μ_o es la permeabilidad del vacío

La distancia de retorno por tierra de la corriente se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$D_e = \frac{2 e^{\frac{1}{2}}}{\gamma \cdot \sqrt{\frac{\omega \cdot \mu_o}{\rho_t}}} = \frac{3,297}{1,781 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}}{100 \Omega \cdot \text{m}}}} = 931,8 \text{ m}$$

Donde:

- ρ_t es la resistividad del terreno en Ωm
- f es la frecuencia en Hz
- μ_o es la permeabilidad del vacío

La impedancia propia de la pantalla del cable i será:




$$Z_{S_{i,i}} = R_s + \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \left(\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2D_e}{d_m} \right) \right)$$

La impedancia mutua entre la pantalla del cable i y la pantalla del cable j será:

$$Z_{S_{i,j}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \ln \left(\frac{D_e}{D_{i,j}} \right)$$

Donde:

- R_s es la resistencia eléctrica de la pantalla del conductor i
- D_{ij} es la distancia entre el conductor i y el j
- D_e es la distancia de retorno por tierra de la corriente evaluada anteriormente
- d_m es el diámetro medio de las pantallas

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		
Fecha:		JUL.-2025	

La impedancia mutua entre el conductor i y la propia pantalla del conductor i se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Z_{cs_{i,i}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \left(\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2D_e}{d_m} \right) \right)$$

Y la impedancia mutua entre el conductor i y la pantalla del cable j será:

$$Z_{cs_{i,j}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \ln \left(\frac{D_e}{D_{i,j}} \right)$$

Al estar las pantallas de los cables conectados a tierra en un único extremo es necesario utilizar un cable equipotencial para que pueda circular por él el retorno de la corriente homopolar en caso de cortocircuito monofásico.

La impedancia propia de este cable equipotencial se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$Z_{e_{i,i}} = R_e + \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \left(\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2D_e}{d_{ce}} \right) \right)$$

La impedancia mutua entre dos conductores equipotenciales será:

$$Z_{e_{i,j}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \ln \left(\frac{D_e}{D_{i,j}} \right)$$




Donde:

- R_e es la resistencia eléctrica del conductor equipotencial
- D_{ij} es la distancia entre el centro del conductor equipotencial i y el conductor j
- D_e es la distancia de retorno por tierra de la corriente
- d_{ce} es el diámetro del conductor equipotencial

La impedancia mutua entre un conductor equipotencial y un conductor de fase será:

$$Z_{ce_{i,j}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \ln \left(\frac{D_e}{D_{i,j}} \right)$$

La impedancia mutua entre un conductor equipotencial y la pantalla del cable es:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

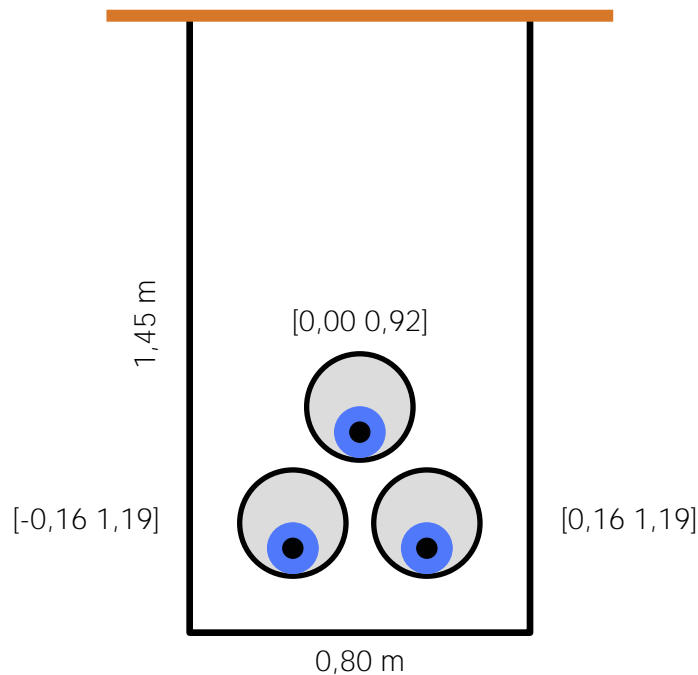
$$Z_{se_{i,j}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \ln \left(\frac{D_e}{D_{i,j}} \right)$$

Será necesario evaluar todos los valores para los conductores, las pantallas y los cables equipotenciales.

La resistencia del cable equipotencial RV 0,6/1kV 400mm² CU con una sección de 400 mm² de Cu es:




$$R_e = 0,0470 \frac{\Omega}{km}$$

A continuación, se muestra un esquema de la zanja tipo con los cables enterrados bajo tubo:



Las distancias entre todos los conductores de la línea son:

$$D = \begin{vmatrix} 0 & 315 & 315 & 105 \\ 315 & 0 & 315 & 230 \\ 315 & 315 & 0 & 332 \\ 105 & 230 & 332 & 0 \end{vmatrix} mm$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025	

La matriz de impedancias de los conductores de los cables calculada con la expresión anterior es:

$$Z_c = \begin{bmatrix} 0,069 + j0,67 & 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,571 \\ 0,049 + j0,502 & 0,069 + j0,67 & 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,522 \\ 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,502 & 0,069 + j0,67 & 0,049 + j0,499 \\ 0,049 + j0,571 & 0,049 + j0,522 & 0,049 + j0,499 & 0,096 + j0,725 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{km}$$

Por otro lado la matriz de impedancias de las pantallas de los cables es:

$$Z_s = \begin{bmatrix} 0,131 + j0,629 & 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,502 \\ 0,049 + j0,502 & 0,131 + j0,629 & 0,049 + j0,502 \\ 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,502 & 0,131 + j0,629 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{km}$$

Y la matriz de impedancias mutua entre conductores y pantallas será:

$$Z_{cs} = \begin{bmatrix} 0,049 + j0,629 & 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,502 \\ 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,629 & 0,049 + j0,502 \\ 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,629 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{km}$$

La matriz de impedancias entre pantallas de los cables de potencia y los cables equipotenciales será:

$$Z_e = |0,049 + j0,571 \quad 0,049 + j0,522 \quad 0,049 + j0,499| \frac{\Omega}{km}$$

Existen dos tipos de conexión de puesta a tierra de pantallas en la línea. En un tramo se realiza una conexión single point, con un único extremo a tierra. En otro tramo de la misma línea se realiza una conexión cross-bonding con permutación de pantallas.

En el caso de las pantallas de los cables se encuentran conectadas a tierra mediante permutación de las pantallas (Cross-Bonding) y puestas a tierra en ambos extremos en la finalización de las permutaciones. Por lo tanto podrá circular corriente por las mismas. La tensión de las pantallas en el tramo completo de cross bonding será en este caso nula $V_s = 0$. La ecuación matricial que define el sistema será por tanto:

$$\begin{bmatrix} V_c \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_c & Z_{cs} \\ Z_{cs} & Z_s \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_c \\ I_s \end{bmatrix}$$

Para tener en cuenta las permutaciones de las pantallas, se recurre a la matriz de transformación T:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$T = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}$$

De este modo en el primer tramo la impedancia de las pantallas no cambiará y la mutua entre conductores y pantallas tampoco.

$$|Z_{s_1}| = |Z_s|$$

$$|Z_{cs_1}| = |Z_{cs}|$$

En el segundo tramo la impedancia propia de las pantallas estará permutada respecto a la primera y de forma matricial se puede decir:

$$|Z_{s_2}| = |T||Z_s||T|^{-1}$$

$$|Z_{cs_2}| = |T||Z_{cs}||T|^{-1}$$

De forma análoga en el último tramo cross-bonding se puede escribir de forma matricial:

$$|Z_{s_3}| = |T||Z_{s_2}||T|^{-1}$$

$$|Z_{cs_3}| = |T||Z_{cs_2}||T|^{-1}$$

O lo que es lo mismo:

$$|Z_{s_3}| = |T||T||Z_s||T|^{-1}|T|^{-1}$$


$$|Z_{cs_3}| = |T||T||Z_{cs}||T|^{-1}|T|^{-1}$$

Si la permutación se realiza con longitudes iguales la impedancia equivalente de las pantallas será:

$$Z_{seq} = \frac{|Z_{s_1}| + |Z_{s_2}| + |Z_{s_3}|}{3}$$

$$Z_{cs_{seq}} = \frac{|Z_{cs_1}| + |Z_{cs_2}| + |Z_{cs_3}|}{3}$$

Y la expresión matricial será:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025	

$$\begin{bmatrix} |V_c| \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_c & Z_{cs_{eq}} \\ Z_{cs_{eq}} & Z_{s_{eq}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_c \\ I_s \end{bmatrix}$$

Por tanto de la segunda fila de la matriz se puede escribir:

$$0 = |Z_{cs_{eq}}| |I_c| + |Z_{s_{eq}}| |I_s|$$

$$|I_s| = - |Z_{s_{eq}}|^{-1} |Z_{cs_{eq}}| |I_c|$$

Sustituyendo en la primera expresión se puede escribir:

$$|V_c| = \left(|Z_c| - |Z_{cs_{eq}}|^T |Z_{s_{eq}}|^{-1} |Z_{cs_{eq}}| \right) |I_c|$$

Por tanto la impedancia de fases de la línea que relaciona la tensión con la corriente será:

$$Z_{fase} = |Z_c| - |Z_{cs_{eq}}|^T |Z_{s_{eq}}|^{-1} |Z_{cs_{eq}}|$$

Operando de este modo se obtienen los valores de las matrices equivalentes de impedancias de fase.

En el tramo con las pantallas puestas a tierra en un extremo las consideraciones para el cálculos son diferentes. Al disponer las pantallas de los cables conectadas a tierra en un único extremo no circulará corriente por las mismas $I_s = 0$. Además dado que el conductor equipotencial está puesto a tierra la tensión del mismo será también nula $V_e = 0$. La ecuación matricial que define el sistema será por tanto:




$$\begin{bmatrix} |V_c| \\ |V_s| \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_c & Z_{cs} & Z_{ce} \\ Z_{cs} & Z_s & Z_{se} \\ Z_{ce} & Z_{se} & Z_e \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_c \\ 0 \\ I_e \end{bmatrix}$$

Que se puede escribir como:

$$\begin{bmatrix} |V_c| \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_c & Z_{ce} \\ Z_{ce} & Z_e \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_c \\ I_e \end{bmatrix}$$

Por tanto de la segunda fila de la matriz se puede escribir:

$$0 = |Z_{ce}| |I_c| + |Z_e| |I_e|$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$|I_e| = -|Z_e|^{-1}|Z_{ce}||I_c|$$

Sustituyendo en la primera expresión se puede escribir:

$$|V_c| = (|Z_c| - |Z_{ce}|^T|Z_e|^{-1}|Z_{ce}|) |I_c|$$

Por tanto la impedancia de fases de la línea que relaciona la tensión con la corriente será:

$$Z_{fase} = |Z_c| - |Z_{ce}|^T|Z_e|^{-1}|Z_{ce}|$$

Operando de este modo se obtienen los valores de las matrices equivalentes de impedancias de fase

$$Z_{fase} = \begin{vmatrix} 0,051 + j0,221 & 0,03 + j0,091 & 0,029 + j0,11 \\ 0,03 + j0,091 & 0,048 + j0,295 & 0,028 + j0,143 \\ 0,029 + j0,11 & 0,028 + j0,143 & 0,047 + j0,327 \end{vmatrix} \frac{\Omega}{km}$$

Con la longitud total de la línea de 2,61 kilómetros:

$$Z_{fase} = \begin{vmatrix} 0,133 + j0,578 & 0,077 + j0,239 & 0,075 + j0,286 \\ 0,077 + j0,239 & 0,125 + j0,771 & 0,072 + j0,374 \\ 0,075 + j0,286 & 0,072 + j0,374 & 0,122 + j0,855 \end{vmatrix} \Omega$$

1.11.1.14 Impedancias de secuencia

La matriz de impedancias de secuencia será el resultado de realizar la siguiente operación matricial:




$$|Z_{012}| = |H|^{-1}|Z_{fas}| |H|$$

$$h = e^{j 120^\circ} = -0,5 + j 0,866$$

$$H = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ h^2 & h & 1 \\ h & h^2 & 1 \end{vmatrix}$$

$$H^{-1} = \frac{1}{3} \begin{vmatrix} 1 & h & h^2 \\ 1 & h^2 & h \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

El resultado del cálculo es:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$Z_{012} = \begin{vmatrix} 0,0198 + j0,1663 & 0,0013 - j0,0013 & 0,0163 - j0,0437 \\ -0,0009 - j0,0016 & 0,0198 + j0,1663 & -0,0128 - j0,0448 \\ -0,0128 - j0,0448 & 0,0163 - j0,0437 & 0,1055 + j0,5106 \end{vmatrix} \frac{\Omega}{km}$$

Con la longitud total de la línea de 2,61 kilómetros:

$$Z_{012} = \begin{vmatrix} 0,0517 + j0,4346 & 0,0034 - j0,0035 & 0,0426 - j0,1141 \\ -0,0024 - j0,0043 & 0,0517 + j0,4346 & -0,0335 - j0,1171 \\ -0,0335 - j0,1171 & 0,0426 - j0,1141 & 0,2758 + j1,3345 \end{vmatrix} \Omega$$

$$Z_{012} = \begin{vmatrix} 0,4376 \angle 83,2^\circ & 0,0049 \angle -46,0^\circ & 0,1218 \angle -69,5^\circ \\ 0,0049 \angle -118,9^\circ & 0,4376 \angle 83,2^\circ & 0,1218 \angle -106,0^\circ \\ 0,1218 \angle -106,0^\circ & 0,1218 \angle -69,5^\circ & 1,3627 \angle 78,3^\circ \end{vmatrix} \Omega$$

1.11.1.14.1 Impedancias de secuencia

Impedancia homopolar de la línea:

$$Z_0 = 0,1055 + j0,5106 \frac{\Omega}{km}$$

Impedancia de secuencia directa e inversa de la línea:

$$Z_1 = 0,0198 + j0,1663 \frac{\Omega}{km}$$



Con la longitud total de la línea de 2,61 kilómetros:

$$Z_0 = 0,2758 + j1,3345 \Omega$$

$$Z_1 = 0,0517 + j0,4346 \Omega$$

$$\frac{R_0}{R_1} = \frac{0,2758 \Omega}{0,0517 \Omega} = 5,3317$$

$$\frac{X_0}{X_1} = \frac{1,3345 \Omega}{0,4346 \Omega} = 3,0708$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

1.11.1.15 Matriz de susceptancias

En el caso de cables aislados apantallados, dado que la pantalla confina el campo eléctrico en el aislamiento, las influencias mutuas entre los cables son nulas. Los elementos de la matriz capacidades para el cable aislado serán:

$$C = \begin{vmatrix} C_1 & 0 & 0 \\ 0 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{vmatrix} \frac{\mu F}{km}$$

Siendo C_1 la capacidad del cable calculada anteriormente.

La matriz de susceptancia será por tanto:

$$B = j \omega \begin{vmatrix} C_1 & 0 & 0 \\ 0 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{vmatrix} \frac{\mu S}{km} = j 2 \pi f \begin{vmatrix} C_1 & 0 & 0 \\ 0 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{vmatrix} \frac{\mu S}{km}$$

En la línea objeto del presente documento:

$$B = j \begin{vmatrix} 0,2470 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,2470 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,2470 \end{vmatrix} \frac{\mu F}{km} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz}$$

$$B = j \begin{vmatrix} 77,60 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 77,60 & 0,00 \\ 0,00 & 0,00 & 77,60 \end{vmatrix} \frac{\mu S}{km}$$

Con la longitud total de la línea de (2,61) kilómetros:




$$B = j \begin{vmatrix} 202,81 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 202,81 & 0,00 \\ 0,00 & 0,00 & 202,81 \end{vmatrix} \mu S$$

1.11.1.16 Susceptancia de secuencia

La matriz de susceptancia de secuencia será el resultado de realizar la siguiente operación matricial:

$$|B_{012}| = |H|^{-1} |B_{fas}| |H|$$

La matriz H definida en el apartado anterior:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

Como no existe influencia mutua entre las fases, las susceptancias de secuencia directa, inversa y homopolar son iguales. La matriz de susceptancias de secuencia es igual a la matriz de susceptancias de fase:

$$B_{012} = j \begin{vmatrix} 77,60 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 77,60 & 0,00 \\ 0,00 & 0,00 & 77,60 \end{vmatrix} \frac{\mu S}{km}$$

$$B_{012} = j \begin{vmatrix} 202,81 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 202,81 & 0,00 \\ 0,00 & 0,00 & 202,81 \end{vmatrix} \mu S$$

$$B_0 = B_1 = B_2 = j202,8058 \mu S$$

1.11.1.17 Impedancia característica y constante de propagación

Se define impedancia característica de la línea como:

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + j X}{j B}}$$

Los valores de impedancia y admitancia de secuencia directa en la línea se han calculado previamente por tanto:

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + j X}{j B}} = \sqrt{\frac{0,0198 + j 0,1663}{(j 77,5973)10^{-6}}} = 46,37 - j2,75 \Omega$$

$$Z_c = 46,45 \angle - 3,4^\circ \Omega$$


La constante de propagación será:

$$\gamma = \sqrt{(R + j X) \cdot (j B)}$$

$$\gamma = \sqrt{(R + j X) \cdot (j B)} = \sqrt{(0,0198 + j 0,1663) \cdot j 77,5973 10^{-6}} = 0,2134 + j3,5983 \frac{10^{-3}}{km}$$

$$\gamma = (3,6047 \angle 86,6^\circ) \cdot 10^{-3} \frac{1}{km}$$

Dada la longitud de la línea:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

$$\gamma \cdot L = (0,5578 + j9,4045) \cdot 10^{-3} = 9,421 \cdot 10^{-3} \angle 86,6^\circ$$

1.11.1.18 Potencia característica

La potencia característica de la línea es función de la tensión y de la impedancia característica a través de la siguiente expresión:

$$P_c = \frac{U^2}{Z_c}$$

Para los valores de la línea:

$$P_c = \frac{U^2}{Z_c} = \frac{220^2}{46,37 - j2,75} = 1.040,08 + j61,69 \text{ MVA} = 1.041,9 \text{ MVA} \angle 3,4^\circ$$

1.11.1.19 Corriente máxima cortocircuito




La corriente máxima que puede circular por el cable XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265 en cortocircuito se calcula considerando la hipótesis de calentamiento adiabático suponiendo que todo el calor aportado en el cortocircuito hace aumentar la temperatura del conductor.

$$I_{cc} = K S \sqrt{\frac{\text{Ln} \left(\frac{\theta_{fin} + \beta}{\theta_{ini} + \beta} \right)}{t}}$$

Donde:

- K: es una constante que depende del material del conductor, en este caso Al.
- S: es la sección del conductor en mm².
- β: es una constante que depende del material del conductor
- θ_{fin}: es la temperatura final del cortocircuito del conductor °C
- θ_{ini}: es la temperatura inicial del cortocircuito del conductor °C
- t: es el tiempo de duración del cortocircuito

Para un tiempo de duración del cortocircuito de 0,5 s y una sección del conductor de 2.000 mm² de Al el resultado es:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

$$I_{cc} = K S \sqrt{\frac{\text{Ln}\left(\frac{\theta_{fin} + \beta}{\theta_{ini} + \beta}\right)}{t}} = 148 \cdot 2.000 \sqrt{\frac{\text{Ln}\left(\frac{250 + 228}{90 + 228}\right)}{0,5}} = 267,24 \text{ kA}$$

A continuación se muestran los resultados en una tabla para los diferentes tiempos de duración del cortocircuito considerando una sección del conductor de 2.000 mm² de Al:

Tiempo (s)	0,10	0,25	0,50	0,70	1,00	1,50	2,00	3,00
I _{cc} (kA)	597,5 7	377,9 4	267,2 4	225,8 6	188,9 7	154,2 9	133,6 2	109,1 0

1.11.1.20 Corriente máxima cortocircuito no adiabático

Si se considera cortocircuito no adiabático, es decir que parte del calor generado por la corriente de cortocircuito se cede a las capas contiguas el valor de la corriente admisible por el cable es ligeramente superior.

Para el cálculo de esta situación se utiliza el valor de ϵ que según norma UNE-21.191.92 y para el conductor tiene la siguiente expresión:

$$\epsilon = \sqrt{1 + X \sqrt{\frac{t}{S}} + Y \frac{t}{S}}$$

Donde:




- t es el tiempo de duración del cortocircuito en segundos

- S es la sección del conductor, en este caso 2.000 mm²

Los factores X e Y dependen del material de conductor y del aislamiento. Para conductor de Al y aislamiento en XLPE toman los siguientes valores:

$$X = 0,57 \sqrt{\frac{\text{mm}^2}{s}}$$

$$Y = 0,16 \frac{\text{mm}^2}{s}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

Por tanto:

$$\varepsilon = \sqrt{1 + X \sqrt{\frac{t}{S}} + Y \frac{t}{S}} = \sqrt{1 + 0,57 \sqrt{\frac{0,5}{2.000}} + 0,16 \frac{0,5}{2.000}} = 1,00452$$

Dado el valor de ε la corriente de cortocircuito no adiabática será:

$$I_{NAD} = I_{cc} \cdot \varepsilon = 267,24 \text{ kA} \cdot 1,00452 = 268,45 \text{ kA}$$

Para los distintos tiempos de cortocircuito obtenemos:

Tiempo (s)	I Adiabática (kA)	ε	I No adiabática (kA)
0,1	597,57	1,00202	598,77
0,25	377,94	1,00319	379,14
0,5	267,24	1,00452	268,45
0,7	225,86	1,00535	227,07
1	188,97	1,00639	190,18
1,5	154,29	1,00783	155,50
2	133,62	1,00905	134,83
3	109,10	1,01110	110,31




1.11.1.21 Corriente máxima cortocircuito en la pantalla

La corriente máxima que puede circular por la pantalla del cable XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265 en cortocircuito se calcula considerando la hipótesis de calentamiento adiabático suponiendo que todo el calor aportado en el cortocircuito hace aumentar la temperatura de la pantalla.

$$I_{cc} = K S \sqrt{\frac{\text{Ln} \left(\frac{\theta_{fin} + \beta}{\theta_{ini} + \beta} \right)}{t}}$$

Donde:

- K: es una constante que depende del material de la pantalla, en este caso Cu.
- S: es la sección de la pantalla en mm².

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		
Fecha:		JUL.-2025	

- β : es una constante que depende del material de la pantalla
- θ_{fin} : es la temperatura final del cortocircuito de la pantalla °C
- θ_{ini} : es la temperatura inicial del cortocircuito de la pantalla °C
- t: es el tiempo de duración del cortocircuito

Para un tiempo de duración del cortocircuito de 0,5 s y una sección de la pantalla de 265 mm² de Cu el resultado es:

$$I_{cc} = K S \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{\theta_{fin} + \beta}{\theta_{ini} + \beta}\right)}{t}} = 226 \cdot 265 \sqrt{\frac{\ln\left(\frac{180 + 234,5}{85 + 234,5}\right)}{0,5}} = 43,21 \text{ kA}$$

A continuación se muestran los resultados en una tabla para los diferentes tiempos de duración del cortocircuito considerando una sección de la pantalla de 265 mm² de Cu:

Tiempo (s)	0,10	0,25	0,50	0,70	1,00	1,50	2,00	3,00
I _{cc} (kA)	96,63	61,11	43,21	36,52	30,56	24,95	21,61	17,64

1.11.1.22 Corriente máxima cortocircuito no adiabático

Si se considera cortocircuito no adiabático, es decir que parte del calor generado por la corriente de cortocircuito se cede a las capas contiguas el valor de la corriente admisible por el cable es ligeramente superior.

Según norma UNE-21.191.92 para el cálculo del cortocircuito no adiabático en la pantalla se utiliza la siguiente expresión para obtener el valor de ϵ :

$$\epsilon_p = 1 + 0,61 M \sqrt{t} - 0,069 (M \sqrt{t})^2 + 0,0043 (M \sqrt{t})^3$$

Donde:

-t es el tiempo de duración del cortocircuito en segundos

El factor M tiene en cuenta los materiales adyacentes a la pantalla, el calor específico del material de la pantalla y su espesor según la siguiente expresión:

$$M = \frac{\sqrt{\frac{\sigma_2}{\rho_2}} + \sqrt{\frac{\sigma_3}{\rho_3}}}{2 \cdot \sigma_1 \cdot \delta} 0,7$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

- σ_2 es el calor específico volumétrico del aislamiento (XLPE) en J/m³K
- ρ_2 es el valor de la resistividad térmica del aislamiento en m·K/W para el XLPE
- σ_3 es el calor específico volumétrico de la cubierta exterior (DME1) en J/m³K
- ρ_3 es el valor de la resistividad térmica de la cubierta en m·K/W para el DME1
- σ_1 es el calor específico volumétrico de la pantalla de Cu en J/m³K
- δ es el espesor de la pantalla en metros para coherencia de unidades, en este cable este espesor se considera 0,79 mm

Por tanto:

$$M = \frac{\sqrt{\frac{\sigma_2}{\rho_2}} + \sqrt{\frac{\sigma_3}{\rho_3}}}{2 \cdot \sigma_1 \cdot \delta} = \frac{\sqrt{\frac{2,40 \cdot 10^6}{3,50}} + \sqrt{\frac{2,00 \cdot 10^6}{3,50}}}{2 \cdot 3,45 \cdot 10^6 \cdot 0,00079} \cdot 0,7 = 0,2044$$

Y conocido el valor de M, el factor ϵ_p en la pantalla será:




$$\begin{aligned} \epsilon_p &= 1 + 0,61 \cdot 0,2044 \sqrt{0,5} - 0,069 \left(0,2044 \sqrt{0,5}\right)^2 + 0,0043 \left(0,2044 \sqrt{0,5}\right)^3 \\ &= 1,08674 \end{aligned}$$

Dado el valor de ϵ la corriente de cortocircuito no adiabática será:

$$I_{NAD} = I_{cc} \cdot \epsilon = 43,21 \text{ kA} \cdot 1,08674 = 46,96 \text{ kA}$$

Para los distintos tiempos de cortocircuito obtenemos:

Tiempo (s)	I Adiabática (kA)	ϵ	I No adiabática (kA)
0,1	96,63	1,03914	100,41
0,25	61,11	1,06163	64,88
0,5	43,21	1,08674	46,96
0,7	36,52	1,10233	40,26
1	30,56	1,12185	34,28
1,5	24,95	1,14846	28,65
2	21,61	1,17068	25,29
3	17,64	1,20751	21,30

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.11.1.23 Corriente máxima cortocircuito del cable equipotencial

La corriente máxima que puede circular por el cable RV 0,6/1kV 400mm² CU en cortocircuito se calcula considerando la hipótesis de calentamiento adiabático suponiendo que todo el calor aportado en el cortocircuito hace aumentar la temperatura del cable equipotencial.

$$I_{cc} = K S \sqrt{\frac{\text{Ln} \left(\frac{\theta_{fin} + \beta}{\theta_{ini} + \beta} \right)}{t}}$$

Para un tiempo de duración del cortocircuito de 0,1 s y una sección del cable equipotencial de 400 mm² de Cu el resultado es:

$$I_{cc} = K S \sqrt{\frac{\text{Ln} \left(\frac{\theta_{fin} + \beta}{\theta_{ini} + \beta} \right)}{t}} = 226 \cdot 400 \sqrt{\frac{\text{Ln} \left(\frac{250 + 234,5}{90 + 234,5} \right)}{0,1}} = 180,99 \text{ kA}$$



A continuación se muestran los resultados en una tabla para los diferentes tiempos de duración del cortocircuito considerando una sección del cable equipotencial de 400 mm² de Cu:

Tiempo (s)	0,10	0,25	0,50	0,70	1,00	1,50	2,00	3,00
I _{cc} (kA)	180,9 9	114,4 7	80,94	68,41	57,23	46,73	40,47	33,04

1.11.1.24 Corriente máxima cortocircuito no adiabático

Si se considera cortocircuito no adiabático, es decir que parte del calor generado por la corriente de cortocircuito se cede a las capas contiguas el valor de la corriente admisible por el cable es ligeramente superior.

Para el cálculo de esta situación se utiliza el valor de ϵ que según norma UNE-21.191.92 y para el conductor tiene la siguiente expresión:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

$$\varepsilon = \sqrt{1 + X \sqrt{\frac{t}{S}} + Y \frac{t}{S}}$$

Donde:

- t es el tiempo de duración del cortocircuito en segundos

- S es la sección del conductor, en este caso 400 mm²

Los factores X e Y dependen del material de conductor y del aislamiento. Para conductor de Cu y aislamiento en XLPE toman los siguientes valores:

$$X = 0,41 \sqrt{\frac{mm^2}{s}}$$

$$Y = 0,12 \frac{mm^2}{s}$$

Por tanto:




$$\varepsilon = \sqrt{1 + X \sqrt{\frac{t}{S}} + Y \frac{t}{S}} = \sqrt{1 + 0,41 \sqrt{\frac{0,5}{400}} + 0,12 \frac{0,5}{400}} = 1,00730$$

Dado el valor de ε la corriente de cortocircuito no adiabática será:

$$I_{NAD} = I_{cc} \cdot \varepsilon = 80,94 \text{ kA} \cdot 1,00730 = 81,53 \text{ kA}$$

Para los distintos tiempos de cortocircuito obtenemos:

Tiempo (s)	I Adiabática (kA)	ε	I No adiabática (kA)
0,1	180,99	1,00325	181,58
0,25	114,47	1,00515	115,06
0,5	80,94	1,00730	81,53
0,7	68,41	1,00864	69,00
1	57,23	1,01035	57,83
1,5	46,73	1,01270	47,32
2	40,47	1,01469	41,06

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Tiempo (s)	I Adiabática (kA)	ϵ	I No adiabática (kA)
3	33,04	1,01804	33,64

1.11.1.25 Caída de tensión

Los cálculos de caída de tensión en el cable aislado se realizarán utilizando el modelo de línea corta y se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\Delta U(\%) = P \cdot L \cdot \frac{(R_{\theta ca} + X_L \tan \varphi)}{U^2}$$

Dados los valores calculados con anterioridad y para una corriente máxima que circulará de 820,2 A, la potencia es 296.896 kW para un factor de potencia 0,95 la expresión para la caída de tensión es:

$$\Delta U(\%) = \frac{296.895,98 \text{ kW} \cdot 2,61 \text{ km} (0,0195 + 0,1536 \cdot 0,3287) \frac{\Omega}{\text{km}}}{(220 \text{ kV})^2} = 0,1123\%$$

1.11.1.26 Pérdida de potencia

Los cálculos de pérdida de potencia activa se realizarán utilizando el modelo de línea corta y se determinarán mediante la siguiente expresión:


$$\Delta P = 3(I^2 \cdot R_{\theta ca} \cdot (1 + \lambda) + W_d) \cdot L$$

Dados los valores calculados con anterioridad, para una corriente máxima de 820,2 A y una longitud de 2,614 km, la expresión para las pérdidas de potencia es:

$$\begin{aligned} \Delta P &= 3 \left((820,2 \text{ A})^2 \cdot 19,5 \cdot 10^{-6} \frac{\Omega}{\text{m}} 1,0761 + 1,25 \frac{\text{W}}{\text{m}} \right) \cdot 2.614 \text{ m} = 120.763 \text{ W} \\ &= 120,76 \text{ kW} \end{aligned}$$

Las pérdidas de potencia como porcentaje de la potencia de transporte serán:

$$\Delta P(\%) = \frac{\Delta P}{\sqrt{3} U I \cos \varphi} = \frac{0,1208 \text{ MW}}{\sqrt{3} \cdot 220 \text{ kV} \cdot 820,2 \text{ A} \cdot 0,95} = \frac{0,1208 \text{ MW}}{296,9 \text{ MW}} = 0,041 \%$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

1.11.1.27 Campo eléctrico

Al tratarse de un cable aislado apantallado el campo eléctrico está confinado en el interior del cable, no existiendo campo eléctrico en el exterior producido por la instalación.

1.11.1.28 Campo magnético

El cálculo el campo magnético que genera la corriente I que circula por un conductor rectilíneo infinito en un punto “p” se puede calcular como:

$$\vec{B} = I \frac{\mu_0}{2 \pi D_{pq}}$$

Es un campo vectorial que tiene una dirección perpendicular a la recta que une punto y conductor.

Las ecuaciones del campo magnético en las dos direcciones de la línea son:

$$B_x = -\frac{\mu_0}{2 \pi} \sum_{i=1}^n I_i \frac{y_p - y_i}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2}$$




$$B_y = \frac{\mu_0}{2 \pi} \sum_{i=1}^n I_i \frac{x_p - x_i}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2}$$

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$$

Se evalúa la línea con los conductores en su posición media y se calcula el campo magnético máximo que produce la línea. La posición de cada conductor se refleja en la siguiente tabla:

Posición X (m)	Posición Y (m)
-0,158	1,193
0,000	0,920
0,158	1,193

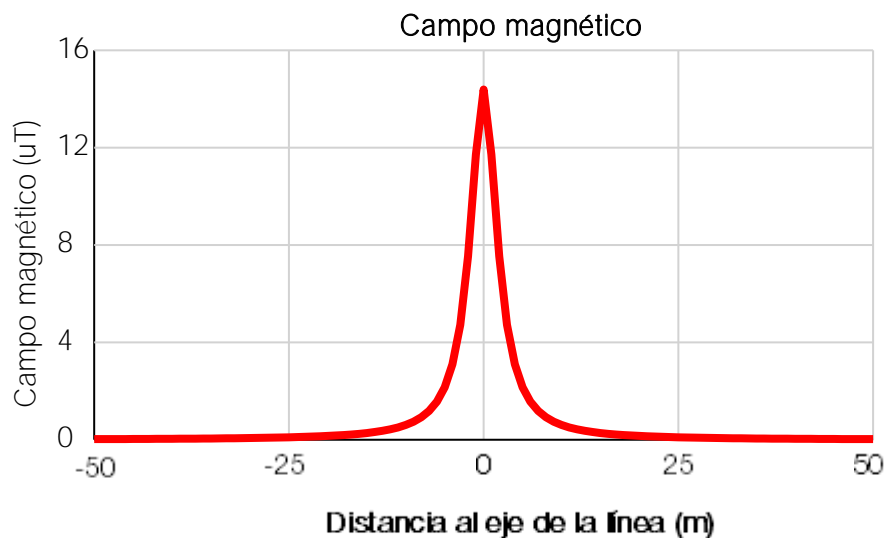
El valor complejo de la corriente que circula por cada conductor es:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$I_{campo} = \begin{vmatrix} 820,16 \\ -410,08 - j710,28 \\ -410,08 + j710,28 \end{vmatrix} A$$

El valor máximo del campo magnético que se produce bajo la línea a 1 metros del suelo es de 14,39 μ T.




El campo magnético bajo la línea se muestra en la siguiente gráfica:



1.11.2 Cálculos eléctricos segundo tramo subterráneo (Centro de medida – SET Quintos)

1.11.2.1 Características generales




Sistema	Corriente alterna trifásica
Frecuencia.....	50 Hz
Tensión nominal	220 kV
Tensión más elevada de la red	245 kV
Categoría	Especial
Número de circuitos	1
Tipo de cable aislado	XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265
Potencia máxima de transporte.....	377,8 MVA
Longitud.....	0,075 km
Sección cable.....	2.000 mm ²
Tipo de aislamiento.....	XLPE

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Material conductor..... Al
Puesta a tierra pantallas 1 Extremo (Single Point)
Tipo cable equipotencial RV 0,6/1kV 400mm² CU
Número de cables de fibra óptica..... 1
Tipo de cable de fibra ópticaPKP 64
Tipo de instalación..... Enterrado bajo tubo
Anchura de la zanja 0,8 m
Profundidad de la zanja..... 1,45 m
Características del conductor

Las características del cable aislado son las siguientes:

DenominaciónXLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265
Tensión nominal 220 kV
Sección 2.000 mm²
Material conductor..... Al
Tipo de cuerda Segmentada
Tipo de aislamiento..... XLPE
Sección pantallas..... 265 mm²
Material pantallas..... Cu
Material cubierta exterior..... DME1
Diámetro del conductor 55,7 mm
Diámetro sobre aislamiento..... 101,7 mm
Diámetro medio de las pantallas..... 107,3 mm
Diámetro exterior del cable..... 119,3 mm
Peso del cable..... 16,35 kg/m
Resistencia eléctrica a 20°C en CC 0,0149 Ω/km
Capacidad del cable 0,247 μF/km
Curvatura mínima durante instalación..... 3.600 mm
Temperatura máxima en régimen permanente..... 90 °C
Temperatura máxima en cortocircuito 250 °C

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

1.11.2.2 Reactancia inductiva

La reactancia inductiva de una terna de cables aislados se calcular con la siguiente expresión:

$$X_L = 2 \pi f \frac{\mu_o}{2 \pi} \left[\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2 \text{ DMG}}{d_c} \right) \right]$$

Donde:

- X_L : Reactancia inductiva de la línea (Ω/m)
- f : Frecuencia de la red (Hz)
- μ_o : Permeabilidad magnética del vacío ($4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ H/m)
- DMG : Distancia media geométrica de la línea
- d_c : Diámetro del conductor

$$X_L = 2 \pi f \frac{\mu_o}{2 \pi} \left[\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2 \text{ DMG}}{d_c} \right) \right] = 2 \pi 50 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \frac{H}{km} \left[\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2 \cdot 315}{55,70} \right) \right] = 0,1681 \frac{\Omega}{km}$$

Dada la longitud de 0,075 km, la reactancia inductiva total será de 0,013 Ω

$$X_L = 0,013 \Omega$$

1.11.2.3 Capacidad

La capacidad de un cable aislado, por unidad de longitud, se puede calcular mediante la siguiente expresión:




$$C = \frac{\epsilon}{18 \ln \left(\frac{D_i}{d_c} \right)}$$

Donde:

- ϵ : es la permitividad relativa del aislamiento
- D_i : es el diámetro sobre el aislamiento
- d_c : Diámetro del conductor

El fabricante del cable proporciona el valor de la capacidad obtenido mediante ensayos:

$$C = 0,247 \frac{\mu F}{km}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Dada la longitud total de la línea de 0,075 km, la capacidad total será:

$$C = 0,02 \mu F$$

1.11.2.4 Pérdidas en el dieléctrico

Las pérdidas dieléctricas en cada fase, vienen dadas por:

$$W_d = 2 \pi f C \tan(\delta) \left(\frac{U}{\sqrt{3}} \right)^2$$

Donde:

- f: Frecuencia de la red (Hz)
- C: es la capacidad del cable
- tan(δ): es la tangente del ángulo de pérdidas en el aislamiento
- U: es la tensión nominal entre fases de la línea

Por tanto:

$$W_d = 2 \pi f C \tan(\delta) \left(\frac{U}{\sqrt{3}} \right)^2 = 2 \pi 50 \text{ Hz } 0,247 \frac{\mu F}{\text{km}} 0,001 \left(\frac{220 \text{ kV}}{\sqrt{3}} \right)^2 = 1,25 \frac{W}{m}$$

Las pérdidas totales en el dieléctrico por fase serán:

$$W_d = 94,2 W$$




1.11.2.5 Pérdidas en las pantallas

En este apartado se evalúan las pérdidas en las pantallas que se calculan como un factor (λ) de las pérdidas que se producen en el conductor.

En este caso no existe circulación de corriente por las mismas, por tanto las pérdidas se producirán por efecto Foucault en las pantallas. La expresión que se utiliza para el cálculo del factor de pérdidas es:

$$\lambda'' = \frac{R_s}{R_{90ca}} \left[g_s \lambda_0 (1 + \Delta_1) + \frac{(\beta_1 t_s)^4}{12} \right]$$

- R_s : es la resistencia eléctrica de la pantalla

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
		Fecha: JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- R_{90ca} : Resistencia del conductor en corriente alterna a 90 °C (Ω/km)

- t_s : es el espesor de la pantalla

Los valores de g_s , λ_0 , Δ_1 y β_1 se calculan mediante las siguientes expresiones:

$$\beta = \sqrt{\frac{2 \pi f}{\rho_s} \cdot \mu_0} = \sqrt{\frac{2 \pi 50 \text{ Hz}}{17,241 \cdot 10^{-9} \Omega \cdot m} \cdot 4 \pi 10^{-7} \frac{H}{m}} = 151,32 \frac{1}{m}$$

$$g_s = 1 + \left(\frac{t_s}{d_m}\right)^{1,74} \cdot (\beta_1 d_m - 1,6) = 1 + \left(\frac{0,79}{107,3}\right)^{1,74} \cdot (0,1513 \cdot 107,3 - 1,6) = 1,0028$$

Con:

- d_m : el diámetro medio de las pantallas

Por otro lado se calcula el factor m mediante:

$$m = \frac{\mu_0}{2 \pi} \cdot \frac{\omega}{2 R_s}$$

La resistencia de las pantallas a la temperatura de trabajo en función del material y la sección de las mismas será:




$$R_s = \frac{\rho_s}{S_{ecc}} (1 + \alpha \cdot \Delta\theta) = \frac{17,241 \Omega \frac{mm^2}{km}}{265 mm^2} [1 + 3,93 \cdot 10^{-3} (83,4 - 20)] = 0,0813 \frac{\Omega}{km}$$

La temperatura de las pantallas se ha obtenido tras conocer la corriente y mediante un método iterativo se recalculan los valores hasta obtener una temperatura de las pantallas de 83,4 °C.

Por tanto:

$$m = \frac{\mu_0}{2 \pi} \cdot \frac{\omega}{2 R_s} = 0,2 \cdot 10^{-6} \frac{H}{m} \frac{2 \pi 50 \text{ Hz}}{81,26 \cdot 10^{-6} \frac{\Omega}{m}} = 0,3866$$

$$\lambda_0 = 3 \cdot \left(\frac{m^2}{1 + m^2}\right) \cdot \left(\frac{d_m}{2 \text{ Sep}}\right)^2 = 3 \cdot \left(\frac{0,3866^2}{1 + 0,3866^2}\right) \cdot \left(\frac{107,3}{2 \cdot 315}\right)^2 = 0,011$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		
Fecha:		JUL.-2025	

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= (1,14 m^{2,45} + 0,33) \left(\frac{d_m}{2 Sep} \right)^{0,92m+1,66} \\ &= (1,14 \cdot 0,3866^{2,45} + 0,33) \left(\frac{107,3}{2 \cdot 315} \right)^{0,92 \cdot 0,3866 + 1,66} = 0,0124 \end{aligned}$$

Agrupando todos los términos, el factor de pérdidas será:

$$\begin{aligned} \lambda'' &= \frac{R_s}{R_{90ca}} \left[g_s \lambda_0 (1 + \Delta_1) + \frac{(\beta_1 t_s)^4}{12} \right] \\ \lambda'' &= \frac{0,0813}{0,0195} \left[1,003 \cdot 0,011 (1 + 0,012) + \frac{(151,3 \cdot 0,8)^4}{12} \right] = 0,0479 \end{aligned}$$

1.11.2.6 Resistencia térmica del aislamiento

Los diferentes elementos del cable y el medio exterior oponen una resistencia a la propagación del calor producido en el interior del cable por las pérdidas eléctricas y las pérdidas por efecto Joule en el conductor y las pantallas. Esta resistencia depende de la resistividad térmica de los distintos materiales y de los espesores de los mismos.

La ecuación que permite calcular la resistencia térmica del aislamiento T_1 de cables unipolares es la siguiente:

$$T_1 = \frac{\rho_{ais}}{2 \pi} \ln \left(\frac{D_i}{d_c} \right)$$




Donde:

- ρ_{ais} : es la resistividad térmica del aislamiento (XLPE)
- D_i : es el diámetro sobre el aislamiento
- d_c : Diámetro del conductor

$$T_1 = \frac{\rho_{ais}}{2 \pi} \ln \left(\frac{D_i}{d_c} \right) = \frac{3,50}{2 \pi} \ln \left(\frac{101,7}{55,7} \right) = 0,335 \frac{m K}{W}$$

1.11.2.7 Resistencia térmica de la cubierta

La expresión que permite calcular la resistencia térmica de la cubierta exterior T_3 es la siguiente:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$T_3 = \frac{\rho_{cub}}{2 \pi} \ln \left(\frac{D_{ext}}{D_{cub}} \right)$$

Donde:

- ρ_{ais} : es la resistividad térmica de la cubierta (DME1)
- D_{ext} : es el diámetro exterior del cable
- D_{cub} : es el diámetro interior de la cubierta

$$T_3 = \frac{\rho_{cub}}{2 \pi} \ln \left(\frac{D_{ext}}{D_{cub}} \right) = \frac{3,50}{2 \pi} \ln \left(\frac{119,3}{107,3} \right) = 0,059 \frac{m K}{W}$$

1.11.2.8 Resistencia térmica exterior al cable

En el caso de cables enterrados bajo tubo hormigonados, la resistencia T_4 se calcula como suma de tres resistencias térmicas más un factor de corrección que tiene en cuenta la diferencia de resistividades entre hormigón y terreno:

$$T_4 = T'_4 + T''_4 + T'''_4 + F_{cr}$$

La resistencia T'_4 representa el aire del interior del tubo, la resistencia T''_4 es la propia del tubo y T'''_4 corresponde a resistencia térmica exterior al tubo.

La resistencia del aire del interior del tubo se puede calcular mediante:



$$T'_4 = \frac{U}{1 + 0,1(V + Y \theta_m) D_{ext}}$$

Los valores de U, V e Y son función del material del tubo, en este caso en conducto plástico. θ_m es la temperatura estimada en el interior del tubo y D_{ext} es el diámetro exterior del cable en milímetros.

Por tanto:

$$T'_4 = \frac{U}{1 + 0,1(V + Y \theta_m) D_{ext}} = \frac{1,87}{1 + 0,1(0,312 + 0,0037 \cdot 79,68) 119,3} = 0,227 \frac{m K}{W}$$

La resistencia propia del conducto es función de la resistividad térmica del material que lo compone y de las dimensiones del mismo. De este modo:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		
Fecha:		JUL.-2025	

$$T_4'' = \frac{\rho_{tubo}}{2 \pi} \ln \left(\frac{D_{extb}}{D_{intb}} \right) = \frac{3,50}{2 \pi} \ln \left(\frac{250}{218} \right) = 0,076 \frac{m K}{W}$$

D_{extb} y D_{intb} son los diámetros exterior e interior del tubo respectivamente y la resistividad térmica del material del tubo es ρ_{tubo}

La resistencia térmica exterior al tubo en el caso de un circuito de cables enterrados bajo tubos separados en configuración trébol T_4''' se realiza mediante la siguiente expresión:

$$T_4''' = \frac{\rho_{hgon}}{2 \pi} \ln \left[2 u \sqrt{v^2 + 1} \sqrt{v^2 - \sqrt{3}v + 1} \right]$$

Donde:

$$u = \frac{2 L}{D_{tubo}} = \frac{2 \cdot 2.155}{250} = 17,24$$

$$v = \frac{2 L}{s} = \frac{2 \cdot 2.155}{315} = 13,68$$

$$\begin{aligned} T_4''' &= \frac{\rho_{hgon}}{2 \pi} \ln \left[2 u \sqrt{v^2 + 1} \sqrt{v^2 - \sqrt{3}v + 1} \right] \\ &= \frac{1}{2 \pi} \ln \left[2 \cdot 17,24 \sqrt{13,68^2 + 1} \sqrt{13,68^2 - \sqrt{3} \cdot 13,68 + 1} \right] = 1,386 \frac{m K}{W} \end{aligned}$$

-L : es la profundidad medida hasta el centro del tubo más bajo: 2.155 mm

- D_{tubo} : es el diámetro exterior del tubo

-s : es la separación entre centros de los tubos

- ρ_{terr} : es la resistividad térmica del terreno, se considera el terreno homogéneo de hormigón de valor 1 m K/W

Se debe aplicar un factor de corrección al tener distinta resistividad térmica el terreno del hormigón que lo circunda tal y como aparece en el apartado 2.2.7.3 de la norma UNE 21144-2-1. Este factor se calcula como:

$$F_{cr} = \frac{N}{2 \pi} (\rho_{terr} - \rho_{hgon}) \ln \left(u + \sqrt{u^2 - 1} \right)$$

-N es el número de cables en el bloque de hormigón, en este caso 3

- ρ_{terr} : es la resistividad térmica del terreno

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		
Fecha:		JUL.-2025	

- ρ_{ngon} : es la resistividad térmica del hormigón

$$u = \frac{L_g}{r_g}$$

- L_g : es la profundidad respecto al centro del bloque de conductos

- r_g : es el radio equivalente del bloque de hormigón, dado por:

$$\ln(r_g) = \frac{1}{2} \cdot \frac{800}{825} \cdot \left(\frac{4}{\pi} - \frac{800}{825} \right) \cdot \ln \left(1 + \frac{825^2}{800^2} \right) + \ln \left(\frac{800}{2} \right); \quad r_g = 445 \text{mm}$$

Por tanto:

$$u = \frac{L_g}{r_g} = \frac{1968}{445} = 4,421$$

$$F_{cr} = \frac{3}{2\pi} (1,50 - 1,00) \ln \left(4,421 + \sqrt{4,421^2 - 1} \right) = 0,517 \frac{\text{mK}}{\text{W}}$$

Por último la resistencia térmica total exterior al cable en el caso de canalización entubada será:

$$T_4 = T_4' + T_4'' + T_4''' + F_{cr} = 0,227 + 0,076 + 1,386 + 0,517 = 2,207 \frac{\text{mK}}{\text{W}}$$

1.11.2.9 Corriente máxima

La corriente máxima que puede circular por el cable XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265 en régimen permanente se calcula realizando el equilibrio térmico entre las fuentes que aportan calor y la capacidad de evacuar ese calor al ambiente a través de las resistencias térmicas.



La expresión que define la corriente máxima es:

$$I_{\text{max}} = \sqrt{\frac{\Delta\theta - W_d \left(\frac{T_1}{2} + (T_3 + T_4) \right)}{R_{\theta ca} (T_1 + (1 + \lambda)(T_3 + T_4))}}$$

Donde:

- $\Delta\theta$: diferencia de temperatura entre conductor 90 °C y ambiente 35 °C

- W_d : son las pérdidas en el dieléctrico (W/m)

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

- T_1 : es la resistencia térmica del aislamiento del cable (m K/W)
- T_3 : es la resistencia térmica de la cubierta exterior del cable (m K/W)
- T_4 : es la resistencia térmica exterior al cable (m K/W)
- R_{90ca} : es la resistencia eléctrica del conductor (Ω/m)
- λ : es el factor de pérdidas en las pantallas

Todos los valores se han calculado en apartados anteriores, por tanto:

$$I_{max} = \sqrt{\frac{55 - 1,252 \left(\frac{0,335}{2} + (0,059 + 2,207) \right)}{19,51 \cdot 10^{-6} (0,335 + 1,0479(0,059 + 2,207))}} = 991,4 A$$

1.11.2.10 Potencia a transportar

La máxima potencia de transporte de la línea subterránea en función de la intensidad máxima admisible, estará determinada según la siguiente expresión:

$$S_{max} = \sqrt{3} \cdot 220 kV \cdot 991,4 A = 377,8 MVA$$

1.11.2.11 Matriz de impedancias

El cálculo de la matriz de impedancias se realiza mediante la teoría de Carson. De este modo se calcula la impedancia propia y mutua de todos conductores y pantallas que forman la línea teniendo en cuenta el terreno.

La impedancia propia de un conductor se puede evaluar como:




$$Z_{C_{i,i}} = R_i + \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \left(\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2D_e}{d_c} \right) \right)$$

La impedancia mutua entre dos conductores será:

$$Z_{C_{i,j}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \ln \left(\frac{D_e}{D_{i,j}} \right)$$

Donde:

- R_i es la resistencia eléctrica del conductor i
- D_{ij} es la distancia entre el conductor i y el j
- D_e es la distancia de retorno por tierra de la corriente

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
		Fecha: JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

d_c es el diámetro del conductor

ω es la pulsación $2 \pi f$

μ_o es la permeabilidad del vacío

La distancia de retorno por tierra de la corriente se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$D_e = \frac{2 e^{\frac{1}{2}}}{\gamma \cdot \sqrt{\frac{\omega \cdot \mu_o}{\rho_t}}} = \frac{3,297}{1,781 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{m}}{100 \Omega \cdot m}}} = 931,8 \text{ m}$$

Donde:

ρ_t es la resistividad del terreno en Ωm

f es la frecuencia en Hz

μ_o es la permeabilidad del vacío

La impedancia propia de la pantalla del cable i será:

$$Z_{S_{i,i}} = R_s + \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \left(\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2D_e}{d_m} \right) \right)$$

La impedancia mutua entre la pantalla del cable i y la pantalla del cable j será:

$$Z_{S_{i,j}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \ln \left(\frac{D_e}{D_{i,j}} \right)$$

Donde:

R_s es la resistencia eléctrica de la pantalla del conductor i




$D_{i,j}$ es la distancia entre el conductor i y el j

D_e es la distancia de retorno por tierra de la corriente evaluada anteriormente

d_m es el diámetro medio de las pantallas

La impedancia mutua entre el conductor i y la propia pantalla del conductor i se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Z_{CS_{i,i}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \left(\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2D_e}{d_m} \right) \right)$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

Y la impedancia mutua entre el conductor i y la pantalla del cable j será:

$$Z_{cs_{i,j}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \ln \left(\frac{D_e}{D_{i,j}} \right)$$

Al estar las pantallas de los cables conectados a tierra en un único extremo es necesario utilizar un cable equipotencial para que pueda circular por él el retorno de la corriente homopolar en caso de cortocircuito monofásico.

La impedancia propia de este cable equipotencial se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$Z_{e_{i,i}} = R_e + \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \left(\frac{1}{4} + \ln \left(\frac{2D_e}{d_{ce}} \right) \right)$$

La impedancia mutua entre dos conductores equipotenciales será:

$$Z_{e_{i,j}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \ln \left(\frac{D_e}{D_{i,j}} \right)$$

Donde:

- R_e es la resistencia eléctrica del conductor equipotencial
- D_{ij} es la distancia entre el centro del conductor equipotencial i y el conductor j
- D_e es la distancia de retorno por tierra de la corriente
- d_{ce} es el diámetro del conductor equipotencial




La impedancia mutua entre un conductor equipotencial y un conductor de fase será:

$$Z_{ce_{i,j}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \ln \left(\frac{D_e}{D_{i,j}} \right)$$

La impedancia mutua entre un conductor equipotencial y la pantalla del cable es:

$$Z_{se_{i,j}} = \frac{\mu_o}{8} \omega + j \frac{\mu_o}{2\pi} \omega \ln \left(\frac{D_e}{D_{i,j}} \right)$$

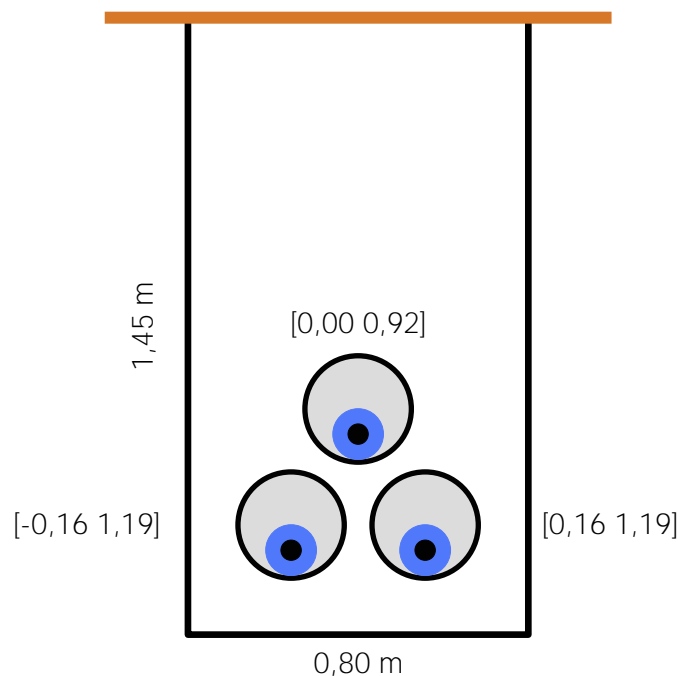
Será necesario evaluar todos los valores para los conductores, las pantallas y los cables equipotenciales.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02	
		Fecha:	JUL.-2025		
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

La resistencia del cable equipotencial RV 0,6/1kV 400mm² CU con una sección de 400 mm² de Cu es:

$$R_e = 0,0470 \frac{\Omega}{km}$$

A continuación se muestra un esquema de la zanja tipo con los cables enterrados bajo tubo:





Las distancias entre todos los conductores de la línea son:

$$D = \begin{vmatrix} 0 & 315 & 315 & 237 \\ 315 & 0 & 315 & 162 \\ 315 & 315 & 0 & 394 \\ 237 & 162 & 394 & 0 \end{vmatrix} mm$$

La matriz de impedancias de los conductores de los cables calculada con la expresión anterior es:

$$Z_c = \begin{vmatrix} 0,069 + j0,67 & 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,52 \\ 0,049 + j0,502 & 0,069 + j0,67 & 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,544 \\ 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,502 & 0,069 + j0,67 & 0,049 + j0,488 \\ 0,049 + j0,52 & 0,049 + j0,544 & 0,049 + j0,488 & 0,096 + j0,725 \end{vmatrix} \frac{\Omega}{km}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

Por otro lado la matriz de impedancias de las pantallas de los cables es:

$$Z_s = \begin{bmatrix} 0,131 + j0,629 & 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,502 \\ 0,049 + j0,502 & 0,131 + j0,629 & 0,049 + j0,502 \\ 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,502 & 0,131 + j0,629 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{km}$$

Y la matriz de impedancias mutua entre conductores y pantallas será:

$$Z_{cs} = \begin{bmatrix} 0,049 + j0,629 & 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,502 \\ 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,629 & 0,049 + j0,502 \\ 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,502 & 0,049 + j0,629 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{km}$$

La matriz de impedancias entre pantallas de los cables de potencia y los cables equipotenciales será:

$$Z_e = \begin{bmatrix} 0,049 + j0,52 & 0,049 + j0,544 & 0,049 + j0,488 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{km}$$

Las pantallas de los cables se encuentran conectadas a tierra en un único extremo por lo tanto no circulará corriente por las mismas $I_s = 0$. Además dado que el conductor equipotencial está puesto a tierra la tensión del mismo será también nula $V_e = 0$. La ecuación matricial que define el sistema será por tanto:

$$\begin{bmatrix} V_c \\ V_s \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_c & Z_{cs} & Z_{ce} \\ Z_{cs} & Z_s & Z_{se} \\ Z_{ce} & Z_{se} & Z_e \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_c \\ 0 \\ I_e \end{bmatrix}$$

Que se puede escribir como:

$$\begin{bmatrix} V_c \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_c & Z_{ce} \\ Z_{ce} & Z_e \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_c \\ I_e \end{bmatrix}$$




Por tanto de la segunda fila de la matriz se puede escribir:

$$0 = |Z_{ce}|I_c + |Z_e|I_e$$

$$|I_e| = -|Z_e|^{-1}|Z_{ce}|I_c$$

Sustituyendo en la primera expresión se puede escribir:

$$|V_c| = (|Z_c| - |Z_{ce}|^T|Z_e|^{-1}|Z_{ce}|) |I_c|$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
		Fecha: JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Por tanto la impedancia de fases de la línea que relaciona la tensión con la corriente será:

$$Z_{fase} = |Z_c| - |Z_{ce}|^T |Z_e|^{-1} |Z_{ce}|$$

Operando de este modo se obtienen los valores de las matrices equivalentes de impedancias de fase:

$$Z_{fase} = \begin{bmatrix} 0,048 + j0,297 & 0,029 + j0,112 & 0,027 + j0,152 \\ 0,029 + j0,112 & 0,049 + j0,262 & 0,028 + j0,136 \\ 0,027 + j0,152 & 0,028 + j0,136 & 0,046 + j0,342 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{km}$$

Con la longitud total de la línea de 0,075 kilómetros:

$$Z_{fase} = \begin{bmatrix} 0,004 + j0,022 & 0,002 + j0,008 & 0,002 + j0,011 \\ 0,002 + j0,008 & 0,004 + j0,02 & 0,002 + j0,01 \\ 0,002 + j0,011 & 0,002 + j0,01 & 0,003 + j0,026 \end{bmatrix} \Omega$$

1.11.2.12 Impedancias de secuencia

La matriz de impedancias de secuencia será el resultado de realizar la siguiente operación matricial:

$$|Z_{012}| = |H|^{-1} |Z_{fas}| |H|$$

$$h = e^{j 120^\circ} = -0,5 + j 0,866$$




$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ h^2 & h & 1 \\ h & h^2 & 1 \end{bmatrix}$$

$$H^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & h & h^2 \\ 1 & h^2 & h \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

El resultado del cálculo es:

$$Z_{012} = \begin{bmatrix} 0,0196 + j0,1671 & j0,0011 & 0,0346 - j0,0015 \\ -0,0003 + j0,001 & 0,0196 + j0,1671 & -0,0344 - j0,0041 \\ -0,0344 - j0,0041 & 0,0346 - j0,0015 & 0,1033 + j0,5675 \end{bmatrix} \frac{\Omega}{km}$$

Con la longitud total de la línea de 0,075 kilómetros:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

$$Z_{012} = \begin{vmatrix} 0,0015 + j0,0126 & 0,0000 & 0,0026 - j0,0001 \\ 0,0000 & 0,0015 + j0,0126 & -0,0026 - j0,0003 \\ -0,0026 - j0,0003 & 0,0026 - j0,0001 & 0,0078 + j0,0427 \end{vmatrix} \Omega$$

$$Z_{012} = \begin{vmatrix} 0,0127 \angle 83,3^\circ & 0,0001 \angle 88,2^\circ & 0,0026 \angle -2,6^\circ \\ 0,0001 \angle 107,0^\circ & 0,0127 \angle 83,3^\circ & 0,0026 \angle -173,2^\circ \\ 0,0026 \angle -173,2^\circ & 0,0026 \angle -2,6^\circ & 0,0434 \angle 79,7^\circ \end{vmatrix} \Omega$$

1.11.2.12.1 Impedancias de secuencia

Impedancia homopolar de la línea:

$$Z_0 = 0,1033 + j0,5675 \frac{\Omega}{km}$$

Impedancia de secuencia directa e inversa de la línea:

$$Z_1 = 0,0196 + j0,1671 \frac{\Omega}{km}$$

Con la longitud total de la línea de 0,075 kilómetros:

$$Z_0 = 0,0078 + j0,0427 \Omega$$

$$Z_1 = 0,0015 + j0,0126 \Omega$$




$$\frac{R_0}{R_1} = \frac{0,0078 \Omega}{0,0015 \Omega} = 5,2578$$

$$\frac{X_0}{X_1} = \frac{0,0427 \Omega}{0,0126 \Omega} = 3,3974$$

1.11.2.13 Matriz de susceptancias

En el caso de cables aislados apantallados, dado que la pantalla confina el campo eléctrico en el aislamiento, las influencias mutuas entre los cables son nulas. Los elementos de la matriz capacidades para el cable aislado serán:

$$C = \begin{vmatrix} C_1 & 0 & 0 \\ 0 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{vmatrix} \frac{\mu F}{km}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
		Fecha: JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Siendo C_1 , la capacidad del cable calculada anteriormente.

La matriz de susceptancia será por tanto:

$$B = j \omega \begin{vmatrix} C_1 & 0 & 0 \\ 0 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{vmatrix} \frac{\mu S}{km} = j 2 \pi f \begin{vmatrix} C_1 & 0 & 0 \\ 0 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & C_1 \end{vmatrix} \frac{\mu S}{km}$$

En la línea objeto del presente documento:

$$B = j \begin{vmatrix} 0,2470 & 0,0000 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,2470 & 0,0000 \\ 0,0000 & 0,0000 & 0,2470 \end{vmatrix} \frac{\mu F}{km} \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ Hz}$$

$$B = j \begin{vmatrix} 77,60 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 77,60 & 0,00 \\ 0,00 & 0,00 & 77,60 \end{vmatrix} \frac{\mu S}{km}$$

Con la longitud total de la línea de (0,075) kilómetros:

$$B = j \begin{vmatrix} 5,84 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 5,84 & 0,00 \\ 0,00 & 0,00 & 5,84 \end{vmatrix} \mu S$$

1.11.2.14 Susceptancia de secuencia

La matriz de susceptancia de secuencia será el resultado de realizar la siguiente operación matricial:



$$|B_{012}| = |H|^{-1} |B_{fas}| |H|$$

La matriz H definida en el apartado anterior:

Como no existe influencia mutua entre las fases, las susceptancias de secuencia directa, inversa y homopolar son iguales. La matriz de susceptancias de secuencia es igual a la matriz de susceptancias de fase:

$$B_{012} = j \begin{vmatrix} 77,60 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 77,60 & 0,00 \\ 0,00 & 0,00 & 77,60 \end{vmatrix} \frac{\mu S}{km}$$

$$B_{012} = j \begin{vmatrix} 5,84 & 0,00 & 0,00 \\ 0,00 & 5,84 & 0,00 \\ 0,00 & 0,00 & 5,84 \end{vmatrix} \mu S$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

$$B_0 = B_1 = B_2 = j5,8362 \mu S$$

1.11.2.15 Impedancia característica y constante de propagación

Se define impedancia característica de la línea como:

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + j X}{j B}}$$

Los valores de impedancia y admitancia de secuencia directa en la línea se han calculado previamente por tanto:

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + j X}{j B}} = \sqrt{\frac{0,0196 + j 0,1671}{(j 77,5973)10^{-6}}} = 46,48 - j2,72 \Omega$$

$$Z_c = 46,56 \angle - 3,4^\circ \Omega$$

La constante de propagación será:

$$\gamma = \sqrt{(R + j X) \cdot (j B)}$$

$$\gamma = \sqrt{(R + j X) \cdot (j B)} = \sqrt{(0,0196 + j 0,1671) \cdot j 77,5973 10^{-6}} = 0,2114 + j3,6066 \frac{10^{-3}}{km}$$

$$\gamma = (3,6128 \angle 86,6^\circ) \cdot 10^{-3} \frac{1}{km}$$

Dada la longitud de la línea:




$$\gamma \cdot L = (0,0159 + j0,2713) \cdot 10^{-3} = 0,2717 \cdot 10^{-3} \angle 86,6^\circ$$

1.11.2.16 Potencia característica

La potencia característica de la línea es función de la tensión y de la impedancia característica a través de la siguiente expresión:

$$P_c = \frac{U^2}{Z_c}$$

Para los valores de la línea:

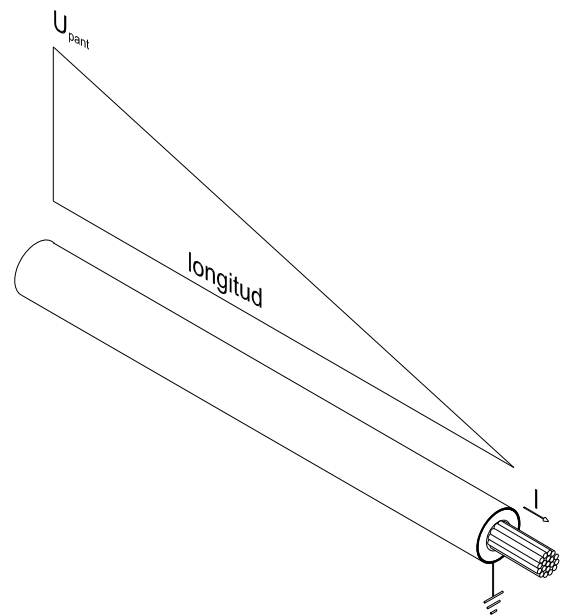
Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

$$P_c = \frac{U^2}{Z_c} = \frac{220^2}{46,48 - j2,72} = 1.037,79 + j60,83 \text{ MVA} = 1.039,57 \text{ MVA} \angle 3,4^\circ$$

1.11.2.17 Sobretensiones en las pantallas

Cuando se produce un paso de corriente alterna por el conductor se induce una fuerza electromotriz en la pantalla. Como la pantalla está puesta a tierra en un extremo a lo largo de su longitud se produce una tensión en el extremo aislado. Esta tensión es proporcional a la corriente y en el caso de corrientes elevadas o bien longitudes grandes puede tomar un valor considerable.

Además existe un cable equipotencial en el que también se induce fuerza electromotriz y como este está puesto a tierra en ambos extremos por él circulará corriente, que a su vez induce tensión en las pantallas. Si el cable equipotencial se encuentra a la misma distancia de los tres conductores en régimen permanente esa fuerza electromotriz se anularía. Pero como se encuentra en otra posición existe esa fuerza electromotriz y esa corriente por el cable equipotencial. Para resolver el sistema se plantean las ecuaciones según las matrices de impedancias calculadas con anterioridad.






Si se desprecia la corriente del cable equipotencial se puede escribir:

$$\begin{bmatrix} V_{s1} \\ V_{s2} \\ V_{s3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{cs1} & Z_{cs12} & Z_{cs13} \\ Z_{cs12} & Z_{cs2} & Z_{cs23} \\ Z_{cs13} & Z_{cs23} & Z_{cs3} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix}$$

La matriz entre conductores y pantallas dada la longitud de la línea es:

$$Z_{cs} = \begin{bmatrix} 0,0037 + j0,0473 & 0,0037 + j0,0378 & 0,0037 + j0,0378 \\ 0,0037 + j0,0378 & 0,0037 + j0,0473 & 0,0037 + j0,0378 \\ 0,0037 + j0,0378 & 0,0037 + j0,0378 & 0,0037 + j0,0473 \end{bmatrix} \Omega$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
		Fecha: JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.11.2.17.1 Régimen permanente

En régimen permanente el vector de corrientes utilizado es:

$$I_{perm} = \begin{vmatrix} 991,38 \\ -495,69 - j858,56 \\ -495,69 + j858,56 \end{vmatrix} A$$

Y por lo tanto la tensión en cada pantalla del cable despreciando la corriente que circula por el cable equipotencial es:

$$V_s = \begin{vmatrix} j9,46 \\ 8,2 - j4,73 \\ -8,2 - j4,73 \end{vmatrix} V$$

$$V_s = \begin{vmatrix} 9,46 \angle 90,0^\circ \\ 9,46 \angle -30,0^\circ \\ 9,46 \angle -150,0^\circ \end{vmatrix} V$$

Si no se desprecia la corriente que circula por el cable equipotencial, esta se puede calcular resolviendo la ecuación de la malla mediante la siguiente expresión:

$$I_e = |Z_{ce}| \cdot |I_c| \cdot |Z_e + R_1 + R_2|^{-1}$$

Obteniendo un valor:




$$I_e = |0,01 + j0,2| A$$

$$I_e = |0,2 \angle 87,1^\circ| A$$

Por lo tanto, las tensiones que aparecen en las pantallas teniendo en cuenta la corriente del cable equipotencial serán:

$$V_s = \begin{vmatrix} j9,47 \\ 8,19 - j4,73 \\ -8,2 - j4,73 \end{vmatrix} V$$

$$V_s = \begin{vmatrix} 9,47 \angle 90,0^\circ \\ 9,46 \angle -30,0^\circ \\ 9,47 \angle -150,0^\circ \end{vmatrix} V$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Obteniendo un valor máximo de tensión en la pantalla en régimen permanente de 9,47 V, inferior a 50 V establecido en la ITC-07 para el sistema de puesta a tierra, siendo no peligroso aunque exista un contacto directo.

1.11.2.17.2 Cortocircuito trifásico

En el caso de cortocircuito trifásico, la formulación anterior sigue siendo válida. Únicamente aplicar la corriente de cortocircuito trifásico en lugar de la permanente, que será también equilibrada con un valor de 10 kA.

$$I_{cc\,tri} = \begin{vmatrix} 10 \\ -5 - j8,66 \\ -5 + j8,66 \end{vmatrix} \text{ kA}$$

La corriente por el cable equipotencial será en este caso:

$$I_{e\,tri} = |0,1 + j2,01| \text{ A}$$

$$I_{e\,tri} = |2,01 \angle 87,1^\circ| \text{ A}$$

Por lo tanto, las tensiones que aparecen en las pantallas teniendo en cuenta la corriente del cable equipotencial serán:



$$V_s = \begin{vmatrix} j0,095 \\ 0,083 - j0,048 \\ -0,083 - j0,048 \end{vmatrix} \text{ kV}$$

$$V_s = \begin{vmatrix} 0,095 \angle 90,0^\circ \\ 0,095 \angle -30,0^\circ \\ 0,095 \angle -150,0^\circ \end{vmatrix} \text{ kV}$$

Se obtiene una tensión máxima en la pantalla del cable de 0,1 kV. Esta tensión es menor de 10 kV que soportan la cubierta del cable no existiendo peligro de perforación de la misma cuando se produce un cortocircuito trifásico.

1.11.2.17.3 Cortocircuito monofásico

Cuando existe un cortocircuito monofásico la corriente de cortocircuito circula por el conductor y retorna o bien por el cable equipotencial o bien por el terreno circundante (por

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

ejemplo si la falta se produce en una línea aérea sin cable de tierra) o bien por una combinación de ambos casos. La corriente de cortocircuito monofásica considerada es de 10 kA y el caso más desfavorable será que la fase en cortocircuito sea la más alejada del cable equipotencial.

La corriente que circula por los conductores será:

$$I_{cc_{mo}} = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \\ 10 \end{vmatrix} kA$$

La corriente por el cable equipotencial será en este caso:

$$I_{e_{mo}} = |-10|kA$$

Por lo tanto, las tensiones que aparecen en las pantallas teniendo en cuenta la corriente del cable equipotencial serán:

$$V_s = \begin{vmatrix} -j0,013 \\ -j0,032 \\ j0,106 \end{vmatrix} kV$$




$$V_s = \begin{vmatrix} 0,013 \angle -90,0^\circ \\ 0,032 \angle -90,0^\circ \\ 0,106 \angle 90,0^\circ \end{vmatrix} kV$$

Se obtiene una tensión máxima en la pantalla del cable de 0,11 kV. Esta tensión es menor de 10 kV que soportan la cubierta del cable no existiendo peligro de perforación de la misma cuando se produce un cortocircuito monofásico.

1.11.2.17.4 Descargadores

Los descargadores protegen la cubierta de las sobretensiones temporales de alta frecuencia que se producen durante los primeros instantes del cortocircuito. Durante el resto del cortocircuito estos deben permanecer abiertos ya que no son capaces de absorber la energía que se genera durante todo ese tiempo y existe peligro de explosión.

Por tanto los descargadores deben tener una tensión superior a 0,11 kV, la máxima entre la sobretensión de 0,1 kV que se produce con el cortocircuito trifásico y 0,11 kV que existirá durante el cortocircuito monofásico.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

Se utilizarán unos descargadores tipo RNL HC 1 del fabricante Tridelta con una clase 4 según IEC-60099-4. Estos descargadores tienen una tensión asignada de 0,8 kV y una corriente máxima de 10 kA.

1.11.2.18 Corriente máxima cortocircuito

La corriente máxima que puede circular por el cable XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265 en cortocircuito se calcula considerando la hipótesis de calentamiento adiabático suponiendo que todo el calor aportado en el cortocircuito hace aumentar la temperatura del conductor.

$$I_{cc} = K S \sqrt{\frac{\text{Ln}\left(\frac{\theta_{fin} + \beta}{\theta_{ini} + \beta}\right)}{t}}$$

Donde:




- K: es una constante que depende del material del conductor, en este caso Al.
- S: es la sección del conductor en mm².
- β: es una constante que depende del material del conductor
- θ_{fin} : es la temperatura final del cortocircuito del conductor °C
- θ_{ini} : es la temperatura inicial del cortocircuito del conductor °C
- t: es el tiempo de duración del cortocircuito

Para un tiempo de duración del cortocircuito de 0,5 s y una sección del conductor de 2.000 mm² de Al el resultado es:

$$I_{cc} = K S \sqrt{\frac{\text{Ln}\left(\frac{\theta_{fin} + \beta}{\theta_{ini} + \beta}\right)}{t}} = 148 \cdot 2.000 \sqrt{\frac{\text{Ln}\left(\frac{250 + 228}{90 + 228}\right)}{0,5}} = 267,24 \text{ kA}$$

A continuación se muestran los resultados en una tabla para los diferentes tiempos de duración del cortocircuito considerando una sección del conductor de 2.000 mm² de Al:

Tiempo (s)	0,10	0,25	0,50	0,70	1,00	1,50	2,00	3,00
I _{cc} (kA)	597,5 7	377,9 4	267,2 4	225,8 6	188,9 7	154,2 9	133,6 2	109,1 0

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.11.2.19 Corriente máxima cortocircuito no adiabático

Si se considera cortocircuito no adiabático, es decir que parte del calor generado por la corriente de cortocircuito se cede a las capas contiguas el valor de la corriente admisible por el cable es ligeramente superior.

Para el cálculo de esta situación se utiliza el valor de ϵ que según norma UNE-21.191.92 y para el conductor tiene la siguiente expresión:

$$\epsilon = \sqrt{1 + X \sqrt{\frac{t}{S}} + Y \frac{t}{S}}$$

Donde:

- t es el tiempo de duración del cortocircuito en segundos

- S es la sección del conductor, en este caso 2.000 mm²

Los factores X e Y dependen del material de conductor y del aislamiento. Para conductor de Al y aislamiento en XLPE toman los siguientes valores:

$$X = 0,57 \sqrt{\frac{\text{mm}^2}{s}}$$

$$Y = 0,16 \frac{\text{mm}^2}{s}$$




Por tanto:

$$\epsilon = \sqrt{1 + X \sqrt{\frac{t}{S}} + Y \frac{t}{S}} = \sqrt{1 + 0,57 \sqrt{\frac{0,5}{2.000}} + 0,16 \frac{0,5}{2.000}} = 1,00452$$

Dado el valor de ϵ la corriente de cortocircuito no adiabática será:

$$I_{NAD} = I_{cc} \cdot \epsilon = 267,24 \text{ kA} \cdot 1,00452 = 268,45 \text{ kA}$$

Para los distintos tiempos de cortocircuito obtenemos:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

Tiempo (s)	I Adiabática (kA)	ϵ	I No adiabática (kA)
0,1	597,57	1,00202	598,77
0,25	377,94	1,00319	379,14
0,5	267,24	1,00452	268,45
0,7	225,86	1,00535	227,07
1	188,97	1,00639	190,18
1,5	154,29	1,00783	155,50
2	133,62	1,00905	134,83
3	109,10	1,01110	110,31

1.11.2.20 Corriente máxima cortocircuito en la pantalla

La corriente máxima que puede circular por la pantalla del cable XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265 en cortocircuito se calcula considerando la hipótesis de calentamiento adiabático suponiendo que todo el calor aportado en el cortocircuito hace aumentar la temperatura de la pantalla.




$$I_{cc} = K S \sqrt{\frac{\text{Ln} \left(\frac{\theta_{fin} + \beta}{\theta_{ini} + \beta} \right)}{t}}$$

Donde:

- K: es una constante que depende del material de la pantalla, en este caso Cu.
- S: es la sección de la pantalla en mm².
- β : es una constante que depende del material de la pantalla
- θ_{fin} : es la temperatura final del cortocircuito de la pantalla °C
- θ_{ini} : es la temperatura inicial del cortocircuito de la pantalla °C
- t: es el tiempo de duración del cortocircuito

Para un tiempo de duración del cortocircuito de 0,5 s y una sección de la pantalla de 265 mm² de Cu el resultado es:

$$I_{cc} = K S \sqrt{\frac{\text{Ln} \left(\frac{\theta_{fin} + \beta}{\theta_{ini} + \beta} \right)}{t}} = 226 \cdot 265 \sqrt{\frac{\text{Ln} \left(\frac{180 + 234,5}{85 + 234,5} \right)}{0,5}} = 43,21 \text{ kA}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

A continuación se muestran los resultados en una tabla para los diferentes tiempos de duración del cortocircuito considerando una sección de la pantalla de 265 mm² de Cu:

Tiempo (s)	0,10	0,25	0,50	0,70	1,00	1,50	2,00	3,00
Icc (kA)	96,63	61,11	43,21	36,52	30,56	24,95	21,61	17,64

1.11.2.21 Corriente máxima cortocircuito no adiabático

Si se considera cortocircuito no adiabático, es decir que parte del calor generado por la corriente de cortocircuito se cede a las capas contiguas el valor de la corriente admisible por el cable es ligeramente superior.

Según norma UNE-21.191.92 para el cálculo del cortocircuito no adiabático en la pantalla se utiliza la siguiente expresión para obtener el valor de ϵ :

$$\epsilon_p = 1 + 0,61 M \sqrt{t} - 0,069 (M \sqrt{t})^2 + 0,0043 (M \sqrt{t})^3$$

Donde:

- t es el tiempo de duración del cortocircuito en segundos

El factor M tiene en cuenta los materiales adyacentes a la pantalla, el calor específico del material de la pantalla y su espesor según la siguiente expresión:

$$M = \frac{\sqrt{\frac{\sigma_2}{\rho_2}} + \sqrt{\frac{\sigma_3}{\rho_3}}}{2 \cdot \sigma_1 \cdot \delta} 0,7$$

- σ_2 es el calor específico volumétrico del aislamiento (XLPE) en J/m³K

- ρ_2 es el valor de la resistividad térmica del aislamiento en m·K/W para el XLPE




- σ_3 es el calor específico volumétrico de la cubierta exterior (DME1) en J/m³K

- ρ_3 es el valor de la resistividad térmica de la cubierta en m·K/W para el DME1

- σ_1 es el calor específico volumétrico de la pantalla de Cu en J/m³K

- δ es el espesor de la pantalla en metros para coherencia de unidades, en este cable este espesor se considera 0,79 mm

Por tanto:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

$$M = \frac{\sqrt{\frac{\sigma_2}{\rho_2}} + \sqrt{\frac{\sigma_3}{\rho_3}}}{2 \cdot \sigma_1 \cdot \delta} = \frac{\sqrt{\frac{2,40 \cdot 10^6}{3,50}} + \sqrt{\frac{2,00 \cdot 10^6}{3,50}}}{2 \cdot 3,45 \cdot 10^6 \cdot 0,00079} \cdot 0,7 = 0,2044$$

Y conocido el valor de M, el factor ϵ_p en la pantalla será:

$$\epsilon_p = 1 + 0,61 \cdot 0,2044 \sqrt{0,5} - 0,069 \left(0,2044 \sqrt{0,5}\right)^2 + 0,0043 \left(0,2044 \sqrt{0,5}\right)^3 = 1,08674$$

Dado el valor de ϵ la corriente de cortocircuito no adiabática será:

$$I_{NAD} = I_{cc} \cdot \epsilon = 43,21 \text{ kA} \cdot 1,08674 = 46,96 \text{ kA}$$




Para los distintos tiempos de cortocircuito obtenemos:

Tiempo (s)	I Adiabática (kA)	ϵ	I No adiabática (kA)
0,1	96,63	1,03914	100,41
0,25	61,11	1,06163	64,88
0,5	43,21	1,08674	46,96
0,7	36,52	1,10233	40,26
1	30,56	1,12185	34,28
1,5	24,95	1,14846	28,65
2	21,61	1,17068	25,29
3	17,64	1,20751	21,30

1.11.2.22 Corriente máxima cortocircuito del cable equipotencial

La corriente máxima que puede circular por el cable RV 0,6/1kV 400mm² CU en cortocircuito se calcula considerando la hipótesis de calentamiento adiabático suponiendo que todo el calor aportado en el cortocircuito hace aumentar la temperatura del cable equipotencial.

$$I_{cc} = K S \sqrt{\frac{\text{Ln} \left(\frac{\theta_{fin} + \beta}{\theta_{ini} + \beta} \right)}{t}}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Para un tiempo de duración del cortocircuito de 0,1 s y una sección del cable equipotencial de 400 mm² de Cu el resultado es:

$$I_{cc} = K S \sqrt{\frac{\text{Ln}\left(\frac{\theta_{fin} + \beta}{\theta_{ini} + \beta}\right)}{t}} = 226 \cdot 400 \sqrt{\frac{\text{Ln}\left(\frac{250 + 234,5}{90 + 234,5}\right)}{0,1}} = 180,99 \text{ kA}$$

A continuación se muestran los resultados en una tabla para los diferentes tiempos de duración del cortocircuito considerando una sección del cable equipotencial de 400 mm² de Cu:

Tiempo (s)	0,10	0,25	0,50	0,70	1,00	1,50	2,00	3,00
I _{cc} (kA)	180,9 9	114,4 7	80,94	68,41	57,23	46,73	40,47	33,04

1.11.2.23 Corriente máxima cortocircuito no adiabático

Si se considera cortocircuito no adiabático, es decir que parte del calor generado por la corriente de cortocircuito se cede a las capas contiguas el valor de la corriente admisible por el cable es ligeramente superior.

Para el cálculo de esta situación se utiliza el valor de ϵ que según norma UNE-21.191.92 y para el conductor tiene la siguiente expresión:

$$\epsilon = \sqrt{1 + X \sqrt{\frac{t}{S}} + Y \frac{t}{S}}$$



Donde:

- t es el tiempo de duración del cortocircuito en segundos

- S es la sección del conductor, en este caso 400 mm²

Los factores X e Y dependen del material de conductor y del aislamiento. Para conductor de Cu y aislamiento en XLPE toman los siguientes valores:

$$X = 0,41 \sqrt{\frac{\text{mm}^2}{s}}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$Y = 0,12 \frac{mm^2}{s}$$

Por tanto:

$$\varepsilon = \sqrt{1 + X \sqrt{\frac{t}{S}} + Y \frac{t}{S}} = \sqrt{1 + 0,41 \sqrt{\frac{0,5}{400}} + 0,12 \frac{0,5}{400}} = 1,00730$$

Dado el valor de ε la corriente de cortocircuito no adiabática será:

$$I_{NAD} = I_{cc} \cdot \varepsilon = 80,94 \text{ kA} \cdot 1,00730 = 81,53 \text{ kA}$$

Para los distintos tiempos de cortocircuito obtenemos:



Tiempo (s)	I Adiabática (kA)	ε	I No adiabática (kA)
0,1	180,99	1,00325	181,58
0,25	114,47	1,00515	115,06
0,5	80,94	1,00730	81,53
0,7	68,41	1,00864	69,00
1	57,23	1,01035	57,83
1,5	46,73	1,01270	47,32
2	40,47	1,01469	41,06
3	33,04	1,01804	33,64

1.11.2.24 Caída de tensión

Los cálculos de caída de tensión en el cable aislado se realizarán utilizando el modelo de línea corta y se determinará mediante la siguiente expresión:

$$\Delta U(\%) = P \cdot L \cdot \frac{(R_{\theta ca} + X_L \tan \varphi)}{U^2}$$

Dados los valores calculados con anterioridad y para una corriente máxima que circulará de 991,4 A, la potencia es 358.877,2 kW para un factor de potencia 0,95 la expresión para la caída de tensión es:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$\Delta U(\%) = \frac{358.877,21 \text{ kW} \cdot 0,08 \text{ km} (0,0195 + 0,1681 \cdot 0,3287) \frac{\Omega}{\text{km}}}{(220 \text{ kV})^2} = 0,0042\%$$

1.11.2.25 Pérdida de potencia

Los cálculos de pérdida de potencia activa se realizarán utilizando el modelo de línea corta y se determinarán mediante la siguiente expresión:

$$\Delta P = 3(I^2 \cdot R_{\theta ca} \cdot (1 + \lambda) + W_d) \cdot L$$

Dados los valores calculados con anterioridad, para una corriente máxima de 991,4 A y una longitud de 0,075 km, la expresión para las pérdidas de potencia es:

$$\Delta P = 3 \left((991,4 \text{ A})^2 \cdot 19,5 \cdot 10^{-6} \frac{\Omega}{\text{m}} 1,0479 + 1,25 \frac{\text{W}}{\text{m}} \right) \cdot 75 \text{ m} = 4.816 \text{ W} = 4,82 \text{ kW}$$

Las pérdidas de potencia como porcentaje de la potencia de transporte serán:

$$\Delta P(\%) = \frac{\Delta P}{\sqrt{3} U I \cos \varphi} = \frac{0,0048 \text{ MW}}{\sqrt{3} \cdot 220 \text{ kV} \cdot 991,4 \text{ A} \cdot 0,95} = \frac{0,0048 \text{ MW}}{358,9 \text{ MW}} = 0,001 \%$$

1.11.2.26 Campo eléctrico

Al tratarse de un cable aislado apantallado el campo eléctrico está confinado en el interior del cable, no existiendo campo eléctrico en el exterior producido por la instalación.




1.11.2.27 Campo magnético

El cálculo el campo magnético que genera la corriente I que circula por un conductor rectilíneo infinito en un punto "p" se puede calcular como:

$$\vec{B} = I \frac{\mu_0}{2 \pi D_{pq}}$$

Es un campo vectorial que tiene una dirección perpendicular a la recta que une punto y conductor.

Las ecuaciones del campo magnético en las dos direcciones de la línea son:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$B_x = -\frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{i=1}^n I_i \frac{y_p - y_i}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2}$$

$$B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \sum_{i=1}^n I_i \frac{x_p - x_i}{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2}$$

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2}$$

Se evalúa la línea con los conductores en su posición media y se calcula el campo magnético máximo que produce la línea. La posición de cada conductor se refleja en la siguiente tabla:




Posición X (m)	Posición Y (m)
-0,158	1,193
0,000	0,920
0,158	1,193

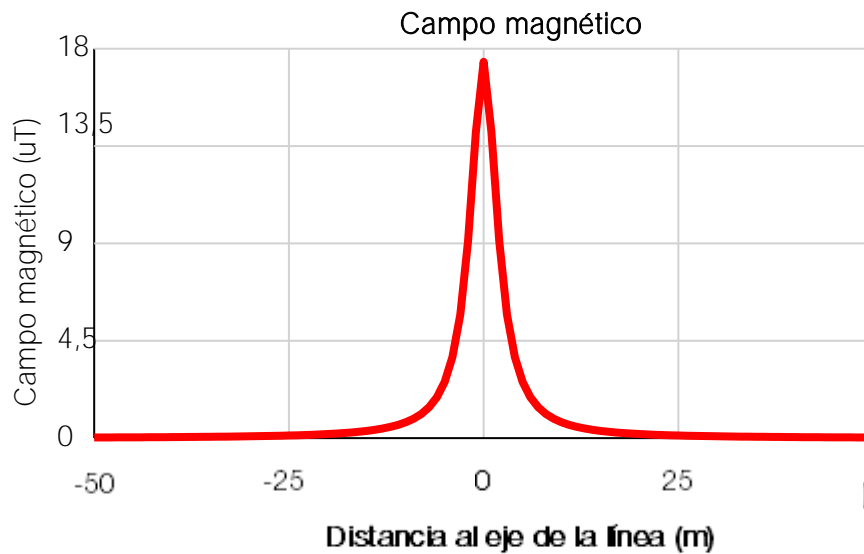
El valor complejo de la corriente que circula por cada conductor es:

$$I_{campo} = \begin{vmatrix} 991,38 \\ -495,69 - j858,56 \\ -495,69 + j858,56 \end{vmatrix} A$$

El valor máximo del campo magnético que se produce bajo la línea a 1 metros del suelo es de 17,40 μ T.

El campo magnético bajo la línea se muestra en la siguiente gráfica:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025	



1.11.3 Resumen de impedancias por tramos

En este apartado se calculan las impedancias y susceptancias de secuencia de la línea completa que se compone de 2 tramos.

Impedancias de secuencia directa e inversa:

$$Z_{1T} = Z_{1_1} + Z_{1_2}$$

$$Z_{1T} = (0,0517 + j0,4346) + (0,0015 + j0,0126) = 0,0532 + j0,4471\Omega$$

Impedancias de secuencia homopolar:

$$Z_{0T} = Z_{0_1} + Z_{0_2}$$

$$Z_{0T} = (0,2758 + j1,3345) + (0,0078 + j0,0427) = 0,2836 + j1,3772\Omega$$




Susceptancias de secuencia directa e inversa de la línea:

$$B_{1T} = B_{1_1} + B_{1_2}$$

$$B_{1T} = 202,81 + 5,84 = 208,64\mu S$$

Susceptancia homopolar de la línea al completo:

$$B_{0T} = B_{0_1} + B_{0_2}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$B_{0T} = 202,81 + 5,84 = 208,64\mu S$$

A continuación, se resumen los resultados en la siguiente tabla:

Secuencia directa	
Resistencia	0,0532
Reactancia inductiva	0,4471
Susceptancia	208,64
Secuencia homopolar	
Resistencia	0,2836
Reactancia inductiva	1,3772
Susceptancia	208,64




1.12 Prescripciones especiales

En ciertas situaciones, como cruzamientos y paralelismos con otras líneas o con vías de comunicación o sobre zonas urbanas, y con objeto de reducir la probabilidad de accidente, además de las consideraciones generales, deberán cumplirse las prescripciones especiales que se detallan en el presente apartado.




No será necesario adoptar disposiciones especiales en los cruces y paralelismos con cursos de agua no navegables, caminos de herradura, sendas, veredas, cañadas y cercados no edificados, salvo que estos últimos puedan exigir un aumento en la altura de los conductores.

Se cumplirá por tanto lo establecido en el punto 5.1 de la ITC-LAT-06 del actual Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión.

- Los cables subterráneos enterrados directamente en el terreno deberán cumplir los requisitos señalados en el presente apartado y las condiciones que pudieran imponer otros órganos competentes de la administración, como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cable subterráneos de A.T.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- Conforme a lo establecido en el artículo 162 del RD 1955/2000, de 1 de diciembre, para las líneas subterráneas se prohíbe la plantación de árboles y construcción de edificios e instalaciones industriales en la franja definida por la zanja donde van alojados los conductores incrementada a cada lado en una distancia de seguridad igual a la mitad de la anchura de la canalización. Estos requisitos no serán de aplicación a cables dispuestos en galerías. En dichos casos, la disposición de los cables se hará a criterio de la empresa que los explote, sin embargo, para establecer las intensidades admisibles en dichos cables, deberán aplicarse, cuando corresponda, los factores de corrección definidos en el capítulo 6 de la presente institución.
- Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (Cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena. En estos casos se prescindirá del diseño de zanja prescrito puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. La adopción de este sistema precisa, para la ubicación de la maquinaria, zonas amplias de despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.12.1 Calles y carreteras

Los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas en toda su longitud.

La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0,6 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

En las siguientes figuras se pueden observar diseños básicos del cruce con carretera según el punto 5.2.1 de la ITC-LAT-06.

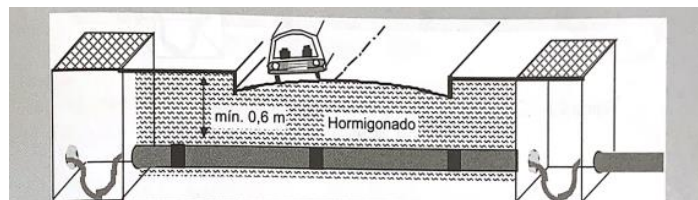


Figura 27. Cruzamiento de una canalización subterránea de alta tensión con una calle o carretera.

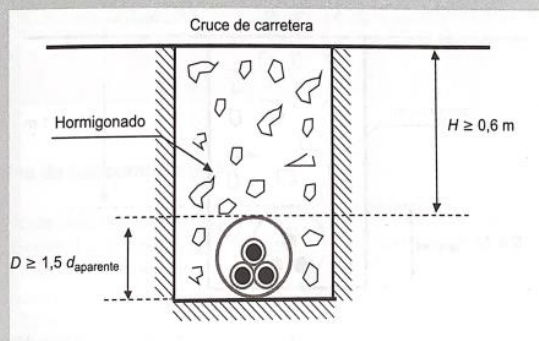





Figura 28. Diseño básico de zanja para el cruzamiento de una canalización subterránea de alta tensión con una calle o carretera.

1.12.2 Líneas eléctricas y de telecomunicación

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de alta tensión discurren por debajo de los de baja tensión.

La distancia mínima entre un cable de energía eléctrica de A.T. y otros cables de energía eléctrica será de 0,25 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1m. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

soporten un impacto de energía de 20 J si el diámetro exterior del tubo no es superior a 90 mm, 28 J si es superior a 90 mm y menor o igual a 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

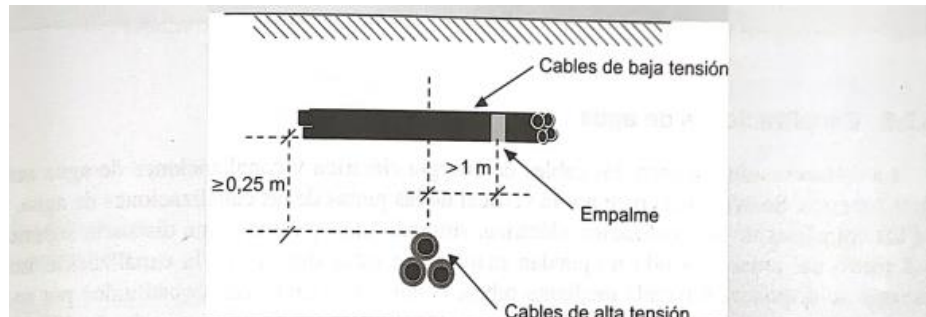


Figura 31. Detalle de las distancias mínimas en un cruce entre cables de alta y baja tensión.

Este apartado se aplica tanto a los cruces entre cables de alta tensión como a cables de alta que se cruzan con cables de baja tensión. No se permite que un empalme (ya sea en un cable de alta o de baja tensión) quede a una distancia menor de 1 m del punto de cruce.

En el caso de las líneas de telecomunicaciones la separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m.

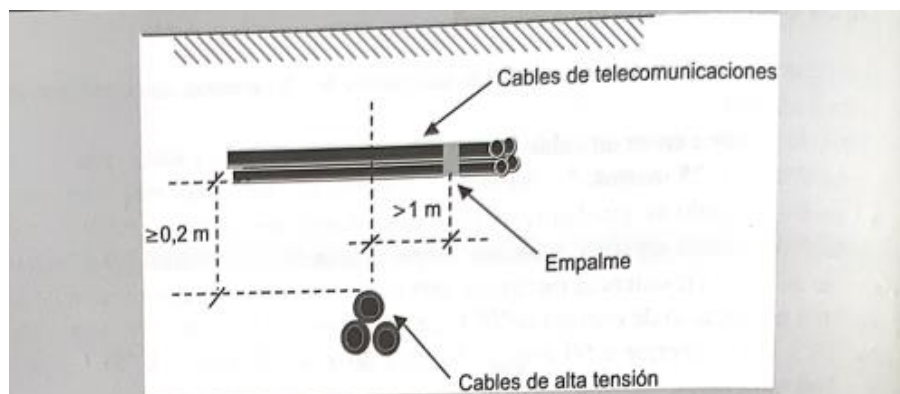





Figura 32. Detalle de las distancias mínimas en un cruce entre cables de alta tensión y de telecomunicación.

Para los cruces con canalización de agua se considerará la misma distancia de seguridad que en una línea de telecomunicaciones.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.12.3 Canalizaciones de gas

En los cruces de líneas subterráneas de A.T. con canalizaciones de gas deberá mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la tabla 3. Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias, podrá reducirse mediante colocación de una protección suplementaria, hasta los mínimos establecidos en dicha tabla 3. Esta protección suplementaria, a colocar entre servicios, estará constituida por materiales preferentemente cerámicos.

En los casos en que no se pueda cumplir con la distancia mínima establecida con protección suplementaria y se considerase necesaria reducir esta distancia, se podrá en conocimiento de la empresa propietaria de la conducción de gas, para que se indique las medidas a aplicar en cada caso.

Tabla 3. Distancias en cruzamientos con canalizaciones de gas




	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria	Distancia mínima (d) con protección suplementaria
Canalizaciones y acometidas	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤4 bar	0,40 m	0,25 m
Acometida interior*	En alta presión >4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤4 bar	0,20 m	0,10 m

1.12.4 Paralelismos entre líneas

Se entiende que existe paralelismo cuando las líneas siguen sensiblemente la misma dirección, aunque no sean rigurosamente paralelas.

Son de aplicación los requerimientos definidos en el artículo 5.3 del Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión ITC-LAT-06.




En cualquier caso, entre los conductores contiguos de las líneas paralelas no deberá existir una separación inferior a la prescrita en el apartado 5.3.1 de Reglamento considerando los valores de la línea de mayor tensión.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




1.12.5 Cruzamientos

A continuación, se detallan los cruzamientos que realiza la línea:




Nº Cruzamiento	Tipo de instalación	Tipo cruzamiento	Nombre	Organismo propietario	Coordenadas U.T.M.		Termino municipal
					X	Y	
1	Subt.	Cursos agua	Canal del Bajo Guadalquivir	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir	238.652	4.136.186	Dos Hermanas
2	Subt.	Enterrados	Gasoducto	Enagas	238.641	4.136.230	Dos Hermanas
3	Subt.	Cursos agua	Arroyo Vaguada	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir	238.601	4.136.786	Dos Hermanas
4	Subt.	Cursos agua	Arroyo Vaguada	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir	238.663	4.137.085	Dos Hermanas
5	Subt.	Carreteras	Carril Bici	Ayuntamiento de Dos Hermanas	238.712	4.137.198	Dos Hermanas
6	Subt.	Enterrados	Línea eléctrica subt LSMT	Endesa	238.717	4.137.202	Dos Hermanas
7	Subt.	Enterrados	Saneamiento	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)	238.719	4.137.204	Dos Hermanas
8	Subt.	Enterrados	Línea eléctrica subt LSMT	Endesa	238.734	4.137.233	Dos Hermanas
9	Subt.	Enterrados	Saneamiento	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)	238.736	4.137.239	Dos Hermanas
10	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Ayuntamiento de Dos Hermanas	238.736	4.137.240	Dos Hermanas

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




Nº Cruzamiento	Tipo de instalación	Tipo cruzamiento	Nombre	Organismo propietario	Coordenadas U.T.M.		Termino municipal
					X	Y	
11	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Ayuntamiento de Dos Hermanas	238.738	4.137.244	Dos Hermanas
12	Subt.	Enterrados	Saneamiento	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)	238.736	4.137.260	Dos Hermanas
13	Subt.	Vías pecuarias	Colada del vado de San Juan de los Teatinos	Delegación Territorial de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul en Sevilla de la Junta de Andalucía	238.729	4.137.283	Sevilla
14	Subt.	Enterrados	Línea eléctrica subt LSMT	Endesa	238.722	4.137.292	Sevilla
15	Subt.	Enterrados	Línea eléctrica subt LSMT	Endesa	238.721	4.137.292	Sevilla
16	Subt.	Enterrados	Línea eléctrica subt LSMT	Endesa	238.717	4.137.294	Sevilla
17	Subt.	Enterrados	Saneamiento	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)	238.712	4.137.298	Sevilla
18	Subt.	Enterrados	Desconocido	Indefinido	238.663	4.137.321	Sevilla
19	Subt.	Enterrados	Abastecimiento	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)	238.524	4.137.377	Sevilla
20	Subt.	Enterrados	Línea telecomunicaciones	Telefónica de España	238.520	4.137.379	Sevilla

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




Nº Cruzamiento	Tipo de instalación	Tipo cruzamiento	Nombre	Organismo propietario	Coordenadas U.T.M.		Termino municipal
					X	Y	
21	Subt.	Enterrados	Saneamiento	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)	238.492	4.137.390	Sevilla
22	Subt.	Enterrados	Saneamiento	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)	238.485	4.137.393	Sevilla
23	Subt.	Enterrados	Abastecimiento	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)	238.415	4.137.431	Sevilla
24	Subt.	Enterrados	Línea eléctrica subt LSMT	Endesa	238.415	4.137.432	Sevilla
25	Subt.	Enterrados	Línea eléctrica subt LSMT	Endesa	238.414	4.137.436	Sevilla
26	Subt.	Enterrados	Desconocido	Indefinido	238.412	4.137.444	Sevilla
27	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Ayuntamiento de Sevilla	238.412	4.137.444	Sevilla
28	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Ayuntamiento de Sevilla	238.411	4.137.446	Sevilla
29	Subt.	Enterrados	Línea eléctrica subt LSBT	Endesa	238.371	4.137.468	Sevilla
30	Subt.	Enterrados	Saneamiento	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)	238.371	4.137.468	Sevilla
31	Subt.	Enterrados	Saneamiento	Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)	238.355	4.137.474	Sevilla

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Nº Cruzamiento	Tipo de instalación	Tipo cruzamiento	Nombre	Organismo propietario	Coordenadas U.T.M.		Termino municipal
					X	Y	
32	Subt.	Enterrados	Desconocido	Indefinido	238.330	4.137.485	Sevilla
33	Subt.	Enterrados	Desconocido	Indefinido	238.319	4.137.499	Sevilla
34	Subt.	Enterrados	Desconocido	Indefinido	238.377	4.137.630	Sevilla
35	Subt.	Enterrados	Desconocido	Indefinido	238.394	4.137.661	Sevilla
36	Subt.	Carreteras	Vial asfaltado futura nave Guardia Civil	Guardia Civil	238.407	4.137.683	Sevilla
37	Subt.	Enterrados	Desconocido	Indefinido	238.417	4.137.699	Sevilla
38	Subt.	Enterrados	Línea eléctrica subt Futura LSAT 220 kV	Red Eléctrica de España	238.420	4.137.703	Sevilla
39	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Red Eléctrica de España	238.422	4.137.708	Sevilla
40	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Red Eléctrica de España	238.423	4.137.708	Sevilla
41	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Red Eléctrica de España	238.423	4.137.709	Sevilla
42	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Red Eléctrica de España	238.426	4.137.715	Sevilla
43	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Red Eléctrica de España	238.427	4.137.717	Sevilla
44	Subt.	Enterrados	Saneamiento	Red Eléctrica de España	238.428	4.137.718	Sevilla
45	Subt.	Enterrados	Desconocido	Red Eléctrica de España	238.432	4.137.727	Sevilla
46	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Red Eléctrica de España	238.447	4.137.753	Sevilla
47	Subt.	Líneas	Línea de Comunicaciones	Red Eléctrica de España	238.453	4.137.765	Sevilla
48	Subt.	Enterrados	CCTV	Red Eléctrica de España	238.457	4.137.773	Sevilla

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




Nº Cruzamiento	Tipo de instalación	Tipo cruzamiento	Nombre	Organismo propietario	Coordenadas U.T.M.		Termino municipal
					X	Y	
49	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Red Eléctrica de España	238.459	4.137.778	Sevilla
50	Subt.	Carreteras	Camino asfaltado Vial de acceso	Red Eléctrica de España	238.462	4.137.782	Sevilla
51	Subt.	Enterrados	CCTV	Red Eléctrica de España	238.470	4.137.793	Sevilla
52	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Red Eléctrica de España	238.471	4.137.793	Sevilla
53	Subt.	Enterrados	Alumbrado	Red Eléctrica de España	238.488,9	4.137.812,2	Sevilla
54	Subt.	Enterrados	CCTV	Red Eléctrica de España	238.489,2	4.137.812,7	Sevilla
55	Subt.	Enterrados	Saneamiento	Red Eléctrica de España	238.508	4.137.823	Sevilla
56	Subt.	Enterrados	Telecomunicaciones Línea de control	Red Eléctrica de España	238.514	4.137.820	Sevilla
57	Subt.	Enterrados	Telecomunicaciones Línea de control	Red Eléctrica de España	238.515	4.137.819	Sevilla
58	Subt.	Enterrados	Telecomunicaciones Línea de control	Red Eléctrica de España	238.516	4.137.818	Sevilla
59	Subt.	Líneas	Línea Eléctrica L66kV TRF2	Red Eléctrica de España	238.528	4.137.811	Sevilla
60	Subt.	Enterrados	Aceites	Red Eléctrica de España	238.531	4.137.801	Sevilla

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.12.6 Paralelismos

A continuación, se enumeran los paralelismos que tiene la línea con distintos servicios:

Nº Paralelismo	Tipo de instalación	Longitud (m)	Pk inicio	Pk final	Tipo	Nombre	Propietario	Coordenadas U.T.M.	
								X	Y
1	Subt	1.618,4	0+100	1+590	Autovia	Avenida de las Universidades	Ayuntamiento de Dos Hermanas	238.478,9	4.137.794,1
2	Subt	355,2	2+060	2+400	Línea eléctrica	Futura LSAT 220 kV	Red Eléctrica de España	238.478,9	4.137.794,1

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.12.7 Relación de Organismos afectados

A continuación, se enumeran los organismos afectados por la línea:

- Ayuntamiento de Dos Hermanas
- Ayuntamiento de Sevilla
- Confederación Hidrográfica del Guadalquivir
- Delegación Territorial de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul en Sevilla de la Junta de Andalucía
- Empresa Metropolitana de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla, S.A. (EMASESA)
- Enagas
- Endesa
- Guardia Civil - GR2
- Red Eléctrica de España
- Telefónica de España
- Delegación Territorial de Fomento, Articulación del Territorio, Urbanismo y Agenda Urbana de la Junta de Andalucía
- Ecologistas En Acción
- **Seo Birdlife Sociedad Española De Ornitología**

1.12.8 Relación de Ayuntamientos afectados




A continuación, se detallan los términos municipales afectados por la línea:

- Dos Hermanas
- Sevilla

1.12.9 Perforación de tipo: Hincas neumáticas

El procedimiento consiste en el empuje de tramos de tubería mediante el golpeo de un martillo percutor situado en su parte posterior.

Martillo y tubería se encuentran ambos perfectamente acoplados y deslizan sobre el terreno a través de unas guías situadas en dirección del ataque. El martillo recibe el impulso neu-

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

mático de un compresor, y se produce así, el desplazamiento de ambos elementos, forzando el hincado de la tubería en el terreno. El primer tramo de tubo está dotado de un aro de corte, que facilita la penetración del acero en el terreno.

1. Preparación del área de trabajo

- **Desbroce y nivelación** del terreno en las zonas de entrada y salida.
- **Ejecución de fosos de trabajo:** Excavación de las zanjas de **empuje (foso de ataque)** y **recepción** según las dimensiones del tubo a instalar y las características del suelo.
- **Colocación de guías y soportes:** Instalación de bancadas de soporte para el equipo de hincado y alineación de los tubos a hincar.

2. Proceso de hincado




- **Posicionamiento del primer tubo** en el foso de ataque.
- **Aplicación de fuerza de hincado** mediante un martinete neumático o sistema hidráulico.
- **Control de alineación y nivelación** para evitar desviaciones en la trayectoria.
- **Adición de secciones:** Una vez que el primer tramo se ha introducido, se sueldan o acoplan nuevas secciones de tubo y se continúa la hincado progresivamente.

4. Supervisión y corrección de desviaciones

- **Monitoreo continuo** de la presión de hincado y la resistencia del terreno.
- **Corrección de trayectorias** mediante ajustes en la inclinación o presión aplicada.
- **Inyección de lodos bentoníticos** si es necesario para reducir la fricción y estabilizar el suelo.

4. Finalización y acondicionamiento

- **Verificación del alineamiento** y del estado estructural del tubo instalado.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- Retiro de equipos y limpieza del área.
- Relleno y compactación de los fosos de ataque y recepción.
- Ensayos de integridad estructural si la instalación lo requiere (inspección CCTV, pruebas de estanqueidad, etc.).

Este procedimiento es utilizado principalmente para cruzar infraestructuras existentes (carreteras, vías férreas, ríos, etc.) sin necesidad de excavaciones abiertas, minimizando impactos ambientales y alteraciones en la superficie.

1.12.10 Señalización y balizamiento




Se establecerá la colocación de la señalización que sea suficientemente visible en ambos márgenes del cauce en cada cruce.

El contratista deberá establecer un sistema de señalización de seguridad a efectos de llamar la atención de forma rápida e inteligible sobre objetos y situaciones susceptibles de provocar peligros determinados, así como para indicar el emplazamiento de dispositivos y equipos que tengan importancia desde el punto de vista de seguridad.

La puesta en práctica del sistema de señalización no dispensará, en ningún caso, de la adopción de los medios de protección indicados en el presente documento. Se deberá informar a todos los trabajadores, de manera que tengan conocimiento del sistema de señalización establecido. En el sistema de señalización se adoptarán las exigencias reglamentarias para el caso, según la legislación vigente y nunca atendiendo a criterios caprichosos.


Aquellos elementos que no se ajusten a tales exigencias normativas no podrán ser utilizados en la obra. Aquellas señales que no cumplan con las disposiciones vigentes sobre señalización de los lugares de trabajo no podrán ser utilizadas en la obra.

El material constitutivo de las señales (paneles, conos de balizamiento, letreros, etc.) será capaz de resistir tanto las inclemencias del tiempo como las condiciones adversas de la obra. La fijación del sistema de señalización de la obra se realizará de modo que se mantenga en todo momento estable.




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

1.13 Conclusión

Considerando que en el presente proyecto se ofrecen los datos técnicos necesarios se solicita que se concedan las preceptivas autorizaciones para la ejecución de la línea eléctrica de alta tensión.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

2 MEMORIA TÉCNICA CENTRO DE MEDIDA

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

2.1 Antecedentes

Se plantea la construcción de un centro de medida y facturación en 220 kV, el cual realizará la medida principal de la evacuación proveniente de la subestación Nudo Quintos 220/30 kV.

2.2 Objetivo

El objetivo del presente documento es definir las características técnicas que se deben cumplir para el diseño, de los sistemas y equipos que se instalarán en el centro de medida de Nudo Quintos.

2.3 Emplazamiento

El centro de medida se ubicará en el término municipal de Sevilla (Sevilla), en la subestación Quintos, propiedad de REE.

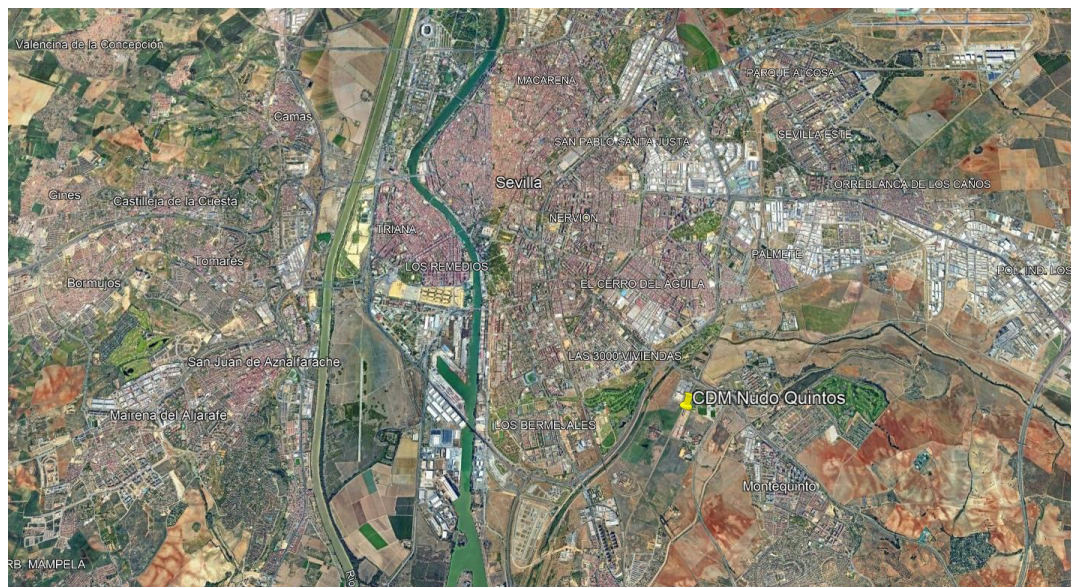


Figura 1. Situación CDM NUDO QUINTOS

Su ubicación se plantea en la siguiente parcela:

Tabla 1. Referencia catastral

Municipio	Referencia Catastral	Polígono	Parcela	Superficie (m ²)
Sevilla	41900A028000090000IB	28	9	40.000




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		



Figura 2. Situación parcela CDM NUDO QUINTOS



GOBIERNO DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA PRIMERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO DE HACIENDA

SECRETARÍA DE ESTADO DE HACIENDA

DIRECCIÓN GENERAL DEL CATASTRO

CONSULTA DESCRIPTIVA Y GRÁFICA DE DATOS CATASTRALES DE BIEN INMUEBLE

Referencia catastral: 41900A028000090000IB

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

Localización:
Polígono 28 Parcela 9
VILLANUEVA PITAMO. SEVILLA [SEVILLA]

Clase: URBANO
Uso principal: Industrial
Superficie construida: 16.810 m²
Año construcción: 2007

CONSTRUCCIÓN

Destino	Escala/Planta/Puerta	Superficie m ²
ALMACEN	1/00/01	224
ALMACEN	1/00/02	300
ALMACEN	1/00/03	150
INDUSTRIAL	1/00/05	36
INDUSTRIAL	1/00/06	36
INDUSTRIAL	1/00/07	36
OBR URB INT	1/00/10	3.360
ALMACEN	1/00/10	156
OBR URB INT	1/00/11	12.512

PARCELA




Superficie gráfica: 40.000 m²
Participación del inmueble: 100,00 %
Tipo: Parcela construida sin división horizontal



Escala: 1/5000

Este documento no es una certificación catastral, pero sus datos pueden ser verificados a través del "Acceso a datos catastrales no protegidos de la SEC"

Figura 3. Información Catastral parcela CDM NUDO QUINTOS

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

El área aproximada del CDM NUDO QUINTOS es de 501,6 m² (20,9 x 24 m), Las coordenadas de los vértices del vallado perimetral del centro de medida se muestran a continuación:

Tabla 2. Coordenadas vallado.

Coordenadas UTM ETRS89 – Huso 30 N		
Vértice	X	Y
V-01	238.477,31	4.137.817,87
V-02	238.495,58	4.137.807,73
V-03	238.483,93	4.137.786,75
V-04	238.465,66	4.137.796,89




2.4 Normativa de aplicación

2.4.1 Normativa referente a seguridad y salud




- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1.997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- 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.

2.4.2 Normativa referente a ámbito eléctrico




- Real Decreto 413/2014 de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables.
- LEY 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- REAL DECRETO 1955/2000, de 1 de diciembre, Regula las actividades del transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Decreto 80/2007, modificado por el Decreto 34/2017, por el que se regulan los procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica a tramitar por la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha y su régimen de revisión e inspección
- REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de energía eléctrica en régimen especial.
- Resolución de 23 de febrero de 2005, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se establecen normas complementarias para la conexión de determinadas instalaciones generadoras de energía eléctrica en régimen especial y agrupaciones de las mismas a las redes de distribución en baja tensión.
- Instrucción de 21 de enero de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre el procedimiento de puesta en servicio de las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y Regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- REAL DECRETO 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- REAL DECRETO 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- ORDEN ITC/688/2011, de 30 de marzo, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de abril de 2011 y determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.
- ORDEN ITC/2585/2011, de 29 de septiembre, por la que se revisan los peajes de acceso, se establecen los precios de los peajes de acceso súper valle y se actualizan determinadas tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial, a partir de 1 de octubre de 2011.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- REAL DECRETO 198/2010, de 26 de febrero, por el que se adaptan determinadas disposiciones relativas al sector eléctrico a lo dispuesto en la Ley 25/2009, de modificación de diversas leyes para su adaptación a la ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio.
- REAL DECRETO 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- REAL DECRETO-LEY 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.
- REAL DECRETO 485/2009, de 3 de abril, por el que se regula la puesta en marcha del suministro de último recurso en el sector de la energía eléctrica.
- REAL DECRETO-LEY 6/2009, de 30 de abril, donde se establece un registro de pre-asignación de retribución para las instalaciones del régimen especial, dependiente del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. La inscripción en el Registro de preasignación de retribución será condición necesaria para el otorgamiento del derecho al régimen económico establecido en el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.
- REAL DECRETO 1011/2009, de 19 de junio, por el que se regula la Oficina de Cambios de Suministrador. En la citada norma se ha producido una modificación del Real Decreto 1578/2008 que regula la producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica. Según esta modificación, el límite que existía para inscribir proyectos o instalaciones de tipo I (instalaciones sobre tejado), se amplía de los 2 MW fijados hasta 10 MW. Por otra parte, en el citado Real Decreto, se fija como nueva fecha de comienzo de las liquidaciones de prima equivalente de régimen especial por parte de la CNE el día 1 de noviembre de 2009.
- Circular 4/2009, de 9 de julio, de la Comisión Nacional de Energía, que regula la solicitud de información y los procedimientos para implantar el sistema de liquidación de las primas equivalentes, las primas, los incentivos y los complementos a las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- REAL DECRETO 223/2008 por el que se aprueba el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-LAT.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

- REAL DECRETO 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- REAL DECRETO-LEY 7/2006, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes en el sector energético.
- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión, e instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 á BT 51.

2.4.3 Normativa referente a instalaciones




- REAL DECRETO 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (BOE 6 de noviembre de 1999).
- Código Técnico de Edificación y Documentos Básicos para su cumplimiento
- NTE-IEP. Norma tecnológica del 24-03-73, para Instalaciones Eléctricas de Puesta a Tierra.

2.4.4 Normativa referente a obra civil

Serán aplicables las normas que se enumeran a continuación. Cualquier cambio de nomenclatura respecto de las normas aquí enumeradas, no afectará la obligatoriedad de ellas. Si una pierde su vigencia, se estimará válida aquella que la reemplaza.

En caso de discrepancia entre las normas aplicables, prevalecerá siempre la más restrictiva.




- EHE: Instrucción de Hormigón Estructural
- EAE: Instrucción de Acero Estructural
- NCSE-02: Norma de Construcción sismorresistente
- CTE DB-SE: Documento Básico SE Seguridad Estructural
- CTE DB-SE-AE: Documento Básico SE-AE Acciones en Edificación
- CTE DB-SE-C: Documento Básico SE-C Cimientos

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para “Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)” y para “Obras de Conservación de Carreteras (PG-4)”.
- 6.1-IC Secciones de Firme de la Instrucción de Carreteras
- R.L.A.T. Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión
- RC-16 Instrucción para la Recepción de Cementos
- RD 223/2008, de 15 de febrero ITC-LAT 01 a 09.
- RD 560/2010, de 7 de mayo y enmienda RD 560/2010, de 7 de mayo
- RD 337/2014, de 9 de mayo, e instrucciones técnicas complementarias ITC-RAT 01 a 23 (BOE 9.06.14)
- 5.2-IC Drenaje Superficial (Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero).

Como normas consultivas:

- Eurocódigo 0: Bases de Diseño Estructural (EN 1990)
- Eurocódigo 1: Acciones sobre las Estructuras (EN 1991)
- Eurocódigo 2: Diseño de Estructuras de Hormigón (EN 1992)
- Eurocódigo 3: Diseño de Estructuras de Acero (EN 1993)
- Eurocódigo 7: Diseño Geotécnico (EN 1997)
- Eurocódigo 8: Diseño Sísmico de Estructuras (EN 1998)
- Guía Cimentaciones en obras de Carretera
- UNE-EN 50341-1 Líneas eléctricas aéreas de más de 45kV en corriente alterna
- ASCE 10-15 Design of Latticed Steel Transmission Structures
- Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Normas ASTM y Normas NLT.
- Normas Tecnológicas de la Edificación (NTE).
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales, de 10 de noviembre de 1995.
- 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.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en obras de construcción.
- Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura.
- Normas Urbanísticas aplicables en el término municipal correspondiente.
- Cualquier otra norma que se publique durante la ejecución de los trabajos y que le afecte a ellos, tanto si es de ámbito Local como Autonómico o Nacional.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

2.5 Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales que considerar para el diseño del equipo solicitado serán las siguientes:




Instalación	Exterior
Clase de servicio.....	Continuo
Altura sobre el nivel del mar [m]	14
Temperatura media [°C]	+19,2
Temperatura media máxima [°C]	+39,4
Temperatura media mínima [°C]	+1,0
Nivel de corrosión ambiental	C3
Nivel de contaminación	Alto
Línea de fuga específica [mm/kVff]	25
Velocidad máxima del viento [km/h].....	120
Coeficiente sísmico (aceleración sísmica) [g]	0,10

Las vibraciones y fuerzas provocadas por causas externas a los equipos o por movimientos sísmicos, se tendrán en cuenta, por lo que el suministrador deberá prever en su diseño dispositivos de montaje y fijación para las mismas que permita cierta intercambiabilidad entre modelos de distintas características mecánicas.

2.6 Características eléctricas

SISTEMA 220 kV

Tensión nominal [kV]	220
Tensión máxima del sistema [kV]	245
Tensión soportada a la frecuencia industrial (50 Hz, 1 min) [kV]	460
Tensión soportada al impulso tipo rayo (1,2/50 μ s) [kV].....	1.050
Máxima intensidad de cortocircuito [kA]:.....	40

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Línea de fuga específica [mm/kV] 25

Línea de fuga mínima entre fase y tierra [mm]: 6.125

Distancia mínima de arqueo entre fase y tierra [mm]: 2.100

Neutro: Rígido a tierra, en Y

Nivel de contaminación ambiental (IEC 60815)..... Alto

Frecuencia [Hz]..... 50

2.7 Descripción general de las instalaciones

2.7.1 Niveles de aislamiento




Los niveles de aislamiento que se han adoptado para el Centro de Medida se han tomado de acuerdo con el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y su instrucción técnica complementaria ITC-RAT 12, correspondientes a materiales del nivel de tensión de 220 kV. Los niveles indicados son los siguientes:

- En 220 kV, que corresponde a un valor normalizado de tensión más elevada del material (tensión máxima del sistema) de 245 kV, se adopta el nivel de aislamiento nominal máximo, que soporta 1050 kV de cresta a impulso tipo rayo y 460 kV eficaces a la frecuencia industrial durante un minuto.

Las instalaciones proyectadas tendrán los siguientes parámetros de diseño:

Tabla 3. Parámetros básicos de diseño subestación

Centro de Medida	AT
Tensión nominal	220 kV
Tensión más elevada para el material	245 kV
Frecuencia nominal	50 HZ
Nivel de aislamiento:	
Tensión soportada a impulsos tipo rayo (valor de cresta)	1.050 kV
Tensión soportada a impulso tipo Maniobra (valor cresta)	---

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Centro de Medida	AT
Tensión soportada a la Frecuencia Industrial (valor eficaz)	460 kV
Conexión del neutro del transformador	Rígido a tierra
Intensidad nominal de la armadura	2.000 A
Intensidad máxima de defecto trifásico 1s	40 kA
Altitud	14 msnm

2.7.2 Distancias mínimas

El vigente “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión” en la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 12, especifica las normas a seguir para la fijación de las distancias mínimas a puntos en tensión.

La instalación se situará a una altitud menor 1.000 metros, por lo que en la siguiente tabla se muestran las distancias mínimas a los puntos de tensión.

Tabla 4. Niveles de aislamiento




Tensión nominal (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra (mm)	Distancia mínima de aislamiento en aire entre fases (mm)
220	1.050	2.100	2.100

La distancia mínima entre fases es de 210 cm. Las distancias adoptadas en el sistema de 220 kV son, entre ejes de fases, de 350 cm, superiores a las mínimas exigidas. El embarcado de 220 kV se situará a 6 m de altura como mínimo.

2.7.2.1 Sistema de 220 kV

Distancias en pasillos de servicio

Atendiendo a la instrucción ITC-RAT 15, apartado 4.1.2 los elementos en tensión no protegidos que se encuentran sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima “H” sobre el suelo, medida en centímetros, igual a:

Propiedad:	 	Ingeniería:		Rev.:	02	V02
				Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001			MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

$$H = 250 + d$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación y que, en este caso, corresponde 210 cm. Por lo tanto:

$$H = 250 + 210 = 460 \text{ cm}$$

Altura inferior a los 4,8 m de altura mínima sobre el suelo a la que se sitúan los sistemas en tensión no protegidos.

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

Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación.

Los sistemas de protección que deban establecerse guardarán unas distancias mínimas medidas en horizontal a los elementos en tensión que se respetarán en toda zona comprendida entre el suelo y una altura de 200 cm que, según el sistema de protección elegido y expresadas en centímetros, serán:

De los elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima:

$$B = d + 3$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación y que, en este caso, corresponde a 210 cm. Por lo tanto:




$$B = 210 + 3 = 213 \text{ cm}$$

De los elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima:

$$C = d + 10$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación y que, en este caso, corresponde a 210 cm. Por lo tanto:

$$C = 210 + 10 = 220 \text{ cm}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

De los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo (paredes macizas, enrejados, barreras, etc.) con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm:

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

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación y que, en este caso, corresponde a 210 cm. Por lo tanto:

$$E = 210 + 30 = 240 \text{ cm}$$

Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación.

Para evitar los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deberán existir entre éstos y el cierre las distancias mínimas de seguridad, medidas en horizontal y en centímetros, de los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura $k \geq 220$ cm:

$$G = d + 150$$




Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación y que, en este caso, corresponde a 210 cm. Por lo tanto:

$$G = 210 + 150 = 360 \text{ cm}$$

2.7.3 Disposición del Centro de Medida

El Centro de Medida de la SET Nudo Quintos 220/30 kV estará formado por un sistema de 220 kV en intemperie, siendo las características generales conforme a lo indicado en los siguientes apartados. Comprenderá:

- Un edificio de control y medición donde se alojarán los equipos auxiliares, de control, medida, protección, corriente continua, etc.
- Una posición de paso de línea de 220 kV equipadas con los elementos de maniobra, medida y protección.
- Sistema de Servicios Auxiliares.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- Sistema de comunicaciones en tiempo real mediante fibra óptica, para el telemando y las protecciones comunicadas.
- Sistemas de protección contra incendios y de detección de intrusos.
- Instalaciones auxiliares.

La configuración y disposición general de la instalación queda reflejada en los planos: esquema unifilar simplificado, planta y sección generales del Documento 2. Planos.

Sistema de 220 kV

El Centro de Medida dispondrá para el parque de 220 kV, con una posición de paso de línea.

Esta posición de paso de línea estará dotada de:

Tabla 5. Equipos Centro de Medida 220 kV

Cantidad	Descripción equipos de Centro de Medida 220 kV
3	Transformadores de intensidad para medida
3	Transformadores de tensión para medida
1	Transformador de tensión PVT para SSAA
6	Autoválvulas
6	Botella terminal




2.8 Descripción general de las instalaciones

2.8.1 Transformador de tensión 220 kV

Se dispondrá de seis (3) transformadores de tensión, tipo inductivo, para medida con las siguientes características:

Tabla 6. Características transformador de tensión 220 kV

Característica	Valor
Cantidad	3
Tensión nominal	220 kV

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Característica	Valor
Tensión más elevada para el material	245 kV
Relación de Transformación	$220:\sqrt{3} / 0,110:\sqrt{3} - 0,110:\sqrt{3} - 0,110: \sqrt{3} \text{ kV}$
Potencias y clases de precisión:	
Número devanados secundarios	3
Secundarios para medida	10 VA cl 0,2

2.8.2 Transformador de tensión 220 kV para SSAA

Se dispondrá de un (1) transformador de tensión, tipo inductivo, para alimentar los servicios auxiliares de la SET, con las siguientes características:

Tabla 7. Características transformador de tensión PVT para SSAA

Característica	Valor
Cantidad	1
Tensión nominal	220 kV
Tensión más elevada para el material	245 kV
Relación de Transformación	$220:\sqrt{3} / 0,230 \text{ kV}$
Potencias y clases de precisión:	
Número devanados secundarios	1
Arrollamiento de la potencia	30 kVA

2.8.3 Transformador de intensidad 220 kV

Se dispondrá de tres (3) unidades de transformadores de intensidad para medida. Tendrán las siguientes características:




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Tabla 8. Características transformador de intensidad 220 kV




Característica	Valor
Cantidad	3
Tensión nominal	220 kV
Tensión más elevada para el material	245 kV
Relación de Transformación	600 - 1200 / 5A
Potencias y clases de precisión	
Número devanados secundarios	1
Secundarios para medida y protección	10 VA cl 0,2s

2.8.4 Autoválvulas 220 kV

Se dispondrá de seis (6) unidades de autoválvulas, para la protección de entrada y salida de línea, de las siguientes características:

Tabla 9. Características autoválvulas 220 kV

Característica	Valor
Cantidad	6
Tensión nominal del sistema	220 kV
Frecuencia	50 HZ
Tensión de operación continua de la autoválvula	154 kV
Tensión nominal de la autoválvula (10 s)	192 kV
Intensidad de descarga nominal (onda 8/20 μ s)	10 kA
Clase de descarga	3

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

2.8.5 Conexiones en 220 kV

Las conexiones entre equipos de 220 kV se realizarán con dos conductores por fase de cable desnudo de aluminio-acero LA-280.

2.8.6 Piezas de conexión

Con el fin de absorber las variaciones de longitud que se produzcan en los embarrados por el efecto de cambio de temperaturas, se instalarán piezas de conexión elásticas, en los puntos más convenientes, que permitan la dilatación de los tubos sin producir esfuerzos perjudiciales en las bornas del aparellaje.

Las uniones entre bornas de aparellaje y conductores, así como en las derivaciones de los embarrados, se realizarán mediante piezas de aleación de aluminio, de geometría adecuada y diseñadas para soportar las intensidades permanentes y de corta duración previstas sin que existan calentamientos localizados. Su tornillería será de acero inoxidable y quedará embutida en la pieza para evitar altos gradientes de tensión.

2.8.7 Edificio de control

Se plantea la construcción de un único edificio en el que se incluirán las distintas salas necesarias para el Centro de Medida de la SET Nudo Quintos 220/30 kV zonas:

- Sala de control




En la sala de control se ubicarán los cuadros y armarios correspondientes para garantizar el suministro de energía eléctrica en corriente continua y alterna de los dispositivos de control, mando y comunicaciones. Se alojarán los equipos rectificadores-cargadores de baterías de 125 Vcc necesarios para el suministro de corriente continua.

- Sala de medida

En la sala de medida se ubicarán los equipos de medida principal de la evacuación de la línea de salida de la SET Nudo Quintos

Se resume a continuación los armarios previstos en cada una de las salas:

Tabla 10. Cuadros y armarios edificio

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

CUADROS Y ARMARIOS EDIFICIO BENBROS	
UBICACIÓN	EQUIPO-ARMARIO
Sala de control y SSAA	Cuadro de Alumbrado y Fuerza 230 Vca
	Armario Rectificador-Cargador Baterías 125 Vcc
	Cuadro principal de servicios auxiliares corriente continua 125 Vcc
	Cuadro principal de servicios auxiliares corriente alterna 400/230 Vca
	Cuadro del sistema PCI
	Cuadro Antiintrusismo
Sala de medida	Cuadro de medida – Línea de evacuación SET Nudo Quintos

2.8.8 Sistema de medida local




La medida de cada una de las posiciones de la subestación se recibirá a través de los transformadores de medida bien de forma directa o a través de los convertidores de medida.

Además, existirá una Unidad de Medida que se encargará de obtener las medidas de tensión corriente, potencia activa, potencia reactiva y frecuencia de la posición 220 kV, para enviárselas al SCADA.

2.8.9 Sistema de comunicaciones

El sistema de comunicaciones deberá permitir el mando y la monitorización en remoto de la subestación, así como realizar las tareas de telemando, telegestión y telemedida desde el Centro de Control de Redes de la compañía gestora de la Red.

En la sala de control del edificio se encontrarán ubicados los equipos (router, racks de fibra óptica, patch panels, etc.) de Telecomunicaciones que se utilizarán para proporcionar los




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

servicios de telecomunicaciones requeridos para el correcto funcionamiento de la subestación.

El principal equipo es el router que estará instalado en el correspondiente armario y que permite comunicar los distintos sistemas que se encuentran en la subestación (sistema de control y protección, sistema de medida fiscal, comunicaciones a través de los cables OPGW de las líneas, etc), con la red externa a la subestación que a su vez permite su comunicación con el Centro de Control de Redes de la compañía gestora de la Red.

Las necesidades de servicios de telecomunicación serán entre otras:

- Los canales de comunicación para las protecciones de línea. Se utilizarán enlaces por fibra óptica monomodo tanto para las protecciones primarias como para las secundarias en las posiciones de línea, para que sea posible la realización de las funciones de protección diferencial de línea, teleprotección y teledisparo.
- Gestión de protecciones y equipos. Se utilizará una infraestructura basada en fibra óptica multimodo para gestionar las protecciones (carga de ajustes, recogida de eventos y oscilos, etc), y de otros equipos como los rectificadores-batería, reguladores de tensión, etc, de desde el puesto de operador, desde el sistema de control o desde el Despacho del Centro de Control.
- Gestión del sistema de control. Se utilizará la misma infraestructura basada en fibra óptica multimodo del servicio anterior, para comunicar los distintos equipos que forman el sistema de control y protección (UCS, UCP, protecciones, switches, etc) y que permiten supervisar el estado de la subestación a través de la visualización de unifilares con el estado de la aparamenta, y acceder a listados de alarmas y de eventos, desde la propia subestación o desde el Despacho del Centro de Control.
- Sistema de gestión de los equipos de medida fiscal. Se utilizará la red telefónica conmutada, la red GSM o la red GPRS, para acceder a los equipos de medida fiscal y obtener de ellos la información necesaria para la facturación de la energía. El acceso a estos equipos de medida puede hacerse también a través de una red ethernet que comunicaría con el router, siendo así accesible desde el despacho, a través de una red segura.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Para satisfacer todos estos servicios se dispondrá principalmente de:

Red de fibra óptica monomodo:

A la llegada de línea de 220 kV llegarán los cables de Fibra Óptica monomodo OPGW que acompañan a la misma. En el punto de llegada se instalarán las correspondientes cajas de empalme para permitir la transición del cable OPGW a cable dieléctrico monomodo. Desde las cajas se tenderán cables dieléctricos hasta el armario repartidor tipo rack de fibra óptica, donde se instalarán los correspondientes repartidores, en el edificio de control de la subestación.

Red de fibra óptica multimodo:

Se dispondrá de una red radial entre los equipos y los switches y de una red en anillo entre los propios switches.

Se instalará un rack de comunicaciones exclusivo para la recepción de las comunicaciones de los IEDs de las celdas, a través de un switch.

2.8.10 Servicios auxiliares




Los servicios auxiliares distribuirán la energía necesaria al aparellaje y a los equipos instalados en el Centro de Medida, con la calidad de servicio y seguridad para un funcionamiento óptimo. Estarán compuestos por:

- Servicios Auxiliares de Corriente Alterna con tensión nominal de 230 Vca, 50 Hz.
- Servicios Auxiliares de Corriente Continua con tensión nominal de 125 Vcc.

El Centro de Medida se encontrará equipada con la siguiente infraestructura:

- Transformador de tensión para servicios auxiliares PVT.
- Armario general de Corriente Alterna 230 Vca.
- Armario de Corriente Continua 125 Vcc
- Rectificador, cargador y baterías de corriente continua 125 Vcc.

Estos servicios alimentarán a los siguientes equipos:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- Aparamenta 220 kV (resistencias de caldeo, iluminación, protección en armarios intemperie)
- Equipos de Mando y Control.
- Sistemas de señalización y alarma.
- Equipos de telecontrol.
- Sistemas de comunicaciones.
- Alumbrado y fuerza de la instalación (Edificio y Exterior).
- Climatización.
- Elementos auxiliares y otros (Puerta de acceso).
- Herramientas y útiles en general.

2.8.10.1 Servicios auxiliares de corriente alterna

Para garantizar los servicios auxiliares de corriente alterna se instalará un transformador de tensión para servicios auxiliares conectados al embarrado general de servicios auxiliares.




Transformador de tensión para servicios auxiliares (PVT)

Los servicios auxiliares del Centro de Medida se alimentarán a través de un transformador de Tensión "PVT" (Fuente Principal) con capacidad de 30 kVA. Del secundario del transformador y mediante cables aislados 0,6/1 kV de sección apropiada, se alimentará, en baja tensión, el armario general de distribución de corriente, ubicado en el edificio.

2.8.10.2 Servicios auxiliares de corriente continua

Desde el cuadro principal de Corriente Alterna se alimentará al equipo rectificador-batería que constituye la fuente autónoma que da seguridad funcional al centro de medida.

El cuadro principal de Corriente Continua de 125 Vcc, estará formado por un juego de barra con acoplamiento que estará alimentado, en condiciones normales, desde su correspondiente equipo rectificador-batería de 125 Vcc. Este cuadro dará, entre otros, servicio a las alimentaciones necesarias de control y de maniobra.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Se realizará el diseño para un (1) banco de baterías de 125 Vcc (Ni-Cd) con su respectivo cargador de baterías estático de tensión nominal de entrada 400 Vca, 50 Hz y tensión nominal de salida 125 Vcc. El conjunto cargador-batería se alojará en el interior de un armario metálico.

2.8.11 Red de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra del Centro de Medida se dividirá en:




- Red de tierras inferior, compuesta por un mallado de conductores desnudos de cobre formando retículas lo más uniformes posible y que estarán unidas mediante soldaduras aluminotérmicas.
- Red de tierras superior, compuesta por un PDC (pararrayos de dispositivo de cebado) de forma que se garantice la protección de la instalación frente a descargas atmosféricas.
- Tierra de estructuras y equipos, que garantiza la perfecta unión a tierra de estos elementos. Todas las partes metálicas de los nuevos soportes y aparellaje irán conectadas a la malla de tierra subterránea con cable de cobre desnudo mediante terminales apropiados o soldaduras aluminotérmicas si fuese necesario.
- Tierra de cerramiento, para garantizar el contacto a tierra del mismo.
- En caso de necesidad se instalarán picas profundas.

2.8.11.1 Red de tierras inferiores

La red de tierras del Centro de Medida, ubicado dentro de la subestación Quintos, deberá conectarse a la malla de tierras existente en dicha subestación. La malla será extendida hasta el área donde se instalará el recinto de medida, y se repararán todos los cables de tierra que sufran daños durante la ejecución de los trabajos.

2.8.11.2 Red de tierras superior

Con el objeto de proteger los equipos del Centro de Medida contra descargas atmosféricas directas, se deberá comprobar la red de tierras superior de la subestación Quintos actualmente instalada.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

2.9 Descripción general civil

2.9.1 Obra civil

La ejecución del Centro de Medida requiere la realización de los trabajos de obra civil siguientes:




- Movimiento de tierras incluyendo la adecuación del terreno, explanaciones y rellenos necesarios hasta dejar a cota la plataforma sobre la que se construirá la subestación. La terminación con grava a N.A.G. para garantizar tensiones en paso en el terreno.
- Ejecución de viales de acceso y de viales interiores de la subestación.
- Urbanización del terreno incluida la capa de grava superficial.
- Construcción de un edificio para albergar los equipos de control, protección y comunicaciones y los servicios auxiliares de CA y CC.
- Cimentaciones de aparamenta.
- Arquetas y canalizaciones para el paso de cables.
- Cierre perimetral, puerta de acceso y señalización.

Se detallan a continuación algunos aspectos relevantes de la obra civil del Centro de Medida.

2.9.2 Movimiento de tierras

La plataforma explanada deberá ser totalmente horizontal. Se determinará el Nivel de terreno explanado (NTE) de la plataforma en base a:

- La topografía de la parcela.
- Las características del terreno que se describan en el informe geotécnico.
- Los métodos de ejecución y materiales indicados en las prescripciones generales para las obras de carreteras y puentes en vigor.
- Los accesos y drenajes previstos.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Los desmontes o terraplenes no tendrán una altura superior a 2 m. La pendiente de los taludes no podrá ser superior al 50%. La categoría de la explanada será E1 (módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga según NLT-357 \geq 60 MPa). Para su formación únicamente se permitirá el empleo de los siguientes suelos definidos según el artículo 330 del PG3:

- Suelos seleccionados: Serán los que se utilicen para la coronación de la plataforma.
- Suelos Adecuados y/o Tolerables: Se utilizarán en cimientos y núcleos de rellenos.

El material clasificado como marginal o inadecuado no podrá ser utilizado en ninguna parte de la obra. Todas las tierras procedentes de desmontes y excavaciones serán depositadas en vertederos autorizados.

Se extenderá tierra vegetal en los taludes como soporte de una posterior siembra o revegetación de manera que todas las superficies queden integradas en el entorno textural y cromáticamente. El orden de realización de los trabajos será:




- Extendido de tierra vegetal sobre las superficies.
- Preparación del terreno.
- Siembra/revegetación.

2.9.3 Plataformas

Siempre y cuando sea requerido por condiciones del terreno (orografía, hidrología, etc.) se considerará la creación de una base compactada de tierra extraída de cantera de unos 0,6 – 0,9 m por encima de la cota nivelada del terreno.

Se deberá proteger la plataforma frente a la escorrentía superficial, evacuando esta hacia zonas más deprimidas. También será necesario proteger las zonas de recepción para evitar la erosión y reducir la velocidad del agua (podrán usarse empedrados o soluciones equivalentes).

En el camino de acceso a la parcela se construirá un sistema similar al de la plataforma, con los drenajes transversales, caños, bajantes, etc., que sean necesarios. Para el cálculo

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
		Fecha: JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

del drenaje de la plataforma, se seguirá en todos los casos la Instrucción de Carreteras 5.2-IC del Ministerio de Fomento.

El drenaje comprenderá:

- La recogida de las aguas pluviales o de deshielo procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante cunetas y sus imbornales y sumideros.

- Muros de Escollera

Si al ejecutarse la explanada, las laderas o taludes presentan problemas de estabilidad, estará justificada la ejecución de muros, que deberán proporcionar un nivel de contención o de sostenimiento adecuado.

Para el proyecto y ejecución de los muros de escollera, se seguirá en todos los casos los criterios de diseño y cálculos establecidos en la Guía para el Proyecto y la ejecución de Muros de Escollera en Obras de Carretera del Ministerio de Fomento.

- Muros de Hormigón armado




Cuando al ejecutarse la explanada las laderas o taludes presenten problemas de estabilidad, estará justificada la ejecución de muros, que deberán proporcionar un nivel de contención o de sostenimiento adecuado. Los materiales a emplear en el diseño y construcción del muro serán los siguientes:

Hormigón HA-25/P/20/IIa ($f_{ck} > 25$ N/mm² a los 28 días). Coeficiente parcial de seguridad del hormigón de 1,5.

Acero B500S ($f_y > 500$ N/mm², $f_s > 550$ N/mm²). Coeficiente parcial de seguridad para el acero de 1,15.

2.9.4 Red de viales interiores y de acceso

El Centro de Medida dispondrá de una serie de viales internos para facilitar el acceso a las distintas partes de la misma y poder realizar los correspondientes trabajos de mantenimiento. Los viales se realizan de aglomerado asfáltico u hormigón y se asientan sobre una base de grava-cemento de 150 mm de espesor y una sub-base de suelo-cemento de 150

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

mm de espesor. Así mismo se dotará al vial de una pendiente del 2% hacia los lados del mismo para evitar la acumulación del agua de lluvia en el mismo.

Se instalará un vial principal que tendrá 6 m. de ancho.




Para un menor impacto visual en la zona se seguirán las indicaciones del Estudio de Impacto Ambiental, en lo que respecta a la Urbanización exterior. Para la colocación de la malla geotextil (si es requerida) y adcentamiento con grava de la subestación, se tendrá en cuenta que la cota de explanación del terreno corresponde con la cota -0,15 m de la subestación. Se colocará una lámina geotextil entre la grava y el terreno con objeto de que no crezcan plantas. Se recubrirá la instalación con una capa de 15 cm. de grava de dimensiones entre 2 y 5 cm.

2.9.5 Drenajes

El drenaje comprenderá:

- La recogida de las aguas pluviales procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante cunetas y sus imbornales y sumideros. Se tendrá en cuenta la construcción de terraplenes y desmontes que se hayan podido ejecutar junto con la explanada, de manera que en la superficie de recogida de precipitaciones (dato inicial) se considerará, además de la superficie propia de la plataforma, la superficie correspondiente a la proyección horizontal de los terraplenes.
- La evacuación de las aguas recogidas a través de arquetas y colectores longitudinales, preferentemente y siempre que sea posible a sistemas de alcantarillado. En caso de no ser posible la conducción hasta un sistema de alcantarillado, el vertido se podrá realizar por playa de grava, vertido natural o pozo filtrante.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la instalación, mediante su acondicionamiento y la construcción de obras de drenaje transversal.

Esta solución se podrá revisar en la fase de construcción con el estudio de hidrología y topografía completo, el cual determinará las características específicas de los sistemas de drenaje de acuerdo con la normativa y acordes al terreno.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

2.9.6 Vallado perimetral y sistema de seguridad

El Centro de Medida contará con un cierre o vallado perimetral con objeto de evitar el ingreso de personal no autorizado.

Se instalará un cerramiento de malla de simple torsión. Este cerramiento de 2,5 metros de altura. Los postes serán tubulares de acero galvanizado, colocándose un poste cada 3,5 m y en todos los cambios de dirección y cada 35 m se instalará un poste de tensión.

La cimentación se ejecutará mediante dados de hormigón de 400x400x500 mm.

Para los accesos a los recintos se dispone de puertas metálicas de dimensiones mínimas 6 x 2,5 m, galvanizadas.




Cualquier detalle constructivo con la finalidad de mantener el vallado perimetral bajo prescripciones ambientales será implementado según normativa local o indicaciones específicas de las autoridades ambientales.

El sistema de vigilancia perimetral tiene como principal función dotar de seguridad al parque protegiendo su interior ante cualquier intrusión que se pueda producir y reaccionar ante este evento de manera automática, activando los diferentes dispositivos conectados.

El sistema de seguridad diseñado deberá cumplir con la versión más reciente de las normas EN, UNI, NEC, UL, IEC, IEEE, ANSI, NEMA, CEI, SANS, los requisitos legales y las regulaciones emitidas por los organismos o autoridades locales. Los materiales y equipos deberán contar con certificación IMO u otra certificación local o internacional acreditada equivalente (es decir, CE, UL, etc.).

El sistema de seguridad será diseñado a lo largo de todo el perímetro de la instalación y está compuesto básicamente por equipos de detección perimetral (cámaras térmicas de detección de movimiento), un equipo de grabación y transmisión de video y un sistema de control de acceso.

Sistema de control de acceso: En la puerta principal de acceso a la instalación se instalará un sistema de control de acceso consistente en dos lectores de proximidad, uno por la parte exterior (de entrada) y otro por la parte interior (de salida) que indicarán al sistema la llegada y el abandono de la subestación, respectivamente.

Propiedad:	 	Ingeniería:		Rev.:	02	V02
				Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001			MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

- Puesto de vigilancia central con tableros e instrumentos de control.
- Sistema de Circuito Cerrado de cámaras que permitirá la supervisión y vigilancia de todo el perímetro de la instalación y el edificio de control y la verificación de las señales de alarma generadas por las cámaras de video-detección de intrusiones.
- Sistema de grabación.
- Sistema SAI/UPS (2 horas).
- Sistemas auxiliares.

2.9.7 Cimentaciones

Para soporte y sujeción de los elementos instalados en la subestación, se dispondrá de cimentaciones adecuadas a tal efecto. Las cimentaciones a construir son los soportes para el aparellaje. En función de las estructuras a cimentar y las características del terreno se podrá optar por las siguientes soluciones:

- Fundaciones de hormigón en masa.
- Fundaciones de hormigón armado.




Las cimentaciones a realizar tendrán canalizaciones de tubo de PVC que permitan el paso de los latiguillos de tierra hacia las estructuras metálicas, y de ahí a los equipos, así como de tubo independiente del anterior para el paso de cables aislados de alimentación y control.

Cualquiera de las soluciones adoptadas deberá tener en cuenta la capacidad portante indicada en el informe geotécnico. Si el terreno exigiese tipos especiales de cimentación, ésta se realizará de acuerdo con el informe geotécnico.

2.9.8 Canalizaciones y arquetas

En función del tipo de cable, se dispondrán de los siguientes tipos de canalizaciones:

- Canalización para el tendido de los cables de control. Se emplearán canales prefabricados de hormigón con sus correspondientes tapas y demás accesorios que faciliten el tendido de los cables en su interior. El canal estará dotado de un

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

sistema de drenaje para evitar la acumulación de agua en su interior. Las tapas de los canales de cables deberán poder ser levantadas sin necesidad de romperlas. El peso y dimensiones serán tales que puedan ser manejadas por una persona con facilidad. Para el paso por viales se emplearán tapas metálicas galvanizadas en caliente que se deberán conectarán a la malla general de la red de tierras de la subestación.

- Canalización formada por un tubo de polietileno corrugado, de sección adecuada, para la recogida de las diferentes mangueras de cables de los equipos a instalar.
- Canalización formada por un tubo de polietileno corrugado, de sección adecuada, para los cables de potencia de Servicios Auxiliares.

Para el tendido y la conexión de los cables de control, alumbrado y fuerza, drenajes, fosa séptica, depósito y sistema de recogida de aceite se construirán arquetas de hormigón con tapa de hormigón armado, de las dimensiones adecuadas y que interconectarán los tramos de tubos de Polietileno.




2.9.9 Nivel de ruido

Con el objeto de limitar el ruido por la instalación de alta tensión, según ITC-RAT 15, estas se dimensionarán y diseñarán de forma que los índices de ruido medidos en el exterior de las instalaciones se ajusten a los niveles de calidad acústicas establecidos en el RD 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de septiembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

Los equipos de la Subestación deberán de respetar el límite de 65 dBA para los periodos día y tarde y el límite de 55 dBA para el periodo noche.

2.9.10 Estructuras metálicas y soportes

Las estructuras metálicas para instalar en el Centro de Medida de intemperie corresponden a los soportes de la aparamenta. La estructura metálica para interior corresponde a los armarios de control, protección y servicios auxiliares.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Además, existen soportes de apoyo para los proyectores de iluminación exterior e iluminación perimetral del edificio.

Estos soportes estarán realizados con estructuras normalizadas de perfil de alma llena. Toda la estructura metálica será sometida a un proceso de galvanizado en caliente, con objeto de asegurar una eficaz protección contra la corrosión.

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

2.10 Cálculos justificativos del centro de medida

2.10.1 Características del sistema eléctrico

SISTEMA DE 220 kV




Tensión nominal [kV].....	220
Tensión máxima del sistema [kV].....	245
Tensión soportada al impulso tipo rayo (1,2/50 μ s) [kV].....	1050
Tensión soportada a la frecuencia industrial (50 Hz, 1 min) [kV].....	460
Máxima intensidad de cortocircuito [kA]:	40
Neutro:	Rígido a tierra, en Y
Nivel de contaminación ambiental (IEC 60815)	Alto
Frecuencia [Hz].....	50

2.10.2 Conductor desnudo de at 220 kv

El cable que se calculará a continuación será el instalado en el Centro de Medida de la SET Nudo Quintos.

2.10.2.1 Características del conductor desnudo 220 kV

Denominación	242-AL1/39-ST1A
Tipo.....	Aluminio - Acero
Composición	26x3,44 mm + 7x2,68 mm
Número de conductores por fase.....	2

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Diámetro del alma..... 8,04 mm
Sección..... 281,1 mm²
Diámetro 21,8 mm
Resistencia eléctrica a 20°C en CC 0,1195 Ω/km

2.10.2.2 Cálculos eléctricos

2.10.3 Resistencia

La resistencia del conductor 242-AL1/39-ST1A, por unidad de longitud, en corriente continua y a la temperatura máxima del conductor (85°C) vendrá dada por la siguiente expresión:

$$R_{85cc} = R_{20cc}[1 + \alpha (85 - 20)]$$

Donde:

R_{85cc} : Resistencia del conductor en corriente continua a 85 °C (Ω/km)

R_{20cc} : Resistencia en corriente continua a 20 °C (0,1195 Ω/km)

α : Coeficiente de aumento de la resistividad eléctrica con la temperatura

$$R_{85cc} = R_{20cc}[1 + \alpha (85 - 20)] = 0,1195 \frac{\Omega}{km} [1 + 4,03 \cdot 10^{-3} \cdot 65] = 0,1508 \frac{\Omega}{km}$$

La resistencia por unidad de longitud en corriente alterna y a la temperatura máxima del conductor está definida por:




$$R_{85ca} = \frac{R_{85cc}}{n'} \cdot (1 + y_s)$$

Donde:

R_{85ca} : Resistencia del conductor en corriente alterna a 85 °C (Ω/km)

R_{85cc} : Resistencia del conductor en corriente continua a 85 °C (Ω/km)

y_s : Factor de efecto piel (skin effect)

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

n' : número de conductores por fase

El factor de efecto piel se calcula según la teoría de Kelvin y está dado por:

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0,8 x_s^4}$$

Donde:

$$x_s^2 = \frac{8 \pi f}{R_{cc}} (10^{-7}) k_s = 0,8333$$

k_s : Valor según la Tabla 2 de la norma IEC 60287-1-1

$$y_s = \frac{(0,8333)^2}{192 + 0,8 (0,8333)^2} = \frac{0,6944}{192 + 0,8 \cdot 0,6944} = 0,0036$$

Por lo tanto:

$$R_{85ca} = \frac{R_{85cc}}{n'} (1 + y_s) = 0,0757 \frac{\Omega}{km}$$

2.10.4 Reactancia inductiva

La reactancia inductiva de una línea aérea trifásica se calcula de manera aproximada mediante la hipótesis de línea transpuesta y equilibrada con la siguiente expresión:

$$X_L = 2 \pi f \frac{\mu_0}{2 \pi} \left[\frac{1}{4 n'} + \ln \left(\frac{DMG}{r_{eq}} \right) \right]$$

Donde:




X_L : Reactancia inductiva de la línea (Ω/m)

f : Frecuencia de la red (50 Hz)

μ_0 : Permeabilidad magnética del vacío ($4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ H/m)

n' : Número de conductores por fase

DMG : Distancia media geométrica de la línea

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

r_{eq} : Radio equivalente de los conductores dúplex

La distancia media geométrica de una línea simple circuito se calcula mediante la siguiente expresión:

$$D.M.G. = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3}$$

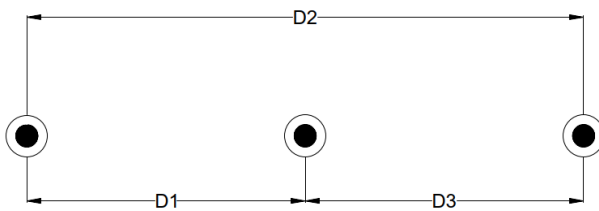


Figura 1. Esquema distancia geométrica de una línea simple circuito

Para la distancia entre los conductores se realiza una media de la posición que tienen los mismos a lo largo de toda la línea. El resultado del cálculo será:

$$D.M.G. = \sqrt[3]{D_1 D_2 D_3} = \sqrt[3]{4000 \cdot 8000 \cdot 4000} = 5,040 \text{ m}$$

En líneas con más de un conductor por fase se calcula el radio equivalente del haz. El radio del círculo que pasa por todos los subconductores es:

$$R = \frac{\Delta}{2 \sin\left(\frac{\pi}{n'}\right)} = \frac{200,0}{2 \sin\left(\frac{\pi}{2}\right)} = 100,0 \text{ mm}$$




Donde:

Δ : Separación de los conductores.

El radio equivalente se puede calcular como:

$$r_{eq} = R \sqrt[n']{\frac{r \cdot n'}{R}} = 100,0 \sqrt[2]{\frac{10,9 \cdot 2}{100,0}} = 46,69 \text{ mm}$$

Por tanto:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025	

$$X_L = 2 \pi f \frac{\mu_0}{2 \pi} \left[\frac{1}{4 n'} + \ln \left(\frac{DMG}{r_{eq}} \right) \right]$$

$$X_L = 2\pi * 50 * \frac{4\pi * 10^{-7}}{2\pi} \left[\frac{1}{4 * 2} + \ln \left(\frac{5040}{46,69} \right) \right] = 0,3020 \frac{\Omega}{km}$$

2.10.5 Susceptancia

La capacidad de una línea aérea por fase se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C = \frac{2 \pi \varepsilon_0}{\ln \left(\frac{DMG}{r_{eq}} \right)}$$

$$C = \frac{2 \pi \varepsilon_0}{\ln \left(\frac{5040}{46,69} \right)} = 11,88 \cdot 10^{-3} \frac{\mu F}{km}$$

Siendo:

ε_0 : Permitividad eléctrica del vacío ($8,854 \cdot 10^{-12}$ F/m)

DMG : Distancia media geométrica de la línea

r_{eq} : Radio equivalente de los conductores dúplex

Y la susceptancia de la línea por unidad de longitud y por fase se calcula según la siguiente expresión:




$$B = 2 \pi f C$$

$$B = 2\pi * 50 * 11,88 \cdot 10^{-3} \frac{\mu F}{km} = 3,733 \frac{\mu S}{km}$$

2.10.6 Potencia a transportar

La potencia máxima que puede transportar la línea vendrá limitada por la intensidad máxima admisible por el conductor.

La máxima potencia de transporte de la línea en función de la intensidad máxima admisible, está determinada por la siguiente expresión:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$P_{max} = n' \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{adm} \cdot \cos(\varphi)$$

El valor de la corriente máxima que puede circular por un conductor se puede determinar en función de la densidad máxima de corriente que aparece en la tabla 11 del artículo 4.2.1 del Reglamento de Líneas de Alta tensión.

Para el conductor 242-AL1/39-ST1A cuya sección es de 281,1 mm² la densidad de corriente interpolada de la tabla 11 del citado Reglamento es de 2,068 A/mm². Por lo tanto, la intensidad máxima que puede circular por el conductor es de 581,2 A por cada conductor del haz.

La potencia máxima de transporte para un factor de potencia de 0,90 será:

$$P_{max} = 2 \cdot \sqrt{3} \cdot 220 \text{ kV} \cdot 581,2 \text{ A} \cdot 0,90$$

$$P_{max} = 398,7 \text{ MW}$$

2.10.7 Potencia de transporte en función de condiciones meteorológicas

La potencia que puede transportar la línea eléctrica se puede calcular, con el balance térmico en el conductor según la temperatura ambiente y temperatura máxima del cable.




Para realizar el cálculo se ha utilizado un método desarrollado en el grupo de trabajo 12 del CIGRE denominado "THERMAL BEHAVIOUR OF OVERHEAD CONDUCTORS".

Para la resolución del problema se cuenta con el balance térmico en el conductor, esto es que el calor generado sea igual al calor evacuado en régimen permanente.

$$Q_{gen} = Q_{ced}$$

El calor es generado por cuatro motivos: El efecto Joule en el conductor, efectos magnéticos (como efecto pelicular), radiación solar sobre el conductor y las pérdidas por efecto corona. En cuanto al calor cedido se estudia la radiación al medio ambiente, la convección ya sea natural o forzada y por último efecto de evaporación de agua.

$$Q_J + Q_M + Q_S + Q_i = Q_c + Q_r + Q_w$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

El efecto magnético se tiene en cuenta al incluir en la resistencia el efecto piel. El efecto corona se desprecia, ya que es más acusado en ambientes húmedos donde el balance térmico es más favorable. Por este motivo también se desprecia el calor cedido por evaporación. Por tanto, el balance térmico en régimen permanente:

$$Q_J + Q_S = Q_c + Q_r$$

Los datos de partida para el cálculo son:

Conductor	242-AL1/39-ST1A
Resistencia eléctrica a 85 °C	0,1513 Ω/km
Temperatura máxima del conductor	85 °C
Diámetro conductor	21,8 mm
Emisividad del conductor	0,50
Coefficiente de absorción	0,50
Velocidad del viento	0,6 m/s
Dirección del viento.....	45 °
Provincia	Sevilla
Radiación solar en invierno.....	224 W/m ²
Temperatura ambiente en invierno	15 °C
Radiación solar en verano	481 W/m ²
Temperatura ambiente en verano.....	35 °C

Calor aportado por la radiación solar

La radiación solar sobre el cable tiene en cuenta tanto la directa como la difusa. Se puede escribir:




$$Q_S = \alpha_s S d_c$$

Siendo:

α_s : Coeficiente de absorción del conductor

S : Radiación solar global en W/m²

d_c : Diámetro del conductor en m

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

Realizando los cálculos con los valores de la línea y para las dos estaciones del año:

En invierno

$$Q_s = \alpha_s S_{sol} d_c$$

$$Q_s = 0,50 * 224 * 21,8 \cdot 10^{-3} = 2,44 \frac{W}{m}$$

En verano

$$Q_s = \alpha_s S_{sol} d_c$$

$$Q_s = 0,50 * 481 * 21,8 \cdot 10^{-3} = 5,24 \frac{W}{m}$$

Calor cedido por radiación

La pérdida de calor por radiación se puede calcular con la siguiente expresión:

$$Q_r = \pi d_c \epsilon \sigma_b ((T_c + 273,15)^4 - (T_{amb} + 273,15)^4)$$

siendo:

d_c : Diámetro del conductor en m

ϵ : Emisividad del conductor

σ_b : Constante de Stefan-Boltzmann de valor $5,6704 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

T_c : Temperatura del conductor en régimen permanente en °C




T_{amb} : Temperatura ambiente máxima, función de la época del año en °C

Los resultados del cálculo para los valores de la línea se muestran a continuación:

En invierno

$$Q_r = \pi * 21,80 \cdot 10^{-3} * 0,50 * 5,6704 \cdot 10^{-8} * (358,2^4 - 288,2^4)$$

$$Q_r = 18,56 \frac{W}{m}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

En verano

$$Q_r = \pi * 21,80 \cdot 10^{-3} * 0,50 * 5,6704 \cdot 10^{-8} * (358,2^4 - 308,2^4)$$

$$Q_r = 14,44 \frac{W}{m}$$

Calor cedido por convección

Al aumentar la temperatura del conductor el aire adyacente se calienta. Dado que la densidad del aire caliente disminuye con la temperatura, provoca el ascenso de este aire. Aire frío reemplaza este aire caliente, eliminando calor del conductor. Este fenómeno se denomina convección natural.

Si existe velocidad del viento, el aire caliente será arrastrado reemplazándose por aire más frío que elimina calor del conductor.

Si las velocidades de viento son pequeñas, se calculará tanto la convección forzada como convección natural y se elegirá el valor mayor del coeficiente de transmisión del calor.

En cualquier caso, la forma de calcular será:

$$Q_c = \pi \lambda_f (T_c - T_{amb}) Nu$$

donde:




λ_f : Conductividad térmica del aire que se encuentra en las proximidades del conductor

T_c : Temperatura del conductor en régimen permanente

T_{amb} : Temperatura ambiente máxima en función de la época del año.

Nu : Número de Nusselt, que se calculará en función del tipo de convección, forzada o natural.

Convección natural

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

El número de Nusselt para enfriamiento por convección natural depende del producto de los números de Grashof y Prandtl:

$$Nu = A(Gr Pr)^m$$

Los valores de las constantes A y m están en función del rango del producto Gr·Pr y se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Valores de constantes para número de Nusselt

Rango producto Gr·Pr	A	m
$0,1 < Gr \cdot Pr < 10^2$	1,020	0,148
$10^2 < Gr \cdot Pr < 10^4$	0,850	0,188
$10^4 < Gr \cdot Pr < 10^7$	0,480	0,250
$10^7 < Gr \cdot Pr < 10^{12}$	0,125	0,333

Se define el número de Grashof de la siguiente manera:

$$Gr = \frac{d_c^3 (T_c - T_{amb}) g}{T_{av} \nu_f}$$

Donde:

g : Aceleración de la gravedad $9,81 \text{ m/s}^2$




T_{av} : Temperatura media del aire que rodea al cable, en K

ν_f : Viscosidad cinemática del aire en m^2/s

d_c : Diámetro exterior del conductor en m

T_c : Temperatura del conductor en régimen permanente

T_{amb} : Temperatura ambiente

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

Por lo tanto, el número de Grashof:

En invierno:

$$Gr = \frac{d_c^3(\theta_{mx} - \theta_{amb})g}{T_m \nu_f^2}$$

$$Gr = \frac{(21,80 \cdot 10^{-3}m)^3(85 - 15)K * 9,81 \frac{m}{s^2}}{323,2 K \left(17,93 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}\right)^2} = 68.741,3$$

En verano

$$Gr = \frac{d_c^3(\theta_{mx} - \theta_{amb})g}{T_m \nu_f^2}$$

$$Gr = \frac{(21,80 \cdot 10^{-3}m)^3(85 - 35)K * 9,81 \frac{m}{s^2}}{333,2 K \left(18,90 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}\right)^2} = 42.845,2$$

El número de Prandtl del aire se puede calcular como:

$$Pr = \frac{c_f \cdot \mu_f}{\lambda_f}$$

Para los siguientes valores,

Calor específico del aire:

$$c_f = 1.005 \frac{J}{kg K}$$

Viscosidad dinámica del aire, en función de la temperatura:

En invierno:

$$\mu_f = (17,239 + 4,635 \cdot 10^{-2}T_f - 2,03 \cdot 10^{-5}T_f^2) \cdot 10^{-6}$$

$$\mu_f = (17,239 + (4,635 \cdot 10^{-2} * 50) - (2,03 \cdot 10^{-5} * 50^2)) \cdot 10^{-6}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$\mu_f = 19,51 \cdot 10^{-6} \frac{kg}{m \cdot s}$$

En verano:

$$\mu_f = (17,239 + 4,635 \cdot 10^{-2} T_f - 2,03 \cdot 10^{-5} T_f^2) \cdot 10^{-6}$$

$$\mu_f = (17,239 + 4,635 \cdot 10^{-2} \cdot 60 - 2,03 \cdot 10^{-5} \cdot 60^2) \cdot 10^{-6}$$

$$\mu_f = 19,95 \cdot 10^{-6} \frac{kg}{m \cdot s}$$

Conductividad térmica del aire:

En invierno:

$$\lambda_f = 2,368 \cdot 10^{-2} + 7,23 \cdot 10^{-5} T_f - 2,763 \cdot 10^{-8} T_f^2$$

$$\lambda_f = 2,368 \cdot 10^{-2} + 7,23 \cdot 10^{-5} 50 - 2,763 \cdot 10^{-8} (50)^2$$

$$\lambda_f = 27,23 \cdot 10^{-3} \frac{W}{K \cdot m}$$

En verano:

$$\lambda_f = 2,368 \cdot 10^{-2} + 7,23 \cdot 10^{-5} T_f - 2,763 \cdot 10^{-8} T_f^2$$

$$\lambda_f = 2,368 \cdot 10^{-2} + 7,23 \cdot 10^{-5} 60 - 2,763 \cdot 10^{-8} (60)^2$$



$$\lambda_f = 27,92 \cdot 10^{-3} \frac{W}{K \cdot m}$$

Por tanto, el número de Prandtl del aire está dado por:

En invierno:

$$Pr = \frac{c_f \cdot \mu_f}{\lambda_f} = \frac{1,005 \frac{J}{kg \cdot K} * 19,51 \cdot 10^{-6} \frac{kg}{m \cdot s}}{27,23 \cdot 10^{-3} \frac{W}{K \cdot m}}$$

$$Pr = 0,72$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

En verano:

$$Pr = \frac{c_f \cdot \mu_f}{\lambda_f} = \frac{1.005 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 19,95 \cdot 10^{-6} \frac{kg}{m \cdot s}}{27,92 \cdot 10^{-3} \frac{W}{K \cdot m}}$$

$$Pr = 0,7180$$

Por tanto, el número de Nusselt para convección natural será:

En invierno

$$Nu_{nat} = A_2(Gr \cdot Pr)^{m_2} = 0,85 (68.514,5 * 0,7200)^{0,188}$$

$$Nu_{nat} = 6,49$$

En verano

$$Nu_{nat} = A_2(Gr \cdot Pr)^{m_2} = 0,85 (42.703,8 * 0,7180)^{0,188}$$

$$= 5,93$$

Convección forzada

Cuando la velocidad del viento es mayor que cero, el número de Nusselt es función del número de Reynolds a través de la siguiente expresión:




$$Nu = B_1 Re^n$$

El número de Reynolds para una corriente de aire se puede calcular como:

$$Re = \frac{d_c v}{\nu_f}$$

Donde:

d_c : Diámetro del conductor en metros

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

v : Velocidad del viento m/s

ν_f : Viscosidad cinemática del aire en m^2/s

Los valores de las constantes B_1 y n están en función de la rugosidad del conductor y el valor del número de Reynolds:

Tabla 12. Valores de constantes B_1 y n

Superficie	Re		B_1	n
	Desde	Hasta		
Todas superficies	100	2.650	0,641	0,471
Rugosidad $\leq 0,05$	2.650	50.000	0,178	0.663
Rugosidad $> 0,05$	2.650	50.000	0,048	0.800

El número de Reynolds para la velocidad del viento estimada de 0,61 m/s será:

En invierno:

$$Re = \frac{v d_c}{\nu_f} = \frac{0,61 \frac{m}{s} * 21,80 \cdot 10^{-3} m}{17,93 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 743,07$$




En verano:

$$Re = \frac{v d_c}{\nu_f} = \frac{0,61 \frac{m}{s} * 21,80 \cdot 10^{-3} m}{18,90 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 704,78$$

La viscosidad cinemática del aire se define como:

➤ En invierno:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$v_f = \frac{\mu_f}{\gamma} = \frac{19,51 \cdot 10^{-6} \frac{kg}{m \cdot s}}{1,088 \frac{kg}{m^3}} =$$

$$v_f = 17,90 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

➤ En Verano:

$$v_f = \frac{\mu_f}{\gamma} = \frac{19,95 \cdot 10^{-6} \frac{kg}{m \cdot s}}{1,055 \frac{kg}{m^3}} =$$

$$v_f = 18,87 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

Por tanto, el número de Nusselt en convección forzada será:

En invierno:

$$Nu_{90} = B_1 * Re^n = 0,641 * 741,84^{0,471}$$

$$Nu_{90} = 14,42$$

En verano:

$$Nu_{90} = B_1 * Re^n = 0,641 * 703,62^{0,471}$$

$$Nu_{90} = 14,07$$

El cálculo anterior se basa en que el viento incide perpendicularmente a la línea. Dado que en la presente línea se parte de la hipótesis de que el viento incide con un ángulo de 45 ° respecto al conductor, se debe corregir el valor del número de Nusselt:

En invierno:

$$Nu_{\delta} = Nu_{90} [0,42 + 0,58 (\sin \delta)^{0,90}] = 14,41 [0,42 + 0,58 (\sin 45^\circ)^{0,90}]$$

$$Nu_{\delta} = 12,18$$

En verano:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$Nu_{\delta} = Nu_{90}[0,42 + 0,58 (\sin\delta)^{0,90}] = 14,06[0,42 + 0,58 (\sin 45^{\circ})^{0,90}]$$

$$Nu_{\delta} = 11,88$$

El número de Nusselt utilizado será el mayor de los dos: El calculado con convección natural y forzada. Por tanto:

$$Nu_{Invierno} = 12,18$$

$$Nu_{Verano} = 11,88$$

La conductividad térmica del aire es función de la temperatura. Para una temperatura media de 50 °C en invierno y 60 °C en verano, la conductividad térmica para cada estación será:

➤ En invierno:

$$\lambda_f = 2,368 \cdot 10^{-2} + 7,23 \cdot 10^{-5} T_f - 2,763 \cdot 10^{-8} T_f^2$$

$$\lambda_f = 2,368 \cdot 10^{-2} + 7,23 \cdot 10^{-5} 50 - 2,763 \cdot 10^{-8} (50)^2$$

$$\lambda_f = 27,23 \cdot 10^{-3} \frac{W}{K \cdot m}$$

➤ En verano:

$$\lambda_f = 2,368 \cdot 10^{-2} + 7,23 \cdot 10^{-5} T_f - 2,763 \cdot 10^{-8} T_f^2$$

$$\lambda_f = 2,368 \cdot 10^{-2} + 7,23 \cdot 10^{-5} 60 - 2,763 \cdot 10^{-8} (60)^2$$




$$\lambda_f = 27,92 \cdot 10^{-3} \frac{W}{K \cdot m}$$

Por lo tanto, la cantidad de calor evacuada por convección en invierno será:

En invierno:

$$Q_c = \pi \lambda_f (T_c - T_{amb}) Nu = \pi 0,0272 \frac{W}{m K} * (85,0 - 15,0) K * 12,17$$

$$Q_c = 72,94 \frac{W}{m}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		
Fecha:		JUL.-2025	

En verano:

$$Q_c = \pi \lambda_f (T_c - T_{amb}) Nu = \pi 0,0279 \frac{W}{m K} * (85,0 - 35,0) K * 11,87$$

$$Q_c = 52,11 \frac{W}{m}$$

Resultados de corrientes máxima

El calor generado en el conductor por efecto Joule es:

$$Q_J = I^2 R_{\theta ca}$$

Conocida la resistencia del conductor a la temperatura de trabajo en corriente alterna la incógnita será la corriente que puede circular para que en régimen permanente el calor generado sea igual al calor generado.

$$Q_J + Q_s = Q_c + Q_r$$

$$I^2 R_{\theta ca} + Q_s = Q_c + Q_r$$

Los resultados para cada conductor del haz son:

En invierno:




$$I = \sqrt{\frac{Q_{rad} + Q_{conv} - Q_{sol}}{R_{\theta ca}}} = \sqrt{\frac{(18,56 + 72,94 - 2,44) \frac{W}{m}}{0,1513 \cdot 10^{-3} \frac{\Omega}{m}}}$$

$$I = 767,1 A$$

En verano:

$$I = \sqrt{\frac{Q_{rad} + Q_{conv} - Q_{sol}}{R_{\theta ca}}} = \sqrt{\frac{(14,44 + 52,11 - 5,24) \frac{W}{m}}{0,1513 \cdot 10^{-3} \frac{\Omega}{m}}}$$

$$= 636,5 A$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

2.10.8 Potencia máxima de transporte

La potencia máxima que puede transportar la línea será:

En invierno:

$$S_{max} = \sqrt{3} * 220 \text{ kV} * 767,1 \text{ A}$$

$$S_{max} = 584,6 \text{ MVA}$$

En verano:

$$S_{max} = 2 * \sqrt{3} * 220 \text{ kV} * 636,5 \text{ A}$$

$$S_{max} = 485,1 \text{ MVA}$$

Como se observa, esta potencia es superior a la máxima a transportar de 220 MVA.

2.10.9 Efecto corona




En este apartado se calcula si las condiciones de la línea son susceptibles de generar efecto corona. Se estudia la tensión nominal de 220 kV para el cálculo.

Gradiente de potencial crítico

Si en los conductores de la línea se produce un potencial lo suficientemente alto como para superar la rigidez dieléctrica del aire, se producirán pérdidas debidas a la corriente que se forma a través del aire. Si el campo eléctrico es mayor existe la posibilidad de que este efecto sea visible en la oscuridad como un halo azulado que envuelve la superficie del conductor.

El umbral de campo eléctrico a partir del cual se presume que ocurra este fenómeno se calcula mediante la fórmula de Peek:

$$E_c = E_{max} m_c m_a \delta \left(1 + \frac{0,308}{\sqrt{r} \delta} \right)$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

Donde:

E_{max} : Rigidez dieléctrica del aire, cuyo valor es 29,8 kVp/cm

m_c : Factor de rugosidad del conductor: 0,87

m_a : Factor ambiental que para tiempo húmedo toma el valor de 0,8

r : Radio del conductor en cm

δ : Factor de corrección de la densidad del aire, en función de la altitud y la temperatura tiene un valor de:

$$\delta = \frac{273 + 25}{273 + \theta} * e^{-\frac{Alt}{8150}} = \frac{273 + 25}{273 + 60} e^{-\frac{20}{8150}}$$

$$\delta = 0,8927$$

Por tanto, para tiempo húmedo

$$E_c = 29,8 \frac{kVp}{cm} * 0,87 * 0,8 * 0,8912 * \left(1 + \frac{0,308}{\sqrt{1,09 * 0,8927}}\right)$$

$$E_c = 24,30 \frac{kVp}{cm}$$

Gradiente de potencial en los conductores

El cálculo del gradiente de potencial en la superficie del conductor se determina mediante el método de los coeficientes de potencial, que ligan el potencial y la carga eléctrica.




La carga eléctrica de cada conductor se puede calcular como:

$$|q| = |P|^{-1}|U|$$

Siendo:

$|q|$: El vector de cargas de cada conductor

$|P|$: La matriz de coeficientes de potencial

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$|U|$: El vector potencial de cada conductor

Los elementos de la matriz P de coeficientes de capacidad se pueden calcular:

Para elementos de la diagonal principal:

$$P_{i,i} = \frac{1}{2 \pi \epsilon_0} \ln \left(\frac{D'_{i,i}}{r_{eq}} \right)$$

Para elementos fuera de la diagonal principal:

$$P_{i,j} = \frac{1}{2 \pi \epsilon_0} \ln \left(\frac{D'_{i,j}}{D_{i,j}} \right)$$

Donde:

$D_{i,j}$: Distancia entre el conductor i y el j

$D'_{i,j}$: Distancia entre el conductor i y la imagen del conductor j respecto al suelo

r_{eq} : Radio equivalente del conductor

ϵ_0 : Permitividad eléctrica del vacío




Se consideran los tres conductores en el mismo plano horizontal a una altura del suelo de 5,5 metros y separados 4 metros entre sí. Por lo tanto, la matriz de distancias entre los cables y entre los cables y su simétrico respecto al suelo son:

$$D = \begin{vmatrix} 0 & 4,00 & 8,00 \\ 4,00 & 0 & 4,00 \\ 8,00 & 4,00 & 0 \end{vmatrix} m$$

$$D' = \begin{vmatrix} 11,00 & 11,70 & 13,60 \\ 11,70 & 11,00 & 11,70 \\ 13,60 & 11,70 & 11,00 \end{vmatrix} m$$

Dado que existen 2 conductores por fase, el radio equivalente se calcula como:

$$r_{eq} = R \sqrt{\frac{r \cdot n'}{R}}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$R = \frac{\Delta}{2 \sin\left(\frac{\pi}{n'}\right)} = \frac{200,0}{2 \sin\left(\frac{\pi}{2}\right)} = 100,0 \text{ mm}$$

Por tanto:

$$r_{eq} = R \sqrt{\frac{r \cdot n'}{R}} = 100,0 \sqrt{\frac{10,9 \cdot 2}{100,0}} = 46,69 \text{ mm}$$

El coeficiente de potencial de los conductores de diámetro 21,8 mm (radio 10,9 mm) que se encuentran a una altura de 5,5 metros será:

$$P_{i,i} = \frac{1}{2 \pi \epsilon_0} \ln\left(\frac{D'_{i,i}}{r_{eq}}\right) = \frac{1}{2 \pi \epsilon_0} \ln\left(\frac{11,00}{0,0467}\right)$$

$$P_{i,i} = 98,18 \frac{\text{km}}{\mu\text{F}}$$

El coeficiente de potencial mutuo entre conductores contiguos y entre los conductores extremos será:

$$P_{i,j} = \frac{1}{2 \pi \epsilon_0} \ln\left(\frac{D'_{i,j}}{D_{i,j}}\right) = \frac{1}{2 \pi \epsilon_0} \ln\left(\frac{11,00}{4,00}\right) = 18,18 \frac{\text{km}}{\mu\text{F}}$$

$$P_{i,j} = \frac{1}{2 \pi \epsilon_0} \ln\left(\frac{D'_{i,j}}{D_{i,j}}\right) = \frac{1}{2 \pi \epsilon_0} \ln\left(\frac{11,00}{8,00}\right) = 5,72 \frac{\text{km}}{\mu\text{F}}$$




Por tanto, la matriz de coeficientes de potencial de fase de la línea será:

$$P = \begin{vmatrix} 98,18 & 18,18 & 5,72 \\ 18,18 & 98,18 & 18,18 \\ 5,72 & 18,18 & 98,18 \end{vmatrix} \frac{\text{km}}{\mu\text{F}}$$

La matriz inversa de coeficientes de potencial es:

$$P^{-1} = \begin{vmatrix} 10,55 & -1,91 & -0,26 \\ -1,91 & 10,89 & -1,91 \\ -0,26 & -1,91 & 10,55 \end{vmatrix} \frac{\text{nF}}{\text{km}}$$

El vector de potencial pico de cada fase, considerando la tensión nominal, es:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$U = \sqrt{2} \frac{U}{\sqrt{3}} = \begin{vmatrix} 179,63 \\ -89,81 - j155,56 \\ -89,81 + j155,56 \end{vmatrix} kVp$$

Realizando el producto matricial se obtiene el vector de cargas de la línea:

$$q = \begin{vmatrix} 2,0904 + j0,2557 \\ -1,1494 - j1,9908 \\ -0,8238 + j1,9382 \end{vmatrix} \frac{\mu C p}{m}$$

$$q = \begin{vmatrix} 2,106 \angle 7,0^\circ \\ 2,2987 \angle -120,0^\circ \\ 2,106 \angle 113,0^\circ \end{vmatrix} \frac{\mu C p}{m}$$

El campo eléctrico en la superficie del conductor en una configuración de más de un conductor por fase no es homogéneo. El campo máximo dada una carga se puede calcular como:

$$E_{cond} = \frac{q}{2 \pi \epsilon_0 n' r_c} \left(1 + \frac{(n' - 1)r_c}{R} \right)$$

Donde:

q : Carga por unidad de longitud en el conductor

ϵ_0 : Permitividad eléctrica del vacío

n' : Número de conductores por fase

r_c : Radio del conductor




R : Radio del círculo que pasa por el centro de los subconductores.

El resultado del cálculo para los conductores de la línea es:

$$E_{max} = \frac{2.298,7 \frac{\mu C p}{km}}{2 \cdot \pi \cdot 8,8542 \frac{nF}{km} \cdot 1,09 \text{ cm} \cdot 2} \left(1 + \frac{(2 - 1)1,09 \text{ cm}}{10,00 \text{ cm}} \right) = 21,02 \frac{kVp}{cm}$$

Pérdidas de potencia por efecto corona

Como el campo eléctrico en la superficie del conductor es inferior al campo crítico no se producirá efecto corona y las pérdidas por tanto serán nulas.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

2.10.10 Cortocircuito máximo

La máxima corriente de cortocircuito que puede soportar el conductor se puede calcular según la norma UNE-60865 y depende del material del conductor, la sección del mismo y el tiempo considerado de cortocircuito.

Se calcula el factor K con la siguiente expresión del Anexo A de la norma UNE-60865-1:

$$K = \sqrt{\frac{\kappa_{20} c \rho}{\alpha_{20}} \ln \frac{1 + \alpha_{20}(\theta_{fin} - 20)}{1 + \alpha_{20}(\theta_{ini} - 20)}}$$

Con los siguientes datos del material:

Símbolo	Unidad S.I.	Cobre	Aleación de aluminio Conductor de aluminio reforzado de acero (Al-Ac)	Acero
c	J/(kg °C)	390	910	480
ρ	kg/m ³	8 900	2 700	7 850
κ_{20}	1/(Ωm)	$56 \cdot 10^6$	$34,8 \cdot 10^6$	$7,25 \cdot 10^6$
α_{20}	1/ °C	0,0039	0,004	0,0045

Figura 2. Datos del material

La temperatura final de cortocircuito se obtiene de la tabla 6 de la norma UNE 60865 para el material del conductor.




Tipo de Conductor	Temperatura máxima recomendada de un conductor durante un cortocircuito
Conductor desnudo, macizo o de hilos trenzados: cobre, aluminio o aleación de aluminio	200 °C
Conductor desnudo, macizo o de hilos trenzados: acero	300 °C

Figura 3. Temperaturas máximas recomendadas de conductores sometidos a esfuerzo mecánico durante un cortocircuito

La temperatura inicial se considerará la máxima temperatura que alcanza el conductor dada la potencia de transporte real, tiene un valor de 85 ° C.

La temperatura final de cortocircuito será 200 ° C según la tabla 6 de la norma UNE 60865.

Para el conductor 242-AL1/39-ST1A de Aluminio - Acero se puede calcular con los valores:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

$$K = \sqrt{\frac{34,8 \cdot 10^6 \frac{1}{\Omega \cdot m} \cdot 910 \frac{J}{kg^{\circ}C} \cdot 2.700 \frac{kg}{m^3}}{0,0040 \frac{1}{^{\circ}C}} \ln \left(\frac{1 + 0,0040 \frac{1}{^{\circ}C} \cdot (200 - 20)^{\circ}C}{1 + 0,0040 \frac{1}{^{\circ}C} \cdot (75 - 20)^{\circ}C} \right)}$$

$$K = 81,47 \frac{A\sqrt{s}}{mm^2}$$

El tiempo de cortocircuito se establece en 0,5 s. La sección del conductor 242-AL1/39-ST1A es 281,1 mm² por lo tanto:

$$I_{ccmax} = K \frac{S}{\sqrt{t}} = 81,47 * \frac{281,1}{\sqrt{0,5}}$$




$$I_{ccmax} = 32,387 \text{ kA}$$

La corriente máxima prevista de cortocircuito es 17,1 kA¹, inferior a la máxima que puede soportar el conductor 242-AL1/39-ST1A que según los cálculos asciende a 32,387 kA. Por lo tanto, el conductor soporta la carga térmica producida por el cortocircuito.

Una vez realizadas todas las verificaciones indicadas en las normas de referencia, se verifica que el arreglo propuesto para el diseño del conductor desnudo de 220 kV del Centro de Medida de la SET Nudo Quintos, cumple con los requerimientos solicitados por las mismas.

2.10.11 Procedimiento para diseño del sistema de tierras

La red de tierras del centro de medida, ubicado dentro de la subestación Quintos, deberá conectarse a la malla de tierras existente en dicha subestación. La malla será extendida hasta el área donde se instalará el recinto de medida, y se repararán todos los cables de tierra que sufran daños durante la ejecución de los trabajos. A continuación, se describen los requisitos mínimos de la red de tierras del centro de medida.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




2.10.12 Premisas de cálculo

Para la elaboración del presente informe justificativo se consideraron los siguientes criterios principales:

- Intensidad de cortocircuito de 17,1 kA para el nivel de tensión de 220 kV. Este valor se considera teniendo en cuenta la intensidad de cortocircuito de la subestación que conecta con redes eléctricas (Quintos), tomado del documento “Informe Anual de la Corriente de Cortocircuito en la red de transporte del Sistema Eléctrico Peninsular en el año 2023”, según se muestra en la siguiente tabla, así como a las posibles contribuciones futuras. Sin embargo, este valor deberá ser revisado y verificado en el futuro una vez se disponga del valor exacto de la intensidad de cortocircuito.

Código	Nudo	kV	P1	P5	P10	P50	P90	P99
21105	PORTODEMOUROS	220	8.1	8.5	9.9	11.0	12.0	12.5
22158	POZA DE LA SAL	220	4.4	5.6	5.8	9.2	9.4	9.6
21120	PRADA	220	7.8	10.2	10.6	11.6	12.8	13.4
24191	PRADILLOS	220	8.0	8.3	11.6	14.9	16.2	17.2
24204	PRADO SANTO DOMINGO	220	16.0	19.0	19.8	22.3	25.7	27.1
24215	PROSPERIDAD	220	13.4	15.6	16.5	19.4	22.1	27.2
24220	PTE.SAN FERNANDO	220	11.4	16.1	21.3	23.8	25.9	26.8
25136	PUEBLA DE GUZMAN	220	6.8	8.2	8.2	8.3	9.5	9.7
21170	PUEBLA DE SANABRIA	220	2.1	3.4	5.0	5.2	5.7	5.8
21095	PUENTE BIBEY	220	10.4	17.8	18.4	21.1	23.9	25.2
24219	PUENTE PRINCESA	220	17.3	18.9	20.5	23.9	26.8	28.8
21125	PUENTE S.MIGUEL	220	9.8	11.5	12.0	13.4	14.9	15.6
22160	PUENTELARRA	220	14.0	14.8	17.4	18.7	19.5	20.0
21127	PUERTO	220	9.1	10.6	11.0	13.7	14.6	15.0
25163	PUERTO DE LA CRUZ	220	9.1	9.3	9.4	9.9	10.4	10.7
25133	PUERTO DE SANTA MARIA	220	3.8	3.8	3.9	5.3	5.5	5.6
25135	PUERTO REAL	220	7.2	8.0	8.2	9.8	10.4	10.7
25137	PUERTOLLANO	220	8.0	12.8	13.7	15.5	17.5	17.8
23228	PUIGPELAT	220	6.6	9.9	10.3	11.4	12.4	13.7
23226	PUJALT	220	5.5	7.5	7.6	7.8	8.1	8.2
24221	QUART DE POBLET	220	11.6	12.4	16.0	17.2	18.3	19.1
22165	QUEL	220	6.4	10.0	10.6	11.1	11.5	11.7
21130	QUEREÑO	220	6.0	6.3	6.4	6.8	7.7	8.1
25145	QUINTOS	220	13.7	14.3	14.4	15.2	16.2	17.1
21133	REGOELLE	220	5.7	7.6	8.7	9.3	9.6	9.8

- Se considera una duración de la intensidad de cortocircuito de 0,5 s para el dimensionamiento del conductor.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
		Fecha: JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

2.10.13 Determinación de la sección del conductor de la red de tierras

Para el cálculo de la sección del conductor se utiliza la expresión de la norma IEEE80 equivalente al cálculo de la norma UNE 21192 Cálculo de las intensidades de cortocircuito térmicamente admisibles, teniendo en cuenta los efectos del calentamiento no adiabático. La corriente considerada en el cálculo se obtiene de la siguiente expresión.

$$I_F = D_f \cdot I_f \cdot C_p$$

Donde:

- I_F Corriente asimétrica efectiva de falta en [A]
- D_f Factor de decremento
- C_p Factor de proyección
- I_f Corriente de falla en [A]

El factor D_f es función del tiempo de cortocircuito y el cociente X/R de las líneas y se puede obtener mediante las siguientes expresiones, para un tiempo de 0,5 s y para un factor de $X/R = 10$:

$$T_{ao} = \frac{X}{\omega \cdot R} = 0,032 \text{ s}$$

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_{ao}}{t_c} \left(1 - e^{-\frac{2t_c}{T_{ao}}}\right)} = 1,031$$

Se asume un factor de proyección de 1,2 considerando un posible aumento de la intensidad en el futuro.



Por tanto, el valor de la corriente máxima será:

$$I_F = 21,163 \text{ kA}$$

La sección mínima necesaria del conductor de tierra en mm² para drenar la corriente máxima de cortocircuito está dada la norma IEEE 80 mediante la siguiente expresión:

$$S_{min} = \frac{I_F}{\sqrt{\frac{T_{CAP} \times 10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r} \ln\left(\frac{K_o + T_m}{K_o + T_a}\right)}}$$




Donde:

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

S_{min}	Sección mínima del conductor en [mm ²]
I_F	Corriente asimétrica efectiva de falla a tierra en [kA]
t_c	Tiempo máximo de falta en [s]
α_r	Coefficiente térmico de resistividad a 20°C en [1/ °C] (0,00381 1/°C)
ρ_r	Resistividad eléctrica del material del conductor a 20°C en [$\mu\Omega$ -cm]
T_{CAP}	Capacidad térmica del conductor en [J/cm ³ .°C]
T_m	Temperatura máxima que pueden alcanzar el conductor y las uniones en [°C]. Para tener en cuenta, lo dispuesto en el apartado 3.1 de la ITC-RAT 13, se considerará un valor de 300 °C para la temperatura máxima admisible en el conductor.
T_a	Temperatura máxima promedio en [°C]. Se establece como 40 °C.
K_o	Inversa del coeficiente térmico de resistividad a 0°C en [°C]

La siguiente tabla presenta los valores necesarios para calcular la corriente asimétrica, la cual ha sido extraída de la norma IEEE 80 (Tabla 1 de la IEEE 80):

Descripción	Conductividad del Material (%)	α_r Factor a 20 °C (1/°C)	K_o : a 0 °C (0 °C)	Temperatura de fusión T_m (°C)	ρ_r a 20 °C ($\mu\Omega$ cm)	TCAP (J/cm ³ °C)
Cobre Recocido	100	0,00393	234	1083	1,72	3,4
Cobre Estirado en Frío	97	0,00381	242	1084	1,78	3,4
Acero Cobrizado	40	0,00378	245	1084	4,4	3,8
Acero Cobrizado	30	0,00378	245	1084	5,86	3,8

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Descripción	Conductividad del Material (%)	α_r Factor a 20 °C (1/°C)	K_0 : a 0 °C (0 °C)	Temperatura de fusión T_m (°C)	ρ_r a 20 °C ($\mu\Omega\text{cm}$)	TCAP (J/cm ³ °C)
Acero Cobrizado varilla	17	0,00378	245	1084	10,1	3,8
Acero Aluminizado	20,3	0,00360	258	657	8,48	3,561
Acero 1020	10,8	0,00377	245	1510	15,9	3.8
Acero inoxidable varilla	9,8	0,00377	245	1400	17,5	4,4
Acero recubierto en zinc	8,6	0,00320	293	419	20,1	3,9
Acero Inoxidable	2,4	0,00130	749	1400	72	4,0




Por tanto:

$$S_{min} = 82,68 \text{ mm}^2$$

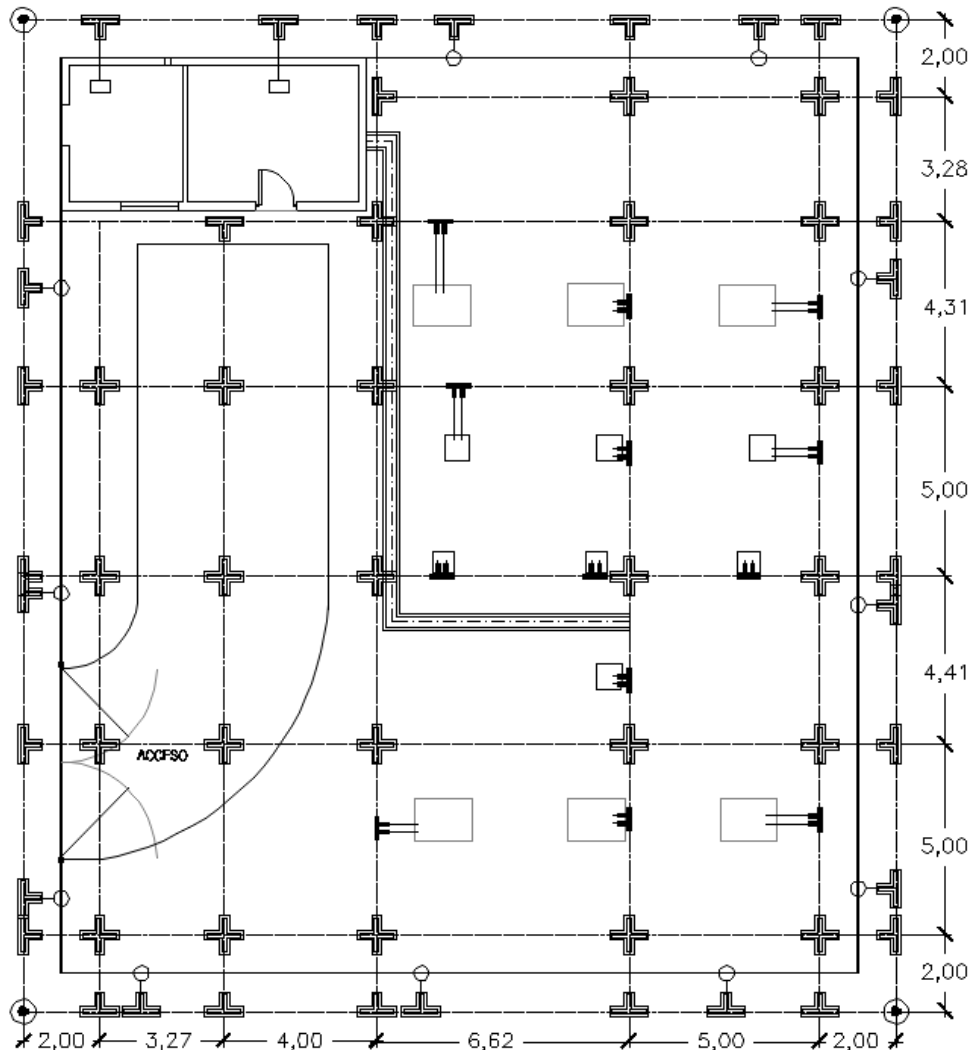
Así, se deberá verificar que el conductor de cobre desnudo existente tenga una sección mayor a 82,68 mm² capaz de drenar la corriente de cortocircuito.

2.10.14 Propuesta de la red de tierras del recinto de medida

Al no contar con la disposición de la red de tierras de la subestación y teniendo en cuenta la tensión de la subestación de 220 kV, se propone la instalación de una red de tierras en el recinto de medida, con una separación mínima de 5 m entre los puntos de conexión, en




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

la medida de lo posible. Se deberá realizar la verificación de las tensiones de paso y contacto en el área correspondiente. A continuación, se presenta la disposición propuesta para dicha red.



Se ha propuesto la instalación de una red de tierras para el centro de medida, la cual estará conectada a la red existente en la subestación Quintos. Además, se deberán reparar todos los cables de tierra que resulten dañados durante la ejecución de los trabajos.

Se deberán comprobar las tensiones de paso y contacto en el área del recinto de medida, considerando la red de tierras completa de la subestación Quintos.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

2.10.15 Distancias mínimas

El vigente “Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión” en la instrucción técnica complementaria ITC-RAT 12, especifica las normas a seguir para la fijación de las distancias mínimas a puntos en tensión, a una altitud menor a 1.000 metros:

Tensión nominal (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV de cresta)	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra (mm)	Distancia mínima de aislamiento en aire entre fases (mm)
220	1.050	2.100	2.100

En el sistema de 220 kV, la distancia mínima entre fases es de 210 cm. Las distancias adoptadas en el sistema de 220 kV son, entre ejes de fases, de 400 cm, superiores a las mínimas exigidas.

2.10.16 Distancias en pasillos de servicio

Atendiendo a la instrucción ITC-RAT 15, apartado 4.1.2 los elementos en tensión no protegidos que se encuentran sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima “H” sobre el suelo, medida en centímetros, igual a:




$$H = 250 + d$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación y que, en este caso, corresponde a 210 cm. Por lo tanto:

$$H = 250 + 210 = 460 \text{ cm}$$

Altura inferior a los 480 cm de altura mínima sobre el suelo a la que se sitúan los sistemas en tensión no protegidos.

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

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02	V02
		Fecha: JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

2.10.17 Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación

Los sistemas de protección que deban establecerse guardarán unas distancias mínimas medidas en horizontal a los elementos en tensión que se respetarán en toda zona comprendida entre el suelo y una altura de 200 cm que, según el sistema de protección elegido y expresadas en centímetros, serán:

De los elementos en tensión a paredes macizas de 180 cm de altura mínima:

$$B = d + 3$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación y que, en este caso, corresponde a 210 cm. Por lo tanto:

$$B = 210 + 3 = 213 \text{ cm}$$

De los elementos en tensión a enrejados de 180 cm de altura mínima:

$$C = d + 10$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación y que, en este caso, corresponde a 210 cm. Por lo tanto:




$$C = 210 + 10 = 220 \text{ cm}$$

De los elementos en tensión a cierres de cualquier tipo (paredes macizas, enrejados, barreras, etc.) con una altura que en ningún caso podrá ser inferior a 100 cm:

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

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación y que, en este caso, corresponde a 210 cm. Por lo tanto:

$$E = 210 + 30 = 240 \text{ cm}$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	
Fecha:		JUL.-2025

2.10.18 Distancias en zonas de protección contra contactos accidentales desde el exterior del recinto de la instalación

Para evitar los contactos accidentales desde el exterior del cierre del recinto de la instalación con los elementos en tensión, deberán existir entre éstos y el cierre las distancias mínimas de seguridad, medidas en horizontal y en centímetros, de los elementos en tensión al cierre cuando éste es un enrejado de cualquier altura $k \geq 220$ cm:

$$G = d + 150$$

Siendo "d" la distancia expresada en centímetros de las tablas 1, 2 y 3 de la ITC-RAT-12, dadas en función de la tensión soportada nominal a impulsos tipo rayo adoptada por la instalación y que, en este caso, corresponde a 210 cm. Por lo tanto:

$$G = 210 + 150 = 360 \text{ cm}$$

Las distancias mínimas y de seguridad establecidas cumplen con lo proyectado en el diseño de la subestación. Esto asegura que las instalaciones sean seguras tanto para el personal como para el buen funcionamiento de la subestación.




2.11 Estudio de campos magnéticos

Se realiza a continuación el análisis de las emisiones magnéticas en el entorno exterior inmediato del Centro de Medida Nudo Quintos, para dar cumplimiento al RD 337/2014 (Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión), donde se indica que se deberán realizar cálculos para comprobar que no se supera el valor establecido en el Real Decreto 1066/2001.

El alcance comprende el cálculo de los niveles máximos del campo magnético que puedan alcanzarse en dicho entorno haciendo una evaluación comparativa con los límites establecidos en la normativa vigente, para asegurar las condiciones de protección a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria establecidas en dicha normativa.

2.11.1 Límites máximos admisibles

Los límites establecidos se cumplirán en las zonas en las que puedan permanecer habitualmente las personas y en la exposición a las emisiones de los equipos terminales.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

Restricciones básicas. Dependiendo de la frecuencia, se emplearán las siguientes cantidades físicas:

Entre 0 y 1 Hz se proporcionan restricciones básicas de la inducción magnética para campos magnéticos estáticos (0 Hz) y de la densidad de corriente para campos variables en el tiempo de 1 Hz, con el fin de prevenir los efectos sobre el sistema cardiovascular y el sistema nervioso.

Entre 1 Hz y 10 MHz se proporciona restricciones básicas de la densidad de corriente para prevenir los efectos sobre las funciones del sistema nervioso. Este es el ámbito de aplicación de nuestro estudio ya que la frecuencia de la corriente generada son 50 Hz.

Las restricciones básicas para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos dentro del ámbito de la instalación estudiada es el siguiente:




Gama de frecuencia (Hz)	Inducción magnética (mT)	Densidad de corriente (mA/m ²) rms	SAR medio de cuerpo entero (W/kg)	SAR localizado (cabeza y tronco W/kg)	SAR localizado (miembros) (W/kg)	Densidad de potencia S (W/m ²)
4-1.000	-	2	-	-	-	-

2.11.2 Niveles de referencia

Los niveles de referencia para limitar la exposición se obtienen a partir de las restricciones básicas, presuponiendo un acoplamiento máximo del campo con el individuo expuesto, con lo que se obtiene un máximo de protección.

Niveles de referencia para campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos:

Gama de frecuencia (kHz)	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)
0,025-0,8	250/f	4/f	5/f	-

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

La densidad de flujo magnético o inducción magnética es una magnitud vectorial (B) que da lugar a una fuerza que actúa sobre cargas en movimiento, y se expresa en (T).

En espacios libres y en materiales biológicos, la densidad de flujo o inducción magnética y la intensidad de campo magnético se pueden intercambiar utilizando la equivalencia de $1 \text{ T} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ A/m}$.

Para el caso que nos ocupa y considerando que la frecuencia de red es de 0,05 kHz, los límites máximos de referencia de acuerdo con el capítulo 3.1 del RD 1066/2001 son los siguientes:

Intensidad de campo $E = 5000 \text{ V/m}$

Intensidad de campo $H = 80 \text{ A/m}$

Campo Magnético $B = 100 \mu\text{T}$

2.11.3 Definiciones




Los campos eléctricos tienen su origen en diferencias de voltaje: cuanto más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo resultante. Un campo eléctrico existe, aunque no haya corriente.

El campo eléctrico E se expresa en voltios por metro (V/m), o su múltiplo en kV/m.

Los campos magnéticos tienen su origen en las corrientes eléctricas: una corriente más fuerte da como resultado un campo magnético más fuerte. También se pueden producir campos magnéticos con imanes permanentes. La intensidad de campo magnético H en un punto dado del espacio se define como la fuerza que se ejerce sobre un elemento de corriente situado en dicho punto, y se expresa en amperios por metro (A/m).

Así pues, el campo eléctrico existe siempre que haya cargas eléctricas, mientras que sólo hay campo magnético cuando esas cargas están en movimiento, es decir, cuando hay un flujo de corriente eléctrica. Es más habitual representar el campo magnético mediante la inducción magnética o densidad de flujo magnético B.

Este término se relaciona con H mediante la permeabilidad magnética μ :

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

$$B = \mu H$$

La unidad de medida del campo magnético en el Sistema Internacional de unidades es el Tesla (T) o sus fracciones, en particular el microtesla (μT). En algunos países se utiliza también el Gauss (G). Las equivalencias son las siguientes:

$$1 T = 10.000 G$$

Una de las propiedades del campo electromagnético es transmitir energía a grandes distancias por medio de ondas, en ausencia de cualquier medio material. Esta energía se asocia con el producto vectorial del campo eléctrico y del magnético. Dicho producto se denomina vector de Poynting (S) y representa la densidad de flujo de energía de una onda electromagnética por unidad de tiempo.




La longitud de onda y la frecuencia determinan otra característica importante de los campos electromagnéticos. Las ondas electromagnéticas son transportadas por partículas llamadas cuantos de luz. Los cuantos de luz de ondas con frecuencias más altas (longitudes de onda más cortas) transportan más energía que los de las ondas de menor frecuencia (longitudes de onda más largas).

El sistema eléctrico funciona a una frecuencia extremadamente baja 50 Hz, lo que se denomina 'frecuencia industrial', dentro de la región de las radiaciones no ionizantes del espectro, por lo que transmiten muy poca energía. Además, a frecuencias tan bajas el campo electromagnético no puede desplazarse, lo que implica que desaparece a corta distancia de la fuente que lo genera.

2.11.4 Medidas para limitar las emisiones

En el diseño de la instalación se consideran los siguientes aspectos que producen una reducción en las emisiones con respecto a no tenerlos en cuenta. Son los siguientes:

- Transformadores intemperie separados del cerramiento exterior para evitar emisiones al exterior.
- Las zanjas de cables se plantean por el interior de la instalación, alejadas en lo posible de los cerramientos para reducir el campo trasladado al exterior.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

- En la medida de lo posible se distribuirán las acometidas de los cables en diferentes puntos para evitar concentraciones de campo.

Los cables subterráneos salientes cuentan con una pantalla metálica que atenúa su campo eléctrico, y se agruparán por ternas de forma que el campo magnético generado se compense.

2.11.5 Cálculo de campos magnéticos




2.11.5.1 Consideraciones de cálculo

Para la obtención de los resultados se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- El estudio se realiza para la zona interior y exterior de la subestación.
- Se consideran como fuentes principales de campo magnético los equipos y cables eléctricos existentes dentro del cerramiento del Centro de Medida, no considerándose los equipos eléctricos o instalaciones ajenas o exteriores al recinto de medida, salvo las correspondientes a la propia instalación.
- Se considera un grado de carga del 100% de la instalación en el nivel de 220kV, de forma que se analice el caso más desfavorable de emisión de campos, aun cuando esta situación no está prevista que se dé durante la explotación habitual de la instalación, ni físicamente posible por el balance de las cargas consideradas en la actualidad.
- Se aplica el principio de superposición, para conocer el campo magnético generado por dos o más elementos, es decir para obtener el campo magnético en un punto, se sumará vectorialmente la aportación de cada uno de los elementos calculados individualmente.

La subestación consiste en una parte intemperie que está constituida por aparatación convencional.

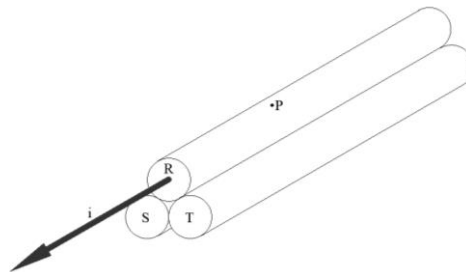
Para considerar el caso más desfavorable, se desprecian las pérdidas en los equipos y líneas y a la potencia nominal, aun cuando no se prevea su funcionamiento en este régimen.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

2.11.5.2 Cableado de baja tensión TSA – Cuadro SS.AA.

En este apartado, se justifica el campo magnético creado por un conjunto de 3 cables unipolares trenzados para una línea trifásica de Baja Tensión, en un punto P situado en la parte exterior de la envolvente de uno de los circuitos.

Para simplificar el cálculo, se considerará el caso desfavorable de conductores rectilíneos indefinidos en el cableado de Baja Tensión discurriendo la intensidad máxima admitida en régimen permanente (250 A). Se considera que la envolvente del cable unipolar tiene un diámetro de 37 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:

$$\mathbf{B}_P = \sum \mathbf{B}_{P,i} = \mathbf{B}_{P,R} + \mathbf{B}_{P,S} + \mathbf{B}_{P,T}$$

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

$$\mathbf{B}_{P,R} = \mu \frac{i_R}{2\pi r}$$

$$\mathbf{B}_{P,S} = \mu \frac{i_S}{2\pi d}$$

$$\mathbf{B}_{P,T} = \mu \frac{i_T}{2\pi d}$$

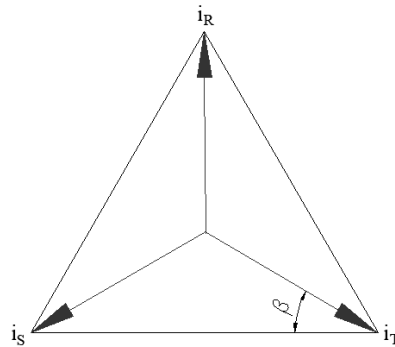
Donde:

i_R, i_S, i_T : Intensidades circulantes por las fases R, S, T.

Propiedad: esparity solar	cero	Ingeniería: voltae engineering	Rev.: 02	V02
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		
		Fecha: JUL.-2025		

μ : Permeabilidad electromagnética del vacío (se aproxima al valor de la del aire= $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$)

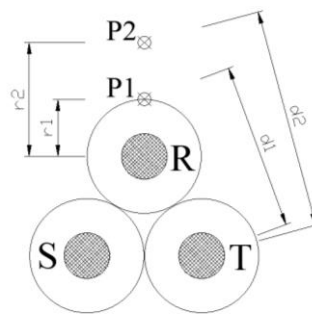
r, d : Distancias del conductor al punto de medida.



Teniendo en cuenta que $\beta = 30^\circ$:

$$i_S = i_T = -i_R \times \sin 30 = -\frac{i_R}{2}$$

Según el diagrama mostrado a continuación, el campo resultante sobre el punto P se puede expresar de la siguiente manera:






Siendo el radio $r_1 = 18,5 \text{ mm}$ y la distancia $d_1 = 53,82 \text{ mm}$.

$$B_{P,R} = \mu \frac{i_R}{2\pi r} = 2702 \mu T$$

$$B_{P,S} = \mu \frac{-0,5 \cdot i_R}{2\pi d} = -465 \mu T$$

$$B_{P,T} = \mu \frac{-0,5 \cdot i_R}{2\pi d} = -465 \mu T$$

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Realizando la suma de los tres campos, se obtiene un valor de $1.772 \mu\text{T} > 100 \mu\text{T}$ exigidos por el RD 1066/2001.

Dado que no se cumple con el valor requerido del campo magnético en los conductores, a continuación, se procede a verificar el campo magnético a una distancia mínima de 10 cm.

De manera similar, para un punto P2 situado a 10 cm en la vertical de la fase R, siendo $r_2 = 118,50 \text{ mm}$ y $d_2 = 151,68 \text{ mm}$.

$$B_{P,R} = \mu \frac{i_R}{2\pi r} = 421,94 \mu\text{T}$$

$$B_{P,S} = \mu \frac{-0,5 \cdot i_R}{2\pi d} = -164,82 \mu\text{T}$$

$$B_{P,T} = \mu \frac{-0,5 \cdot i_R}{2\pi d} = -164,82 \mu\text{T}$$




Resultando un campo de $92,3 \mu\text{T} < 100 \mu\text{T}$ exigidos por el RD 1066/2001.

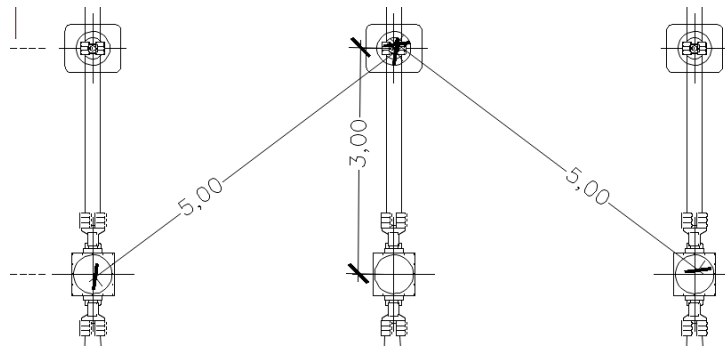
Por lo que, a una distancia de 10 cm de los cables, el campo magnético ya es menor que el exigido por la normativa.

2.11.5.3 Cable aéreo de 220 kV

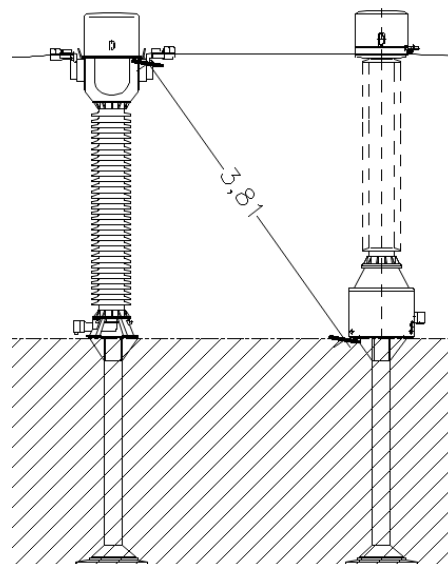
En este caso, se analizarán los tendidos de cables de alta tensión del Centro de Medida de Intemperie de 220 kV. Se analizarán el caso del punto bajo entre el transformador de tensión y el transformador de intensidad, por ser el lugar de mayor confluencia.

La altura del punto se considerará en 2,5 m sobre el nivel del terreno, de manera que sea un punto superior a la altura del personal de la subestación.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		



Vista de planta transformador de tensión y transformador de corriente 220 kV Plano X-Y



Vista de sección transformador de tensión y transformador de corriente 220 kV Plano Y-Z




Para el cálculo de distancias en la verificación del campo magnético se consideraron las distancias teniendo en cuenta las imágenes anteriores:

$$\text{Distancia Fase R} : \sqrt{3,81^2 + 5^2}$$

$$\text{Distancia Fase S} : \sqrt{3,81^2 + 3^2}$$

$$\text{Distancia Fase T} : \sqrt{3,81^2 + 5^2}$$

Los resultados del cálculo son los siguientes:




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

Linea AT	FASE	CORRIENTE (A)	DISTANCIA (m)[d1]	Campo B (μ T)
Tramo 1	R	577,4	6,286	18,374
	S	-288,7	4,849	-11,909
	T	-288,7	6,286	-9,187
Campo TOTAL				-2,722

El resultado del campo disminuirá a medida que aumente la distancia, por lo que se puede comprobar que el campo magnético es inferior al exigido fuera del cerramiento de la subestación. Se confirma que, en el exterior de la subestación, el campo electromagnético es menor de 100 μ T.




Habiendo realizado los análisis pertinentes en cuanto a la actividad del Centro de Medida Nudo Quintos en las condiciones más desfavorables de funcionamiento, se ha llegado a la conclusión de que los valores de radiación emitidos están por debajo de los límites técnicos admisibles, cumpliendo por tanto las normativas nacional e internacional en lo relativo a emisiones magnéticas en el exterior de las instalaciones.

Tras la ejecución de la subestación y durante las pruebas de puesta en marcha, se realizarán mediciones de campo electromagnético en el cerramiento exterior de la subestación para comprobar los niveles según RD 1066/2001.




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

2.12 Conclusiones

Una vez presentados todas las justificaciones técnicas solicita que se concedan las preceptivas autorizaciones para la ejecución del centro de medida en la SET Nuda Quintos 220kV.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

3 PRESUPUESTO




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
		Fecha: JUL.-2025
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	

3.1 Presupuesto línea subterránea de alta tensión 220kV

3.1.1 Primer tramo subterráneo (SET Colectora Nudo Quintos – Centro de medida)




3.1.1.1 Material y equipamiento eléctrico

Material y equipamiento eléctrico				
Conductores				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
7.490,6	m.	Cable XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265 bajo tubo	110,80	829.958,48
433,9	m.	Cable XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265 en perforación dirigida	110,80	48.076,12
2.496,8	m.	Cable PKP 64 bajo tubo	3,53	8.813,70
144,7	m.	Cable PKP 64 en perforación dirigida	3,53	510,79
707,3	m.	Cable RV 0,6/1kV 400mm ² CU bajo tubo	2,42	1.711,67
Equipos, accesorios y puesta a tierra				
6	Ud.	Terminal exterior 220 kV conductor XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265	24.215,00	145.290,00
6	Ud.	Autoválvula 245 kV	1.065,00	6.390,00
9	Ud.	Empalme unipolar 220 kV conductor XLPE Al 110/220 kV 1x2000Al+H265	19.600,00	176.400,00
3	Ud.	Empalme fibra óptica subterráneo incluyendo fusión de fibras	113,62	340,86
5	Ud.	Pequeño material de puesta a tierra pantallas	54,23	271,15
3	Ud.	Caja unipolar de puesta a tierra con descargadores tipo RNL HC 1 en Sub. intemperie	289,25	867,75
1	Ud.	Caja tripolar de puesta a tierra directa en CM N°1	192,54	192,54
2	Ud.	Caja tripolar de puesta a tierra con trasposición de pantallas incluyendo descargadores tipo RNL HC 1 en CM N°2 y CM N°3	325,17	650,34
3	Ud.	Caja unipolar de puesta a tierra directa en Sub. intemperie	102,56	307,68
Total Material y equipamiento eléctrico €				1.219.781,08

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




3.1.1.2 Montaje de equipamiento eléctrico

Montaje de equipamiento eléctrico				
Conductores				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
7.490,6	m.	Cable XLPE AI 110/220 kV 1x2000AI+H265 bajo tubo	32,58	244.043,75
433,9	m.	Cable XLPE AI 110/220 kV 1x2000AI+H265 en perforación dirigida	25,38	11.012,38
2.496,8	m.	Cable PKP 64 bajo tubo	3,60	8.988,48
144,7	m.	Cable PKP 64 en perforación dirigida	1,79	259,01
707,3	m.	Cable RV 0,6/1kV 400mm ² CU bajo tubo	3,30	2.334,09
Equipos, accesorios y puesta a tierra				
6	Ud.	Terminal exterior 220 kV conductor XLPE AI 110/220 kV 1x2000AI+H265	21.580,00	129.480,00
6	Ud.	Autoválvula 245 kV	315,00	1.890,00
9	Ud.	Empalme unipolar 220 kV conductor XLPE AI 110/220 kV 1x2000AI+H265	16.500,00	148.500,00
3	Ud.	Empalme fibra óptica subterráneo incluyendo fusión de fibras	82,36	247,08
5	Ud.	Pequeño material de puesta a tierra pantallas	23,92	119,60
3	Ud.	Caja unipolar de puesta a tierra con descargadores tipo RNL HC 1 en Sub. intemperie	41,17	123,51
1	Ud.	Caja tripolar de puesta a tierra directa en CM N°1	15,56	15,56
2	Ud.	Caja tripolar de puesta a tierra con trasposición de pantallas incluyendo descargadores tipo RNL HC 1 en CM N°2 y CM N°3	89,23	178,46
3	Ud.	Caja unipolar de puesta a tierra directa en Sub. intemperie	7,15	21,45
Total Montaje de equipamiento eléctrico €				547.213,37

Propiedad:	 	Ingeniería:		Rev.:	02	V02
		Fecha:		JUL.-2025		
13023-PTA-LAT-QUI-001			MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

3.1.1.3 Obra civil

Obra civil primer tramo subterráneo				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
2.288,4	m ³	Excavación terreno normal zanja 0,8x1,45	116,41	266.392,64
31	m ³	Excavación terreno normal zanja 0,8x2,88	116,41	3.608,71
41,1	m ³	Excavación terreno normal zanja 0,8x2,48	116,41	4.784,45
477,9	m ³	Excavación terreno normal zanja 0,8x1,75	116,41	55.632,34
25	m ³	Excavación terreno normal zanja 0,8x1,98	116,41	2.910,25
10,7	m ³	Excavación terreno normal zanja 0,8x2,08	116,41	1.245,59
20,3	m ³	Excavación terreno normal zanja 0,8x3,08	116,41	2.363,12
4,3	m ³	Excavación terreno normal zanja 0,8x2,38	116,41	500,56
7,6	m ³	Excavación terreno normal zanja 0,8x2,32	116,41	884,72
1.571,5	m ³	Hormigón en canalización entubada	176,85	277.919,78
2.385,4	m	Acondicionamiento de zanja incluido tubos diámetro 250, separadores, cinta señalizadora etc.. y para posterior hormigonado de zanja cables bajo tubo	2,82	6.726,83
137,8	m	Hinca con tubo diámetro 1.470 m para paso canalización sin afectar al pavimento	878,61	121.072,46
3	Ud.	Cámara de empalme prefabricada estanca cable aislado 220 kV dimensiones 2,65 x 7,9 metros x 3,15 m de profundidad	923,32	2.769,96
3	Ud.	Arqueta para empalme cable de fibra óptica	298,23	894,69
3	Ud.	Arqueta de ayuda al tendido	321,32	963,96
Total Obra civil primer tramo subterráneo €				748.670,05

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




3.1.1.4 Resumen presupuesto primer tramo subterráneo

Resumen presupuesto primer tramo subterráneo	
Material y equipamiento eléctrico	1.219.781,08
Montaje de equipamiento eléctrico	547.213,37
Obra civil primer tramo subterráneo	748.670,05
Resumen presupuesto primer tramo subterráneo	2.515.664,51

3.1.2 Segundo tramo subterráneo (Centro de medida – SET Quintos)

3.1.2.1 Material y equipamiento eléctrico

Material y equipamiento eléctrico				
Conductores				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
262,5	m.	Cable XLPE AI 110/220 kV 1x2000AI+H265 bajo tubo	110,80	29.085,00
87,4	m.	Cable PKP 64 bajo tubo	3,53	308,52
77,5	m.	Cable RV 0,6/1kV 400mm ² CU bajo tubo	2,42	187,55
Equipos, accesorios y puesta a tierra				
6	Ud.	Terminal exterior 220 kV conductor XLPE AI 110/220 kV 1x2000AI+H265	24.215,00	145.290,00
6	Ud.	Autoválvula 245 kV	1.065,00	6.390,00
2	Ud.	Pequeño material de puesta a tierra pantallas	54,23	108,46
3	Ud.	Caja unipolar de puesta a tierra con descargadores tipo RNL HC 1 en Sub. intemperie	289,25	867,75
3	Ud.	Caja unipolar de puesta a tierra directa en Sub. intemperie	102,56	307,68
Total Material y equipamiento eléctrico €				182.544,96




Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

3.1.2.2 Montaje de equipamiento eléctrico

Montaje de equipamiento eléctrico				
Conductores				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
262,5	m.	Cable XLPE AI 110/220 kV 1x2000AI+H265 bajo tubo	32,58	8.552,25
87,4	m.	Cable PKP 64 bajo tubo	3,60	314,64
77,5	m.	Cable RV 0,6/1kV 400mm ² CU bajo tubo	3,30	255,75
Equipos, accesorios y puesta a tierra				
6	Ud.	Terminal exterior 220 kV conductor XLPE AI 110/220 kV 1x2000AI+H265	21.580,00	129.480,00
6	Ud.	Autoválvula 245 kV	315,00	1.890,00
2	Ud.	Pequeño material de puesta a tierra pantallas	23,92	47,84
3	Ud.	Caja unipolar de puesta a tierra con descargadores tipo RNL HC 1 en Sub. intemperie	41,17	123,51
3	Ud.	Caja unipolar de puesta a tierra directa en Sub. intemperie	7,15	21,45
Total Montaje de equipamiento eléctrico €				140.685,44

3.1.2.3 Obra civil segundo tramo subterráneo

Obra civil segundo tramo subterráneo				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
81,8	m ³	Excavación terreno normal zanja 0,8x1,45	116,41	9.522,34
3,9	m ³	Excavación terreno normal zanja 0,8x2,38	116,41	454,00
4,4	m ³	Excavación terreno normal zanja 0,8x2,08	116,41	512,20
49,2	m ³	Hormigón en canalización entubada	176,85	8.701,02
75,2	m	Acondicionamiento de zanja incluido tubos diámetro 250, separadores, cinta señalizadora etc.. y para posterior hormigonado de zanja cables bajo tubo	2,82	212,06
Total Obra civil segundo tramo subterráneo €				19.401,63

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
		Fecha: JUL.-2025
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	




3.1.2.4 Resumen presupuesto segundo tramo subterráneo

Resumen presupuesto segundo tramo subterráneo	
Material y equipamiento eléctrico	182.544,96
Montaje de equipamiento eléctrico	140.685,44
Obra civil segundo tramo subterráneo	19.401,63
Resumen presupuesto segundo tramo subterráneo	342.632,03

3.1.3 Resumen presupuesto línea de alta tensión

Total presupuesto	
Primer tramo subterráneo	2.515.664,51
Segundo tramo subterráneo	342.632,03
Seguridad y Salud	134.296,06
Gestión de Residuos	14.623,79
Total presupuesto	3.007.216,38




Asciende el presupuesto a la cantidad de TRES MILLONES SIETE MIL DOSCIENTOS DIECISEIS EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS.

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		

3.2 Presupuesto centro de medida

3.2.1 Obra civil

Obra civil				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
1	Ud.	Incluye cimentaciones de Aparamenta principal de AT, proyectores, vallado perimetral.	39.012,63	39.012,63
1	Ud.	Incluye Drenaje bajo canales, drenaje colector, arquetas de ventilación, arquetas de registro, depósito de agua y fosa séptica+filtro biológico.	3.449,69	3.449,69
1	Ud.	Incluye Canales prefabricados para cables de control y fuerza de BT, Tubos corrugados PEAD y Arquetas típicas para cables.	20.844,68	20.844,68
1	Ud.	Incluye Extendido de grava 20/40, Vial interior, Acera perimetral, Cerramiento perimetral y Puerta Vehicular y Peatonal.	14.029,63	14.029,63
Total Obra civil €				77.336,63

Propiedad:	 	Ingeniería:		Rev.:	02	V02
		Fecha:		JUL.-2025		
13023-PTA-LAT-QUI-001			MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			

3.2.2 Sistema de tierras

Sistema de tierras				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
1	Ud.	Incluye Ensayo de resistividad y Red de tierras inferiores.	16.345,37	16.345,37
Total Sistema de tierras €				16.345,37




3.2.3 Estructuras metálicas

Estructuras metálicas				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
1	Ud.	ESTRUCTURAS METÁLICAS Incluye estructuras de Aparamenta principal de AT, proyectores y elementos en edificio.	20.040,45	20.040,45
Total Movimiento de tierras €				20.040,45

3.2.4 Aparamenta e instalaciones

3.2.4.1 Aparamenta 220 kV

Aparamenta 220kV				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
6	Ud.	BOTELLA TERMINAL 220 kV Incluye suministro y montaje.	3.441,18	20.647,06
6	Ud.	AUTOVALVULA 220 kV Incluye suministro y montaje.	1.892,72	11.356,30
3	Ud.	TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD 220 kV Incluye suministro y montaje.	5.376,54	16.129,61
3	Ud.	TRANSFORMADOR DE TENSIÓN INDUCTIVO 220 kV Incluye suministro y montaje.	6.029,00	18.087,00
1	Ud.	TRANSFORMADOR DE TENSIÓN SSAA Incluye suministro y montaje.	9.043,50	9.043,50

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.:	02	V02
		Fecha:	JUL.-2025	
13023-PTA-LAT-QUI-001		MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA		




Aparamenta 220kV	
Total Aparamenta 220kV €	75.263,46

3.2.4.2 Armarios de medida y control

Armarios de medida y control				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
1	Ud.	ARMARIO DE MEDIDA FISCAL PRINCIPAL Incluye suministro y montaje.	6.500,11 €	6.500,11 €
1	Ud.	ARMARIO DE COMUNICACIONES Y F.O Incluye suministro y montaje.	16.352,49 €	16.352,49 €
Total Armarios de medida y control €				22.852,60

3.2.4.3 Armarios de servicios auxiliares

Armario de servicios auxiliares				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
1	Ud.	ARMARIO DE SERVICIOS AUXILIARES C.A. Incluye suministro y montaje.	15.762,93 €	15.762,93 €
1	Ud.	ARMARIO GENERAL DE ALUMBRADO PARA EL EDIFICIO Incluye suministro y montaje.	3.369,48 €	3.369,48 €
1	Ud.	ARMARIO DE SERVICIOS AUXILIARES C.C. Incluye suministro y montaje.	8.570,57 €	8.570,57 €
1	Ud.	EQUIPO RECTIFICADOR-BATERIA 125Vcc Incluye suministro y montaje.	6.830,14 €	6.830,14 €
1	Ud.	CAJA SISTEMA ANTIINTRUISMO Incluye suministro y montaje.	644,29 €	644,29 €
1	Ud.	CAJA PROTECCIÓN PCI Incluye suministro y montaje.	644,29 €	644,29 €
Total Armario de servicios auxiliares €				35.821,69

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

3.2.4.4 Alumbrado exterior




Cables de control y BT				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
9	Ud.	PROYECTOR ILUMINACIÓN EXTERIOR Incluye suministro y montaje.	546,22	2.184,87
Total Cables de control y BT €				2.184,87

3.2.4.5 Cables de control y BT

Cables de control y BT				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
1	Ud.	CABLES DE FUERZA, CONTROL, PROTECCIÓN, FIBRA ÓPTICA Y COMUNICACIONES Incluye suministro y montaje.	35.061,90	35.061,90
Total Cables de control y BT €				35.061,90

3.2.4.6 Cajas auxiliares

Cables auxiliares				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
1	Ud.	CAJA CENTRALIZACIÓN DE TENSIONES Incluye suministro y montaje.	1.580,74	1.580,74
1	Ud.	CAJA CENTRALIZACIÓN DE INTENSIDADES Incluye suministro y montaje.	1.580,74	1.580,74
1	Ud.	CAJA CENTRALIZACIÓN DE TENSIONES PVT Incluye suministro y montaje.	1.580,74	1.580,74
Total Cables auxiliares €				4.742,22

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

3.2.4.7 Materiales auxiliares




Materiales auxiliares				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
1	Ud.	PLACAS Y LETREROS Incluye suministro y montaje.	1.789,57	1.789,57
Total Materiales auxiliares €				1.789,57

3.2.4.8 Edificio del Centro de Medida

Edificio del centro de medida				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
1	Ud.	EDIFICIO PREFABRICADO Incluye Fabricación, Sistema de tierras e Instalación de servicios (Iluminación, Iluminación de Emergencia, Fuerza, Telefonía, Climatización, Sistema Contraincendios y Sistema Antiintrusismo.)	33.189,51	33.189,51
Total Edificio de centro de medida €				33.189,51

3.2.5 Ingeniería y estudios

Ingeniería y estudios				
Uds	Ud	Descripción	€/ud	Total
1	Ud.	INGENIERÍA Y ESTUDIOS Incluye Ingeniería de detalle, Ensayos previos a puesta en servicio, Pruebas funcionales, Verificación de señales, Pruebas de inyección por primario y Puesta en servicio.	58.773,04	58.773,04
Total Ingeniería y estudios €				58.773,04

Propiedad:	 	Ingeniería:		Rev.:	02	V02
		Fecha:		JUL.-2025		
13023-PTA-LAT-QUI-001			MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA			




3.2.6 Resumen de presupuesto centro de medida

Resumen presupuesto	
Obra civil	77.336,63
Sistema de tierras	16.345,37
Estructuras metalicas	20.040,45
Aparamenta e instalaciones	210.905,83
Ingeniería y puesta en servicio	58.773,04
Estudio de gestión de residuos	5.338,00
Estudios de seguridad y salud	3.807,23
Total	392.546,54

A continuación, se muestra el presupuesto de obra del Centro de Medida Nudo Quintos, en presupuesto de ejecución material (PEM) y presupuesto de ejecución por contrato (PEC):

Resumen presupuesto		
392.546,54	74.583,84	467.130,38

El presupuesto total del Centro de Medida Nudo Quintos es de **CUATROCIENTOS SESENTA Y SIETE MIL CIENTO TREINTA EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS.**

Propiedad:  	Ingeniería: 	Rev.: 02 V02
13023-PTA-LAT-QUI-001	MEMORIA TÉCNICA DESCRIPTIVA	Fecha: JUL.-2025

3.3 Resumen del presupuesto total de la línea de 220Kv y el centro de medida

Resumen presupuesto total	
Línea subterránea de 220Kv	3.007.216,38
Centro de medida	467.130,38
Resumen presupuesto	3.474.346,76

El presupuesto total de la línea subterránea y del Centro de Medida Nudo Quintos es de TRES MILLONES CUATROCIENTOS SETENTA Y CUATRO MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS CON SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS.