



PROYECTO

INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN

PROYECTO HÍBRIDO ROYAL

DOCUMENTO 1: MEMORIA - ANEJOS

Términos Municipales de Zaragoza y El Burgo de Ebro
(provincia de Zaragoza)



En Zaragoza, septiembre de 2024

ÍNDICE

ANEJO 1: COORDENADAS

ANEJO 2: RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

ANEJO 3: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

ANEJO 4: CÁLCULOS ELÉCTRICOS SET

ANEJO 5: ESTUDIO DE CAMPOS MAGNÉTICOS

ANEJO 6: CÁLCULOS ELÉCTRICOS LSAT

ANEJO 1
Coordenadas

1. SUBESTACIÓN ROYAL

Los vértices del vallado de la SET, en coordenadas UTM (ETRS89 Huso 30), son los siguientes:

VÉRTICES SET "ROYAL" 30 / 45 kV		
COORDENADAS UTM (HUSO 30 - ETRS 89)		
VÉRTICE	X	Y
V1	691.697	4.601.635
V2	691.735	4.601.635
V3	691.735	4.601.607
V4	691.697	4.601.607

2. LÍNEA SUBTERRÁNEA DE EVACUACIÓN

PUNTOS SINGULARES LSAT COORDENADAS UTM ETRS 89 30N		
Hito	X _{UTM}	Y _{UTM}
SET Royal	691.724	4.601.629
CE.01	691.973	4.602.140
CE.02	692.578	4.602.186
SET Tronchetti	693.184	4.601.969

ANEJO 2

Relación de bienes y derechos afectados

1 AFECCIONES

Se describen a continuación las distintas superficies reflejadas en la relación de bienes y derechos afectados por las instalaciones objeto de este proyecto:

- Superficie canalización: consistente en la superficie, en metros cuadrados, que se obtiene de multiplicar el ancho de la canalización necesaria para establecer la línea por la longitud de tendido subterráneo que afecta a la línea.

En este proyecto, el ancho de la zanja enterrada es de 0,6 m, y el diámetro de la vaina en las perforaciones horizontales es de 0,5 m.

- Superficie de ocupación definitiva: consistente en la superficie, en metros cuadrados, de la finca que se ocupa de forma permanente.

En este proyecto, se define así a la superficie de ocupación de la subestación, a la superficie de ocupación de acceso a la subestación, a la superficie de ocupación de las cámaras de empalmes y a la superficie de ocupación de los fosos (arquetas) de ataque y salida de las perforaciones horizontales.

- Superficie de servidumbre de paso para vigilancia y conservación: con limitaciones a la propiedad, según el artículo 160 y con las limitaciones y compatibilidades que establecen los artículos 161 y 162 del 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, para las líneas subterráneas se prohíbe la plantación y la construcción de edificios e instalaciones industriales en la franja definida por la zanja donde van alojados los conductores incrementada en las distancias mínimas de seguridad reglamentarias, a cada lado en una distancia mínima de seguridad igual a la mitad de la anchura de la canalización (apartado 5.1 de la ITC-LAT 06 del R.L.A.T.).

En este proyecto, se define como la suma de la superficie de ocupación de la zanja más la franja de terreno correspondiente a 1,5 m a cada lado de la ocupación de la zanja.

- Superficie de ocupación temporal: es la superficie necesaria para construir la línea y mantenerla en el futuro, que no esté incluida en la superficie considerada en la servidumbre de paso para vigilancia y conservación. Son los caminos para la maquinaria, cuando no se pueda ir por la traza de la línea o por los accesos realizados

mediante ocupación permanente. Esta superficie, tras realizar la instalación, se restablecerá a su estado original, una vez finalicen los trabajos de construcción. En este proyecto, se define como una franja de terreno de una anchura tal, que la suma de la Servidumbre de paso para vigilancia y conservación más la Ocupación temporal, no sea mayor de 5 m.

PROYECTO
INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN PROYECTO HÍBRIDO ROYAL
01. MEMORIA - ANEJOS

1 ^l finca	Término municipal	Polígono	Parcela	Referencia catastral	Tipo de cultivo	Línea subterránea		Cámara de empalme / Arqueta		Subestación		Sup. Ocup. definitiva (m ²)	Sup. Serv. de paso para vigilancia y conservación (m ²)	Sup. Ocup. temporal (m ²)
						Long. trazado (m)	Sup. canalización (m ²)	Id.	Sup. Ocup. (m ²)	Sup. Ocup. (m ²)	Sup. acceso (m ²)			
1	Zaragoza	77	4	xxxxxxxxxxxx	Labor o Labradío seco, Pastos	309,26	178,53		-	1.447,97	434,94	1.882,91	1.063,45	408,05
2	Zaragoza	77	40	xxxxxxxxxxxx	Pastos	11,67	7,00		-	-	-	-	42,04	16,66
3	El Burgo de Ebro	12	9103	xxxxxxxxxxxx	Vía de comunicación de dominio público	42,56	25,53	Arqueta	0,12	-	-	0,12	146,38	33,68
4	El Burgo de Ebro	12	433	xxxxxxxxxxxx	Labor o Labradío seco, Pastos	4,61	0,90	Arqueta	8,88	-	-	8,88	12,95	35,06
5	El Burgo de Ebro	12	9099	xxxxxxxxxxxx	Hidrografía construida (embalse, canal...)	17,67	8,83		-	-	-	-	9,03	-
6	El Burgo de Ebro	12	9098	xxxxxxxxxxxx	Vía de comunicación de dominio público	7,44	3,72		-	-	-	-	3,72	-
7	El Burgo de Ebro	12	431	xxxxxxxxxxxx	Labor o labradío regadío, Pastos	109,31	59,76	Arqueta	18,00	-	-	18,00	328,03	505,26
8	El Burgo de Ebro	12	9134	xxxxxxxxxxxx	Vía de comunicación de dominio público	519,25	286,60	CE01, Arqueta	15,80	-	-	15,80	981,12	461,22
9	El Burgo de Ebro	12	427	xxxxxxxxxxxx	Labor o labradío regadío	12,60	5,63	Arqueta	9,00	-	-	9,00	43,10	114,99
10	El Burgo de Ebro	12	425	xxxxxxxxxxxx	Labor o labradío regadío	33,12	19,87		-	-	-	-	119,24	241,15
11	El Burgo de Ebro	12	424	xxxxxxxxxxxx	Labor o labradío regadío	25,86	12,69	Arqueta	9,00	-	-	9,00	65,00	388,39
12	El Burgo de Ebro	12	9048	xxxxxxxxxxxx	Vía férrea	11,38	5,69		-	-	-	-	5,69	-
13	El Burgo de Ebro	12	415	xxxxxxxxxxxx	Labor o labradío regadío	5,99	2,99		-	-	-	-	2,99	-
14	El Burgo de Ebro	11	9036	xxxxxxxxxxxx	Vía de comunicación de dominio público	286,40	171,84		-	-	-	-	744,62	401,07
15	El Burgo de Ebro	11	9034	xxxxxxxxxxxx	Vía de comunicación de dominio público	401,31	237,18	CE02	6,80	-	-	6,80	1.190,98	560,48
16	El Burgo de Ebro	9	9025	xxxxxxxxxxxx	Vía de comunicación de dominio público	119,38	71,63		-	-	-	-	341,81	80,84
17	El Burgo de Ebro	9	9027	xxxxxxxxxxxx	Vía de comunicación de dominio público	42,94	25,77		-	-	-	-	194,80	23,21
18	El Burgo de Ebro	8	9009	xxxxxxxxxxxx	Vía de comunicación de dominio público	73,91	44,46		-	-	-	-	264,66	129,37

PROYECTO
INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN PROYECTO HÍBRIDO ROYAL
01. MEMORIA - ANEJOS



1 ^o finca	Término municipal	Polígono	Parcela	Referencia catastral	Tipo de cultivo	Línea subterránea		Cámara de empalme / Arqueta		Subestación		Sup. Ocup. definitiva (m ²)	Sup. Serv. de paso para vigilancia y conservación (m ²)	Sup. Ocup. temporal (m ²)
						Long. trazado (m)	Sup. canalización (m ²)	Id.	Sup. Ocup. (m ²)	Sup. Ocup. (m ²)	Sup. acceso (m ²)			
19	El Burgo de Ebro	9	9004	xxxxxxxxxxxxx	Vía de comunicación de dominio público	107,24	64,34		-	-	-	-	302,78	106,22
20	El Burgo de Ebro	8	9000	xxxxxxxxxxxxx	Camino Cordel de Aladrén y Vial Pol. Ind.	321,03	192,50		-	-	-	-	1.157,13	497,02
21	El Burgo de Ebro	33226	1	xxxxxxxxxxxxx	Industrial	18,78	5,57		-	-	-	-	33,40	7,40

ANEJO 3

Gestión de residuos

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (SEGÚN DECISIÓN 2014/955/UE)	4
3.	ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CADA TIPO DE RESIDUO.....	7
4.	MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN Y PREVENCIÓN DE RESIDUOS	8
5.	MEDIDAS DE SEPARACIÓN DE RESIDUOS	8
6.	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	9
6.1.	REUTILIZACIÓN	9
6.2.	VALORIZACIÓN	9
6.3.	ELIMINACIÓN.....	10
7.	VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS	11

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo, se establecen unas directrices y se elaboran una serie de recomendaciones y obligaciones, que se deberán tener en cuenta y cumplir durante el transcurso de la obra en cuanto al tratamiento de los residuos que se produzcan en la misma propios de las diferentes actuaciones que existan, y en cumplimiento del Real Decreto 105/2008 de 1 de Febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, fomentando por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado, y contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción.

De acuerdo con el mencionado R.D. se realizará una separación de los distintos residuos que se vayan a generar en obra y se trasladaran los mismos a un lugar conveniente para su tratamiento. Consiguiendo principalmente, con la aplicación de este Real Decreto, que todos aquellos residuos que se generan de las obras de construcción sean tratados de manera que se aprovechen al máximo desde el punto de vista de reciclado y reutilización de los materiales obtenidos en dichas demoliciones y evitar de esta manera el depósito directo de todos estos materiales en un vertedero público cualquiera sin ningún tipo de tratamiento previo.

La elaboración del presente anejo de gestión de residuos se realiza en base a la siguiente normativa:

- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y escombros.
- Decreto 262/2006, de 27 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el reglamento de la producción, posesión y gestión de los residuos de la construcción y la demolición, y del régimen jurídico del servicio público de eliminación y valorización de escombros que no procedan de obras menores de construcción y reparación domiciliaria en la Comunidad Autónoma de Aragón, modificado por el Decreto 117/2009, de 23 de junio.
- Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular.
- Decisión 2014/955/UE de la Comisión de 18 de diciembre de 2014, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE, sobre la lista de residuos.
- Decreto Legislativo 1/2009, de 21 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley reguladora de los residuos.
- Plan Nacional de residuos de la construcción y demolición (PNRCD) 2008-2015.

2. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (SEGÚN DECISIÓN 2014/955/UE)

	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
	17	Residuos de la construcción y demolición.
	17 01	Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos
X	17 01 01	Hormigón
	17 01 02	Ladrillos
	17 01 03	Tejas y materiales cerámicos
	17 01 06*	Mezclas, o fracciones separadas, de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, que contienen sustancias peligrosas
	17 01 07	Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las especificadas en el código 17 01 06
	17 02	Madera, vidrio y plástico
X	17 02 01	Madera
	17 02 02	Vidrio
X	17 02 03	Plástico
	17 02 04*	Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o están contaminados por ellas
	17 03	Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados
	17 03 01*	Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla
	17 03 02	Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01
	17 03 03*	Alquitrán de hulla y productos alquitranados
	17 04	Metales (incluidas sus aleaciones)
	17 04 01	Cobre, bronce, latón
	17 04 02	Aluminio
	17 04 03	Plomo
	17 04 04	Zinc
X	17 04 05	Hierro y acero
	17 04 06	Estaño
	17 04 07	Metales mezclados
	17 04 09*	Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas
	17 04 10*	Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas
X	17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
	17 05	Tierra (incluida la excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje
X	17 05 03*	Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas
X	17 05 04	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03
	17 05 05*	Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas
	17 05 06	Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05
	17 05 07*	Balasto de vías férreas que contienen sustancias peligrosas
	17 06	Materiales de aislamiento y materiales de construcción que contienen amianto
	17 06 01*	Materiales de aislamiento que contienen amianto
	17 06 03*	Otros materiales de aislamiento que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas
	17 06 04	Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
17 06 05*	Materiales de construcción que contienen amianto (6)
17 08	Materiales de construcción a partir de yeso
17 08 01*	Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con sustancias peligrosas
17 08 02	Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01
17 09	Otros residuos de construcción y demolición
17 09 01*	Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio
17 09 02*	Residuos de construcción y demolición que contienen PCB (por ejemplo, sellantes que contienen PCB, revestimientos de suelo a partir de resinas que contienen PCB, acristalamientos dobles que contienen PCB, condensadores que contienen PCB)
17 09 03*	Otros residuos de construcción y demolición (incluidos los residuos mezclados) que contienen sustancias peligrosas
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03
15	Residuos de envases ; absorbentes, trapos de limpieza, materiales de filtración y ropas de protección no especificados en otra categoría
15 01	Envases (incluidos los residuos de envases de la recogida selectiva municipal)
15 01 01	Envases de papel y cartón
15 01 02	Envases de plástico
15 01 03	Envases de madera
15 01 04	Envases metálicos
15 01 05	Envases compuestos
15 01 06	Envases mezclados
15 01 07	Envases de vidrio
15 01 09	Envases textiles
15 01 10*	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas
15 01 11*	Envases metálicos, incluidos los recipientes a presión vacíos, que contienen una matriz porosa sólida peligrosa (por ejemplo, amianto)
15 02	Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras
X 15 02 02*	Absorbentes, materiales de filtración (incluidos los filtros de aceite no especificados en otra categoría), trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas
15 02 03	Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras distintos de los especificados en el código 15 02 02
13	Residuos de aceites y de combustibles líquidos (excepto los aceites comestibles y los de los capítulos 05, 12 y 19)
13 01	Residuos de aceites hidráulicos
13 01 09*	Aceites hidráulicos minerales clorados
13 01 10*	Aceites hidráulicos minerales no clorados
13 01 11*	Aceites hidráulicos sintéticos
13 01 12*	Aceites hidráulicos fácilmente biodegradables
13 02	Residuos de aceites de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
13 02 04*	Aceites minerales clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
X 13 02 05*	Aceites minerales no clorados de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
13 02 06*	Aceites sintéticos de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
13 02 07*	Aceites fácilmente biodegradables de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
13 02 08*	Otros aceites de motor, de transmisión mecánica y lubricantes



	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
	13 07	Residuos de combustibles líquidos
X	13 07 01*	Fuel oil y gasóleo
	13 07 02*	Gasolina
	13 07 03*	Otros combustibles (incluidas mezclas)
	20	<i>Residuos municipales (residuos domésticos y residuos asimilables procedentes de los comercios, industrias e instituciones), incluidas las fracciones recogidas selectivamente</i>
	20 01	Fracciones recogidas selectivamente (excepto las especificadas en el subcapítulo 15 01)
X	20 01 01	Papel y cartón
	20 01 02	Vidrio
	20 01 08	Residuos biodegradables
	20 01 13*	Disolventes
	20 01 39	Plásticos
	20 01 40	Metales
	20 03	Otros residuos municipales
X	20 03 01	Mezclas de residuos municipales

Los residuos que aparecen en la lista señalados con un asterisco (*) se consideran residuos peligrosos de conformidad con la Directiva 2008/98/CE a cuyas disposiciones están sujetos a menos que se aplique el artículo 20 de esa Directiva.

3. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE CADA TIPO DE RESIDUO

Dadas las características de la obra, se ha realizado una estimación, tanto en peso como en volumen, en función de la tipología del residuo generado, y que se especifica en la siguiente tabla:

CÓDIGO	TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD (t)	CANTIDAD (m ³)
17 01 01	Hormigón	13,06	7,683
17 02 01	Madera	0,76	0,691
17 02 03	Plástico	0,10	0,112
17 04 01	Cobre, bronce, latón	0,09	0,010
17 04 05	Hierro y acero	0,73	0,094
17 04 07	Metales mezclados	0,04	0,005
20 01 01	Papel y cartón	0,08	0,061
20 03 04	Lodos de fosas sépticas	4,25	3,540
20 03 01	Restos asimilables a urbanos	0,07	0,101
20 02 01	Residuos vegetales biodegradables (podas y talas)	0,00	0,000
17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	194,33	117,775
17 09 04	Residuos mezclados de construcción distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03	0,02	0,015
15 02 02*	Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas (RP)	0,00	0,010
17 05 03*	Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas (RP)	2,83	1,888
13 02 05*	Aceites minerales no clorados de motor de transmisión mecánica y lubricantes (RP).	0,00	0,001
15 01 10*	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminadas por ellas (RP)	0,01	0,017

4. MEDIDAS DE MINIMIZACIÓN Y PREVENCIÓN DE RESIDUOS

Para prevenir la generación de residuos de la construcción y demolición durante la fase de obra o de reducir la generación de los mismos se han tenido en cuenta las siguientes acciones:

NO	SI	MEDIDA PREVENCIÓN / REDUCCIÓN
	X	Separación de residuos en origen (en obra)
	X	Inventario de residuos peligrosos (si los hay)
	X	Separación de residuos biodegradables (basura orgánica)
	X	Nombramiento de responsable de prevención / reducción de residuos.
	X	Utilización de materiales prefabricados (elementos de hormigón, bloques prefabricados.)
	X	Utilización de materiales con mayor vida útil o que favorezcan su reutilización, reciclado, etc.
	X	Evitar derrames, fugas, roturas de material o inservible mediante un control de calidad.
X		Posibilidad de utilizar el material sobrante o No válido en otra obra o uso distinto.
	X	Control y medición de unidades de obra durante la recepción del material.
	X	Utilización de envases y embalajes reciclables de materiales para la construcción.
	X	Implantación de medidas de vigilancia y control de vertidos incontrolados.
	X	Otras a incluir por el poseedor de residuos (constructor)

5. MEDIDAS DE SEPARACIÓN DE RESIDUOS

De acuerdo con el artículo 5 del R.D.105/2008 el poseedor de residuos deberá proceder a su separación en fracciones, cuando se prevea que los residuos superen las siguientes cantidades:

RESIDUO RCD	PREVISTO (T)	LÍMITE (T)
HORMIGÓN	12,81 T	80,00 T
METAL	0,80 T	2,00 T
MADERA	0,73 T	1,00 T
VIDRIO	0,00 T	1,00 T
PLÁSTICO	0,05 T	0,50 T
PAPEL Y CARTÓN	0,05 T	0,50 T

Según la estimación de volumen de residuos realizada, se deberán tomar medidas de separación para cada fracción identificada en la tabla, que deberán ser confirmadas o modificadas por el poseedor de residuos. La cantidad de residuos de hormigón, metales, madera, plástico y papel y cartón son inferiores a las cantidades establecidas en el Real Decreto, por lo que se dispondrá en la obra un único contenedor en el que se depositen dichos residuos hasta su posterior recogida por la empresa gestora de residuos autorizada por el Gobierno de Aragón.

Además, será necesario contar con una zona en la que ubicar distintos bidones para almacenar los distintos residuos peligrosos generados en la obra, hasta su posterior recogida por la empresa gestora de residuos autorizada por el Gobierno de Aragón.

NO	SI	MEDIDA SEPARACIÓN
X		Eliminación previa de materiales desmontables (solo en caso de demolición)
X		Utilización de contenedores de gran volumen para RCD's (solo en caso de demolición)
X		Recogida de RCD's en obra (todo mezclado)
	X	Separación de residuos peligrosos RRPP's (si los hay)
	X	Acondicionamiento de zonas en obra para efectuar la separación de RCD's
	X	Nombramiento de responsable en obra de controlar y supervisar la separación de RCD's
	X	Utilización de contenedores públicos para residuos biodegradables (si los hay)
	X	Utilización de envases / sacos de 1 m3 para separación de RCD's
	X	Identificación de residuos mediante etiquetas o símbolos

6. GESTIÓN DE RESIDUOS

Los RCD's generados durante la ejecución de la obra se gestionarán mediante alguna de las operaciones siguientes (reutilización, valorización o eliminación). Estas medidas deberán ser confirmadas o modificadas por el poseedor de residuos.

6.1. REUTILIZACIÓN

Se ha estimado que una parte de las tierras procedentes de la excavación será reutilizada en la propia obra, para relleno y explanación. El excedente será transportado a vertedero o será utilizado para llevar a cabo una mejora de finca.

NO	SI	OPERACIÓN PREVISTA
	X	Se prevé alguna operación de reutilización
X		Previsión de reutilización en la misma obra o en otro emplazamiento externo
X		Reutilización de mezclas bituminosas en otras obras
	X	Reutilización de arena y grava en áridos reciclados o urbanización
X		Reutilización de ladrillos triturados o deteriorados en otras obras
X		Reutilización de material cerámico en otras obras
X		Reutilización de materiales NO pétreos: madera, yeso, vidrio en otras obras
X		Reutilización de materiales metálicos en otras obras

6.2. VALORIZACIÓN

La valorización de los residuos evita la necesidad de enviarlos a un vertedero controlado. Una gestión responsable de los residuos persigue la máxima valorización para reducir tanto como sea posible el impacto medioambiental.

NO	SI	OPERACIÓN PREVISTA
X		Valorización en la misma obra
	X	Entrega a gestor de RCD's autorizado
X		Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía
X		Recuperación o regeneración de disolventes
	X	Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas (basuras)
	X	Reciclado o recuperación de compuestos metálicos en fundiciones o similar
	X	Reciclado o recuperación de hormigones, gravas y arenas para hormigón nuevo, material de base en carreteras, sellado de vertederos.
	X	Reciclado o recuperación de mezclas bituminosas en plantas de asfalto
X		Regeneración de ácidos o bases
X		Tratamiento de suelos en beneficio de la agricultura

6.3. ELIMINACIÓN

Para el resto de residuos que no se contempla reutilización o valorización, serán almacenados en los contenedores y recogidos por una empresa gestora de residuos autorizada por el Gobierno de Aragón.

NO	SI	OPERACIÓN PREVISTA
	X	Se prevé alguna operación de eliminación
	X	Depósito de RCD's en vertedero autorizado de residuos inertes
	X	Depósito en vertedero de residuos peligrosos
X		Eliminación de RCD's en incinerador

7. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

La valoración del coste previsto de la gestión de residuos de construcción y demolición será el siguiente:

CÓDIGO	TIPO DE RESIDUO	TONELADAS	VOLUMEN ESTIMADO RESIDUOS (m ³)	TOTAL ESTIMADO (€)
17 01 01	Hormigón	13,06	7,683	400,00
17 02 01	Madera	0,76	0,691	200,00
17 02 03	Plástico	0,10	0,112	
17 04 01	Cobre, bronce, latón	0,09	0,010	
17 04 05	Hierro y acero	0,73	0,094	
17 04 07	Metales mezclados	0,04	0,005	
20 01 01	Papel y cartón	0,08	0,061	
20 03 04	Lodos de fosas sépticas	4,25	3,540	
20 03 01	Restos asimilables a urbanos	0,07	0,101	
20 02 01	Residuos vegetales biodegradables (podas y talas)	0,00	0,000	
17 05 04	Tierras y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03	194,33	117,775	
17 09 04	Residuos mezclados de construcción distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03	0,02	0,015	60,00
15 02 02*	Absorbentes, materiales de filtración, trapos de limpieza y ropas protectoras contaminados por sustancias peligrosas (RP)	0,00	0,010	60,00
17 05 03*	Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas (RP)	2,83	1,888	120,00
13 02 05*	Aceites minerales no clorados de motor de transmisión mecánica y lubricantes (RP).	0,00	0,001	0,00
15 01 10*	Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminadas por ellas (RP)	0,01	0,017	60,00
TOTAL COSTE ESTIMADO				989,44

Con lo expuesto en el presente anejo, se consideran identificados y estimados los residuos generados durante la construcción de las infraestructuras de evacuación del proyecto híbrido "Royal", así como la valorización del coste previsto en la gestión de dichos residuos.

ANEJO 4

Cálculos eléctricos SET

ÍNDICE

1.	NIVELES DE AISLAMIENTO.....	2
2.	DISTANCIAS DE SEGURIDAD.....	3
3.	COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO	5
4.	INTENSIDADES NOMINALES	7
4.1.	INTENSIDAD POSICIÓN LÍNEA + TRANSFORMADOR 45 kV.....	7
4.2.	INTENSIDAD DE TRANSFORMADOR 30 kV	7
4.3.	INTENSIDAD POSICIÓN DE TRANSFORMADOR PFV 30 kV	7
4.4.	INTENSIDAD POSICIÓN DE TRANSFORMADOR PE 30 kV	7
4.5.	INTENSIDAD POSICIONES BATERÍA DE CONDENSADORES.....	8
4.6.	INTENSIDAD POSICIÓN TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES	8
5.	CÁLCULOS CONDUCTORES	9
5.1.	NIVEL DE 45 kV.....	9
5.2.	NIVEL DE 30 kV.....	11
6.	RED DE TIERRAS	13
6.1.	TENSIONES MÁXIMAS ADMISIBLES DE PASO Y CONTACTO.....	13
6.2.	RESISTENCIA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA.....	14
6.3.	VALORES REALES DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO	15

1. NIVELES DE AISLAMIENTO

Los niveles de aislamiento asociados con los equipos a instalar en la subestación cumplirán con los niveles de aislamiento indicados en las tablas 1 y 2 de la ITC-RAT 12 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.

TENSIÓN NOMINAL (kV eficaces)	Tensión más elevada para el material (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a frecuencia industrial (kV eficaces)	Tensión soportada nominal a los impulsos tipo rayo (kV cresta)
45	52	95	250
30	36	70	170

Se instalarán pararrayos en ambos niveles de tensión, lo más próximo posible a las bornas del transformador de potencia, debido a que la aparamenta exterior está expuesta a descargas atmosféricas.

2. DISTANCIAS DE SEGURIDAD

Las distancias mínimas entre fases y entre fase y tierra de aislamiento en aire para los niveles de tensión de aislamiento vienen fijados en las tablas 1 y 2 de la ITC-RAT 12 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, y son:

TENSIÓN NOMINAL (kV eficaces)	Tensión más elevada para el material kV eficaces	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)
45	52	480
30	36	320

Pasillos de servicio:

Por otra parte, cualquier elemento en tensión del parque intemperie de la subestación estará situado a una altura mínima sobre el suelo de 230 cm según establece el apartado 4.1.5 de la ITC-RAT 15, considerando como parte en tensión la línea de contacto del elemento aislante con su zócalo o soporte.

Por otro lado, los elementos en tensión no protegidos que se encuentren sobre los pasillos, deberán estar a una altura mínima "h" sobre el suelo medida en cm, igual a 250 + d. el valor de la distancia "d" es la distancia mínima de aislamiento fase-tierra para instalaciones de interior, en nuestro caso:

$$H = 250 + 48 = 298 \text{ cm}$$

Distancia respetada según se observa en los planos de la subestación.

Zonas de protección contra contactos accidentales en el interior del recinto de la instalación:

Los sistemas de protección que deban establecerse en el interior de la instalación para evitar contactos accidentales con elementos en tensión guardarán unas distancias mínimas medidas en horizontal a los elementos en tensión que se respetaran en la zona comprendida entre el suelo y una altura de 2 m y que según el sistema de protección elegido y expresadas en centímetros, serán:

1. De los elementos en tensión a pantallas o tabiques macizos de 180 cm de altura mínima:
2. $B = d+3$
3. De los elementos en tensión a pantallas de enrejados: $C=d+10$
4. De los elementos en tensión a berreras: $E = d+30$, como mínimo de 125cm

Siendo 'd' la distancia expresada en cm de las tablas 1 y 2 de la ITC-RAT 12.

En el caso de la subestación objeto de este proyecto las distancias mínimas a considerar se indican en la tabla siguiente:

TENSIÓN NOMINAL (kV eficaces)	Tensión más elevada para el material kV eficaces	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)	B = d+3 (cm)	C = d + 10 (cm)	E = d + 30 (cm)
45	52	480	51	58	78
30	36	320	35	42	62 (125)

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, deberá existir entre estos y el cierre la distancia mínima de seguridad, medida en horizontal y expresada en centímetros, que se indica a continuación:

- De elementos en tensión al cierre cuando este es una pared maciza de altura $k < 250 + d$: $F = d + 100$
- De elementos en tensión al cierre cuando este es una pared maciza de altura $k \geq 250 + d$: $B = d + 3$
- De elementos en tensión al cierre cuando este es un enrejado de cualquier altura $k \geq 220$: $G = d + 150$

La cuadrícula del enrejado será como máximo de 50x50 mm.

TENSIÓN NOMINAL (kV eficaces)	Tensión más elevada para el material kV eficaces	Distancia mínima de aislamiento en aire fase a tierra y entre fases (mm)	F = d+100 (cm)	B = d + 3 (cm)	E = d + 150 (cm)
45	52	480	148	51	198
30	36	320	132	35	182

3. COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO

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

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

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

Tensión más elevada de la red: 52 kV

BIL (Basic Impulse Insulation Level) de los aparatos: 250 kV

Tensión más elevada de la red: 36 kV

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

$$U_{simple} = \frac{U_m}{\sqrt{3}} = \frac{52}{\sqrt{3}}$$

$$U_{simple} = \frac{U_m}{\sqrt{3}} = \frac{36}{\sqrt{3}}$$

= =

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

$$U1 = \frac{U_{simple}}{K_o} = \frac{30,02}{0,8}$$

$$U1 = \frac{U_{simple}}{K_o} = \frac{20,78}{0,8}$$

Un (kV)	U max (kV)	Um f-t (kV)	U1 (kV)
45	52	30,02	37,53
30	35	20,78	25,98

Aplicando el coeficiente de defecto a tierra que es 1'4 de la tensión simple máxima y admitiendo un tiempo de despeje de la p.a.t de 10 segundos, tendremos:

$$U_2 (52 \text{ kV}) = \frac{u_{\max} * 1.4}{K_t} = \frac{30,02 * 1.4}{1} = 42,03 \text{ kV}$$

K_t es la capacidad del pararrayos contra sobretensiones temporales, el cual depende del tiempo de duración de la sobretensión.

Es decir, eligiendo un pararrayos de 42,03 kV se podría soportar una sobretensión de un 80 % durante 10 segundos.

Aplicando el coeficiente de defecto a tierra que es 1'4 de la tensión simple máxima y admitiendo un tiempo de despeje de la falta de 2 segundos tendremos:

$$U_2 (35 \text{ kV}) = \frac{u_{\max} * 1.4}{K_t} = \frac{20,78 * 1.4}{1,033} = 28,16 \text{ kV}$$

Es decir, eligiendo un pararrayos de 28,16 kV se podría soportar una sobretensión de un 80 % durante 2 segundos.

Se elige el tipo de pararrayos de manera que la tensión nominal sea de un valor comercial superior a la mayor de las dos tensiones nominales calculadas (U_1 y U_2), en este caso 48 kV.

La clase se fija considerando la máxima corriente de descarga que se pueda presentar en caso de un cortocircuito. En este caso "Station type" de 10 kA, clase 2.

La tensión residual de un pararrayos de $U_r=48$ kV es 113 kV.

En el nivel de 30 kV, elegimos igual, en este caso 30 kV.

La clase se fija considerando la máxima corriente de descarga que se pueda presentar en caso de un cortocircuito. En este caso "Station type" de 10 kA, clase 2.

La tensión residual es 77,7 kV.

NIVEL 45 kV:

$$\left(\frac{BIL}{Tensión\ residual} \right) \geq 1,4 \rightarrow \frac{250}{113} = 2,21 \geq 1,4$$

NIVEL 30 kV:

$$\left(\frac{BIL}{Tensión\ residual} \right) \geq 1,4 \rightarrow \frac{170}{77,7} = 2,19 \geq 1,4$$

Por consiguiente, cumplen la coordinación de seguridad exigida.

4. INTENSIDADES NOMINALES EN LA SET ROYAL

4.1. INTENSIDAD POSICIÓN LÍNEA + TRANSFORMADOR 45 kV

La intensidad en la posición de línea para salida subterránea en 45 kV viene dada por la expresión:

$$I_{P_T} = \frac{S}{V_p \sqrt{3}} = 615,84 \text{ A}$$

Donde:

S= potencia de salida en kVA (48.000)

V_p = tensión primaria en kV

I_{P_T}= intensidad primaria en A

4.2. INTENSIDAD DE TRANSFORMADOR 30 kV

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

$$I_{P_T} = \frac{S}{V_p \sqrt{3}} = 962,25 \text{ A}$$

Donde:

S= potencia del transformador en kVA

V_p = tensión primaria en kV

I_{P_T}= intensidad primaria en A

4.3. INTENSIDAD POSICIÓN DE TRANSFORMADOR PFV 30 kV

La intensidad en la celda de transformador asociada al PFV "Royal" viene dada por la expresión:

$$I_{P_T} = \frac{S}{V_p \sqrt{3}} = 346,41 \text{ A}$$

Donde:

S= potencia del transformador en kVA

V_p = tensión primaria en kV

I_{P_T}= intensidad primaria en A

4.4. INTENSIDAD POSICIÓN DE TRANSFORMADOR PE 30 kV

La intensidad en la celda de transformador asociada al PE "Royal" viene dada por la expresión:

$$I_{P_T} = \frac{S}{V_p \sqrt{3}} = 577,35 \text{ A}$$

Donde:

S= potencia del transformador en kVA

V_p = tensión primaria en kV

I_{P_T}= intensidad primaria en A

4.5. INTENSIDAD POSICIONES BATERÍA DE CONDENSADORES

La intensidad en cada posición de batería de condensadores (5 baterías de condensadores de 3,6 kVAr, una para cada parque fotovoltaico) viene dada por la expresión:

$$I_{BC} = \frac{S}{V_s \sqrt{3}} = 69,28 \text{ A}$$

Donde:

P_{BC} = potencia de la batería en kVAr

V = tensión nominal en kV

I_{BC} = intensidad batería en A

4.6. INTENSIDAD POSICIÓN TRANSFORMADOR DE SERVICIOS AUXILIARES

La intensidad en la posición de transformador de servicios auxiliares viene dada por la expresión:

$$I_{SSAA} = \frac{S}{V_{SSAA} \sqrt{3}} = 0,96 \text{ A}$$

Donde:

P_{SSAA} = potencia aparente del transformador de servicios auxiliares en kVA

V = tensión nominal en kV

I_{SSAA} = intensidad en la posición de transformador de servicios auxiliares en A

5. CÁLCULOS CONDUCTORES EN LA SET ROYAL

5.1. NIVEL DE 45 kV

El conductor seleccionado para realizar la conexión entre aparatos dentro del parque intemperie es un conductor homogéneo de aluminio tipo LA-380, de 381 mm² de sección y 1,275 kg/km de peso.

Intensidad máxima admisible:

La intensidad máxima admisible, según el reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión vigente, que puede transportar ese conductor es de:

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

Donde:

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

S = sección del cable en mm².

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

En nuestro caso tenemos que:

D = 1,988 A/mm² (obtenida interpolando linealmente)

S = 381 mm²

K = 0,95

Por lo tanto, La intensidad máxima admisible que puede transportar ese conductor es de 719,67 A, superior al valor máximo esperado en la instalación calculada, de 615,84 A.

Intensidad de cortocircuito:

La corriente de cortocircuito admisible se calcula mediante la expresión:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}} = 35,433 \text{ kA}$$

Donde:

K = coeficiente dependiente del tipo de conductor, 93 para aluminio

S = sección del conductor en mm²

t = duración del cortocircuito en segundos

Superior al valor máximo esperado en la instalación para 45 kV (26 kA).

Régimen de cortocircuito en 45 kV

Se estimará las intensidades máximas de cortocircuito que pueden aparecer en barras de 45 kV.

Teniendo en cuenta que la potencia trifásica estimada en las barras de 45 kV es de 2.000 MVA, la intensidad de cortocircuito máxima previsible será de:

$$I_A (Ka) = \frac{S (MVA)}{V_p \sqrt{3}} = 25,66 \text{ kA}$$

Efecto Corona:

El efecto corona se produce cuando el conductor adquiere un potencial lo suficientemente elevado como para dar un gradiente de campo eléctrico radial igual o superior a la rigidez dieléctrica del aire. Será interesante por lo tanto, comprobar si en algún punto de del parque intemperie 45 kV de la subestación se llega a alcanzar la tensión crítica disruptiva. Para ello, utilizaremos la fórmula de Peek:

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

Donde:

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

V_c = tensión simple correspondiente.

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

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

m_T = coeficiente meteorológico (consideramos tiempo seco, $m_T = 1$).

r = radio del conductor en cm.

D = distancia media geométrica entre fases, en cm.

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

El valor de δ se calculará por:

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

donde:

h = presión barométrica en cm de columna de mercurio

ε = temperatura en grados centígrados, correspondiente a la altitud de punto que se considere.

El valor de h es función de la altitud sobre el nivel del mar. En nuestro caso vamos a considerar un valor 215 metros sobre el nivel del mar y una temperatura media de 15 °C.

El efecto corona depende en gran medida del diámetro del conductor; en nuestro caso vamos a considerar el caso más desfavorable, que sería 381 mm² (LA-380), en configuración símplex, en la posición, por lo que el radio equivalente será de 1,269 cm.

Considerando una distancia entre fases de 2 metros, la distancia media geométrica será:

$$D = \sqrt[3]{D_{1-2} \cdot D_{2-3} \cdot D_{1-3}} = 200\sqrt[3]{2} = 252 \text{ cm}$$

De esta forma podemos ya calcular el valor de la tensión crítica disruptiva, y se obtienen los valores:

Para tiempo seco: $U_c = 209,68 \text{ kV} > 52 \text{ kV}$

Por lo que, para tiempo seco, no se produce efecto corona.

Para tiempo húmedo: $U_c = 167,68 \text{ kV} > 52 \text{ kV}$

Por lo que, para tiempo húmedo, tampoco se produce efecto corona.

5.2. NIVEL DE 30 kV

Se pretende comprobar el tipo de cable aislado para la salida de las cabinas de trafo 30 kV, de salida a los transformadores de potencia.

Para la conexión entre cada celda de protección de transformador de potencia con éste, se proyecta un total de tres ternas de RHZ1 18/30 kV de 400 mm² de Al, instalados en canal prefabricado.

Puente 30 kV PFV - TR

La intensidad nominal que circulará por los cables será de:

$$I_{PFV} = \frac{S}{V_p \sqrt{3}} = \frac{18.000}{30 * \sqrt{3}} = 346,41 \text{ A}$$

Puente 30 kV PE - TR

La intensidad nominal que circulará por los cables será de:

$$I_{PFV} = \frac{S}{V_p \sqrt{3}} = \frac{30.000}{30 * \sqrt{3}} = 577,35 \text{ A}$$

Para la conexión de las celdas de protección del trafo con éste, se proyectan 3 ternas de cable aislado tipo RHZ1 18/30 kV de Al de 400 mm², a una distancia de 20 cm libres entre las ternas.

La intensidad máxima admisible para cada terna, con 3 ternas de cable aislado, es:

$$I_{\max} = n * I_{\max \text{ adm}} * C_1 * C_2 = 1 * 610 * 0,88 * 0,84 = \mathbf{450,91 \text{ A} > I_{\text{PFV}}}$$

Para 2 ternas, con 3 ternas de cable aislado, es:

$$I_{\max} = n * I_{\max \text{ adm}} * C_1 * C_2 = 2 * 610 * 0,88 * 0,84 = \mathbf{901,82 \text{ A} > I_{\text{PE}}}$$

Donde:

n=número de conductores en paralelo

C1= Coeficiente de reducción por aumento de temperatura en canal

C2= Coeficiente de reducción por agrupamiento de ternas

Intensidad de cortocircuito máxima admisible:

La línea estará protegida en la celda de MT por un interruptor automático con tiempo de desconexión por cortocircuito de 0,5 seg. Para este tiempo de desconexión, considerando una temperatura inicial del conductor de 90 °C y final de 250 °C, la intensidad de cortocircuito vendrá dada por la siguiente fórmula:

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

Donde:

S = Sección del conductor

t = tiempo de duración del cortocircuito

K= Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor y de las temperaturas al inicio y final del cortocircuito.

Para $t_i = 90^\circ\text{C}$ y $t_f = 250^\circ\text{C}$ se tiene:

Conductor de Aluminio, K = 94

Conductor de Cobre, K = 143

$$I_{cc} = \frac{k * S}{\sqrt{t}} = 112 \text{ kA}$$

6. RED DE TIERRAS DE LA SET ROYAL

El diseño de la puesta a tierra está sometido al cumplimiento de la instrucción ITC RAT-13 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión.

Toda instalación eléctrica deberá disponer de una protección o instalación de tierra diseñada en forma tal que, en cualquier punto normalmente accesible del interior o exterior de la misma donde las personas puedan circular o permanecer, éstas queden sometidas como máximo a las tensiones de paso y contacto (durante cualquier defecto en la instalación eléctrica o en red unida a ella) que resulten de la aplicación de las fórmulas que se recogen a continuación.

Para definir el tiempo de duración de la falta aplicable, se tendrá en cuenta el funcionamiento correcto de las protecciones y los dispositivos de maniobra, vamos a considerar un tiempo de falta de $t_f = 0,5$ seg para poder conocer a través de la siguiente tabla las tensiones de paso y contacto admisibles.

6.1. TENSIONES MÁXIMAS ADMISIBLES DE PASO Y CONTACTO

Calcularemos las tensiones máximas admisibles de paso y contacto según se indica en la ITC-RAT 13:

$$U_c = U_{ca} \left(1 + \frac{R_{a1} + 1,5\rho_s}{1000} \right)$$
$$U_p = 10U_{ca} \left(1 + \frac{2R_{a1} + 6\rho_s}{1000} \right)$$

Siendo:

U_{ca} = tensión de contacto aplicada admisible en el cuerpo humano. Tabla 1 de la ITC-RAT 13, para $t=0,5$ seg. $U_{ca}=204$ V.

ρ_s = resistividad superficial del terreno

h_s =espesor de la capa superficial (consideramos 0,15 m)

R_{a1} = resistencia del calzado ($R_{a1}= 2000$ O

Considerando que el acabado en grava para el suelo de la subestación presenta una resistividad de 3000 O·m, calcularemos la resistividad superficial equivalente y los valores máximos admisibles de la tensión de paso y contacto:

$$C_s = 1 - 0,106 \left(\frac{1 - \frac{\rho_s}{\rho'_s}}{2h_s + 0,106} \right)$$

Siendo, P^*_s = resistividad de la capa superficial, por lo que se obtiene:

$$C_s = 0.71$$

$$P_{S \text{ interior SET}} = P^*_s \cdot C_s = 2.134 \text{ O}\cdot\text{m}$$

Obtenemos:

Valores admisibles de Uc y Up		
ZONA	Uc	Up
Interior SET (con grava)	1.061,00	36.320,00
Exterior SET (sin grava)	561,00	16.320,00

6.2. RESISTENCIA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA

La red de puesta a tierra de la instalación consistirá en un mallado de 40,67 x 30,30 m aproximadamente de cable de cobre de 95 mm² de sección, enterrado a una profundidad de 0,8 m con un perimetral exterior y otro interior a la valla, más uno exterior al edificio de control.

Para el cálculo de la resistencia de tierra del electrodo proyectado, y después de observar las características del suelo, se estima una resistividad media del terreno de 500 O·m. Aplicando la fórmula para esta configuración de electrodo que nos da el reglamento:

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

y siendo:

R = resistencia de tierra del electrodo en Ohmios

ρ = resistividad del terreno en Ohmios·metro

L= longitud total de los conductores enterrados (unos 723 m)

r = radio en m de un círculo de la misma superficie que el área cubierta por la malla

Siendo el área ocupada por la red de unos 1.232 m², podemos calcular la resistencia de la malla:

$$R = \frac{\rho}{4 \cdot r} + \frac{\rho}{L} = \frac{500}{4} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{S}} + \frac{500}{723} = \frac{500}{4} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{1.232}} + \frac{500}{723} = 7,00 \Omega$$

6.3. VALORES REALES DE LAS TENSIONES DE PASO Y CONTACTO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Donde:

E_m = diferencia de potencial del conductor de la malla y la superficie del terreno al centro del rectángulo de la malla

E_s = tensión de contacto a una distancia horizontal de un metro

π = resistividad del terreno ($v \cdot m$)

I = intensidad de defecto (A)

L_C = longitud del cable enterrado (unos 723 m)

L_p = longitud del perímetro de la red (142 m)

L_x = máxima longitud del cable de tierra en el eje longitudinal

L_y = máxima longitud del cable de tierra en el eje transversal

D_m = distancia máxima entre dos puntos de la red de tierras.

H = profundidad de enterramiento (0,8 m)

A = Área cubierta por la malla (1.232 m²)

D = separación media entre conductores paralelos (unos 3 m)

d = diámetro del conductor (0,0126 m)

n = número efectivo de conductores en paralelo

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

$$E_s < V_p$$

$$E_m < V_c$$

	VP Admisible	VP Calculada (Es)	VC Admisible	VC Calculada (Em)
Interior (con grava)	36.320	415,79	1.061	493,64
Exterior (sin grava)	16.320	415,79	561,00	493,64

Para que la tensión de contacto cumpla en el exterior del recinto, se instalará la valla de la Subestación a 1 m del perímetro de la malla hacia el interior y conectada a ésta, con lo que nuestro sistema no presentará peligros significativos para el personal por trasvase de potenciales peligrosos.

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

ANEJO 5

Estudio de campos magnéticos

ÍNDICE

1.	OBJETO.....	3
2.	NORMATIVA.....	3
3.	CONSIDERACIONES GENERALES.....	3
4.	INTERIOR DEL RECINTO DE LA SUBESTACIÓN	4
5.	EXTERIOR DEL RECINTO DE LA SUBESTACIÓN	4
6.	LIMITACIÓN DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS.....	5
7.	CONSIDERACIONES DE CÁLCULO.....	6
8.	CÁLCULOS	7
8.1.	Cables de unión de aparamenta.....	7
8.2.	Resultado de los cálculos	7
9.	CONCLUSIONES.....	8

1. OBJETO

El objeto de este anexo es valorar los campos magnéticos que se producirán en la SET "Royal" 30 /45 kV, proyectada en el término municipal de Zaragoza (provincia de Zaragoza), con el propósito de comprobar el cumplimiento de los límites establecidos por la normativa vigente.

El estudio comprende el cálculo de los niveles máximos del campo magnético que por razón del funcionamiento del seccionamiento pueden alcanzarse en su entorno, y su evaluación comparativa con los límites establecidos en la normativa vigente.

2. NORMATIVA

El R.D. 337/2014 de 9 de mayo, recoge el "Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión" (RAT). Este nuevo Reglamento limita los campos electromagnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión, remitiendo al R.D. 1066/2001.

El R.D. 1066/2001 de 28 de septiembre, por el que se aprueba el "Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a las emisiones radioeléctricas", adopta medidas de protección sanitaria de la población estableciendo unos límites de exposición del público a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas acordes a las recomendaciones europeas. Para el campo magnético generado a la frecuencia industrial de 50 Hz, el límite establecido es de 100 microteslas (100 μ T).

En el RAT, las limitaciones y justificaciones necesarias aparecen indicadas en las instrucciones técnicas complementarias siguientes:

1. ITC-RAT-14. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIOR. 4.7: Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
2. ITC-RAT-15. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE EXTERIOR. 3.15: Limitación de los campos magnéticos en la proximidad de instalaciones de alta tensión.
3. ITC-RAT-20. ANTEPROYECTOS Y PROYECTOS. 3.2.1: Memoria.

3. CONSIDERACIONES GENERALES

La utilización de tecnologías modernas en la construcción de las subestaciones, como cables subterráneos y subestaciones compactas, permiten utilizar estas instalaciones

en lugares cercanos a los centros de consumo, sin alterar el medioambiente que las rodea.

Esto es debido a diversas causas:

- Todos los equipos de muy alta y alta tensión (220 kV, 132 kV, 66 kV y 45 kV) están formados por un sistema de hexafluoruro de azufre (SF_6) con carcasa metálica que anula el campo eléctrico exterior y disminuye el campo magnético.
- Los transformadores por sí mismos no suponen una fuente significativa de campo eléctrico o magnético.
- Los cables subterráneos de alta y media tensión poseen una pantalla metálica que anula el campo eléctrico y disminuye el magnético. Además, son distribuidos en ternas, que es la configuración que genera menor campo magnético, al estar las fases más próximas entre sí, y por tanto compensarse el campo magnético generado por cada uno de los cables.
- Los niveles de campo magnético decrecen cuadráticamente con la distancia.

En todas las subestaciones se estudia la configuración óptima de los equipos de manera que el campo magnético se minimice. De igual manera, se realizan cálculos de campo magnético bajo las hipótesis de carga máximo para todos y cada uno de los equipos (peor caso posible) con lo que los valores de campo reales no superarán los calculados.

4. INTERIOR DEL RECINTO DE LA SUBESTACIÓN

En el interior de una subestación, es decir la zona donde está toda la aparamenta eléctrica, los niveles de campo eléctrico y magnético pueden llegar a ser algo superiores a los generados por las líneas. Sin embargo, estos valores disminuyen rápidamente, ya que cancelación de campo generada debido a que los elementos se encuentran muy próximos es elevada.

5. EXTERIOR DEL RECINTO DE LA SUBESTACIÓN

Los resultados de estos estudios se refieren al perímetro de la instalación, ya que es dónde el público puede acceder, y dependen de cada instalación en concreto (número de líneas tanto en alta como en media tensión, geometría de la instalación, existencia o no de galerías de salida de cables, etc.).

Los valores más elevados en el perímetro de la subestación se localizan bajo las líneas eléctricas que entran y salen de éstas, ya que son las propias líneas las que contribuyen como fuente principal de campo eléctrico y magnético en el perímetro de las subestaciones.

En 2004, Red Eléctrica de España realizó una campaña de mediciones del campo magnético en el perímetro de las subestaciones, obteniendo los siguientes datos:

	Campo eléctrico	Campo magnético
Subestaciones de 220 kV:	0,0 - 0,7 kV/m	0,0 - 1,0 μ T
Subestaciones de 400 kV:	0,0 - 3,5 kV/m	0,0 - 4,0 μ T

Datos campaña de mediciones REE

Dicha información queda reflejada en el documento de UNESA "Campos eléctricos y magnéticos de 50 Hz. Una revisión actualizada en 2016".

En el caso de las subestaciones blindadas en edificio, los valores de campo eléctrico registrados en su perímetro son aún mucho más bajos. El campo eléctrico es apantallado por el propio edificio, siendo las líneas de entrada y salida en la subestación la única fuente que genera campo eléctrico en las inmediaciones de la misma.

Respecto al campo magnético, los valores registrados en el borde de la subestación son también inferiores a los de aquellas con configuración convencional debido a que al encontrarse todos sus elementos más próximos entre sí se genera una mayor cancelación del campo magnético que producen. En resumen, fuera de la subestación, los valores de campo eléctrico y magnético existentes son los generados por las propias líneas de entrada y salida.

Lo que es común a todos los casos es el cumplimiento de los valores máximos establecidos por la normativa vigente, valores que poseen amplios márgenes de seguridad.

6. LIMITACIÓN DE LOS CAMPOS MAGNÉTICOS

Los campos magnéticos de baja frecuencia son generados por corrientes eléctricas de acuerdo con las ecuaciones de Maxwell. Generalmente, las corrientes en las subestaciones quedan confinadas a conductores rectilíneos (líneas o buses), por lo que dichas ecuaciones pueden ser sustituidas por la ley de Biot-Savart.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4 \pi} \int_0^l \frac{d\vec{l} * \vec{u}_r}{r^2}$$

Dónde:

- \vec{B} : es la intensidad del campo magnético creado en un punto P. [T]
- μ_0 : es la permeabilidad magnética del vacío [m·kg/C²].

- I : es la intensidad de corriente que circula por $d\vec{l}$ [A].
- $d\vec{l}$: vector en la dirección de la intensidad de corriente [m]
- \vec{u}_r : es un vector unitario que une el elemento de corriente $I d\vec{l}$ con el punto donde se mide la intensidad del campo magnético \vec{B} .

Para el cálculo del campo generado por un conductor rectilíneo, en el que la longitud es muy superior al radio de éste, se integra la anterior ecuación y se obtiene:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi r}$$

El análisis sirve para realizar una aproximación a la realidad; ahora bien, para el cálculo preciso del campo electromagnético en toda la superficie de las subestaciones, en la mayor parte de los casos se requiere del uso de programas de simulación informática.

7. CONSIDERACIONES DE CÁLCULO

Para obtener un análisis pormenorizado y detallado del campo magnético de todos los elementos de una subestación, así como de la superficie de ésta, es necesario realizar simulaciones informáticas que tengan en cuenta parámetros geométricos, eléctricos y ambientales.

No obstante, el cálculo analítico de los conductores que forman la subestación, resulta suficiente en la gran mayoría de los casos para calcular los valores límite de campo magnético, y si éstos están dentro de los valores que recomienda el R.D 1066/2001.

Consideraciones de cálculo:

1. Se tienen en cuenta exclusivamente los valores estimados de corriente (las corrientes a tierra son despreciadas).
2. La Tierra es un cuerpo no magnético.
3. La distorsión del campo magnético es debida a la estructura de acero de la subestación.
4. Las corrientes inducidas en los cables de contrapeso y los cables de tierra se ignoran.
5. No se tiene en cuenta el campo generado por los transformadores, sólo por los conductores. Esta simplificación no afecta de forma significativa a los resultados obtenidos según se indica en UNE- CLC/TR-50453.
6. No se consideran los posibles apantallamientos debidos a pantallas de cables o envolventes de la aparamenta eléctrica.

8. CÁLCULOS

Se van a considerar como elementos generadores de campo magnético a los siguientes:

- Cables de unión entre apartamento de nivel de tensión 45 kV, para la posición de línea + transformador.

Se procede a calcular el campo magnético generado por estos elementos, en tres puntos exteriores al seccionamiento.

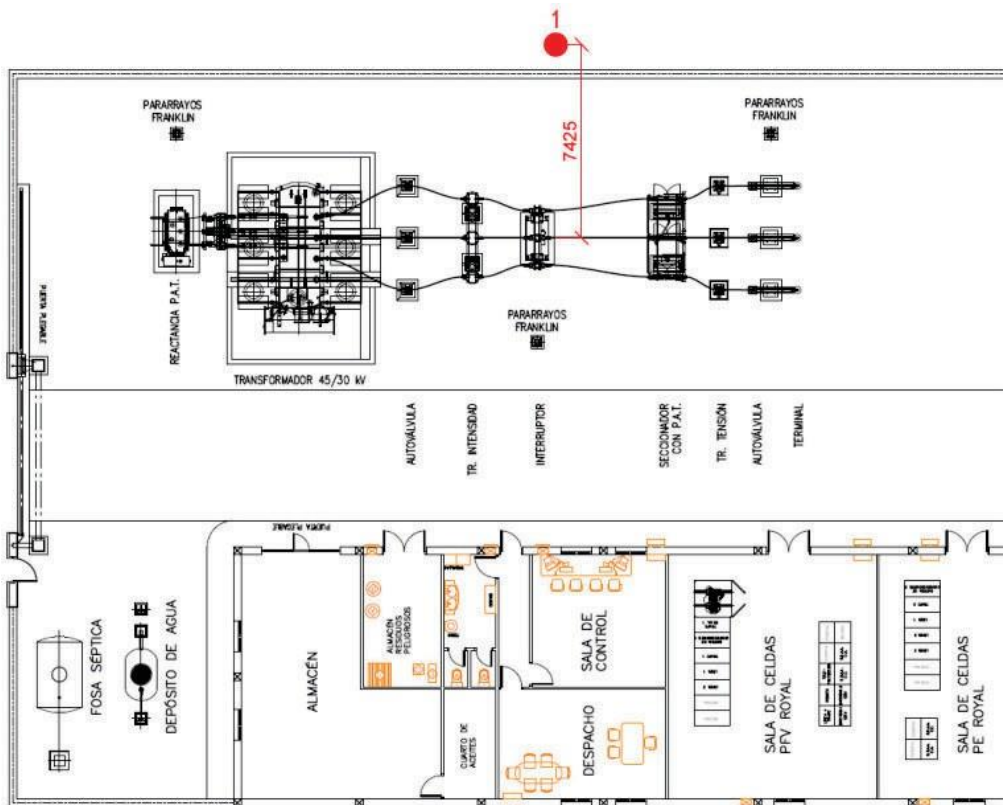
Para los cables de unión de apartamento y de 45 kV, se toma como intensidad para el cálculo la máxima admisible por el cable, que es de 431 A.

8.1. Cables de unión de apartamento

El cable LA-180 que une la apartamento, que está al aire, tiene una separación entre las fases de 2 m.

8.2. Resultado de los cálculos

A continuación se indican los campos magnéticos producidos por cada uno de los elementos indicados, en cada uno de los puntos de estudio. Todos los campos magnéticos se indican en microteslas, μT .



TOTALES

TOTAL PUNTO 1	5,17
P1-Línea	5,17

TOTAL PUNTO 2	29,13
P2-Línea	29,13

9. CONCLUSIONES

Los valores totales calculados para cada uno de los puntos están por debajo de los 100 μ T establecidos por el Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, como nivel máximo de referencia.

Estos cálculos se han realizado con criterios muy conservadores, por lo que es de esperar que en la realidad sean aún inferiores, teniendo en cuenta que los cables no son de longitud infinita.

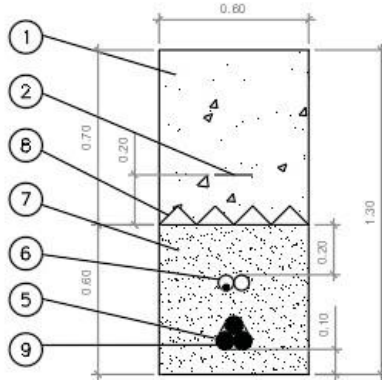
ANEJO 4
Cálculos eléctricos LSAT

ÍNDICE

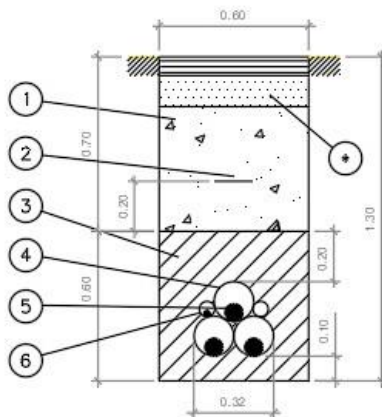
1.	ZANJA DE EVACUACIÓN	2
2.	CÁLCULOS ELÉCTRICOS	3
2.1.	Conductor	3
2.2.	Intensidad máxima admisible en servicio	4
2.3.	Resistencia en corriente alterna	5
2.3.1.	Resistencia en corriente continua	5
2.3.2.	Factor de efecto pelicular	6
2.3.3.	Factor de efecto de proximidad	6
2.4.	Pérdidas dieléctricas, W_d	7
2.5.	Resistencias térmicas	7
2.5.1.	Entre conductor y envolvente	7
2.5.2.	De la armadura	8
2.5.3.	De la cubierta exterior	8
2.5.4.	Externa	8
2.6.	Factor de pérdidas en la pantalla metálica	10
2.7.	Potencia nominal de la línea	11
2.8.	Pérdidas eléctricas	12
2.8.1.	Pérdidas dieléctricas	12
2.8.2.	Pérdidas óhmicas	12
2.9.	Intensidad máxima de cortocircuito	12
2.10.	Tensión inducida en las pantallas metálicas	13
2.10.1.	Tensión inducida pantalla - tierra en servicio permanente a plena carga 13	
2.10.2.	Tensión inducida pantalla - tierra en cortocircuito trifásico	14
2.10.3.	Tensión inducida pantalla - tierra en cortocircuito monofásico	15
2.11.	Caída de tensión	15
2.12.	Pérdida de potencia	16
2.13.	Resumen	17
3.	DISTANCIAS DE SEGURIDAD EN TENDIDO SUBTERRÁNEO	18

1. ZANJA DE EVACUACIÓN

ZANJA S/C EN TIERRA



ZANJA S/C BAJO CALZADA O ACERA
PARA TUBO DE 160 MM



(*) Reposición de pavimentos de acuerdo con las disposiciones de los municipios y demás organismos afectados.

(**) Para puesta a tierra en single point En caso de no instalarse single point no se instalará este tubo ni el conductor de cobre.

9	ABRAZADERA TIPO UNEX (COLOCADA CADA 1,5m)
8	PLACA PPC
7	ARENA TAMIZADA SUELTA Y ÁSPERA
6	TUBO POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD DE SIMPLE CAPA $\phi 63\text{mm}$ (**)
5	CABLE DE POTENCIA
4	TUBO POLIETILENO CORRUGADO DE DOBLE PARED $\phi 160\text{mm}$
3	HORMIGÓN HM-20
2	BANDAS SEÑALIZADORAS
1	TIERRA COMPACTADA EN TONGADAS DE 25cm AL 95% PROCTOR MODIFICADO
Marca	Denominación

Ilustración 1: Zanja de evacuación prevista

2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

2.1. Conductor

La línea de evacuación constará de un único circuito que tendrá como conductor un cable de aislamiento seco XLPE 26/45 kV 800Al + H50 Cu, siendo sus principales características las siguientes:

Características del cable XLPE 3x1x800 mm² Al

Tipo de cable:.....	XLPE 26/45 kV
Sección	800 mm ²
Conductor	Aluminio
Tensión	/45 kV
Disposición cables:.....	Tres cables unipolares en tresbolillo
Tiempo de cortocircuito (seg)	0,5
Frecuencia de la red (Hz):.....	50
Temperatura de servicio del conductor (°C).....	90
Temperatura de servicio de la pantalla (°C)	80
Temperatura final del conductor en el c.c. (°C):.....	250
Temperatura final de la pantalla en el c.c. (°C).....	210

Características dimensionales

Diámetro conductor (mm).....	34
Diámetro aislamiento (mm)	49,7
Diámetro pantalla (mm)	56,1
Diámetro cable (mm).....	66

Características eléctricas

Tensión nominal, U ₀ /U (kV).....	/ 45 kV
Tensión máxima soportada, U _m (kV)	kV
Intensidad máxima enterrado:	I = 750 A
Intensidad máxima cortocircuito en 0,5 s en conductor.....	I = 107 A
Intensidad máxima cortocircuito en 0,5 s en pantalla	I = 34,61 A
Resistencia eléctrica, a 20°C:.....	R = 0,049 Ω/km
Reactancia inductiva	X _j = 0,113 Ω/km
Capacidad:.....	X _c = 0,366 μF/km

2.2. Intensidad máxima admisible en servicio

El cálculo de la intensidad máxima admisible en servicio se realiza según la norma UNE 21144, "Cálculo de la intensidad admisible en los cables aislados en régimen permanente".

La intensidad admisible en un cable para corriente alterna puede deducirse de la expresión que da el calentamiento del conductor por encima de la temperatura ambiente. Se obtiene de la fórmula que se indica seguidamente:

$$I = \left[\frac{\Delta\theta - W_d [0,5T_1 + n(T_2 + T_3 + T_4)]}{RT_1 + nR(1 + \lambda_1)T_2 + nR(1 + \lambda_1 + \lambda_2)(T_3 + T_4)} \right]^{0,5}$$

Realizado el cálculo según la norma UNE 21-144-1-1, y aplicando un coeficiente corrector por número de ternas en una misma zanja, se obtienen los siguientes resultados:

Descripción	Símbolo	Valor 800 mm ² Al	Valor 1000 mm ² Al	Unidad
Intensidad máxima admisible en servicio	IBmáxBadm	750	831,83	A
Intensidad de la corriente que circula en un conductor	I	628,41		A
Potencia aparente del circuito	S	48		MVA
Temperatura ambiente	Ta	25		°C
Temperatura de servicio del conductor	Ts	90		°C
Calentamiento del conductor respecto a la temperatura ambiente	Lie	65		K
Resistencia del conductor bajo los efectos de la corriente alterna, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio	R	4,90E-05	3,986E-05	Ω/m
Pérdidas dieléctricas, por unidad de longitud, del aislamiento que rodea al conductor	W _d	0,0777	0,0705	W/m
Resistencia térmica, por unidad de longitud, entre el conductor y la envolvente	T ₁	0,211	0,233	K.m/W
Resistencia térmica, por unidad de longitud, del relleno de asiento entre la envolvente y la armadura	T ₂	0	0	K.m/W
Resistencia térmica, por unidad de longitud, del revestimiento exterior del cable	T ₃	0,060	0,020	K.m/W
Resistencia térmica, por unidad de longitud, entre la superficie del cable y el medio circundante	T ₄	1,958	1,946	K.m/W
Número de conductores aislados en servicio en el cable (conductores de la misma sección y transportando la misma carga)	N	1		-

Descripción	Símbolo	Valor 800 mm ² Al	Valor 1000 mm ² Al	Unidad
Relación de pérdidas en la cubierta metálica o pantalla con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable	A ₁	0,08227	0,07775	-
Relación de pérdidas en la armadura con respecto a las pérdidas totales en todos los conductores de ese cable	A ₂	0		-

2.3. Resistencia en corriente alterna

La resistencia del conductor. Por unidad de longitud, en corriente alterna y a la temperatura máxima de servicio, viene dada por la fórmula siguiente.

$$R = R' (1 + y_s + y_p)$$

Donde:

Descripción	Símbolo	Valor 800 mm ² Al	Valor 1000 mm ² Al	Unidad
Resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura máxima de servicio	R	4,9047E-04	3,9857E-05	0/m
Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura máxima de servicio	R'	4,7053E-05	3,7309E-05	0/m
Factor de efecto pelicular	y _s	3,61E-02	5,64E-02	-
Factor de efecto proximidad	y _p	6,30E-03	1,19E-02	-

2.3.1. Resistencia en corriente continua

La resistencia del conductor. Por unidad de longitud, en corriente continua y a la temperatura máxima de servicio, viene dada por la fórmula siguiente.

$$R' = R_0 [1 + \alpha_{20} (\theta - 20)]$$

Donde:

Descripción	Símbolo	Valor 800 mm ² Al	Valor 1000 mm ² Al	Unidad
Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura máxima de servicio	R'	4,905E-05	3,7309E-05	0/m
Resistencia del conductor en corriente continua a 20°C	R ₀	3,67E-05	5,64E-05	0/m
Coefficiente de variación a 20°C de la resistividad en función de la temperatura	α ₂₀	0,00403		1/K
Temperatura máxima de servicio	e	90		°C

2.3.2. Factor de efecto pelicular

El factor de efecto pelicular viene dado por las fórmulas siguientes.

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0,8x_s^4}$$

$$x_s^2 = \frac{8\pi f}{R'} 10^{-7} k_s$$

Donde:

Descripción	Símbolo	Valor 800 mm ² Al	Valor 1000 mm ² Al	Unidad
Factor de efecto pelicular	y _s	3,61E-02	5,64E-02	-
Argumento de la función de Bessel, utilizado para el cálculo del efecto pelicular	x _s	1,6342	1,8353	-
Frecuencia de la corriente de alimentación	f	50		1/s
Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura máxima de servicio	R'	4,7053E-05	3,7309E-05	0/m
Factor utilizado para el cálculo de x _s	k _s	1		-

2.3.3. Factor de efecto de proximidad

El factor de efecto de proximidad viene dado por las fórmulas siguientes.

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

$$x_p^2 = \frac{8\pi f}{R'} 10^{-7} k_p$$

Donde:

Descripción	Símbolo	Valor 800 mm ² Al	Valor 1000 mm ² Al	Unidad
Factor de efecto de proximidad	y _p	6,30E-03	1,19E-02	-
Argumento de la función de Bessel, utilizado para el cálculo del efecto de proximidad	x _p	1,634	1,835	-
Frecuencia de la corriente de alimentación	f	50		1/s
Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura máxima de servicio	R'	4,7053E-05	3,7309E-05	0/m
Factor utilizado para el cálculo de x _p	k _p	1		-
Diámetro del conductor	d _c	34	38,5	mm
Distancia entre ejes de los conductores	s	160		mm

2.4. Pérdidas dieléctricas, W_d

Las pérdidas dieléctricas, por unidad de longitud y en cada fase, vienen dadas por las fórmulas siguientes.

$$W_d = \omega C U_0^2 \operatorname{tg} \delta$$

$$C = \frac{\epsilon}{18 \ln \left(\frac{D_i}{d_c} \right)} 10^{-9}$$

Donde:

Descripción	Símbolo	Valor 800 mm ² Al	Valor 1000 mm ² Al	Unidad
Pérdidas dieléctricas, por unidad de longitud, del aislamiento que rodea al conductor	W_d	0,078	0,074	W/m
Frecuencia angular	ω	314,159		rad/s
Capacidad por unidad de longitud	C	3,66E-10	3,50E-10	F/m
Tensión de la red con relación a tierra	U_0	26000		V
Factor de pérdidas del aislamiento a la frecuencia y a la temperatura de servicio.	$\operatorname{tg} \delta$	0,001		-
Permitividad relativa del aislante	E	2,5		-
Diámetro exterior del aislamiento con exclusión de la pantalla	D_i	49,7	56,5	mm
Diámetro del conductor incluida la pantalla	d_c	34	38	mm

2.5. Resistencias térmicas

2.5.1. Entre conductor y envolvente

La resistencia térmica entre un conductor y la envolvente está dada por la fórmula siguiente.

$$T_1 = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln \left[1 + \frac{2t_1}{d_c} \right]$$

Donde:

Descripción	Símbolo	Valor 800 mm ² Al	Valor 1000 mm ² Al	Unidad
Resistencia térmica por fase entre conductor y envolvente	T_1	0,211	0,221	K.m/W
Resistividad térmica del aislamiento	ρ_t	3,5		K.m/W
Espesor del aislamiento entre conductor y envolvente	t_1	8,5	10	mm
Diámetro del conductor	d_c	34	38	mm

2.5.2. De la armadura

Al ser un cable no armado, $T_2 = 0$.

2.5.3. De la cubierta exterior

Las cubiertas exteriores se disponen generalmente en capas concéntricas y la resistencia térmica está dada por la fórmula siguiente.

$$T_3 = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln \left(1 + \frac{2t_3}{D'_a} \right) -$$

Donde:

Descripción	Símbolo	Valor 800 mm ² Al	Valor 1000 mm ² Al	Unidad
Resistencia térmica del revestimiento exterior	T_3	0,060	0,036	K.m/W
Resistividad térmica del aislamiento	ρ_t	3,5		K.m/W
Espesor del revestimiento exterior	t_3	3,2	2	mm
Diámetro exterior de la armadura	D_a	56,1	60,5	mm

2.5.4. Externa

La resistencia térmica externa (T_4) de un cable colocado en un conducto comprende tres partes:

- a) La resistencia térmica del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto (T'_4)
- b) La resistencia térmica del material que constituye el conducto (T''_4)
- c) La resistencia térmica entre la superficie exterior del conducto y el medio ambiente (T'''_4)

Para la instalación de conductos enterrados en contacto mutuo hormigonado, con cubierta no metálica en tresbolillo, la resistencia térmica externa viene dado por las fórmulas:

$$T_4 = T'_4 + T''_4 + T'''_4$$

Donde:

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

$$T''_4 = \frac{1}{2\pi} \rho_T \ln \frac{D_0}{D_d}$$

$$T''''_4 = \frac{1}{2\pi} \rho_T (\ln(2u') + 2 \ln(u')) + \frac{N}{2\pi} (\rho_e - \rho_c) \ln(u + \sqrt{u^2 - 1})$$


$$u' = \frac{2L}{D_0}$$

$$u = \frac{L_G}{r_b}$$

$$\ln r_b = \frac{1}{2} \frac{x}{y} \left(\frac{4}{\pi} - \frac{x}{y} \right) \ln \left(1 + \frac{y^2}{x^2} \right) + \ln \frac{x}{2}$$

Descripción	Símbolo	Valor 800 mm ² Al	Valor 1000 mm ² Al	Unidad
Resistencia térmica del medio exterior	T ₄	1,958	1,943	K.m/W
Resistencia térmica del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto	T' ₄	0,4025	0,3877	K.m/W
Resistencia térmica del material que constituye el conducto	T'' ₄	0,0360	0,0360	K.m/W
Resistencia térmica entre la superficie exterior del conducto y el medio ambiente	T'''' ₄	1,5193	1,5193	K.m/W
Constante	U	1,87		-
Constante	V	0,312		-
Constante	y	0,0037		-
Temperatura media del medio que rellena el espacio entre el cable y el conducto.	e _m	65		°C
Resistividad térmica del material constitutivo del conducto	ρ _T	3,50		K.m/W
Diámetro exterior del conducto	D ₀	160		mm
Diámetro interior del conducto	D _d	150		mm
Coeficiente	u'	13,125		-
Distancia de la superficie del suelo al eje del conducto	L	1050		mm
Distancia entre ejes de los conductos adyacente	s ₁	160		mm
Número de cables con carga en el bloque de conductos	N	3		-
Resistividad térmica del suelo que rodea al bloque de conductos	ρ _e	1		K.m/W
Resistividad térmica del hormigón	ρ _c	0,8000		K.m/W
Coeficiente	u	3,359		-
Profundidad de colocación, respecto al centro del bloque de conductos	L _G	1050		mm
Radio equivalente del bloque de hormigón	r _b	312,59		-
Dimensión menor del bloque de conductos	x	550		mm

Descripción	Símbolo	Valor 800 mm ² Al	Valor 1000 mm ² Al	Unidad
-------------	---------	------------------------------	-------------------------------	--------

Dimensión mayor del bloque de conductos	y	600	mm
PROYECTO INFRAESTRUCTURAS DE EVACUACIÓN PROYECTO HÍBRIDO ROYAL			
2.6. Factor de pérdidas en la pantalla metálica			

Las pérdidas en las pantallas (A_1) son debidas a las corrientes de circulación (A'_1) y a las corrientes de circulación (A''_1).

$$\lambda_1 = \lambda'_1 + \lambda''_1$$

Las siguientes fórmulas expresan estas pérdidas en relación a las pérdidas totales de energía en el conductor. Para cables unipolares se aplican solamente a circuitos independientes y se desprecian los efectos de retorno por tierra.

Para una configuración de tres cables unipolares dispuestos en tresbolillo, con las pantallas en cortocircuito en una única extremidad de una sección eléctrica o con las pantallas metálicas permutadas, las pérdidas por corrientes de circulación son despreciables siempre que cada sección mayor esté dividida en tres secciones menores eléctricamente idénticas.

$$\lambda'_1 = 0$$

El coeficiente de pérdidas por corrientes de Foucault viene dado por las fórmulas:

$$\lambda''_1 = \frac{R_s}{R} \left[g_s \lambda_0 (1 + \Delta_1 + \Delta_2) + \frac{(\beta_1 t_s)^4}{12 \times 10^{12}} \right]$$

$$g_s = 1 + \left(\frac{t_s}{D_s} \right)^{1,74} (\beta_1 D_s 10^{-3} - 1,6)$$

$$\beta_1 = \sqrt{\frac{4\pi\omega}{10^7 \rho_s}}$$

$$m = \frac{\omega}{R_s} 10^{-7}$$

$$\lambda_0 = 3 \left(\frac{m^2}{1 + m^2} \right) \left(\frac{d}{2s} \right)^2$$

$$\Delta_1 = (1,14m^{2,45} + 0,33) \left(\frac{d}{2s} \right)^{(0,92m+1,66)}$$

$$\Delta_2 = 0$$

$$R_s = R_{s0} [1 + \alpha_{20} (\theta - 20)]$$

Donde:

Descripción	Símbolo	Valor 800 mm ² AI	Valor 1000 mm ² AI	Unidad
Factor de pérdidas en la pantalla metálica	A ₁	0,059	0,116	-
Factor de pérdidas debidas a las corrientes de circulación	A' ₁	0,00		-
Factor de pérdidas debidas a las corrientes de Foucault	A"1	5,88E-02	1,16E-01	-
Resistencia de la pantalla, por unidad de longitud, a su temperatura máxima de servicio	R _s	1,29E-04	4,26E-04	0/m
Resistencia del conductor con corriente alterna a la temperatura máxima de servicio	R	4,90E-05	3,98E-05	0/m
Coeficiente	g _s	1,0815	1,0634	-
Coeficiente	A ₀	4,71E-04	5,39E-04	-
Coeficiente	Li ₁	1,26E-02	1,75E-02	-
Coeficiente	Li ₂	0,00		-
Coeficiente	f ₃₁	136,12		-
Espesor de la pantalla metálica	t _s	4,95	4,35	mm
Diámetro exterior de la envolvente del cable	D _s	66,00	69,20	mm
Resistencia de la pantalla, por unidad de longitud, a 20°C	R _{s0}	1,04E-04	3,45E-04	0/m
Coeficiente de variación a 20°C de la resistividad en función de la temperatura	a ₂₀	0,00393		1/K
Temperatura máxima de servicio de la pantalla	e	80		°C
Frecuencia angular	w	314,159		rad/s
Resistividad eléctrica del material que constituye la pantalla metálica a la temperatura de servicio.	p _s	2,131E-08		0.m
Distancia entre ejes de los conductores	s	160		mm
Diámetro medio de la pantalla	d	53,625	58,325	mm
Coeficiente	m	0,243	0,074	-

2.7. Potencia nominal de la línea

La capacidad de transporte de un circuito de tensión 45 kV y de intensidad nominal 818 A (1000 mm²) y 750 A (800 mm²) viene dada por la expresión:

$$- 1000 \text{ mm}^2 \rightarrow P = \sqrt{3} * V * I * \text{Cos}\theta = \sqrt{3} * 45 * 818 * 0,98 = 62,48 \text{ MW}$$

$$- 800 \text{ mm}^2 \rightarrow P = \sqrt{3} * V * I * \text{Cos}\theta = \sqrt{3} * 45 * 750 * 0,98 = 57,28 \text{ MW}$$

2.8. Pérdidas eléctricas

Existen dos tipos de pérdidas en el cable las pérdidas dieléctricas y las pérdidas óhmicas, que para condiciones normales serán las siguientes:

2.8.1. Pérdidas dieléctricas:

$$w_d = \omega - C - U^2 - \text{tg} \delta$$

- 1000 mm² → 0,07436 W/m

- 800 mm² → 0,07769 W/m

2.8.2. Pérdidas óhmicas:

$$P = R - I^2 - (1 + \lambda_V)$$

- 1000 mm² → 29,79 W/m

- 800 mm² → 29,24 W/m

Las pérdidas totales serán:

$$P_t = 3 - (P + W_d)$$

- 1000 mm² → 89,60 W/m

- 800 mm² → 87,94 W/m

2.9. Intensidad máxima de cortocircuito

Tomando como base la Norma UNE 21192, la expresión para el cálculo de la intensidad máxima de cortocircuito es:

$$I_{cc} = \frac{K \cdot S}{\sqrt{t}} \sqrt{\ln \left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta} \right)} \cdot 10^{-3}$$

Donde:

- S = sección
- t = duración del cortocircuito
- θ_f = temperatura final
- θ_i = temperatura inicial

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito se consideran las siguientes temperaturas:

Temperatura inicial conductor/ pantalla: 90/ 80 °C

Temperatura final conductor/ pantalla: 250 °C

Los valores para el cable XLPE 3x1x1000 mm² Al:

θ_f (°C)	θ_i (°C)	T (Seg.)	$\phi_{3\text{conductor}}$ (°C ⁻¹)	$\phi_{3\text{pantalla}}$ (°C ⁻¹)	S _{conductor} (mm ²)	S _{pantalla} (mm ²)	K _{conductor} (A s ^{1/2} /mm ²)	K _{pantalla} (A s ^{1/2} /mm ²)
250	90	0,5	228	234,5	1000	50	148,1	225,6

Los valores para el cable XLPE 3x1x800 mm² Al:

θ_f (°C)	θ_i (°C)	T (Seg.)	$\phi_{3\text{conductor}}$ (°C ⁻¹)	$\phi_{3\text{pantalla}}$ (°C ⁻¹)	S _{conductor} (mm ²)	S _{pantalla} (mm ²)	K _{conductor} (A s ^{1/2} /mm ²)	K _{pantalla} (A s ^{1/2} /mm ²)
250	90	0,5	228	234,5	800	50	149,1	225,6

Con estos valores se obtienen unas intensidades máximas de cortocircuito admisibles de:

- Conductor - 1000 mm²: I_{cc} (0,5 s) = 133,71 kA
- Conductor - 800 mm²: I_{cc} (0,5 s) = 107,69 kA
- Pantalla: I_{cc} (0,5 s) cable 1000 mm² = 10,49 kA
- Pantalla: I_{cc} (0,5 s) cable 800 mm² = 34,61 kA

2.10. Tensión inducida en las pantallas metálicas

2.10.1. Tensión inducida pantalla - tierra en servicio permanente a plena carga

La tensión inducida pantalla - tierra, por metro de cable, en servicio permanente a plena carga viene dada por la expresión:

$$E = I \cdot \left[2 \cdot \omega \cdot 10^{-7} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot S}{d} \right) \right]$$

Donde:

- I = Intensidad en régimen permanente a plena carga
- S = Distancia entre fases
- d = Diámetro medio de la pantalla metálica
- ω = Pulsación de corriente (2 π rf rad/s)

La longitud máxima de los tramos con el sistema de puesta a tierra Cross Bonding es de 835 metros, y se adopta el conductor de 800 mm², por lo que la tensión máxima inducida en las pantallas será la reflejada en la siguiente tabla:

Tensión inducida pantalla - tierra en servicio permanente a plena carga (V/m)	
Tensión inducida pantalla - tierra en servicio permanente a plena carga (V/m)	0,1358
I = Intensidad en régimen permanente a plena carga (A)	628,41
S = Distancia entre fases (m)	835
d = Diámetro medio de la pantalla metálica (mm)	53,625
w = Pulsación de corriente (2 π rf rad/s)	314,16
E(V) = E (V/m) * Longitud tramo (m)	113,37

2.10.2. Tensión inducida pantalla - tierra en cortocircuito trifásico

La tensión inducida pantalla - tierra, por metro de cable, en caso de cortocircuito trifásico viene dada por la expresión:

$$E = I_{cc} \cdot \left[2 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot S}{d} \right) \right]$$

Donde:

- I_{cc} = Intensidad de cortocircuito trifásico pantalla
- S = Distancia entre fases
- d = Diámetro medio de la pantalla metálica
- w = Pulsación de corriente (2 π rf rad/s)

La longitud máxima de los tramos con el sistema de puesta a tierra Cross Bonding es de 847,93 metros, por lo que la tensión máxima inducida en las pantallas será la reflejada en la siguiente tabla:

Tensión inducida pantalla - tierra en cortocircuito trifásico (V/m)	
Tensión inducida pantalla - tierra en cortocircuito trifásico (V/m)	7,48
I = Intensidad de cortocircuito trifásico pantalla (A)	34605,64
S = Distancia entre fases (m)	835
d = Diámetro medio de la pantalla metálica (mm)	53,625
w = Pulsación de corriente (2 π rf rad/s)	314,16
E(kV) = E (V/m) * S (m)	6,24

2.10.3. Tensión inducida pantalla - tierra en cortocircuito monofásico

La tensión inducida en caso de cortocircuito monofásico depende del tipo de sistema de puesta a tierra seleccionado. En el caso que nos ocupa, solamente se utilizan conexiones Cross bonding.

La corriente de defecto en caso de cortocircuito monofásico circulará por las pantallas de los cables. La tensión inducida pantalla - tierra, por metro de cable, en el caso de cortocircuito monofásico viene dada por la expresión:

$$E = I_{cc} \cdot \sqrt{R_p^2 + \left(\omega \cdot \left(2 \cdot 10^{-7} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot S_{cp}}{d} \right) + \frac{10^{-7}}{2} \right) \right)^2}$$

Donde:

- I_{cc} = Intensidad de cortocircuito monofásico
- S_{cp} = Distancia entre conductor y pantalla
- d = Diámetro medio de la pantalla metálica
- w = Pulsación de corriente ($2\pi f$ rad/s)
- R_p = Resistencia de la pantalla

Teniendo en cuenta que la longitud máxima del tramo más largo es de 835 metros, por lo que la tensión inducida en las pantallas será la reflejada en la siguiente tabla:

Tensión inducida pantalla - tierra en cortocircuito monofásico Cross Bonding (V/m)	
Tensión inducida pantalla - tierra en cortocircuito monofásico Cross Bonding (V/m)	5,301
I_{cc} = Intensidad de cortocircuito monofásico (A)	19979,578
S_{cp} = Distancia entre conductor y pantalla (m)	835
d = Diámetro medio de la pantalla metálica (mm)	53,625
w = Pulsación de corriente ($2\pi f$ rad/s)	314,159
R_p = Resistencia de la pantalla (Ω/m)	1,29E-04
$E(kV) = E (V/m) \cdot S (m)$	4,43

2.11. Caída de tensión

La caída de tensión por resistencia y reactancia de la línea (despreciando la influencia capacitiva), viene dada por la expresión:

$$e\% = \frac{100 - (R_k + X_k - \tan \theta) - P_{aet} - L}{U^2}$$

$$\Delta V = 100 \cdot \frac{e\%}{V_n}$$

Caída de tensión	
Caída de tensión (%)	0,425
Caída de tensión (V)	191,36

2.12. Pérdida de potencia

La pérdida de potencia porcentual viene dada por la expresión:

$$P\% = \frac{100 - R_k - P_{aet} - L}{U^2 - \cos^2 - \vartheta}$$

$$P_p = 100 \cdot \frac{P\%}{S}$$

Pérdida de potencia	
Pérdida de potencia (%)	0,302
Pérdida de potencia (MW)	0,145

2.13. Resumen

Resumen cálculos eléctricos LSAT	Valor 800 mm ²	Unidades
Intensidad máxima admisible en servicio	750	A
Potencia nominal de la línea	57,28	MW
Pérdidas dieléctricas	0,0777	W/m
Pérdidas óhmicas	29,24	W/m
Pérdidas óhmicas por circuito	87,94	W/m
Intensidad máxima de cortocircuito conductor	107,69	kA
Intensidad máxima de cortocircuito pantalla	34,61	kA
Tensión inducida pantalla - tierra en servicio permanente a plena carga	113,37	V
Tensión inducida pantalla - tierra en cortocircuito trifásico	6,24	kV
Tensión inducida pantalla - tierra en cortocircuito monofásico (Cross bonding)	4,43	kV
Caída de tensión	191,36	V
	0,425	%
Pérdida de potencia	0,145	MW
	0,302	%

3. DISTANCIAS DE SEGURIDAD EN TENDIDO SUBTERRÁNEO

Los cables subterráneos cumplen los requisitos señalados en el apartado 5 de la ITC-LAT 06 y las condiciones que pudieran imponer otros organismos competentes de la Administración, solicitando condicionado si procede al Organismo o Entidad afectada. En la siguiente tabla se indican las condiciones que deben cumplir los cruzamientos y paralelismos de los cables subterráneos con otros servicios, en los distintos casos particulares:

Instalación afectada	Tipo de afección	Condiciones
Otros cables de energía eléctrica: Líneas de BT y líneas de AT	Cruce	≥ 25 cm entre cables de energía eléctrica. Siempre que sea posible, se procurará que los cables de alta tensión discurren por debajo de los de baja tensión
	Paralelismo	≥ 25 cm entre cables de energía eléctrica
Cables de telecomunicación	Cruce	≥ 20 cm entre cables de energía eléctrica y telecomunicaciones. Distancia del punto de cruce al empalme ≥ 1 m
	Paralelismo	≥ 20 cm entre cables de energía eléctrica y telecomunicaciones
Agua	Cruce	≥ 20 cm entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua. Empalmes y juntas a ≥ 1 m del punto de cruce
	Paralelismo	20 cm entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua. Empalmes y juntas a ≥ 1 m del punto de cruce. Distancia mínima ≥ 20 cm en proyección horizontal. Entre aristas importantes de agua y cables eléctricos ≥ 1 m, La canalización de agua por debajo del nivel de los cables eléctricos
Gas	Cruce	Será función de la presión de la instalación y de la existencia o no de protección suplementaria. En el caso más desfavorable ≥ 40 cm. Empalmes y juntas a ≥ 1 m
	Paralelismo	Será función de la presión de la instalación y de la existencia o no de protección suplementaria. En el caso más desfavorable ≥ 40 cm. Empalmes y juntas a ≥ 1 m
Saneamiento de pluviales y fecales	Cruce	Se procurará pasar los cables por encima de las alcantarillas.
	Paralelismo	-
Calles y carreteras	Cruce	Canalización entubada hormigonada. ≥ 0,8 m desde la parte superior del tubo a la rasante del terreno. Siempre que sea posible cruce perpendicular al eje del vial
	Paralelismo	-

Instalación afectada	Tipo de afección	Condiciones
Ferrocarriles	Cruce	Canalización entubada hormigonada. ≥1,1 m desde la parte superior del tubo a la cara inferior de la traviesa. Siempre que sea posible cruce perpendicular al eje del ferrocarril
	Paralelismo	-

1. En paralelismo se procurará evitar que los cables eléctricos queden en el mismo plano vertical que el servicio afectado.
2. Deberán tenerse en cuenta los condicionantes de cada Ayuntamiento así como las condiciones establecidas por cada organismo afectado.