

Cruzamiento	Apoyo inicial	Apoyo final	Cruzamientos	Paralelismos	Organismos afectados
C-21	49	50	Carretera M-413		Dirección General de Carreteras e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid
C-22			Línea Telefónica		Telefónica, S.A.
C-23			Línea Eléctrica 30kV S.C.		i-DE
P-1				Línea Eléctrica de B.T.	i-DE
C-24	49	50	Barranco del Prado		Confederación Hidrográfica del Tajo
C-25			Línea Eléctrica 30kV S.C.		i-DE

Para la correcta realización de los cruzamientos 16 y 17, se necesitará realizar una excavación de terreno de aproximadamente 80 cm para cumplir con los 7 metros reglamentarios al terreno, y seguir cumpliendo con las distancias eléctricas a las líneas de 400 kV.

#### Tramo subterráneo:

Cruzamiento	Vértice inicio	Vértice fin	Cruzamientos	Paralelismos	Organismos afectados
Tramo 1 Subterráneo					
Csat-1	5	6	Vereda de Batres		Vías Pecuarias. Dirección General de Agricultura, Ganadería y Alimentación de la Comunidad de Madrid.
Csat-2	7	8	Línea Eléctrica 30kV S.C.		i-DE
Csat-3	9	10	Arroyo del Sotillo		Confederación Hidrográfica del Tajo
Csat-4	10	11	Arroyo del Sotillo		Confederación Hidrográfica del Tajo
Csat-5	14	15	Arroyo de la Alameda		Confederación Hidrográfica del Tajo
Csat-6	15	16	Línea Eléctrica de B.T.		i-DE
Csat-7			Línea Telefónica		Telefónica, S.A.
Csat-8	16	17	Línea Eléctrica 20kV S.C.		i-DE
Csat-9	23	24	Carretera M-404		Dirección General de Carreteras e Infraestructuras de la Comunidad de Madrid
Csat-10	30	31	Arroyo del Chorrillo		Confederación Hidrográfica del Tajo
Csat-11	31	32	Línea Eléctrica de 20 kV		i-DE



Cruzamiento	Vértice inicio	Vértice fin	Cruzamientos	Paralelismos	Organismos afectados
Csat-12	45	46	Arroyo de Moralejita		Confederación Hidrográfica del Tajo
Csat-13	50	51	Línea Eléctrica de B.T.		i-DE
Csat-14	56	57	Línea Eléctrica 400kV "MOT-VVI DC"		REE
Csat-15	59	60	Gaseoducto Enagas Semianillo Suroeste Madrid		Enagas
Csat-16	63	64	Arroyo de los Barrancos		Confederación Hidrográfica del Tajo
Psat 1	16	25		Autovía R-5	Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana
Psat 2	60	64		Autopista AP-41	Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana
<b>Tramo 2 Subterráneo</b>					
Csat-17	6	7	Arroyo de las Huertas		Confederación Hidrográfica del Tajo
Psat 3	6	8		Autovía R-5	Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana

Madrid, julio de 2022

Dña. María Inmaculada Blázquez García

Ingeniera Industrial y del ICAI

Col. Nº 3694/2924

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

ANEXO Nº1: CÁLCULOS

DOCUMENTO Nº2: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº4: PLANOS

DOCUMENTO Nº5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO Nº6: RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

**DOCUMENTO Nº7: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS**

DOCUMENTO Nº8: PROYECTO DE DESMANTELAMIENTO

## DOCUMENTO Nº7: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

### ÍNDICE

<b>1. Objeto del estudio de gestión de residuos .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Situación y descripción general del proyecto.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Descripción general de los trabajos.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Estimación de residuos a generar .....</b>	<b>3</b>
<b>5. Medidas de prevención de generación de residuos .....</b>	<b>4</b>
5.1. Trabajos de construcción .....	4
<b>6. Medidas de separación, manejo y almacenamiento de los residuos en obra .....</b>	<b>6</b>
6.1. Segregación.....	6
6.2. Almacenamiento .....	6
<b>7. Destinos finales de los residuos generados .....</b>	<b>7</b>
7.1. Residuos no peligrosos.....	8
7.2. Residuos peligrosos.....	8
<b>8. Valoración del coste previsto de gestión .....</b>	<b>9</b>

## 1. OBJETO DEL ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

El presente Estudio de Residuos se realiza para minimizar los impactos derivados de la generación de residuos en la construcción del presente proyecto, estableciendo las medidas y criterios a seguir para reducir al máximo la cantidad de residuos generados, segregarlos y almacenarlos correctamente y proceder a la gestión más adecuada para cada uno de ellos. El Estudio se lleva a cabo en cumplimiento del R.D. 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición y se ha redactado según los criterios contemplados en el artículo 4 de dicho Real Decreto.

## 2. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

La situación y descripción general del proyecto está reflejado en el documento de Memoria del presente proyecto.

## 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TRABAJOS

Las actividades que se van a llevar a cabo y que van a dar lugar a la generación de residuos van a ser las siguientes:

- Apertura/acondicionamiento de accesos y zonas de trabajo: desbroces/talas y movimientos de tierras.
- Obra civil: excavación y hormigonado de cimentaciones
- Acopio de material necesario en las campas, armado e izado de los apoyos.
- Apertura de la calle de tendido. Apertura de calle de seguridad (talas y podas).
- Tendido de conductores y cables de tierra
- Limpieza y restauración de las zonas de obra

## 4. ESTIMACIÓN DE RESIDUOS A GENERAR

Durante los trabajos descritos se prevé generar los siguientes residuos, codificados de acuerdo con lo establecido en la Orden MAM/304/2002 (Lista europea de residuos):

TIPO RESIDUO	CÓDIGO LER
<b>RESIDUOS NO PELIGROSOS</b>	
Excedentes de excavación	170504
Restos de hormigón	170101
Papel y cartón	200101
Maderas	170201
Plásticos (envases y embalajes)	170203
Chatarras metálicas	170405/170407/170401/170402
Restos asimilables a urbanos	200301



Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (si se segregan)	150102/150104/150105/150106
Residuos vegetales (podas y talas)	200201
<b>RESIDUOS PELIGROSOS</b>	
Trapos impregnados	150202*
Tierras contaminadas	170503*
Envases que han contenido sustancias peligrosas	150110*/150111*

Es necesario aclarar que, en el Plan de gestión residuos (que se elabora en una etapa de proyecto posterior al presente estudio por los contratistas responsables de acometer los trabajos, poseedores de los residuos) e incluso durante la propia obra se podrá identificar algún otro residuo. Asimismo, la estimación de cantidades, que se incluye en el punto 6 del presente documento, es aproximada, teniendo en cuenta la información de la que se dispone en la etapa en la cual se elabora el proyecto de ejecución. Las cantidades, por tanto, también deberán ser ajustadas en los correspondientes Planes de gestión de residuos.

## 5. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

### 5.1. TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN

Como norma general es importante separar aquellos productos sobrantes que pudieran ser reutilizables de modo que en ningún caso puedan enviarse a vertederos.

Además, es importante separar los residuos desde el origen, para evitar contaminaciones, facilitar su reciclado y evitar generar residuos derivados de la mezcla de otros.

Se exponen a continuación algunas buenas prácticas para evitar/minimizar la generación de algunos residuos:

- Tierras de excavación:
  - Separar y almacenar adecuadamente la tierra vegetal para utilizarla posteriormente en labores de restauración. La tierra vegetal se acumulará en zonas no afectadas por los movimientos de tierra hasta que se proceda a su disposición definitiva y la altura máxima de los acopios será de dos metros para que no pierda sus características.
  - Minimizar, desde la elección del trazado de la línea, la definición del tamaño de las campas y de accesos, los movimientos de tierras a llevar a cabo.
  - Utilizar las tierras sobrantes de excavación en la propia obra en la medida de lo posible.
- Medios auxiliares (pallets de madera), envases y embalajes:



- Utilizar materiales cuyos envases/embalajes procedan de material reciclado
  - No separar el embalaje hasta que no vayan a ser utilizados los materiales
  - Guardar los embalajes que puedan ser reutilizados inmediatamente después de separarlos del producto. Gestionar la devolución al proveedor en el caso de ser este el procedimiento establecido.
  - Los pallets de madera se han de reutilizar cuantas veces sea posible
- Residuos metálicos:
  - Separarlos y almacenarlos adecuadamente para facilitar su reciclado
- Aceites y grasas:
  - Realizar el mantenimiento de la maquinaria y cambios de aceites en talleres autorizados.
  - Si es imprescindible llevar a cabo alguna operación de cambio de aceites y grasas en la obra, utilizar los accesorios necesarios para evitar posibles vertidos al suelo (recipiente de recogida de aceite y superficie impermeable).
- Tierras contaminadas:
  - Establecer las medidas preventivas para evitar derrames de sustancias peligrosas:
  - Mantener cerrados todos los recipientes que contengan sustancias peligrosas para el medio ambiente (desenconfante, aceites etc.)
  - Si fuera necesario el almacenamiento de combustibles, disponer de bandeja metálica.
  - Resguardar de la lluvia las zonas de almacenamiento (mediante techado o uso de lona impermeable), para evitar que las bandejas se llenen de agua.
  - Disponer de grupos electrógenos cuyo tanque de almacenamiento principal tenga doble pared y cuyas tuberías vayan encamisadas. Disponer de absorbentes hidrófobos para la retención de goteos y pequeñas fugas.
- Residuos vegetales:
  - Respetar todos los ejemplares arbóreos que no sean incompatibles con el desarrollo del proyecto
  - Facilitar la entrega de los restos de podas/talas a sus propietarios
  - En los casos en los que sea posible (por su tamaño o después de haber sido triturados) los restos vegetales se incorporarán al terreno.



## **6. MEDIDAS DE SEPARACIÓN, MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS EN OBRA**

Los requisitos en cuanto a la segregación, almacenamiento, manejo y gestión de los residuos en obra están incluidos en las especificaciones ambientales, formando así parte de las prescripciones técnicas del proyecto.

Para que se pueda desarrollar una correcta segregación y almacenamiento de residuos en la obra, todo el personal implicado deberá estar adecuadamente formado sobre cómo separar y almacenar cualquier tipo de residuos que pueda derivarse de los trabajos.

### **6.1. SEGREGACIÓN**

Para una correcta valorización o eliminación se realizará una segregación previa de los residuos, separando aquellos que por su no peligrosidad (residuos urbanos y asimilables a urbanos) y por su cantidad puedan ser depositados en los contenedores específicos colocados por el correspondiente ayuntamiento, de los que deban ser llevados a vertedero controlado y de los que deban ser entregados a un gestor autorizado (residuos peligrosos). Para la segregación se utilizarán bolsas o contenedores que impidan o dificulten la alteración de las características de cada tipo de residuo.

La segregación de residuos en obra ha de ser la máxima posible, para facilitar la reutilización de los materiales y que el tratamiento final sea el más adecuado según el tipo de residuo.

En ningún caso se mezclarán residuos peligrosos y no peligrosos.

Si en algún caso no resultara técnicamente viable la segregación en origen, el poseedor (contratista) podrá encomendar la separación de fracciones de los distintos residuos no peligrosos a un gestor de residuos externo a la obra, teniendo que presentar en este caso, la correspondiente documentación acreditativa conforme el gestor ha realizado los trabajos.

Se procurará además segregar los RSU en las distintas fracciones (envases y embalajes, papel, vidrio y resto).

### **6.2. ALMACENAMIENTO**

Desde la generación de los residuos hasta su eliminación o valorización final, los residuos peligrosos y no peligrosos se almacenarán de forma separada.

Según el tipo de residuos, se podrán almacenar en la propia obra y cuando no sea viable se podrán almacenar en una instalación propia del contratista (siempre y cuando cuente con todos los permisos necesarios) o contratar los servicios de almacenamiento a un gestor autorizado.

Para las zonas de almacenamiento se cumplirán los siguientes criterios:

- Serán seleccionadas, siempre que sea posible, de forma que no sean visibles desde carreteras o lugares de tránsito de personas, pero con facilidad de acceso para poder proceder a la recogida de estos.
- Estarán debidamente señalizadas mediante marcas en el suelo, carteles, etc. para que cualquier persona que trabaje en la obra sepa su ubicación.
- Los contenedores de residuos peligrosos estarán identificados según se indica en la legislación aplicable (RD 180/2015 y Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados), con etiquetas o carteles resistentes a las distintas condiciones meteorológicas, colocados en un lugar visible y que proporcionen la siguiente información: descripción del residuo, icono de riesgos, código del residuo, datos del productor y fecha de almacenamiento
- Las zonas de almacenamiento de residuos peligrosos estarán protegidas de la lluvia y contarán con suelo impermeabilizado o bandejas de recogida de derrames accidentales. (Normalmente no estarán ubicadas en obra)
- Los residuos que por sus características puedan ser arrastrados por el viento, como plásticos (embalajes, bolsas...), papeles (sacos de mortero...) etc. deberán ser almacenados en contenedores cerrados, a fin de evitar su diseminación por la zona de obra y el exterior del recinto.
- Se delimitará e identificará de forma clara una zona para la limpieza de las cubas de hormigonado para evitar vertidos de este tipo en las proximidades de la subestación. La zona será regenerada una vez finalizada la obra, llevándose los residuos a vertedero controlado y devolviéndola a su estado y forma inicial.
- Se evitará el almacenamiento de excedentes de excavación en cauces y sus zonas de policía.

Por las características de las actividades a llevar a cabo, lo habitual será almacenar pequeñas cantidades de residuos en las campas de trabajo siendo estos trasladados a un almacén propiedad del contratista. No procede, por tanto, la inclusión de un plano con las zonas destinadas al almacenamiento de los residuos. En los correspondientes Planes de Gestión de residuos de construcción y demolición que proporcionen los contratistas se deberá incluir la localización de los almacenes utilizados. En dichos planes también se incluirá la descripción de los contenedores que se prevé utilizar para los distintos residuos.

## 7. DESTINOS FINALES DE LOS RESIDUOS GENERADOS

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

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

## 7.1. RESIDUOS NO PELIGROSOS

RSU: Los residuos sólidos urbanos y asimilables (papel, cartón, vidrio, envases de plástico) separados en sus distintas fracciones serán llevados a un vertedero autorizado o recogidos por gestores autorizados. En el caso de no ser posible la recogida por gestor autorizado y de tratarse de pequeñas cantidades, se podrán depositar en los distintos contenedores que existan en el Ayuntamiento más próximo.

Restos vegetales: La eliminación de los residuos vegetales deberá hacerse de forma simultánea a las labores de talas y desbroce. Los residuos obtenidos se apilarán y retirarán de la zona con la mayor brevedad, evitando así que se conviertan en un foco de infección por hongos, o que suponga un incremento del riesgo de incendios.

Los residuos forestales generados se gestionarán según indique la autoridad ambiental competente. Con carácter general, y si no hubiera indicaciones, preferiblemente se entregarán a sus propietarios.

Según el caso y si el tamaño lo permite (si es necesario se procederá a su trituración) los restos se incorporarán al suelo.

Si ninguna de las opciones anteriores es posible, se gestionará su entrega a una planta de compostaje y en último caso se trasladarán a vertedero controlado.

Excedentes de excavación, como ya se ha comentado tratarán de reutilizarse en la obra, si no es posible y existe permiso de los Ayuntamientos afectados y de la autoridad ambiental competente, podrán gestionarse mediante su reutilización en firmes de caminos, rellenos etc. Si no son posibles las opciones anteriores se gestionarán en vertedero autorizado.

Escombros, y excedentes de hormigón: Gestión en vertedero autorizado. Si es factible, los restos de hormigón se llevarán a una trituradora de áridos para su reutilización.

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

## 7.2. RESIDUOS PELIGROSOS

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

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

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

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

Al final de los trabajos las gestiones de residuos realizadas quedaran registradas en una ficha de “Gestión de residuos generados en las obras de construcción” que incluirá las cantidades de residuos generadas según su tipo, destino y fecha de gestión.

Además de cumplimentar la ficha el contratista proporcionará la documentación acreditativa de las gestiones realizadas:

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

## 8. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO DE GESTIÓN

En el cuadro que se muestra a continuación se incluye una estimación de las cantidades previstas de residuos a generar y los costes asociados a su gestión. Se resalta que el coste es muy aproximado pues los precios están sometidos a bastante variación en función de los transportistas y gestores utilizados y además las cantidades estimadas en este estado del proyecto también se irán ajustando con el desarrollo de este.

Los costes unitarios de cada residuo se estiman en las siguientes cantidades:

Tipo de residuo	Código LER	Unidad	Precio/unidad
Excedentes de excavación	170504	m <sup>3</sup>	4
Residuos de hormigón	170101	m <sup>3</sup>	9
Papel y cartón	200101	kg	0,008
Maderas	170201	kg	0,015
Plásticos (envases y embalajes)	170203	kg	0,016
Chatarras metálicas	170405/170407/170401/170402	kg	0,003
Restos asimilables a urbanos	200301	kg	0,0015
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (Si segregan)	150102/150104/150105/150106	kg	0,0015
Trapos impregnados, envases contaminados,	150202*	bidones	100

Tipo de residuo	Código LER	Unidad	Precio/unidad
aerosoles			
Tierras contaminadas	170503*	m <sup>3</sup>	15
Residuos vegetales (podas y talas)	200201	kg	0,015

Que particularizados para el proyecto que nos ocupa:

Tipo residuo	Código LER	Cantidad estimada de residuo generado	Unidad	Costes estimados de gestión (€)
Excedentes de excavación (considerando tramos aéreos y subterráneos)	170504	9801,38	m <sup>3</sup>	39.205,52 €
Residuos de hormigón (Se considera un excedente del 1% tanto para cimentaciones como para zanja subterránea)	170101	189,5	m <sup>3</sup>	1.705,50 €
Papel y cartón	200101	No se presentan residuos de este tipo	kg	-
Maderas	170201	No se presentan residuos de este tipo	kg	-
Plásticos (envases y embalajes)	170203	No se presentan residuos de este tipo	kg	-
Chatarras metálicas	170405/170407/170401/170402	No se presentan residuos de este tipo	kg	-
Restos asimilables a urbanos	200301	No se presentan residuos de este tipo	kg	-
Restos asimilables a urbanos. Contenedor amarillo: metales y plásticos (Si segregan)	150102/150104/150105/150106	No se presentan residuos de este tipo	kg	-
Trapos impregnados, envases contaminados, aerosoles	150202*	No se presentan residuos de este tipo	bidones	-
Tierras contaminadas	170503*	No se presentan residuos de este tipo	m <sup>3</sup>	-
<b>Total</b>			<b>€</b>	<b>40.911,02 €</b>

Asciende el presupuesto de gestión de residuos a la cantidad de **CUARENTA MIL NOVECIENTOS ONCE EUROS CON DOS CÉNTIMOS.**



Madrid, julio de 2022

Dña. María Inmaculada Blázquez García

Ingeniera Industrial y del ICAI

Col. Nº 3694/2924

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

ANEXO Nº1: CÁLCULOS

DOCUMENTO Nº2: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº4: PLANOS

DOCUMENTO Nº5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO Nº6: RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

DOCUMENTO Nº7: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

**DOCUMENTO Nº8: PROYECTO DE DESMANTELAMIENTO**

## DOCUMENTO Nº8: PROYECTO DE DESMANTELAMIENTO

### ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>Antecedentes .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Objeto .....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Titular de la Instalación .....</b>	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>Documentación aplicable .....</b>	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>Legislación aplicable .....</b>	<b>5</b>
<b>6.</b>	<b>Emplazamiento .....</b>	<b>6</b>
<b>7.</b>	<b>Situación actual de los terrenos afectados .....</b>	<b>6</b>
7.1.	Geología, geomorfología y edafología .....	6
7.2.	Hidrología .....	6
7.3.	Vegetación .....	6
7.4.	Fauna .....	6
<b>8.</b>	<b>Descripción básica del proyecto .....</b>	<b>6</b>
8.1.	Trazado .....	6
8.2.	Apoyos y Cimentaciones .....	11
8.3.	Protección de superficies .....	13
8.4.	Dimensiones de los apoyos .....	13
<b>9.</b>	<b>Descripción de las actuaciones de desmantelamiento .....</b>	<b>14</b>
9.1.	Actuaciones proyectadas .....	14
<b>10.</b>	<b>Descripción de los materiales de restitución .....</b>	<b>14</b>
10.1.	Actuaciones proyectadas .....	14
<b>11.</b>	<b>Plazos y plan de desmantelamiento .....</b>	<b>15</b>
<b>12.</b>	<b>Mediciones y presupuesto .....</b>	<b>15</b>
12.1.	Para el Tramo Aéreo .....	15
12.2.	Para el Tramo subterráneo .....	16
12.3.	Presupuesto total de desmantelamiento .....	17
<b>13.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>17</b>



## 1. ANTECEDENTES

- Los Promotores FOTONES del Atlántico, S.L., Mitra Beta, S.L.U. y Fotovoltaica El Casar, S.L. están desarrollando los proyectos fotovoltaicos que se detallan a continuación en varios términos municipales de la provincia de Toledo, con punto de conexión en la Comunidad de Madrid y tramitando para ello ante la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (la “DGPEM”), los permisos, licencias y autorizaciones administrativas necesarias al efecto:

Promotor	Planta Fotovoltaica	Potencia nominal (MWn)	Expediente
Fotovoltaica El Casar, S.L.	FV El Casar	240 MW	PFot-748
Mitra Beta, S.L.U.	FV Guadarrama II	143 MW	PFot-466
Mitra Beta, S.L.U.	FV Guadarrama III	181 MW	PFot-466
FOTONES del Atlántico, S.L.	FV Gran Fregacedos	111,8 MW	PFot-239

- En relación a los permisos de acceso y conexión a red de los proyectos anteriores, FV El Casar obtuvo Informe de viabilidad de acceso a la red de transporte del Nudo Camino Fregacedos 220kV en fecha 15 de febrero de 2021, así como permiso de conexión en fecha 12 de mayo de 2022; mientras que FV Gran Fregacedos obtuvo Informe de viabilidad de acceso a la red de transporte del Nudo Camino Fregacedos 220kV en fecha 17 de junio de 2020; y FV Guadarrama II-III obtuvieron Informe de viabilidad de acceso a la red de transporte del Nudo Buenavista 220kV en fecha 9 de julio de 2020.
- Con base en los principios de eficiencia técnica, minimización de impacto ambiental y reducción de costes, los promotores han acordado desarrollar una solución de evacuación conjunta para las instalaciones FV Gran Fregacedos, FV Guadarrama II, FV Guadarrama III y FV El Casar, con el fin que las partes puedan utilizar unas mismas infraestructuras comunes de evacuación para evacuar la energía generada por dichas Instalaciones de Generación.
- Los promotores consideran que la infraestructura de evacuación compartida tiene las condiciones técnicas adecuadas para permitir la evacuación conjunta de las instalaciones FV Gran Fregacedos, FV Guadarrama II, FV Guadarrama III y FV El Casar. Asimismo, esta alternativa de evacuación es la solución más favorable desde los puntos de vista ambiental y urbanístico.
- Con fecha 31 de mayo de 2022 y en base a lo anterior, los promotores FOTONES del Atlántico, S.L., Mitra Beta, S.L.U. y Fotovoltaica El Casar, S.L. firmaron un acuerdo de promotores que regula la solución de



evacuación y el desarrollo de las infraestructuras comunes de evacuación objeto de este proyecto técnico “L/220 kV Guadarrama III – Buenavista REE (DC – Tramo compartido)”.

## 2. OBJETO

El presente documento se redacta con el siguiente objeto:

- En el orden técnico, para obtener la Aprobación del presente Proyecto, que ha sido redactado de acuerdo con lo preceptuado en el 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.
- En el orden administrativo, obtener la Autorización Administrativa Previa de las instalaciones FV Gran Fregacedos, FV Guadarrama II, FV Guadarrama III y FV El Casar, así como la Autorización Administrativa de Construcción de las instalaciones FV Guadarrama II y FV Guadarrama III, según lo establecido en:
  - Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
  - 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.
  - 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.
  - Orden de 23 de marzo de 2004, de la Consejería de Economía, Industria e Innovación, por la que se regula el procedimiento de priorización de acceso y conexión a la red eléctrica para evacuación de energía de las instalaciones de producción en régimen especial.
  - 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.

## 3. TITULAR DE LA INSTALACIÓN

El tramo de línea objeto de este proyecto será titularidad de una entidad jurídica común con los siguientes promotores como copropietarios, según lo establecido acuerdo de tramitación firmado con fecha de 31 de mayo de 2022.

Co-titular	Planta Fotovoltaica	Potencia nominal (MWn)
Fotovoltaica El Casar, S.L.	FV El Casar	240 MW



Mitra Beta, S.L.U.	FV Guadarrama II	143 MW
Mitra Beta, S.L.U.	FV Guadarrama III	181 MW
FOTONES del Atlántico, S.L.	FV Gran Fregacedos	111,8 MW

#### 4. DOCUMENTACIÓN APLICABLE

Para la elaboración del Proyecto de Desmantelamiento se ha partido de la siguiente documentación:

- Proyecto L/220 kV Guadarrama III – Buenavista REE (DC – Tramo compartido)

#### 5. LEGISLACIÓN APLICABLE

Como Reglamentación aplicable que se ha tenido en cuenta en la redacción del presente proyecto pueden destacarse las siguientes:

- 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.
- 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.B.O.E. n.º 068 publicado el 19/3/2008.
- Ley 54/1997 de 27 de noviembre del Sector Eléctrico (BOE n.º 285 de 28 de noviembre de 1997)
- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales. (Ley 31/1.995 de 8/11/1.995)
- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- Real Decreto 337/2014, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, así como las Órdenes de 6 de julio de 1984, de 18 de octubre de 1984 y de 27 de noviembre de 1987, por las que se aprueban y actualizan las Instrucciones Técnicas Complementarias sobre dicho reglamento.
- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión y sus fundamentos técnicos (R.D. 223/2008, 15 de febrero)



- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos laborales y RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.
- Ley del Sector Eléctrico (Ley 54/1997, 27 noviembre)

Además de todo Reglamento y/o Normativa en vigor a la fecha de visado de este proyecto.

## 6. EMPLAZAMIENTO

La línea está dividida en tres tramos aéreos y dos tramos subterráneos, el primer tramo aéreo de 5,38 km, el segundo tramo aéreo de 2,21 km, y el tercer tramo aéreo 2,05 km.

El primer tramo subterráneo de 7,918 km en subterráneo, el segundo tramo de 1,805 km

Discurre por los términos municipales de Carranque (Toledo), Serranillos del Valle, Griñón, Moraleja de En medio.

El emplazamiento exacto queda reflejado en el DOCUMENTO Nº4: PLANOS

## 7. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS TERRENOS AFECTADOS

### 7.1. GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y EDAFOLOGÍA

En lo referente a geología, geomorfología y edafología, dicho estudio quedará sujeto al estudio geotécnico del proyecto.

### 7.2. HIDROLOGÍA

En lo referente a hidrología, dicho estudio quedará sujeto al estudio de impacto ambiental.

### 7.3. VEGETACIÓN

En lo referente a la vegetación, dicho estudio quedará sujeto al estudio de impacto ambiental.

### 7.4. FAUNA

En lo referente a la fauna, dicho estudio quedará sujeto al estudio de impacto ambiental.

## 8. DESCRIPCIÓN BÁSICA DEL PROYECTO

### 8.1. TRAZADO

Este proyecto corresponde al tramo compartido de la L/220 kV Guadarrama III – Buenavista Ree (Tramo DC Compartido) entre los apoyos **17 Entronque y 52 Entronque**. Tiene una longitud de 9,64 km totales aéreos, y 9,723 km totales subterráneos, teniendo una **longitud total de la línea La longitud total del tramo compartido es 19,363 km.**

La línea está dividida en tres tramos aéreos y dos tramos subterráneos, el primer tramo aéreo de 5,38 km, el segundo tramo aéreo de 2,21 km, y el tercer tramo aéreo 2,05 km.

El primer tramo subterráneo de 7,918 km en subterráneo, el segundo tramo de 1,805 km

Discurre por los términos municipales de Carranque (Toledo), Serranillos del Valle, Griñón, Moraleja de En medio.

La línea aérea discurre a través de 19 alineaciones y 36 apoyos.

A continuación, se muestran los municipios por el que discurren las distintas alineaciones de la línea aérea.

**Comunidad Autónoma:** Castilla la Mancha y Madrid

Término municipal	Carranque	Serranillos del Valle	Moraleja de Enmedio
<b>Apoyos</b>	AP17 Entronque - AP 33	AP 34PAS	AP 35PAS -AP 45PAS AP 46PAS - AP 52ENTRONQUE

En la siguiente tabla se presentan las alineaciones de la línea objeto del presente proyecto, junto con sus características fundamentales:

- Apoyos inicial y final
- Ángulo con siguiente alineación en grados sexagesimales
- Longitud en metros

Nº Alineación	Apoyo inicio	Apoyo final	Ángulo con la siguiente alineación (º)	Longitud (m)
1	17 ENTRONQUE	19	0	665,17
2	19	20	23,18	400,97
3	20	21	-29,38	398,13
4	21	23	38,58	740,6
5	23	24	-26,21	262,66
6	24	25	-54,31	396,27
7	25	26	-15,92	372,69
8	26	27	22,84	196,55
9	27	28	10,57	184,18
10	28	29	6,86	234,5
11	29	31	11,16	532,23
12	31	32	-5,42	458,77
13	32	34PAS	-9,17	528,08
<b>Tramo 1 Subterráneo</b>				
14	35PAS	36	0	180,6
15	36	41	-40,92	688,4
16	41	43	34,44	618,44
17	43	45PAS	26,02	728,18
<b>Tramo 2 Subterráneo</b>				



Nº Alineación	Apoyo inicio	Apoyo final	Ángulo con la siguiente alineación (º)	Longitud (m)
18	46PAS	50	0	1424,09
19	50	52 ENTRONQUE	-19,48	634,59

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de los apoyos de la línea aérea (Zona 30N UTM):

Nº Apoyo	Denominación	Ángulo (º)	Vano posterior (m)	X <sub>UTM</sub>	Y <sub>UTM</sub>
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333-ANC-EntradaSocio	0	344,11	418956,9	4447390,65
18	CO-18000-27-N3885-SUS	0	321,06	419292,7	4447465,84
19	GCO-40000-30-N1223-ANC	23,18	400,97	419606	4447536
20	IC-55000-30-N1333-ANC	-29,38	398,13	420000,18	4447462,52
21	IC-55000-30-N1333-ANC	38,58	383,06	420377,03	4447590,95
22	CO-18000-30-N3885-SUS	0	357,54	420737,52	4447461,41
23	IC-55000-25-N1333-ANC	-26,21	262,66	421074	4447340,5
24	IC-70000-30-N1333-FL	-54,31	396,27	421335	4447370
25	GCO-40000-40-N1223-ANC	-15,92	372,69	421528,59	4447715,77
26	GCO-40000-25-N1223-ANC	22,84	196,55	421614,47	4448078,43
27	GCO-40000-25-N1223-ANC	10,57	184,18	421730,44	4448237,12
28	CO-33000-21-N3776-ANC	6,86	234,5	421864,55	4448363,37
29	GCO-40000-25-N1223-ANC	11,16	234,09	422053,27	4448502,55
30	CO-33000-39-N3776-ANC	0	298,14	422265	4448602,39
31	GCO-40000-35-N1223-ANC	-5,42	458,77	422534,67	4448729,55
32	GCO-40000-30-N1223-ANC	-9,17	296,33	422929,28	4448963,54
33	CO-18000-24-N3885-SUS	0	231,75	423156,82	4449153,38
34PAS	IC-70000-20-PAS	-4,06	0	423334,77	4449301,85
35PAS	IC-70000-20-PAS	0	180,6	425743,04	4456000,19
36	IC-55000-30-N1333-ANC	-40,92	189,58	425667	4456164
37	IC-55000-25-N1333-ANC	0	80,48	425494,05	4456241,66
38	P-Cruzamiento-12	0	154,43	425420,63	4456274,63
39	P-Cruzamiento-20	0	73,24	425279,75	4456337,89
40	IC-55000-30-N1333-ANC	0	190,67	425212,94	4456367,89
41	IC-55000-35-N1333-ANC	34,44	301,24	425039	4456446
42	CO-27000-33-N3776-AM	0	317,2	424882,16	4456703,19
43	GCO-40000-35-N1223-ANC	26,02	377,55	424717	4456974
44	CO-18000-33-N3885-SUS	0	350,63	424681,74	4457349,9
45PAS	IC-70000-20-PAS	30,77	0	424649	4457699
46PAS	IC-70000-20-PAS	0	336,1	425546,59	4458636,56
47	CO-18000-30-N3885-SUS	0	359,12	425821,64	4458829,72
48	CO-18000-30-N3885-SUS	0	363,16	426115,53	4459036,11
49	CO-18000-33-N3885-SUS	0	365,71	426412,72	4459244,82
50	GCO-40000-30-N1223-ANC	-19,48	317,91	426712	4459455
51	CO-18000-27-N3885-SUS	0	316,68	426896,36	4459714
52 ENTRONQUE	IC-55000-35-N1333-ANC-4cruz	-93,64	268,97	427080	4459972



A continuación, se muestra una tabla donde se indican las coordenadas UTM en huso 30 N de los puntos del tramo subterráneo del **circuito 1 y 2** donde se localizan tanto vértices como inicios o finales de perforaciones dirigidas:

Vértice	ETRS 89 UTM 30		
	Coord X	Coord Y	Perforación Dirigida
1	423334,91	4449301,84	
2	423313,82	4449321,37	
3	423405,12	4449407,93	
4	423502,18	4449533,39	
5	423566,48	4449618,23	
6	423708,76	4449853,72	
7	423787,33	4450013,36	
8	423856,24	4450227,05	
9	423863,19	4450323,74	
10	423978,39	4450329,75	
11	424007,95	4450440,26	
12	423974,54	4450466,96	
13	423954,37	4450499,50	
14	423973,13	4450517,25	
15	423963,76	4450542,65	
16	423956,28	4450650,37	
17	423960,94	4450716,86	
18	423956,62	4450869,52	
19	423974,80	4451030,08	
20	423984,40	4451067,69	
21	423988,44	4451118,88	
22	424002,73	4451225,18	
23	424035,67	4451366,27	PD 1
24	424047,65	4451416,20	PD 2
25	424097,59	4451571,63	
26	424226,77	4451624,22	
27	424461,68	4451845,70	
28	424448,63	4451947,15	
29	424471,33	4452073,53	
30	424487,47	4452174,44	
31	424529,03	4452261,47	
32	424666,99	4452487,40	
33	424853,74	4452873,26	
34	424947,49	4453127,60	
35	424959,44	4453167,39	
36	425000,56	4453252,27	
37	425108,44	4453476,94	
38	425177,71	4453707,36	
39	425208,66	4453808,49	
40	425278,12	4453904,48	
41	425428,33	4454075,18	



Vértice	ETRS 89 UTM 30		
	Coord X	Coord Y	Perforación Dirigida
42	425605,28	4454237,07	
43	425655,15	4454287,48	
44	425666,03	4454314,44	
45	425700,23	4454357,63	
46	425787,25	4454479,21	
47	425846,24	4454561,65	
48	425932,54	4454558,77	
49	425941,37	4454610,20	
50	425930,72	4454633,53	
51	425923,85	4454715,80	
52	425923,85	4454753,12	
53	425928,99	4454774,02	
54	425982,89	4454794,78	
55	426015,92	4454848,63	
56	426030,66	4455022,07	
57	426030,66	4455119,22	
58	426011,54	4455157,02	
59	425962,48	4455215,91	
60	425914,48	4455406,10	
61	425900,58	4455425,34	
62	425815,58	4455615,85	
63	425744,46	4455728,75	
64	425625,57	4455864,66	
65	425739,55	4455996,25	

Vértice	ETRS 89 UTM 30		
	Coord X	Coord Y	Perforación Dirigida
1	424649,11	4457699,01	
2	424516,95	4457767,74	
3	424698,84	4458124,67	
4	424774,74	4458260,35	
5	424862,96	4458418,02	
6	425007,91	4458579,75	
7	425109,45	4458638,42	
8	425501,46	4458794,28	
9	425505,96	4458774,23	
10	425513,84	4458735,82	
11	425522,09	4458693,05	
12	425541,57	4458665,80	
13	425540,15	4458652,35	
14	425546,92	4458636,09	



## 8.2. APOYOS Y CIMENTACIONES

Los apoyos que se van a utilizar en la construcción de la línea aérea serán del tipo metálicos de celosía de las series CONDOR, ICARO, GRAN CONDOR y pórticos de cruzamiento y otros, del fabricante IMEDEXSA o similar. La configuración de los apoyos para la línea aérea del presente proyecto será en hexágono. Esta configuración facilita el respeto de distancias eléctricas y los cruzamientos con otras líneas de tensión.

Los apoyos seleccionados están contruidos con perfiles angulares totalmente atornillados, con el cuerpo formado por tramos tronco-piramidales de sección cuadrada con extensiones de 3 ó 5 m de altura hasta conseguir la altura útil deseada.

En el hipotético caso que aparecieran rocas en el terreno que se ha considerado para un tipo de terreno normal, será necesario utilizar cimentaciones con anclajes.

Los apoyos dispondrán de simple o doble cúpula para el cable de fibra óptica por encima de los conductores. Las geometrías básicas de los apoyos se pueden observar en la siguiente tabla:

N º Apoyo	Nombre del Apoyo	GEOMETRÍA DEL APOYO (m)					
		b	a	c	h	d	e
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333	5,8	6	6	-	4,9	3,5
18	CO-18000-27-N3885	5,5	4,9	4,9	-	3,3	3
19	GCO-40000-30-N1223	5,6	5,6	5,6	-	4,2	3,5
20	IC-55000-30-N1333	5,8	6	6	-	4,9	3,5
21	IC-55000-30-N1333	5,8	6	6	-	4,9	3,5
22	CO-18000-30-N3885	5,5	4,9	4,9	-	3,3	3
23	IC-55000-25-N1333	5,8	6	6	-	4,9	3,5
24	IC-70000-30-N1333	5,8	6	6	-	4,9	3,5
25	GCO-40000-40-N1223	5,6	5,6	5,6	-	4,2	3,5
26	GCO-40000-25-N1223	5,6	5,6	5,6	-	4,2	3,5
27	GCO-40000-25-N1223	5,6	5,6	5,6	-	4,2	3,5
28	CO-33000-21-N3776	5,5	4,6	4,6	-	4,4	3
29	GCO-40000-25-N1223	5,6	5,6	5,6	-	4,2	3,5
30	CO-33000-39-N3776	5,5	4,6	4,6	-	4,4	3
31	GCO-40000-35-N1223	5,6	5,6	5,6	-	4,2	3,5
32	GCO-40000-30-N1223	5,6	5,6	5,6	-	4,2	3,5
33	CO-18000-24-N3885	5,5	4,9	4,9	-	3,3	3
34PAS	IC-70000-20-PAS	5,8	6	6		4,9	3,5
35PAS	IC-70000-20-PAS	5,8	6	6		4,9	3,5
36	IC-55000-30-N1333	5,8	6	6	-	4,9	3,5
37	IC-55000-25-N1333	5,8	6	6	-	4,9	3,5
38	P-Cruzamiento-12	Mirar en Plano	Mirar en Plano	Mirar en Plano	Mirar en Plano	Mirar en Plano	Mirar en Plano
39	P-Cruzamiento-20	Mirar en Plano	Mirar en Plano	Mirar en Plano	Mirar en Plano	Mirar en Plano	Mirar en Plano
40	IC-55000-30-N1333	5,8	6	6	-	4,9	3,5

N º Apoyo	Nombre del Apoyo	GEOMETRÍA DEL APOYO (m)					
		b	a	c	h	d	e
41	IC-55000-35-N1333	5,8	6	6	-	4,9	3,5
42	CO-27000-33-N3776	5,5	4,6	4,6	-	4,4	3
43	GCO-40000-35-N1223	5,6	5,6	5,6	-	4,2	3,5
44	CO-18000-33-N3885	5,5	4,9	4,9	-	3,3	3
45PAS	IC-70000-20-PAS	5,8	6	6		4,9	3,5
46PAS	IC-70000-20-PAS	5,8	6	6		4,9	3,5
47	CO-18000-30-N3885	5,5	4,9	4,9	-	3,3	3
48	CO-18000-30-N3885	5,5	4,9	4,9	-	3,3	3
49	CO-18000-33-N3885	5,5	4,9	4,9	-	3,3	3
50	GCO-40000-30-N1223	5,6	5,6	5,6	-	4,2	3,5
51	CO-18000-27-N3885	5,5	4,9	4,9	-	3,3	3
52 ENTRONQUE	IC-55000-35-N1333	5,8	6	6	-	4,9	3,5

Las cimentaciones serán de patas separadas, tetrabloque y tipo cuadrada recta para todos los apoyos de la línea.

En la siguiente tabla se muestran las características dimensionales de las cimentaciones de los apoyos de la línea.

N º Apoyo	Nombre del Apoyo	Función	CIMENTACIONES							
			h	a	c	b	H	V exc unit (m3)	V exc (m3)	V horm (m3)
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333	ENTRONQUE	2,0 5	3,6 5	7,8	1,6	4,3 5	16,2826456	65,13	66,87
18	CO-18000-27-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,6	1,8	6,4	1,1	3,4	3,67095102	14,68	15,51
19	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,1 0	2,6 5	8,32	1,3 0	3,8 0	7,08	28,34	29,49
20	IC-55000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	1,7 5	3,2 0	7,80	1,4 5	4,1 5	11,74	46,97	48,41
21	IC-55000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	1,7 5	3,2 0	7,80	1,4 5	4,1 5	11,74	46,97	48,41
22	CO-18000-30-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,7 5	2,0 0	6,95	1,1 0	3,2 5	3,83	15,32	16,15
23	IC-55000-25-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	1,6 5	3,1 0	6,97	1,4 5	4,1 5	11,13	44,52	45,95
24	IC-70000-30-N1333	ÁNGULO-FIN DE LÍNEA	2,0 5	3,6 5	7,8	1,6	4,3 5	16,28	65,13	66,87
25	GCO-40000-40-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,1 5	2,7 9	10,3 9	1,3 3,8	3,8	7,28	29,11	30,26
26	GCO-40000-25-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,0 5	2,6 0	7,30	1,3 0	3,8 0	6,90	27,61	28,76
27	GCO-40000-25-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,0 5	2,6 0	7,30	1,3 0	3,8 0	6,90	27,61	28,76
28	CO-33000-21-N3776	ÁNGULO-ANC.STR	0,8 5	2,3 5	5,35	1,3 5	3,9 0	6,71	26,82	28,07
29	GCO-40000-25-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,0 5	2,6 0	7,30	1,3 0	3,8 0	6,90	27,61	28,76
30	CO-33000-39-N3776	ALINEACIÓN-ANCLAJE	0,9 0	2,5 0	8,50	1,4 0	3,9 5	7,45	29,82	31,15
31	GCO-40000-35-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,1 0	2,6 5	9,37	1,3 0	3,8 0	7,08	28,34	29,49
32	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,1 0	2,6 5	8,32	1,3 0	3,8 0	7,08	28,34	29,49
33	CO-18000-24-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,6 0	1,8 0	5,92	1,1 5	3,3 5	3,62	14,49	15,32
34PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	1,9 5	3,4 5	6,14	1,5 0	4,3 0	14,02	56,08	57,61



Nº Apoyo	Nombre del Apoyo	Función	CIMENTACIONES							
			h	a	c	b	H	V exc unit (m3)	V exc (m3)	V horm (m3)
35PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	1,9 5	3,4 5	6,14	1,5 0	4,3 0	14,02	56,08	57,61
36	IC-55000-30-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	1,7 5	3,2 0	7,80	1,4 5	4,1 5	11,74	46,97	48,41
37	IC-55000-25-N1333	ALINEACIÓN-ANCLAJE	1,6 5	3,1 0	6,97	1,4 5	4,1 5	11,13	44,52	45,95
38	P-Cruzamiento-12	PÓRTICO CRUZAMIENTO	3,5 8	2,5 0	16,0 0				22,38	27,38
39	P-Cruzamiento-20	PÓRTICO CRUZAMIENTO	3,5 8	2,5 5	16,0 0				23,28	28,48
40	IC-55000-30-N1333	ALINEACIÓN-ANCLAJE	1,7 5	3,2 0	7,80	1,4 5	4,1 5	11,74	46,97	48,41
41	IC-55000-35-N1333	ÁNGULO-ANCLAJE	1,7 5	3,2 5	8,64	1,5 0	4,2 0	12,43	49,73	51,26
42	CO-27000-33-N3776	ALINEACIÓN-AMARRE	0,8 0	2,2 5	7,43	1,3 0	3,7 5	5,94	23,77	24,92
43	GCO-40000-35-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,1 0	2,6 5	9,37	1,3 0	3,8 0	7,08	28,34	29,49
44	CO-18000-33-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,6 5	1,8 5	7,43	1,1 0	3,4 0	3,75	14,99	15,82
45PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	1,9 5	3,4 5	6,14	1,5 0	4,3 0	14,02	56,08	57,61
46PAS	IC-70000-20-PAS	PAS	1,9 5	3,4 5	6,14	1,5 0	4,3 0	14,02	56,08	57,61
47	CO-18000-30-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,7 5	2,0 0	6,95	1,1 0	3,2 5	3,83	15,32	16,15
48	CO-18000-30-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,7 5	2,0 0	6,95	1,1 0	3,2 5	3,83	15,32	16,15
49	CO-18000-33-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,6 5	1,8 5	7,43	1,1 0	3,4 0	3,75	14,99	15,82
50	GCO-40000-30-N1223	ÁNGULO-ANCLAJE	1,1 0	2,6 5	8,32	1,3 0	3,8 0	7,08	28,34	29,49
51	CO-18000-27-N3885	ALINEACIÓN-SUSPENSIÓN	0,6 0	1,8 0	6,40	1,1 0	3,4 0	3,67	14,68	15,51
52 ENTRONQUE	IC-55000-35-N1333	ENTRONQUE	1,7 5	3,2 5	8,64	1,5 0	4,2 0	12,43	49,73	51,26

### 8.3. PROTECCIÓN DE SUPERFICIES

Todos los apoyos tendrán protección de superficie por cincado a fuego. El galvanizado se hará de acuerdo con la norma UNE-EN-ISO 1461. Según la citada norma, la cantidad mínima de zinc será de 5 gramos por decímetro cuadrado de superficie galvanizada.

La superficie presentará una galvanización lisa adherente, uniforme, sin discontinuidad y sin manchas.

### 8.4. DIMENSIONES DE LOS APOYOS

Los apoyos pueden ser de la casa comercial IMDEXSA, o similar, con las dimensiones y esfuerzos adecuados para esta tensión y conductor y en función de las necesidades de cada ubicación se colocarán de amarre, de alineación o de fin de línea.

La altura útil de las torres en cada uno de los puntos del reparto se adaptará para conseguir, como mínimo, las distancias reglamentarias al terreno y demás obstáculos.

## 9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES DE DESMANTELAMIENTO

### 9.1. ACTUACIONES PROYECTADAS

La prelación de actuaciones de desmantelamiento a desarrollar en este proyecto de desmantelamiento y restitución son las siguientes para el tramo aéreo:

- Desconexión eléctrica de la línea. Puesta a tierra y comprobación de ausencia de tensión en la misma.
- Desmontaje y recogida de los conductores y del cable de tierra.
- Desmontaje de las cadenas de amarre y suspensión de los apoyos.
- Desmontaje y arriado de los tramos de los apoyos.
- Demolición de las cimentaciones hasta la profundidad de un metro.

La prelación de actuaciones de desmantelamiento a desarrollar en este proyecto de desmantelamiento y restitución son las siguientes para el tramo subterráneo:

- Desconexión eléctrica de la línea. Puesta a tierra y comprobación de ausencia de tensión en la misma.
- Demolición y recogida del hormigón de la zanja y de las cámaras de empalme
- Desmontaje y recogida de los cables y del cable de tierra.
- Desmontaje y recogida de los tubos y separadores
- Desmontaje y recogida de las puestas a tierra y empalmes

## 10. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES DE RESTITUCIÓN

### 10.1. ACTUACIONES PROYECTADAS

La prelación de actuaciones de restitución (una vez desmantelados los apoyos y la línea) son las siguientes:

- Relleno de los huecos de las cimentaciones y canalizaciones con una capa de tierra vegetal de 100 cm.
- Restitución para el uso agrícola tradicional o, en su caso, plantaciones de especies autóctonas.

La tierra vegetal que se emplee debe ser la extraída originalmente en las tierras de cultivo colindantes, y en caso de esta no pueda ser recuperada, se extraerá de obras cercanas donde esta tierra vegetal sea un excedente o se obtendrá de viveros. Se ha presupuestado como si se obtuviera de viveros.

La extensión se realizará por tongadas evitando en lo posible la compactación de la tierra vegetal, pero evitando a su vez la existencia de oquedades en el perfil del suelo y que tras el asentamiento del material se produzca la subsidencia de los materiales de relleno quedando la franja restituida a un nivel inferior que el terreno natural.

#### 10.1.1. PLANTACIONES

Para las plantaciones se ha tomado como criterio que sólo se planteará en aquellas superficies que actualmente tengan vegetación natural (matorral) ya que el resto de las áreas volverán a tener el uso agrícola actual por lo que no se realizarán plantaciones.



Para las plantaciones existe un factor limitante de gran importancia de cara a las plantaciones que es el mismo viento que puede producir daños en las mismas. De esta manera se procederá a plantar plantas de pequeño tamaño que soporten los avatares del viento.

Se seguirán las indicaciones del organismo competente respecto al número de plantaciones a realizar y las especies vegetales a plantar.

### 10.1.2. GESTIÓN DE RESIDUOS

Estará prohibido el vertido o abandono de cualquier tipo de residuo en el área de desmantelamiento debiendo gestionarse en función de sus características cada uno de ellos.

Se procederá a la clasificación de los residuos producidos inicialmente en peligrosos y no peligrosos.

- Los residuos peligrosos serán gestionados con un gestor autorizado específico para cada tipo de residuos. No se prevé, por las características de las obras, la producción de este tipo de residuos.
- Los residuos no peligrosos deberán ser reutilizados o llevados a un reciclador, y en último caso irán al vertedero autorizado. Lo que se prevé que se produzcan son esencialmente cableados, chatarra y escombros.
- Como norma general, una vez desmantelada y restituida la línea no deben aparecer restos en el entorno de la zona de actuación.

## 11. PLAZOS Y PLAN DE DESMANTELAMIENTO

El plazo estimado para el desmantelamiento y restitución de la línea será de 5 meses, empleando para ello una cuadrilla de desmontaje de 12 hombres.

## 12. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

### 12.1. PARA EL TRAMO AÉREO

#### 12.1.1. TRAMO AÉREO DESMONTAJE DE LA LÍNEA

Descripción	Unidades	Precio Unidad (€)	Medición	Importe (€)
<b>Desenganche de Línea y Puesta a Tierra de Toma de Corriente</b>	Pda.	1.200,00 €	1	1.200,00 €
Desconexión eléctrica de la línea. Puesta a tierra y comprobación de ausencia de tensión en la misma				
<b>Desmontaje y Recogida de Cable Línea</b>	km	1.400,00 €	9,65	13.510,00 €
Desmontaje de la línea, recogida de cables de circuito y línea de tierra, desmontaje de las cadenas de amarre y cadenas de suspensión incluso retirada a reutilizador, reciclador o vertedero autorizado de todos los elementos retirados				
Los kilómetros de línea a desmontar han sido medidos en planta, sin tener en cuenta la catenaria que se produce entre apoyos	Tm	2.118,76 €	36	76.275,36 €
<b>Desmontaje Apoyo</b>				
Desmontaje de apoyo por tramos, arriado hasta la fundación y corte o desmontaje a pie de obra incluso retirada de estructuras a reutilizador, reciclador o vertedero autorizado				



**Total € 90.985,36 €**

## 12.1.2. OBRA CIVIL

Descripción	Unidades	Precio Unidad (€)	Medición	Importe (€)
Demolición de Cimentaciones	Ud	325,00 €	36	11.700,00 €
Demolición de cimentación de hormigón armado y pedestal, con compresor de 2000l/min. corte de armaduras con disco, hasta una profundidad de 1 m por debajo de la rasante del terreno, incluso retirada de escombros y armaduras a reciclador, reutilizador o vertedero autorizado				
Aporte de Tierra Vegetal	Pda.	12.000,00 €	1	12.000,00 €
Carga, transporte, relleno y extendido de tierra vegetal en la caja de la cimentación tras la demolición de la misma hasta una profundidad de 1 m				
			Total €	23.700,00 €

## 12.2. PARA EL TRAMO SUBTERRÁNEO

### 12.2.1. TRAMO SUBTERRÁNEO DESMONTAJE DE LA LÍNEA

Descripción	Unidades	Precio Unidad (€)	Medición	Importe (€)
<b>Desenganche de Línea y Puesta a Tierra de Toma de Corriente</b>	Pda.	1.200,00 €	1	1.200,00 €
Desconexión eléctrica de la línea. Puesta a tierra y comprobación de ausencia de tensión en la misma				
<b>Desmontaje y Recogida de Cables de Línea</b>	m	17,15 €	9.723,00	166.749,45 €
Desmontaje de la línea, recogida de cables de circuito, línea de tierra, conductor de fibra y tubos de canalización,incluso retirada a reutilizador, reciclador o vertedero autorizado de todos los elementos retirados				
Los kilómetros de línea a desmontar han sido medidos en planta, sin tener en cuenta las variaciones de longitud en el perfil.				
<b>Desmantelación de cámaras de empalme</b>	Ud	724,81 €	13	9.422,53 €
Excavación del terreno, arriado hasta la fundación y corte o desmontaje a pie de obra incluso retirada de estructuras a reutilizador, reciclador o vertedero autorizado				
<b>Desmantelación de terminales y sistema de puesta a tierra</b>	Ud	471,24 €	24	11.309,76 €
Desmontaje de terminales exteriores y cajas unipolares y tripolares de puesta a tierra, retirada de componentes a reutilizador, reciclador o vertedero autorizado				
<b>Desmantelación de arquetas de tiro</b>	Ud	234,82	64	15.028,48 €
Excavación del terreno, arriado hasta la fundación y corte o desmontaje a pie de obra incluso retirada de estructuras a reutilizador, reciclador o vertedero autorizado				
Total €				203.710,22 €

### 12.2.2. OBRA CIVIL

Descripción	Unidades	Precio Unidad (€)	Medición	Importe (€)
-------------	----------	-------------------	----------	-------------



Reapertura de zanjas	m	14,21 €	9.673,00	137.453,33 €
m. Apertura de zanja de simple circuito en cualquier tipo de terreno, con las dimensiones indicadas, tapado y compactado				
Cierre de zanjas	m	18,77 €	9.673,00	181.562,21 €
Carga, transporte, relleno y extendido de tierra vegetal en la zanja para restituir el terreno de forma adecuada y facilitar el desarrollo de la flora local				
Total €				319.015,54 €

### 12.3. PRESUPUESTO TOTAL DE DESMANTELAMIENTO

Descripción		Precio Total
Tramo Subterráneo	Desmontaje de Línea	203.710,22 €
	Obra Civil	319.015,54 €
	<b>Total Subterráneo</b>	<b>522.725,76 €</b>
Tramo Aéreo	Desmontaje de Línea	90.985,36 €
	Obra Civil	23.700,00 €
	<b>Total Aéreo</b>	<b>114.685,36 €</b>
<b>TOTAL LÍNEA</b>		<b>637.411,12 €</b>

Asciende el presupuesto de desmantelamiento de la infraestructura a la cantidad de **SEISCIENTOS TREINTA Y SIETE MIL CUATROCIENTOS ONCE EUROS CON DOCE CÉNTIMOS**.

### 13. CONCLUSIONES

Con lo expuesto en los documentos que integran el presente proyecto, creemos suficientemente definidas las obras a realizar que se incluyen en él.

Por tanto, se somete a consideración de la autoridad competente en materia de energía de la Administración correspondiente para su aprobación.

Madrid, julio de 2022

Dña. M. Inmaculada Blázquez García

Ingeniero Industrial y del ICAI

Col. Nº 3694/2924





# PROYECTO OFICIAL DE EJECUCIÓN

## L/220 kV GUADARRAMA III – BUENAVISTA REE (SC – PRIMER TRAMO)

Términos Municipales de El Viso de San Juan y Carranque

(Provincia de Toledo)



VISADO: 0333/22 - Fecha: 26/7/2022  
Documento sellado con firma electrónica

ospr<sup>+</sup>el

## **DOCUMENTO Nº1: MEMORIA**

### **ANEXO Nº1: CÁLCULOS**

## **DOCUMENTO Nº2: PLIEGO DE CONDICIONES**

## **DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO**

## **DOCUMENTO Nº4: PLANOS**

## **DOCUMENTO Nº5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD**

## **DOCUMENTO Nº6: RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS**

## **DOCUMENTO Nº7: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS**

## **DOCUMENTO Nº8: PROYECTO DE DESMANTELAMIENTO**

**DOCUMENTO Nº1: MEMORIA****ÍNDICE**

<b>1.</b>	<b>Antecedentes y Finalidad .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Objeto .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Normativa Aplicable .....</b>	<b>4</b>
3.1.	Normativa del Sector Eléctrico.....	4
3.2.	Normativa Ambiental .....	5
<b>4.</b>	<b>Titular de la Instalación .....</b>	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>Descripción del Trazado .....</b>	<b>6</b>
5.1.	Descripción del Trazado Aéreo de la Línea .....	6
5.2.	Descripción del Trazado Subterráneo de la Línea.....	8
<b>6.</b>	<b>Características de la Línea .....</b>	<b>8</b>
6.1.	Características Generales de la Línea Aérea .....	8
6.2.	Características de los Materiales del Tramo Aéreo .....	10
6.3.	Características Generales de la Línea Subterránea.....	16
6.4.	Características de los Materiales del Tramo Subterráneo .....	17
<b>7.</b>	<b>Cronograma de ejecución.....</b>	<b>24</b>
<b>8.</b>	<b>Cruzamientos.....</b>	<b>26</b>
8.1.	Normas Aplicables a líneas aéreas.....	26
8.2.	Normas Aplicables a líneas subterráneas .....	30
8.3.	Resumen de Distancias .....	36
8.4.	Relación de Cruzamientos, Paralelismos y Organismos Afectados .....	39
<b>9.</b>	<b>Organismos Afectados .....</b>	<b>41</b>
<b>10.</b>	<b>Conclusión.....</b>	<b>41</b>

## 1. ANTECEDENTES Y FINALIDAD

La empresa MITRA BETA S.L.U., se dedica principalmente al desarrollo de proyectos e instalaciones de aprovechamiento energético de recursos renovables en todo el territorio nacional, seleccionando los emplazamientos que se consideraron con mayor potencial de recurso solar y menor impacto ambiental, teniendo en cuenta los criterios de tipo técnico-económicos y sociales de integración en el territorio.

Al mismo tiempo MITRA BETA S.L.U., en relación con los emplazamientos seleccionados para este proyecto, fue realizando consultas a los distintos organismos tales como, Consejerías y Delegaciones de Medio Ambiente y de Industria, así como a la Compañía Eléctrica Distribuidora de la zona y/o al Gestor de la Red de Transporte y Operador del Sistema, sobre la viabilidad real de cada uno de estos emplazamientos. Asimismo, se toma contacto con los ayuntamientos afectados y se gestiona la cesión de terrenos para aprovechamiento solar con la propiedad de estos.

Con estos antecedentes y en aplicación de esta forma de trabajo, MITRA BETA S.L.U. está interesada en desarrollar y construir tres Instalaciones Fotovoltaicas (en adelante FV), que son:

- FV “Guadarrama”: de 104 MWp de potencia pico instalada y 95 MW de potencia nominal, situada en el término municipal de Moraleja de Enmedio, en la Comunidad Autónoma de Madrid
- FV “Guadarrama II”: de 150 MWp de potencia pico instalada y 143 MW de potencia nominal, situada en el término municipal de El Viso de San Juan, en la provincia de Toledo, de la Comunidad de Castilla – La Mancha
- FV “Guadarrama III”: de 200 MWp de potencia pico instalada y 181,16 MW de potencia nominal, situada en el término municipal de El Viso de San Juan, en la provincia de Toledo, de la Comunidad de Castilla – La Mancha

Se pretende la explotación comercial de estas Instalaciones Fotovoltaicas, como sistema productor de energía eléctrica, consiguiendo el aprovechamiento de la energía solar, ahorrando así otras fuentes energéticas y fomentándose a la vez la incorporación de tecnologías energéticas avanzadas.

## 2. OBJETO

El objeto del Proyecto Oficial de Ejecución es la instalación de la Línea Aérea y Subterránea de Alta Tensión a 220kV, con origen en SET Guadarrama III y final en el Buenavista REE, para la evacuación de la energía eléctrica que se generará en las Plantas Solares Fotovoltaicas siguientes:

NUDO DE TRANSPORTE (Propiedad de REE)	NOMBRE DE LA PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA	SOCIEDAD PROMOTORA	CIF
SET Buenavista 220 kV	GUADARRAMA	MITRA BETA S.L.U.	B88423280
SET Buenavista 220 kV	GUADARRAMA II	MITRA BETA S.L.U.	B88423280
SET Buenavista 220 kV	GUADARRAMA III	MITRA BETA S.L.U.	B88423280

Este proyecto corresponde al primer tramo de simple circuito, que da servicio a las plantas FV Guadarrama II y FV Guadarrama III, desde la SET Guadarrama III hasta el apoyo 17 de entronque donde la línea pasa a doble circuito.

A su vez, el objeto del proyecto es también el de cumplir con lo establecido en la Ley 24/2013, del Sector Eléctrico, así como en el RD 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, en sus artículos 123 y 130, con objeto de que sea concedida la Autorización Administrativa Previa y la Autorización Administrativa de Construcción.

Así mismo se solicita la Declaración, en concreto, de Utilidad Pública, según el artículo 143 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, de la línea objeto del presente proyecto.

Los cálculos justificativos del presente proyecto constan en este documento de “MEMORIA”, en el Anexo 1 “CÁLCULOS”.

### 3. NORMATIVA APLICABLE

Se aplicarán las normas citadas en los documentos que conforman el presente proyecto. Asimismo, se tendrán en cuenta las actualizaciones posteriores a dichas normas y que sean de aplicación a este proyecto.

#### 3.1. NORMATIVA DEL SECTOR ELÉCTRICO

- Ley 24/2013, que tiene por objeto establecer la regulación del sector eléctrico con la finalidad de garantizar el suministro de energía eléctrica, y de adecuarlo a las necesidades de los consumidores en términos de seguridad, calidad, eficiencia, objetividad, transparencia y al mínimo coste.

- 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
- 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
- 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.
- Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- 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 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto 1074/2015, de 27 de noviembre, por el que se modifica distintas disposiciones en el sector 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, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.

### 3.2. NORMATIVA AMBIENTAL

La necesidad de realización del Estudio de Impacto Ambiental de este proyecto queda supeditada al Procedimiento de Evaluación de impacto ambiental ordinario para la formulación de la declaración de impacto ambiental de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental, modificado por la Ley 9/2018, de 5 de diciembre.

## 4. TITULAR DE LA INSTALACIÓN

La sociedad señalada en el objeto del presente proyecto podrá resultar titular de la instalación, una vez obtenga de la Administración competente las correspondientes autorizaciones.

A efectos de notificaciones, el interlocutor será:

**MITRA BETA S.L.U.**

**C.I.F.:** B88423280

**Dirección:** Torre Cepsa, Paseo de la Castellana 259, Madrid, España

## 5. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

Este proyecto corresponde al primer tramo privativo de la L/220 kV Guadarrama III – Buenavista REE (SC-PRIMER TRAMO)

Esta línea tiene una longitud total de **6.711,02 m**, dividido en tres tramos, el primero de 1.770,32 m en aéreo, el segundo tramo de 1.871,65 m en subterráneo y el tercero 3.069,05 m en aéreo, por lo que la traza tiene **4.839,37 m en aéreo** y **1.871,65 m en subterráneo**. Discurre por los términos municipales de El Viso de San Juan y Carranque, todos situados en la provincia de Toledo.

### 5.1. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO AÉREO DE LA LÍNEA

La línea aérea de 220 kV, de simple circuito y separada en dos tramos conectados mediante línea subterránea, discurre entre los apoyos de transición aéreo-subterráneo PAS 8 y PAS 9. Los apoyos PAS 8 y PAS 9 y la SE Guadarrama III se sitúan en el término municipal de El Viso de San Juan (Toledo), mientras que el apoyo 17 Entronque, final de este proyecto, se sitúa en el término municipal de Carranque (Toledo). La línea aérea discurre a través de 9 alineaciones y 17 apoyos.

El primer tramo, entre la subestación Guadarrama III y el apoyo PAS 8, discurre por el término municipal de El Viso de San Juan (Toledo).

El segundo tramo, entre el apoyo PAS 9 y el apoyo 17 Entronque, discurre por los términos municipales de El Viso de San Juan y Carranque (Toledo).

Además, el Apoyo 17 Entronque se comparte con la línea denominada como **L220 kV Guadarrama III – Buenavista REE (DC-Tramo Compartido)** por lo que no será objeto del presupuesto de este proyecto.

#### 5.1.1. ALINEACIONES Y TÉRMINOS MUNICIPALES AFECTADOS

A continuación, se muestran los municipios por el que discurren las distintas alineaciones de la línea aérea.

**Comunidad Autónoma:** Castilla y La Mancha

Término municipal	El Viso de San Juan	Carranque
Apoyos	Pórtico SET Guadarrama III-AP PAS 8 AP PAS 9—AP 15	AP 16 - AP 17 ENTRONQUE

En la siguiente tabla se presentan las alineaciones de la línea objeto del presente proyecto, junto con sus características fundamentales:

- Apoyos inicial y final
- Ángulo con siguiente alineación en grados sexagesimales

- Longitud en metros

Nº Alineación	Apoyo inicio	Apoyo final	Ángulo con la siguiente alineación (º)	Longitud (m)
1	SET Guadarrama III	1	0	56,57
2	1	3	-6,73	491,9
3	3	4	-2,47	140,95
4	4	7	38,96	861,57
5	7	8PAS	17,28	219,33
<b>Tramo 1 Subterráneo</b>				
6	9PAS	12	12,1	1126,36
7	12	15	-16,24	1077,56
8	15	16	1,67	515,63
9	16	17 ENTRONQUE	8,93	349,5

### 5.1.2. COORDENADAS DE LOS APOYOS

En la siguiente tabla se presentan las coordenadas de los apoyos de la línea aérea (Zona 30N UTM):

Nº Apoyo	Denominación	Ángulo (º)	Vano posterior (m)	X <sub>UTM</sub>	Y <sub>UTM</sub>	Z <sub>UTM</sub>
SET Guadarrama III	Pórtico Subestación Guadarrama III	0	56,57	413810,95	4444374,25	573,36
1	IC-55000-20-S1333-FL	-6,73	296,18	413810,09	4444430,82	575,08
2	CO-9000-30-S1775-SUS	0	195,72	413770,88	4444724,39	578,84
3	CO-18000-18-S1666-ANC	-2,47	140,95	413744,98	4444918,39	570,78
4	GCO-40000-15-S1113	38,96	287,15	413720,33	4445057,17	572,13
5	CO-9000-24-S1775-SUS	0	301,99	413859,05	4445308,58	573,5
6	CO-9000-24-S1775-SUS	0	272,43	414004,95	4445573	574,3
7	CO-18000-18-S1666-ANC	17,28	219,33	414136,56	4445811,53	584,36
8PAS	GCO-40000-15-PAS	24,75	0	414294,78	4445963,42	580,38
9PAS	GCO-40000-15-PAS	12,1	388,85	416028	4446563	564
10	CO-9000-27-S1775-SUS	0	361,01	416413,96	4446610,3	561
11	CO-9000-27-S1775-SUS	0	376,5	416772,29	4446654,21	546
12	CO-18000-21-S1666-ANC	-16,24	369,01	417146	4446700	539,78
13	CO-9000-30-S1775-SUS	0	316,39	417485,12	4446845,5	540,51
14	CO-9000-30-S1775-SUS	0	392,16	417775,88	4446970,25	538,55
15	CO-27000-30-S1666-ANC	1,67	515,63	418136,26	4447124,87	536,38
16	CO-18000-33-S1666-AM	8,93	349,5	418615,84	4447314,27	548,96
17 ENTRONQUE	IC-70000-30-N1333-ANC-EntradaSocio	0	0	418956,9	4447390,65	587



## 5.2. DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO SUBTERRÁNEO DE LA LÍNEA

La línea subterránea, de simple circuito, discurre entre los apoyos PAS 8 y PAS 9 situados en el término municipal de El Viso de San Juan (Toledo).

La línea subterránea tiene una longitud de 1.871,65 metros en planta. No se incluye por tanto lo siguiente:

- 15 metros de bajada de cable desde el soporte del terminal de transición aéreo subterráneo en el apoyo PAS 8
- 15 metros de bajada de cable desde el soporte del terminal de transición aéreo subterráneo en el apoyo PAS 9.

Los tramos de subida y bajada del cable aislado a los apoyos de transición aérea a subterránea se consideran dentro del alcance del tramo aéreo. Los metros de cable aislado se han tenido en cuenta de cara al presupuesto.

A continuación, se muestra una tabla donde se indican las coordenadas UTM en huso 30 N de los puntos del tramo subterráneo donde se localizan tanto vértices como inicios o finales de perforaciones dirigidas:

Vértice	ETRS 89 UTM 30	
	Coord X	Coord Y
1	414294,78	4445963,42
2	414691,99	4445981,97
3	415068,00	4446039,00
4	415430,97	4446237,12
5	415757,26	4446415,22
6	416028,00	4446563,00

El detalle del recorrido de la línea subterránea se especifica en el documento “Planos” del presente proyecto.

## 6. CARACTERÍSTICAS DE LA LÍNEA

### 6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA AÉREA

La línea discurre en su totalidad como un simple circuito a 220 kV.

La línea aérea objeto del presente proyecto tiene como principales características las siguientes:

Sistema ..... Corriente Alterna Trifásica  
Frecuencia (Hz) ..... 50



Tensión nominal (KV) .....	220
Tensión más elevada de la red (KV) .....	245
Categoría .....	Especial
Nº de circuitos .....	1
Número de cables de fibra óptica .....	2
Tipo de cable de fibra óptica .....	OPGW 64k78 (7540)
Número de apoyos .....	17
Longitud (km) .....	4,839,37
Provincias afectadas .....	Toledo
Zona de aplicación .....	ZONA B
Nivel de contaminación .....	IV
Tipo de aislamiento .....	Vidrio
Apoyos .....	Torres Metálicas de Celosía
Cimentaciones .....	Tetrabloque, Cilíndricas con cueva
Puesta a tierra (no frecuentados) .....	Grapa de conexión, conductor de cobre y pica de puesta a tierra
Puesta a tierra (frecuentados – tipo PAS) .....	Anillo cerrado de acero descarburado

#### **Tramo 1. Pórtico SET Guadarrama III hasta PAS 8**

Nº de conductores aéreos por fase .....	2
Tipo de conductor aéreo .....	LA-380
Potencia máxima de diseño (MWn) .....	324
Longitud (m) .....	1770,32
Origen .....	Pórtico SET Guadarrama III
Final .....	PAS 8

#### **Tramo 2. PAS 9 hasta AP 17 Entronque**

Nº de conductores aéreos por fase .....	2
Tipo de conductor aéreo .....	LA-380
Potencia máxima de diseño (MWn) .....	324
Longitud (m) .....	3069,05
Origen .....	PAS 9
Final .....	AP 17 Entronque

## 6.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DEL TRAMO AÉREO

### 6.2.1. CONDUCTORES

El conductor que se va a emplear en la construcción de la línea será de aluminio y acero recubierto de aluminio. A continuación, se definen sus principales características:

Tipo .....	DX GULL-LA-380
Material .....	Aluminio – Acero recubierto
Diámetro (mm) .....	25,38
Sección total (mm <sup>2</sup> ) .....	381
Peso (daN/m) .....	1,249
Carga de rotura (daN) .....	10.650
Módulo de elasticidad (daN/mm <sup>2</sup> ) .....	6.900
Coefficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> ) .....	19,3·10 <sup>-6</sup>
Resistencia eléctrica con cc a 20°C (Ω/Km) .....	0,0857
Composición .....	54 + 7

### 6.2.2. CABLE DE FIBRA ÓPTICA

El cable de tierra compuesto de fibra óptica OPGW a utilizar en la construcción de la línea tendrá las siguientes características:

Denominación.....	OPGW 64k78 (7540)
Nº de fibras .....	48
Corriente máxima de falta 2s (kA) .....	151
Sección total (mm <sup>2</sup> ) .....	143,7
Diámetro total (mm) .....	16,4
Peso del cable (kg/m) .....	0,773
Carga de rotura (kg) .....	11.390
Módulo de elasticidad(daN/mm <sup>2</sup> ) .....	11.410
Coefficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> ) .....	14,8·10 <sup>-6</sup>

### 6.2.3. AISLADORES

Se utilizarán cadenas de aislamiento de vidrio compuestas por aisladores tipo U160BSP, para ambos circuitos.

Denominación.....	U160BSP
Paso (mm) .....	146
Diámetro (mm) .....	320

Línea de fuga (mm) .....	550
Carga mecánica (daN) .....	16.000
Unión normalizada IEC-60120 .....	20
Tensión soportada a 50 Hz bajo lluvia (kV) .....	55
Tensión soportada Impulso tipo rayo en seco (kV) .....	140
Peso neto aproximado (kg) .....	8,3

#### 6.2.4. HERRAJES

##### 6.2.4.1. HERRAJES DEL CONDUCTOR DX GULL

Los herrajes serán de acero galvanizado en caliente, y estarán adecuadamente protegidos frente a la corrosión. Éstos cumplirán lo indicado en la norma UNE 21 006.

La cadena de suspensión tendrá los siguientes elementos principales:

- Grillete recto
- Anilla de bola de protección
- Rótula horquilla N20 AE
- Yugo triangular N20
- Horquilla revirada N20 AE
- Grapa de suspensión armada
- Aislador de cadena

La carga de rotura mínima de la cadena de suspensión es 12.000 daN.

La cadena de amarre tendrá los siguientes elementos principales:

- Grillete recto
- Eslabón N36
- Yugo triangular N36
- Horquilla bola de protección N20
- Rótula Horquilla N20 AE
- Yugo separador N20
- Horquilla revirada N20 AE
- Tensor de corredera N20
- Grillete normal N20 AE
- Raqueta de protección
- Grapa de amarre a compresión AE
- Aislador cadena de vidrio

La carga de rotura mínima de la cadena de amarre es 32.000 daN.

#### **6.2.4.2. HERRAJES DEL CABLE DE OPGW**

Los herrajes del cable OPGW 64k78 (7540) pueden ser de suspensión o de amarre. En el caso de amarre pueden ser de amarre bajante o de amarre pasante.

Las cadenas de suspensión están compuestas por los siguientes elementos:

- Grillete recto
- Eslabón revirado
- Grapa de suspensión armada
- Manguito
- Varillas de grapa
- Grapa de conexión paralela
- Grapa de conexión a torre
- Tapón terminal

La carga de rotura mínima de la cadena de suspensión es de 6.000 daN.

Las cadenas de amarre bajante están compuestas por los siguientes elementos:

- Grillete recto
- Eslabón revirado
- Tensor de corredera
- Guardacabos
- Retención preformada
- Empalme de protección
- Grapa de conexión a torre

La carga de rotura mínima de la cadena de amarre bajante es de 12.000 daN.

Las cadenas de amarre pasante están compuestas por los siguientes elementos:

- Grillete recto
- Eslabón revirado
- Tensor de corredera
- Guardacabos
- Empalme de protección
- Retención de anclaje
- Grapa de conexión a torre

La carga de rotura mínima de la cadena de amarre pasante es de 12.000 daN.

#### **6.2.5. SEPARADORES**

Los separadores se utilizan para mantener las distancias entre conductores de una misma fase o subconductores del circuito, y garantizarán un perfecto servicio sobre cualquier condición climática. Responderán a lo reseñado en la UNE-EN 61 854:1999.

El separador ha de ofrecer, bajo las condiciones de servicio especificadas, entre otros, los siguientes requisitos:

- Mantener la separación entre subconductores en el lugar de aplicación del separador.
- Estar adaptados para su instalación fácil y segura evitando daños en los subconductores.
- Asegurar que los diferentes conductores no se aflojarán en servicio.
- Elasticidad para absorber las deformaciones por vibración, alteración del conductor por cortocircuito, cargas desequilibradas por formación de manguitos de hielo, etc.
- Ausencia de arcos debido a la continuidad eléctrica entre los elementos que la componen.
- Ausencia de efluvios y de perturbaciones.

Se instalarán separadores amortiguadores para una distancia fija entre conductores de 400 mm. Se trata de un separador lineal de cuerpo compuesto de material ligero resistente a la corrosión al igual que el componente elástico del mismo. Los tornillos de fijación de las grapas serán de acero galvanizado. En el interior de las mordazas del separador, y en contacto con el conductor, existe un inserto de neopreno que lo protege y actúa como absorbente de los movimientos de los conductores de las fases. Las mordazas se aprietan sobre el conductor utilizando un tornillo. El par de apriete será especificado por el fabricante.

Los separadores serán de aleación de aluminio.

#### **6.2.6. EMPALMES**

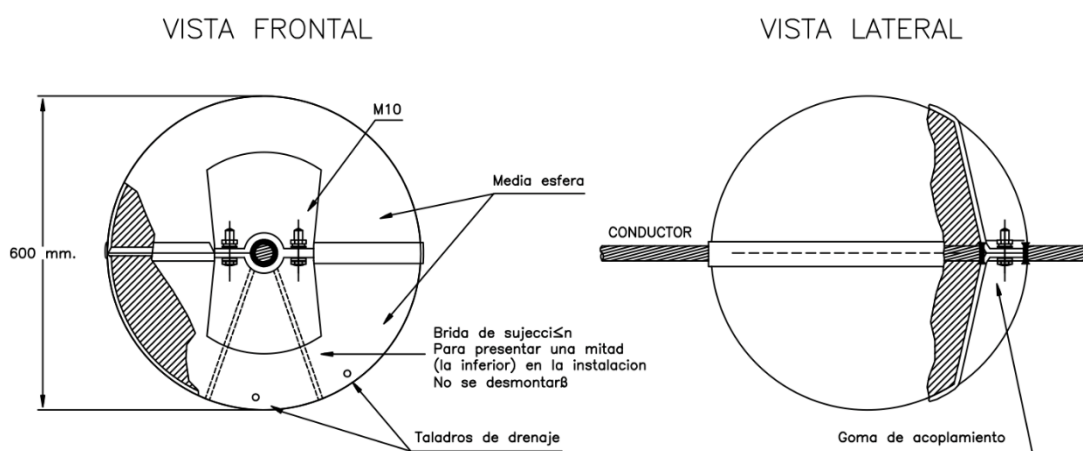
La unión de conductores y cables de tierra se efectuará por medio de empalmes comprimidos, con resistencia mecánica, al menos, igual al 95% de la carga de rotura del cable y resistencia eléctrica, igual o menor a la de un cable de la misma longitud.

Los empalmes del cable de tierra serán de acero inoxidable.

#### **6.2.7. BALIZAS**

Su función consiste en hacer más visibles los cables de tierra. Se colocarán para señalar la presencia de tendidos eléctricos en zonas con mayor densidad de tráfico aéreo, siguiendo los criterios siguientes:

- En vanos de cruce con autopistas y autovías, para prevenir accidentes de helicópteros que las recorren. Se instalarán 3 balizas, las extremas sobre cada calzada y la tercera en medio de las dos. En caso de existencia de dos hilos de tierra, se colocarán al tresbolillo.
- En zonas próximas a aeropuertos o de especial densidad de tráfico aéreo se seleccionarán los vanos que se encuentren en dicha zona y se instalarán balizas cada 30 m. En caso de existencia de dos hilos de tierra, se colocarán al tresbolillo, quedando separadas en este caso 60 m. en cada hilo de tierra. En cualquier caso, se cumplirá lo que especifique la autoridad en materia de navegación aérea.



### 6.2.8. PUESTA A TIERRA

Todos los apoyos de material conductor, como es el caso de los apoyos metálicos empleados en este proyecto, deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica. Para el diseño de la puesta a tierra se tendrá en cuenta el efecto de los cables de tierra a lo largo de la línea.

Para poder identificar los apoyos en los que se deben garantizar los valores admisibles de las tensiones de contacto, en el aptdo. 7.3.4.2 del ITC 07 se establece la clasificación de los apoyos según su ubicación:

- Apoyos Frecuentados. Son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espere que las personas se queden durante tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día, por ejemplo, cerca de áreas residenciales o campos de juego. Los lugares que sólo se ocupan ocasionalmente, como bosques, campo abierto, campos de labranza, etc., no están incluidos.
- Apoyos No Frecuentados. Son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente.

Los apoyos de la línea cumplen las condiciones de No Frecuentados, excepto los apoyos tipo PAS, que se considerarán como Frecuentados.

Por tanto, los apoyos no frecuentados con cimentación tetrabloque tendrán una puesta a tierra en cada pata mediante grapa de conexión, conductor de cobre y pica de puesta a tierra. Los apoyos tipo PAS, también con cimentaciones tetrabloque, tendrán una puesta a tierra con anillo cerrado de acero descarburado.

#### 6.2.9. NUMERACIÓN Y AVISO DE PELIGRO

En cada apoyo se marcará el número de orden que le corresponda, el fabricante, la función, denominación según fabricante y el año de fabricación.

La placa de señalización de "riesgo eléctrico" se colocará en el apoyo a una altura visible y legible desde el suelo, pero suficiente para que no pueda ser retirada desde el suelo (aprox. 4 m).

#### 6.2.10. AMORTIGUADORES

En general, tal como expone el apdo. 3.2.2 de la ITC-LAT 07 del RLAT, se recomienda que la tracción a temperatura de 15°C no supere el 22% de la carga de rotura, si se realiza el estudio de amortiguamiento y se instalan dichos dispositivos, o que bien no supere el 15% de la carga de rotura si no se instalan.

Será preciso un estudio de amortiguamiento que se solicitará al fabricante de estos para determinar el número real de amortiguadores y la colocación exacta de estos.

#### 6.2.11. DISPOSITIVOS SALVAPÁJAROS

Según el Real Decreto 1432/2008, del 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 en su artículo 7 relativo a medidas de prevención contra colisión, se establece que los nuevos tendidos se proveerán de salvapájaros o señalizadores visuales cuando así lo determine el órgano competente de la comunidad autónoma. Se han de colocar en los cables de tierra y si éstos no existiesen, en las líneas en las que únicamente exista un conductor por fase, y se colocarán directamente sobre aquellos conductores que su diámetro sea inferior a 20 mm.

Se estima la utilización de balizas salvapájaros del tipo:

- Tipo BAGTR: para las zonas con presencia de aves crepusculares o identificadas como alto riesgo de colisión.
  - Instalación manual o semiautomática mediante máquina sobre el cable de tierra.
  - Cadencia: cada 5 metros en un cable de tierra único y cada 10 metros alternos cuando la línea disponga de dos cables de tierra.

En el Documento Planos se mencionan las características del salvapájaros descrito.



El tipo de dispositivos salvapájaros, su ubicación, el número total y su colocación definitiva será confirmado en el Estudio de Impacto Ambiental.

### 6.2.12. APOYOS Y CIMENTACIONES

Los apoyos que se van a utilizar en la construcción de la línea aérea serán del tipo metálicos de celosía de las series CONDOR, ICARO, GRAN CONDOR y otros, del fabricante IMEDEXSA o similar. La configuración de los apoyos para la línea aérea del presente proyecto será en tresbolillo. Esta configuración facilita el respeto de distancias eléctricas y los cruzamientos con otras líneas de tensión.

Los apoyos seleccionados están contruidos con perfiles angulares totalmente atornillados, con el cuerpo formado por tramos tronco-piramidales de sección cuadrada con extensiones de 3 ó 5 m de altura hasta conseguir la altura útil deseada.

Todos los apoyos dispondrán de una simple cúpula para instalar el cable de fibra óptica por encima de los conductores. Las geometrías básicas de los apoyos pueden consultarse en el documento Planos.

En el hipotético caso que aparecieran rocas en el terreno que se ha considerado para un tipo de terreno normal, será necesario utilizar cimentaciones con anclajes.

Las características dimensionales de las cimentaciones para cada tipo de apoyo pueden consultarse en el documento Anexo1. Cálculos.

### 6.3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

Estas son las características generales de la línea subterránea:

Sistema .....	Corriente Alterna Trifásica
Frecuencia (Hz) .....	50
Tensión nominal (KV) .....	220
Tensión más elevada de la red (KV) .....	245
Categoría .....	Especial
Número de circuitos .....	n = 1
Número de cables por fase .....	n' = 1
Frecuencia (Hz) .....	f = 50
Potencia a transportar (MWn) .....	324
Tipo de cable aislado Circuito 1 .....	Cable Unipolar de Al-1600 mm <sup>2</sup>
Longitud total tramos subterráneos (m) .....	1871,65
Provincias afectadas .....	Toledo
Número de cables de fibra óptica .....	1
Tipo de cable de fibra óptica .....	PKP 48

Tipo de instalación .....	Canalización tubular hormigonada
Disposición de los cables .....	Simple Circuito al tresbolillo
Anchura de la zanja.....	0,8 m
Profundidad de la zanja en terreno de cultivo .....	1,8 m
Profundidad de la zanja en camino de tierra.....	1,45 m
Longitud (m) / Puesta a tierra de TRAMO 1 SUBTERRÁNEO.....	1871,65 / Cross Bonding

## 6.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DEL TRAMO SUBTERRÁNEO

### 6.4.1. CARACTERÍSTICAS DEL CABLE

Son cables de aluminio aislados con pantalla metálica de aluminio soldado, aislamiento XLPE y cubierta exterior de polietileno de alta densidad (HDPE), del fabricante General Cable (Silec).

Las características del conductor de fase son las siguientes:

Tipo .....	Cable Unipolar de Al-1600 mm <sup>2</sup>
Material .....	Cuerda redonda compacta de hilos de aluminio
Aislamiento .....	XLPE
Pantalla .....	Lámina de aluminio soldado
Cubierta exterior.....	Polietileno de alta densidad
Diámetro cable completo (mm).....	116
Peso (daN/m) .....	0,01274
Radio mínimo de curvatura durante la instalación (mm) .....	4.060
Radio mínimo de curvatura después de la instalación (mm).....	2.320
Resistencia eléctrica en cc a 20°C (Ω/km).....	0,0186
Inductancia eléctrica (mH/km) .....	0,1878
Capacidad (μF/km).....	0,205



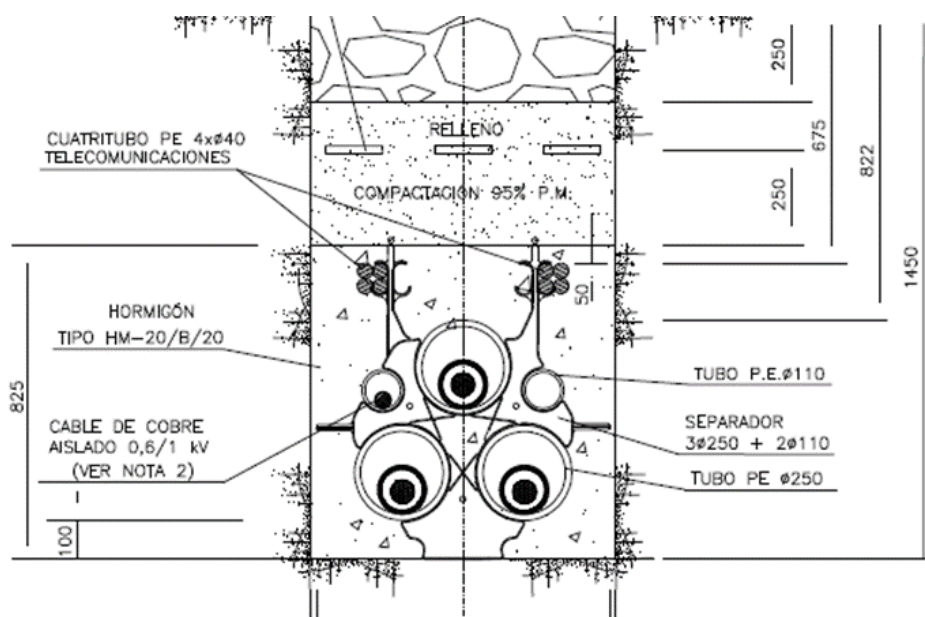
#### 6.4.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZANJA

La canalización de la línea se realizará en configuración de tresbolillo, bajo tubo hormigonado (hormigón HM-20/B/20) de 250 mm de diámetro. Se incluyen unas canalizaciones de tubo de plástico de 110 mm de diámetro para la configuración de puesta a tierra “Cross-Bonding”.

Se enterrarán una distancia tal que el exterior del tubo superior se encuentre a una distancia de la superficie de 0,82 metros y el exterior del tubo inferior se encuentre a 1,35 metros de profundidad. La disposición relativa de los tubos se especifica en la figura.

La puesta a tierra sigue el sistema “Cross-Bonding” a fin de mejorar la ampacidad del conductor.

Se señalizará todo el recorrido mediante cintas de señalización. Se rellenarán las capas superiores de la forma que se indica en la figura atendiendo a la colocación de los cables de comunicaciones.



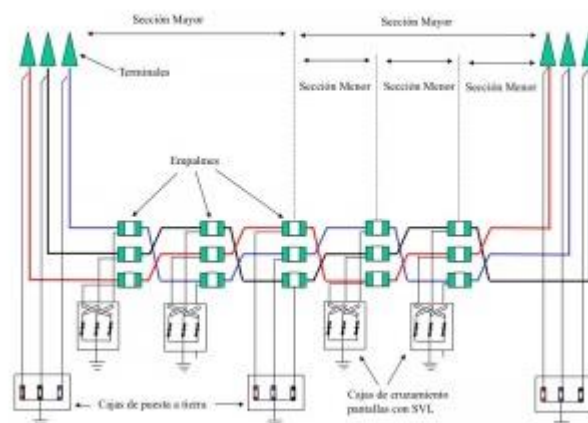
#### 6.4.3. TIPO DE CONEXIÓN PARA PUESTA A TIERRA

Los conductores disponen de una pantalla sobre la que se inducen tensiones, por lo que es necesario un sistema de conexión de puesta a tierra. En el caso de la presente línea se ha optado por el sistema Cross-Bonding, ya que se trata de un tramo subterráneo de más de un kilómetro de longitud.

Este método consiste esencialmente en la distribución de las pantallas de cable en secciones elementales llamadas secciones menores, y cruzando las pantallas de tal manera que se neutralice la totalidad del voltaje inducido en 3 secciones consecutivas.

Tres secciones menores juntas conforman una sección mayor. En un sistema de cruzamiento de pantallas, la ruta se divide en grupos de 3 longitudes iguales (así el sistema quedará eléctricamente equilibrado), con las pantallas puestas a tierra en los dos extremos de cada sección mayor pero no en todos los otros puntos.

De esta manera se induce una tensión entre la pantalla y tierra, pero se eliminan las corrientes inducidas.



Las 3 pantallas conectadas en serie están asociadas a conductores de diferentes fases y cuando los cables están dispuestos al tresbolillo, sus intensidades, y por lo tanto las tensiones inducidas en las pantallas, tienen la misma magnitud, pero con un desplazamiento de  $120^\circ$ . El resultado global es que la corriente inducida resultante en las tres pantallas son cero.

Este tipo de conexión no requiere un cable de continuidad de tierra.

Con esta conexión de pantallas se puede incrementar considerablemente la intensidad admisible del circuito, particularmente para conductores de sección muy grande. Este sistema se puede aplicar a longitudes grandes. No obstante, en los puntos donde se conecten las pantallas y esta conexión sea accesible, las tensiones inducidas no podrán superar los 65 voltios.

#### 6.4.4. CAJAS DE CONEXIÓN UNIPOLARES DE PUESTA A TIERRA

Las cajas de conexión serán de tipo intemperie, y alojarán los descargadores de sobretensión, asociados al sistema de puesta a tierra.

Las tapas serán de acero inoxidable y garantizarán un grado de protección mínimo IP 58 para las cajas de tipo intemperie e IP 68 para cajas enterradas.

#### **6.4.5. CAJAS DE CONEXIÓN TRIPOLARES DE PUESTA A TIERRA**

Las cajas de conexión serán de dos tipos, enterradas y tipo intemperie, estas últimas alojarán los descargadores de sobretensión, asociados al sistema de puesta a tierra.

Las tapas serán de acero inoxidable y garantizarán un grado de protección mínimo IP 58 para las cajas de tipo intemperie e IP 68 para cajas enterradas.

#### **6.4.6. CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR DE FIBRA ÓPTICA SUBTERRÁNEO**

Los cables de fibra óptica serán de tipo OPSYCOM PKP de 48 fibras y estarán constituidos por un núcleo de fibra de vidrio, en donde se soportarán los cables de fibra óptica.

Contarán con cubierta de polietileno de baja densidad de mínimo 0,8 mm de espesor. Los cables están reforzados con hilos de poliamida y con una cubierta de polietileno de baja densidad mínimo de 1.5 mm de espesor.

#### **6.4.7. CÁMARAS DE EMPALME**

Puesto que la longitud de la línea es superior a la longitud máxima de cable a transportar en una bobina para el caso AL-1600, es necesario realizar empalmes, de los que ya se ha hablado con anterioridad, y dichos empalmes son instalados en cámaras diseñadas para tal fin.

Las cámaras de empalme se realizan con muros de hormigón armado.

Las cámaras de empalme pueden ser prefabricadas o pueden ejecutarse in-situ.

#### **6.4.8. EMPALMES**

Se instalarán empalmes prefabricados o premoldeados. Las unidades prefabricadas que conforman el empalme se ensayarán en fábrica.

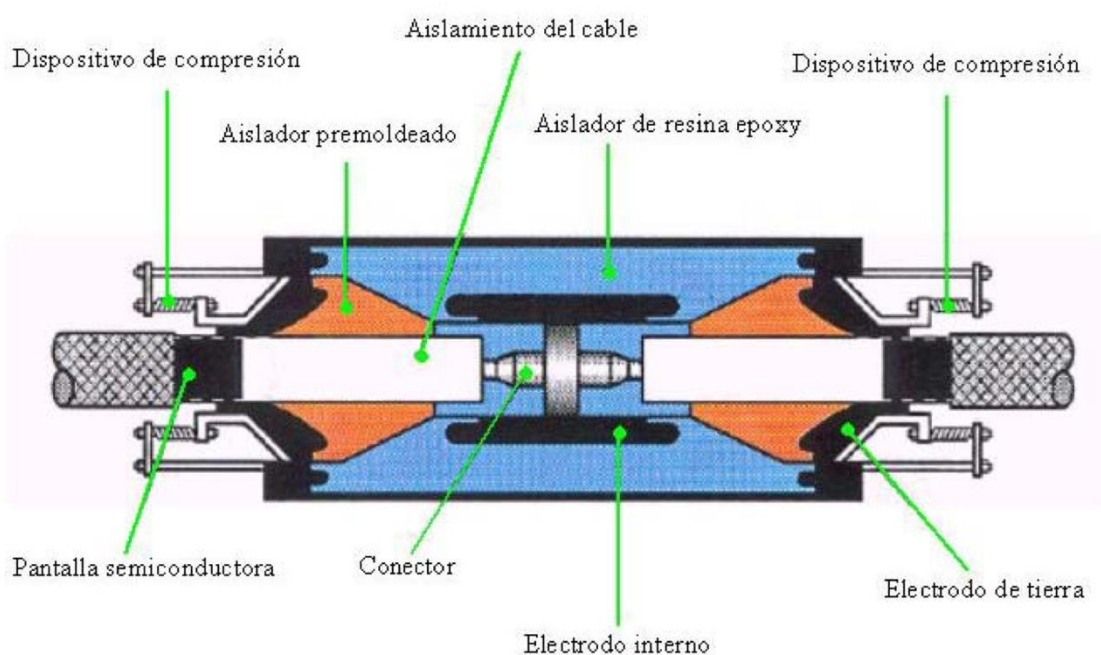
El empalme se realizará con el enfrentamiento de ambos cables, por lo que serán precisos dos conos deflectores opuestos de control del campo y un recubrimiento para la reducción de dicho campo. Finalmente será necesario un revestimiento conductivo de la superficie del empalme.

Para proteger el empalme contra la humedad y contra posibles daños mecánicos, se recubrirá mediante un alojamiento metálico protegido contra la corrosión y que pueda depositarse directamente enterrado.

El empalme debe poseer buenas características eléctricas y térmicas, siendo capaz de soportar los ciclos de calentamiento y las contracciones/expansiones de los cables. Por ello, se recomiendan los materiales de goma de silicona o EPR.

Por encima del a semiconductora externa debe instalarse un dispositivo para evitar cualquier propagación del agua en el empalme.

La cubierta exterior del empalme debe asegurar la protección mecánica del cuerpo del empalme, constituir una barrera radial de estanqueidad que facilite la reconstrucción del aislamiento y proporcionar un aislamiento eléctrico equivalente al de la cubierta del cable.



#### 6.4.9. TERMINALES DE EXTERIOR (TRANSICIÓN AÉREO – SUBTERRÁNEO)

Los terminales de exterior serán de composite y para una tensión de 220 kV nominales. Estos terminales tienen el aislador de composite de pedestal anclado a una base metálica de fundición que a su vez está soportada por una placa metálica. Estos terminales se colocarán en el apoyo PAS.

El arranque del conector está protegido por una pantalla contra las descargas parciales.

Se emplea un cono deflector elástico preformado para el control del campo en la terminación del cable, que queda instalado dentro del aislador. El aislador se rellena de aceite de silicona, que no requiere un control de la presión de este.

Se utilizarán manguitos de conexión a presión diseñada para resistir esfuerzos térmicos y electromecánicos durante su funcionamiento habitual y los eventos de cortocircuito.

Esta descripción no corresponde a un tipo de terminal específico, en el momento de la construcción los terminales se determinarán en función de las ofertas reales del fabricante que cumplan con los requisitos de diseño.

#### **6.4.10. PERFORACIÓN DIRIGIDA**

En caso de que fueran necesarios para realizar cruzamientos con carreteras, ríos, vías de tren, etc. que no permitan la apertura de zanja a través de ellos, se emplearía la perforación dirigida, que consiste en un topo que realiza una excavación parabólica bajo el cruzamiento a realizar.

Podrán realizarse perforación mediante tubos independientes para cada conductor o bien una vaina de polietileno de alta densidad que agrupe varios conductores.

La perforación subterránea horizontal dirigida sustituye la apertura de zanjas en aquellos ámbitos en los que no sea una opción viable. Se trata de un método rápido, limpio y ecológico.

Anterior al trabajo en campo, debe realizarse un estudio previo. El diseño del trabajo debe ser preciso para la elección de la máquina y útiles adecuados para cada obra. Así pues, es necesario realizar una topografía exacta de la zona de trabajo y una investigación geológica con sondeos de recuperación de testigo continuo para determinar el terreno a perforar.

Una vez en campo, la primera operación a realizar es la construcción del pozo de trabajo con unas dimensiones que dependerán del espacio de trabajo, del diámetro del tubo de revestimiento y de la máquina perforadora a emplear, entre otros. Las dimensiones se medirán desde el eje de la conducción, donde se ubicará la maquinaria de perforación. Los laterales de este pozo se deberán hormigonar o entibar o ataluzar si la profundidad de este, o las condiciones del terreno, así lo exigiesen.

Se deberá realizar una solera para que la máquina perforadora quede asentada bien en el suelo y así evitar el error que pudiera implicar el movimiento de la perforadora (debido a terrenos poco compactos, posibles vibraciones, niveles freáticos...)

En la cara posterior del pozo, visto éste en el sentido de avance, se deberá cuidar la perpendicularidad del eje, y si por la longitud y el diámetro del paso fuese necesario, se construirá un muro de reacción para soportar el empuje máximo a realizar. Una vez instalada la máquina en el pozo de trabajo y comprobadas la línea y cota, se procederá a la bajada del primer tubo de acero, con una longitud habitual de 6 metros, que aloja en su interior la broca de corte y los sinfines de extracción.

La máquina está dotada de un motor-reductor hidráulico que da giro al conjunto de broca y sinfines y de dos mecanismos de empuje, uno para el tubo y otro para el sinfín, lo que permite independizar el avance de cada uno, siendo la naturaleza del terreno, la que determine la posición de la broca dentro de la vaina,

que solo estará avanzada respecto al tubo unos centímetros en terrenos donde la dureza y la estabilidad así lo requieran.

Cuando el primer tubo esté introducido en el terreno, se retirará hacia atrás el mecanismo de empuje, procediéndose a la bajada, alineación y soldadura del segundo tubo. Este ciclo se repite, hasta alcanzar la longitud deseada, tras lo cual se retiran los sinfines del interior de la vaina, quedando ésta dispuesta para colocar en su interior. La conducción deseada, que debe de tener unos centímetros menos de diámetro exterior para facilitar su instalación.

En la salida se necesita abrir un pozo de recepción para recuperar el escudo dirigible este tendrá 3 metros de largo (en el sentido de avance) x 2.5 metros de anchura x 0.80 metros (desde el eje de la perforación).

La tubería que se va a instalar contará con un revestimiento exterior de fibra de vidrio para protección catódica.

Una vez realizada la instalación del tubo principal, se procederá a introducir los conductores eléctricos en sus respectivos tubos. En la misma conducción principal se dispondrán un tubo de telecomunicaciones, así como dos tubos de reserva, uno para el circuito eléctrico y otro para la fibra óptica



7. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

El programa previsto para la ejecución de la línea, una vez realizado el Proyecto de ejecución y obtenidos todos los permisos y autorizaciones pertinentes por parte de los organismos afectados, tendrá una duración aproximada de catorce meses para el tramo aéreo y aproximadamente seis meses para el tramo subterráneo, distribuidos de acuerdo con el siguiente cronograma:

Para el tramo aéreo

		MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.0	LAT /220 kV Guadarrama III – Buenavista REE (SC-PRIMER TRAMO)																								
1.1	Replanteo de apoyos																								
1.2	Desbroce y tala de arbolado (sólo si aplica)																								
1.3	Adecuación de accesos																								
1.4	Adecuación de campos de acopio																								
1.5	Acopio y clasificación de materiales																								
1.7	Excavación de cimentaciones																								
1.8	Hormigonado de cimentaciones																								
1.9	Montaje de estructuras e izado																								
1.10	Tendido conductores																								
1.11	Tensado, regulado y engrapado de conductores																								
1.12	Tendido conductores																								
1.13	Tensado, regulado y engrapado de cables de tierra y FO																								
1.14	Instalación de balizas protección avifauna																								
1.15	Señalización																								
1.16	Limpieza de áreas afectadas																								
1.17	Restauración de terrenos																								
1.18	Verificación e inspección inicial																								
2.0	Vigilancia mediambiental																								
3.0	Seguridad y salud																								

Para el tramo subterráneo:

		MES 1				MES 2				MES 3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.0	LAT /220 kV Guadarrama III – Buenavista REE (SC-PRIMER TRAMO)												
1.1	Replanteo de canalización												
1.2	Desbroce y tala de arbolado (sólo si aplica)												
1.3	Adecuación de accesos												
1.4	Adecuación de campos de acopio												
1.5	Acopio y clasificación de materiales												
1.6	Excavación de zanja												
1.7	Colocación de tubos en la canalización												
1.8	Hormigonado de zanja												
1.9	Reposición del firme												
1.10	Mandrillado de canalización												
1.11	Tendido conductores												
1.12	Confección de terminales												
1.13	Confección de empalmes (sólo si aplica)												
1.14	Pruebas de la instalación en vacío												
1.15	Señalización												
1.16	Limpieza de áreas afectadas												
1.17	Restauración de terrenos												
1.18	Verificación e inspección inicial												
2.0	Vigilancia medioambiental												
3.0	Seguridad y salud												

## 8. CRUZAMIENTOS

### 8.1. NORMAS APLICABLES A LÍNEAS AÉREAS

Las normas aplicables a los cruzamientos de esta línea están recogidas en el 5º apartado de la ITC-LAT-07 del vigente Reglamento de condiciones técnicas y de seguridad en líneas de alta tensión aprobado por el Real Decreto 223/2008 de 15 de febrero.

A continuación, se incluye la tabla base a partir de la cual se determinarán las distancias, y posteriormente se detallarán las distancias de seguridad en los distintos casos de cruzamientos necesarios en este anteproyecto.

Tensión más elevada de la red $U_s$ (kV)	$D_{el}$ (m)	$D_{pp}$ (m)
3,6	0,08	0,10
7,2	0,09	0,10
12	0,12	0,15
17,5	0,16	0,20
24	0,22	0,25
30	0,27	0,33
36	0,35	0,40
52	0,60	0,70
72,5	0,70	0,80
123	1,00	1,15
145	1,20	1,40
170	1,30	1,50
<b>245</b>	<b>1,70</b>	<b>2,00</b>
420	2,80	3,20

Donde:

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

#### Distancias entre conductores y a partes puestas a tierra

Este apartado corresponde al 5.4.2 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior a  $D_{el}$  con un mínimo de 0,2 m.

Por tanto, la distancia mínima será de 1,7 m para líneas de 220 kV.

#### **Distancias al terreno, caminos, sendas y a cursos de agua no navegables**

Este apartado corresponde al 5,5 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

La distancia mínima de los conductores a cualquier punto del terreno, senda, vereda o superficie de agua no navegable será de:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} [m]$$

Con un mínimo de 6 metros.

Por tanto, la distancia mínima será de 7 metros para líneas de 220 kV.

#### **Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o líneas aéreas de telecomunicación**

Este apartado corresponde al 5,6 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

Las líneas de telecomunicación serán consideradas como de baja tensión.

En caso de cruzamiento entre líneas eléctricas aéreas, se situará a mayor altura la de tensión más elevada.

Se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, pero la distancia entre los conductores de la línea inferior y las partes más próximas de los apoyos de la línea superior no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + D_{el} [m]$$

Con un mínimo de:

- 2 metros para líneas de tensión hasta 45kV,
- 3 metros para líneas de tensión superior a 45kV y hasta 66kV,
- 4 metros para líneas de tensión superior a 66kV y hasta 132kV,
- 5 metros para líneas de tensión superior a 132kV y hasta 220kV,
- 7 metros para líneas de tensión superior a 220kV y hasta 400kV.

La mínima distancia vertical entre los conductores de fase de ambas líneas en las condiciones más desfavorables no deberá ser inferior a:

$$D_{add} + D_{pp} [m]$$

Tensión nominal de la red (kV)	$D_{add}$ (m)
66	2,5
132	3

Tensión nominal de la red (kV)	$D_{add}$ (m)
220	3,5
400	4

Siendo en este caso:

- $D_{add} = 3,5$  metros
- $D_{pp} = 2$  metros

Por tanto, la distancia mínima vertical entre los conductores de fase de ambas líneas en el punto de cruce será de 5,5 metros para líneas de 220 kV.

La mínima distancia vertical entre los conductores de fase de la línea superior y los cables de tierra convencionales o compuestos tierra-óptico (OPGW) de la línea inferior en el caso de que existan, no deberá de ser inferior a:

$$D_{add} + Del = 1,5 + Del [m]$$

Con un mínimo de 2 metros.

Por tanto, esta distancia mínima será de 3,2 metros para líneas de 220 kV.

#### **Distancias a carreteras, ferrocarriles, tranvías y trolebuses**

Este apartado corresponde a los subapartados 5.7, 5.8 y 5.9 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

La distancia mínima de los conductores sobre la rasante de las carreteras o por las cabezas de los carriles de los ferrocarriles sin electrificar será de:

$$D_{add} + Del [m]$$

Con una distancia mínima de 7 metros, siendo  $D_{add}$  igual a 7,5 para líneas de categoría especial.

Por tanto, esta distancia mínima será de 9,2 metros para líneas de 220 kV.

Para ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses, la distancia mínima vertical de los conductores de la línea eléctrica, con su máxima flecha vertical, sobre el conductor más alto de todas las líneas de energía eléctrica, telefónicas y telegráficas del ferrocarril será:

$$D_{add} + Del = 3,5 + Del [m]$$

Con un mínimo de 4 metros.

Por tanto, esta distancia mínima será de 5,2 metros para líneas de 220 kV.

#### **Distancias a ríos y canales, navegables o flotables**

La distancia mínima vertical de los conductores, con su máxima flecha vertical, sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será en líneas que no sean de categoría especial de:

$$G + D_{add} + D_{el} = G + 2,5 + D_{el} [m]$$

siendo G el gálibo. En el caso de que no exista gálibo definido se considerará este igual a 4,7 metros.

Por tanto, esta distancia mínima será de 8,9 metros (considerando un gálibo de 4,7 metros) para líneas de 220 kV conforme a lo establecido en la ITC 07.

Además, tomando el criterio que marcan varias confederaciones hidráulicas para los cursos de agua, la altura mínima de los conductores en su condición de máxima flecha sobre el nivel de máxima crecida del curso de agua se debe determinar mediante la expresión:

$$H = G + 2,3 + 0,01 \cdot U_N [m]$$

Por defecto, y a expensas de confirmación por parte de las confederaciones afectadas por la línea objeto del presente proyecto, se considerará un gálibo de 10,5 metros sobre embalses y ríos navegables, y de 4,7 metros en el resto de los cruces.

De este modo, la altura mínima de los conductores en su condición de máxima flecha sobre el nivel de máxima crecida del curso de agua resulta ser:

- 15 metros para cruzamientos con embalses y ríos navegables
- 9,2 metros para cruzamientos con el resto de cauce de agua

Esta es la altura mínima que se considerará en el proyecto, dado que es más restrictiva que la establecida por la ITC LAT 07.

#### **Paso por bosques, árboles y masas de arbolado**

Este apartado corresponde al 5.12.1 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

Para evitar las interrupciones del servicio y los posibles incendios producidos por el contacto de ramas o troncos de árboles con los conductores de una línea eléctrica aérea, deberá establecerse una zona de protección de la línea definida por la zona de servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia de seguridad a ambos lados de dicha proyección:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + D_{el} [m]$$

Con un mínimo de 2 metros.

Por tanto, la zona de servidumbre de vuelo se verá incrementada 3,2 metros a ambos lados de su proyección para líneas de 220 kV.

#### **Edificios, construcciones y zonas urbanas**

Este apartado corresponde al 5.12.2 de la ITC-LAT-07 citada anteriormente.

Conforme a lo establecido en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, no se construirán edificios e instalaciones industriales en la servidumbre de vuelo, incrementada por la siguiente distancia mínima de seguridad a ambos lados:

$$D_{add} + D_{el} = 3,3 + D_{el} [m]$$

Con un mínimo de 5 metros.

Entonces, para la línea de 220 kV objeto del presente anteproyecto, esta distancia será 5 m.

Análogamente, no se construirán líneas por encima de edificios e instalaciones industriales en la franja definida anteriormente.

No obstante, en los casos de mutuo acuerdo entre las partes, las distancias mínimas que deberán existir en las condiciones más desfavorables, entre los conductores de la línea eléctrica y los edificios o construcciones que se encuentren bajo ella, serán las siguientes:

- Sobre puntos accesibles a las personas:

$$5,5 + D_{el} [m]$$

Con un mínimo de 6 metros.

Entonces, para la línea de 220 kV objeto del presente anteproyecto, esta distancia será 7,2 metros.

- Sobre puntos no accesibles a las personas:

$$3,3 + D_{el} [m]$$

Con un mínimo de 4 metros.

Entonces, para la línea de 220 kV objeto del presente anteproyecto, esta distancia será 5 metros.

Se procurará asimismo en las condiciones más desfavorables, el mantener las anteriores distancias, en proyección horizontal, entre los conductores de la línea y los edificios y construcciones inmediatos.

## 8.2. NORMAS APLICABLES A LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

Las normas aplicables a los cruzamientos de esta línea están recogidas en el 5º apartado de la ITC-LAT-06 del vigente Reglamento de condiciones técnicas y de seguridad en líneas de alta tensión.

### 8.2.1. CRUZAMIENTOS

Atendiendo a la ITC-LAT 06: LÍNEAS SUBTERRÁNEAS CON CABLES AISLADOS se presentan las características que deben cumplir los cruzamientos de cables subterráneos de alta tensión.

#### Calles y carreteras

Los cables subterráneos en calles y carreteras se deben colocar en canalizaciones entubadas y hormigonadas en toda su longitud. Se debe cumplir que la profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no sea inferior a 0,6 m. Además, siempre que sea posible, el cruce se deberá hacer perpendicular al eje del vial.

### **Ferrocarriles**

Al igual que en calles y carreteras, los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas y perpendiculares a la vía siempre que sea posible. Se debe cumplir que la profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no sea inferior 1,1 m respecto de la cara inferior de la traviesa. Las canalizaciones entubadas rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

### **Otros cables de Energía Eléctrica**

Siempre que sea posible, los cables de alta tensión deben discurrir por debajo de los cables de baja tensión. La distancia mínima entre los cables de alta tensión y cualquier otro cable de energía eléctrica debe de ser de 0,25 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes no será inferior a 1 m.

En caso de que estas distancias no puedan respetarse, el cable de instalación más reciente se dispondrá separado mediante tubos, conductor o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que 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.

### **Cables de Telecomunicación**

La distancia mínima entre cables de comunicación y cables de energía eléctrica no debe ser inferior a 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.

Al igual que en cables de energía eléctrica, si estas separaciones mínimas no pueden respetarse 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 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 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

### **Canalizaciones de Agua**

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua será de 0,2 m. Por motivos de seguridad, se evitarán tanto el cruce por la vertical de las juntas de canalizaciones de agua como el cruce de los empalmes de canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia siempre superior a 1 m del



cruce. En caso de que estas distancias no puedan mantenerse, se realizará el mismo procedimiento que en los dos puntos anteriores: la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que 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 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

### Canalizaciones de Gas

Se mantendrán las distancias mínimas que se presentan en la *Tabla: Distancias En Cruzamientos con Canalizaciones de Gas*, recogida en la ITC 06:

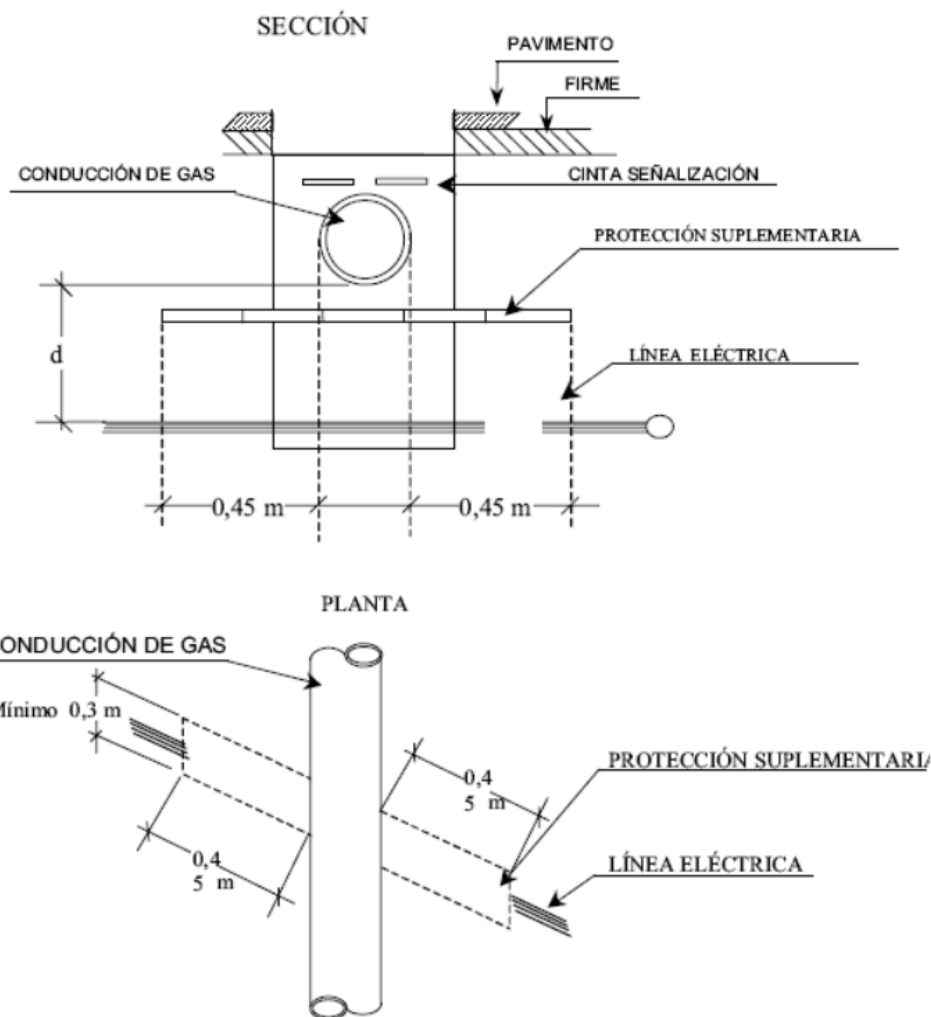
	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria	Distancia mínima (d) con protección suplementaria
<b>Canalizaciones y acometidas</b>	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,40 m	0,25 m
<b>Acometida interior*</b>	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,40 m	0,25 m

#### Distancias en Cruzamientos con Canalizaciones de Gas

\* Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta) y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.

Según establece la normativa, en caso de que por causa justificada no se puedan mantener las distancias expuestas, podrá reducirse mediante colocación de una protección suplementaria hasta los mínimos establecidos en la tabla anterior. Esta protección deberá estar constituida por materiales preferentemente cerámicos,.

La protección suplementaria garantizará una mínima cobertura longitudinal de 0,45 metros a ambos lados del cruce y 0,30 metros de anchura centrada con la instalación que se pretende proteger, de acuerdo con la figura adjunta:



Sección de Canalizaciones de Gas

En caso de no poder cumplirse con la distancia mínima con protección suplementaria se pondrá en conocimiento de la empresa propietaria de la conducción de gas, para que indique las medidas a aplicar en cada caso.

En el caso de línea subterránea de alta tensión con canalización entubada, se considerará como protección suplementaria el propio tubo, no siendo de aplicación las coberturas mínimas indicadas anteriormente. Los tubos estarán constituidos por materiales con adecuada resistencia mecánica, una resistencia a la compresión de 450 N y que 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 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

#### Conducciones de Alcantarillado

Siempre que sea posible, los cables deberán pasar por encima de las conducciones de alcantarillado, y nunca se deberá incidir en su interior. Únicamente se admitirá incidir en su pared si se asegura que ésta no ha quedado debilitada. En caso contrario, se pasará por debajo y los cables quedarán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que 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 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

#### **Depósitos de Carburante**

Los cables se dispondrán separados mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que 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 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm. Los tubos distarán, como mínimo, 1,20 metros del depósito, Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo, 2 metros por cada extremo.

#### **8.2.2. PARALELISMOS**

##### **Otros cables de Energía Eléctrica**

Los cables subterráneos de alta tensión se podrán instalar paralelamente a otros (de baja o alta tensión) manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,25 m.

En caso de que no sea posible aplicar esta distancia, se procederá de igual modo que en casos anteriores, es decir, cuando no se pueda respetar esta distancia la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que 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 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

En el caso que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de A,T del mismo nivel de tensiones, podrá instalarlos a menor distancia, pero los mantendrá separados entre sí con cualquiera de las protecciones citadas anteriormente.

##### **Cables de Telecomunicación**

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 metros. Cuando no pueda mantenerse esta distancia, la canalización más reciente instalada se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que 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 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

### Canalizaciones de Agua

La distancia mínima entre las canalizaciones de agua y los cables de energía eléctrica será de 0,20 m. Por otro lado, la distancia mínima entre los empalmes de los cables y las juntas de las canalizaciones será de 1 m. Al igual que en casos anteriores, si no se puede mantener esta distancia mínima, la canalización más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que 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 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

Por otro lado, siempre que sea posible, se deberá mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal y la canalización del agua debe quedar por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por último, las arterias importantes de agua se dispondrán alejadas de forma que se aseguren distancias superiores a 1 metro respecto a los cables eléctricos de alta tensión.

### Canalizaciones de Gas

Se mantendrán las distancias mínimas que se presentan en la *Tabla: Distancias En Paralelismos con Canalizaciones de Gas*, recogida en la ITC 06:

	Presión de la instalación de gas	Distancia mínima (d) sin protección suplementaria	Distancia mínima (d) con protección suplementaria
<b>Canalizaciones y acometidas</b>	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,25 m	0,15 m
<b>Acometida interior*</b>	En alta presión > 4 bar	0,40 m	0,25 m
	En media y baja presión ≤ 4 bar	0,20 m	0,10 m

#### Distancias en Paralelismos con Canalizaciones de Gas

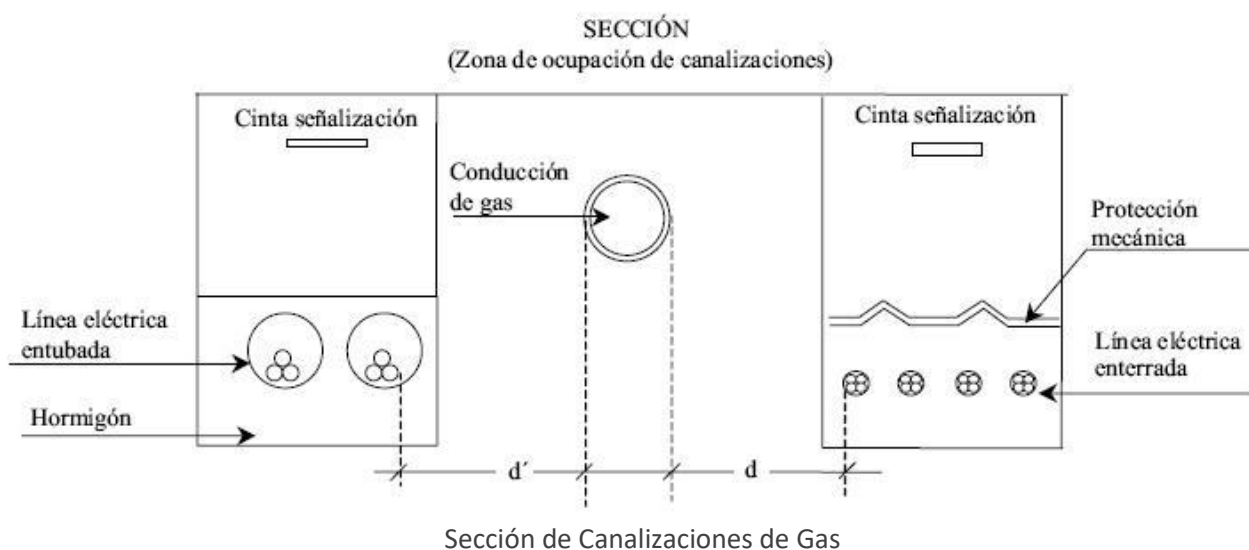
*\* Acometida interior: Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre la llave general de acometida de la compañía suministradora (sin incluir ésta), y la válvula de seccionamiento existente en la estación de regulación y medida. Es la parte de acometida propiedad del cliente.*

Según establece la normativa, en caso de que por causa justificada no se puedan mantener las distancias expuestas, podrá reducirse mediante colocación de una protección suplementaria hasta los mínimos establecidos en la tabla anterior. Esta protección deberá estar constituida por materiales preferentemente cerámicos o por tubos de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y

que 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 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 metro.

Se presenta en la siguiente imagen un diagrama de la zona de ocupación de canalizaciones:



### 8.2.3. ACOMETIDAS (CONEXIONES DE SERVICIO)

En el caso de que alguno de los dos servicios que se cruzan o discurren paralelos sea una acometida o conexión de servicio a un edificio, deberá mantenerse entre ambos una distancia mínima de 0,30 metros.

Cuando no pueda respetarse esta distancia, la conducción más reciente se dispondrá separada mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que 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 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

La entrada de las acometidas o conexiones de servicio a los edificios, tanto cables de baja tensión como de alta tensión en el caso de acometidas eléctricas, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

### 8.3. RESUMEN DE DISTANCIAS

A continuación, se muestra un resumen de las distintas distancias de seguridad en los distintos casos particulares:

### 8.3.1. LÍNEAS AÉREAS

Distancias de aislamiento	
Distancia	Tensión nominal 220 kV
Distancia a masa (m)	1,7
Distancia a fase (m)	2,0
Distancia mínima al terreno (m)	7
Bosques y árboles (m)	3,2

Distancias verticales en cruzamientos	
Distancia mínima a	Tensión nominal 220 kV
Caminos o sendas (m)	7
Cursos de agua no navegables (m)	7
Líneas eléctricas o líneas de telecomunicación (distancia a conductores) (m)	5,5
Líneas eléctricas o líneas de telecomunicación (distancia a cables de guarda) (m)	3,2
Carreteras y ferrocarriles sin electrificar (m)	9,2
Ferrocarriles electrificados, tranvías o trolebuses (m)	5,2 a conductor más alto de todas las líneas del ferrocarril
Ríos y canales, navegables o flotables (m)	G+4,2

### 8.3.2. LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

Distancias en cruzamientos	
Distancia mínima a	Distancia mínima (salvo excepciones)
Calles y carreteras (m)	0,6
Ferrocarriles (m)	1,1
Otros cables de Energía Eléctrica (m)	0,25
Cables de Telecomunicación (m)	0,20
Canalizaciones de Agua (m)	0,20
Canalizaciones de Gas	Ver tabla: Distancias En Cruzamientos con Canalizaciones de Gas
Conducciones de Alcantarillado	No se rigen por norma general
Depósitos de Carburante	
Acometidas	0,30

Distancias en paralelismos	
Distancia mínima a	Distancia mínima (salvo excepciones)
Otros cables de Energía Eléctrica (m)	0,25
Cables de Telecomunicación (m)	0,20
Canalizaciones de Agua (m)	0,20
Canalizaciones de Gas	Ver tabla: Distancias En Paralelismos con Canalizaciones de Gas

Distancias en paralelismos	
Distancia mínima a	Distancia mínima (salvo excepciones)
Acometidas	0,30

#### 8.4. RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS, PARALELISMOS Y ORGANISMOS AFECTADOS

A continuación, se muestra un resumen de los cruzamientos del tramo aéreo y subterráneo de la línea, así como sus organismos afectados:

##### Tramo aéreo:

Cruzamiento	Apoyo inicial	Apoyo final	Cruzamientos	Paralelismos	Organismos afectados
1	3	4	Vereda Carboneros		Vías Pecuarias. Dirección General de Medio Natural y Biodiversidad de Castilla-La Mancha.
2	4	5	Barranco de Huertas		Confederación Hidrográfica del Tajo
3	5	6	Barranco de Huertas		Confederación Hidrográfica del Tajo
4			Arroyo Prado Huerta		Confederación Hidrográfica del Tajo
5	7	8	Carretera CM-4004		Dirección General de carretas de la Consejería de Fomento de Castilla - La Mancha
6			Línea Eléctrica 20kV S.C.		UFD
7	11	12	Arroyo de Blasco Gomez		Confederación Hidrográfica del Tajo
8	13	14	Línea Eléctrica 20kV S.C.		UFD
9			Cañada Calzadilla		Vías Pecuarias. Dirección General de Medio Natural y Biodiversidad de Castilla-La Mancha.
10	15	16	Línea Eléctrica 20kV S.C.		UFD
11			Río Guadarrama		Confederación Hidrográfica del Tajo
12	18	19	Vereda los Bartolos		Vías Pecuarias. Dirección General de Medio Natural y Biodiversidad de Castilla-La Mancha.



**Tramo subterráneo:**

Cruzamiento	Vértice inicio	Vértice fin	Cruzamientos	Paralelismos	Organismos afectados
Csat-1	2	3	Escorrentía		Confederación Hidrográfica del Tajo
Csat-2	3	4	Escorrentía		Confederación Hidrográfica del Tajo
Csat-3	3	4	Arroyo de Tormantos		Confederación Hidrográfica del Tajo
Csat-4	3	4	Camino de Tormantos		Ayuntamiento de El Viso de San Juan
Csat-5	4	5	Camino de Casarrubios		Ayuntamiento de El Viso de San Juan
Csat-6	4	5	Arroyo de Illescas		Confederación Hidrográfica del Tajo

## 9. ORGANISMOS AFECTADOS

A continuación, se presenta un listado resumen de los organismos afectados por la presente L/220kV Guadarrama III - Buenavista REE (SC-PRIMER TRAMO).

- Ayuntamiento de El Viso de San Juan (Toledo)
- Ayuntamiento de Carranque (Toledo)
- Confederación Hidrográfica del Tajo. Dirección General del Agua. Secretaría de Estado de Medio Ambiente. Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.
- UFD Distribución Electricidad
- Dirección General de Carreteras. Consejería de Fomento, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Comunidad Autónoma de Castilla – La Mancha.
- Vías Pecuarias. Dirección General de Medio Natural y Biodiversidad de la Consejería de Desarrollo Sostenible de Castilla-La Mancha.

## 10. CONCLUSIÓN

Considerando expuestas en esta memoria del Proyecto Oficial de Ejecución de L/220kV Guadarrama III - Buenavista REE (SC-PRIMER TRAMO)., todas las razones que justifican la necesidad de esta, se espera sea concedida **la Autorización Administrativa Previa, la Autorización Administrativa de Construcción, así como la Declaración, en concreto, de Utilidad Pública** de la instalación de acuerdo con la ley 24/2013 de 26 de diciembre del Sector Eléctrico.

Madrid, julio de 2022

Dña. María Inmaculada Blázquez García

Ingeniera Industrial y del ICAI

Col. Nº 3694/2924

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

**ANEXO Nº1: CÁLCULOS**

DOCUMENTO Nº2: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO Nº3: PRESUPUESTO

DOCUMENTO Nº4: PLANOS

DOCUMENTO Nº5: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO Nº6: RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

DOCUMENTO Nº7: ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

DOCUMENTO Nº8: PROYECTO DE DESMANTELAMIENTO

## ANEXO N°1: CÁLCULOS

### ÍNDICE

<b>1. Cálculos eléctricos línea aérea.....</b>	<b>5</b>
1.1. Características generales.....	5
1.2. Características del conductor de fase .....	5
1.3. Cable de fibra óptica .....	5
1.4. Cálculo de matriz impedancias.....	6
1.4.1. Cálculo de la resistencia serie del terreno.....	9
1.4.2. Cálculo de la resistencia eléctrica del conductor.....	9
1.4.3. Matriz impedancia final.....	10
1.5. Cálculo de matriz de admitancias .....	10
1.6. Reducción al monofásico equivalente .....	11
1.7. Impedancia Característica y Constante de Propagación.....	12
1.8. Potencia Característica.....	13
1.9. Modelo de parámetros distribuidos .....	13
1.10. Caída de Tensión .....	13
1.11. Pérdidas de Potencia.....	15
1.12. Impedancias Secuenciales.....	17
1.13. Potencia Máxima de Transporte .....	17
1.14. Efecto Corona .....	18
1.14.1. Tensión crítica disruptiva .....	18
1.14.2. Pérdidas de potencia debidas al efecto corona .....	19
1.15. Aislamiento.....	19
1.15.1. Características de los aisladores.....	19
1.15.2. Grado de aislamiento .....	20
<b>2. Cálculos eléctricos de la línea subterránea.....</b>	<b>20</b>
2.1. Características generales.....	20
2.2. Características del conductor de fase .....	21
2.3. Esquema eléctrico equivalente .....	21
2.4. Cálculo de la resistencia eléctrica real del conductor.....	22
2.5. Efecto de la temperatura .....	22
2.6. Impedancia Característica y Constante de Propagación.....	23

2.7.	Potencia Característica.....	23
2.8.	Modelo de parámetros distribuidos .....	23
2.9.	Caída de Tensión .....	24
2.10.	Pérdidas de Potencia.....	24
<b>3.</b>	<b>Cálculos eléctricos de la línea completa .....</b>	<b>25</b>
3.1.	Caída de tensión.....	25
3.2.	Pérdidas de potencia activa .....	26
<b>4.</b>	<b>Resistencia Mecánica de las Cadenas de Aislamiento .....</b>	<b>27</b>
<b>5.</b>	<b>Cálculo Mecánico de Conductores .....</b>	<b>28</b>
5.1.	Características del conductor.....	28
5.2.	Acciones consideradas .....	28
5.3.	Hipótesis de partida .....	29
5.4.	Hipótesis de cálculo.....	29
5.5.	Vano Ideal de Regulación .....	33
5.6.	Comparación de hipótesis.....	33
5.7.	Resultados de cálculo.....	34
5.8.	Tabla de regulación .....	37
5.9.	Distancias .....	40
<b>6.</b>	<b>Cálculo Mecánico del Cable de Fibra Óptica .....</b>	<b>46</b>
6.1.	Características del cable de fibra óptica .....	46
6.2.	Acciones consideradas .....	46
6.3.	Hipótesis de partida .....	47
6.4.	Hipótesis de cálculo.....	47
6.5.	Resultados de cálculo.....	50
6.6.	Tabla de regulación .....	55
<b>7.</b>	<b>Cálculo Mecánico de Apoyos .....</b>	<b>57</b>
7.1.	Hipótesis Normales .....	57
7.1.1.	Esfuerzos Verticales .....	58
7.1.2.	Esfuerzos Horizontales, Longitudinales y Transversales.....	62
7.1.3.	Esfuerzos Equivalente en el Apoyo.....	66
7.2.	Hipótesis Anormales .....	67
7.2.1.	Esfuerzos Verticales .....	68
7.2.2.	Esfuerzos Horizontales Individuales .....	68

7.2.3.	Esfuerzos Equivalente en el Apoyo.....	71
7.3.	Tablas de Resultados.....	71
<b>8.</b>	<b>Cálculo Mecánico de Cimentaciones.....</b>	<b>75</b>
8.1.	Cimentaciones de zapatas individuales .....	76
8.2.	Características dimensionales .....	78
<b>9.</b>	<b>Cálculos de Puesta a Tierra.....</b>	<b>80</b>
9.1.	Dimensionamiento con respecto a la resistencia térmica .....	80
9.2.	Dimensionamiento con respecto a la seguridad de las personas.....	81
9.3.	Dimensionamiento para la protección contra los efectos del rayo .....	85

## 1. CÁLCULOS ELÉCTRICOS LÍNEA AÉREA

### 1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La línea aérea, de circuito simple y a la tensión de 220 kV tiene su origen en SET Guadarrama III, situado en el término municipal de Viso de San Juan (Toledo) y discurre a través de 9 alineaciones y 17 apoyos, hasta la SET Buenavista, situada en el término municipal de Getafe (Madrid).

Tensión nominal (kV) .....	220
Número de circuitos .....	1
Número de conductores por fase .....	2
Frecuencia (Hz) .....	50
Zona de aplicación .....	ZONA B
Potencia máxima a transportar Circuito 1 (MWn):.....	324
Longitud de la línea aérea tramo 1 (km).....	1,77
Longitud de la línea aérea tramo 2 (km).....	3,1

### 1.2. CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR DE FASE

Son conductores cableados de aluminio con alma de acero galvanizado, concéntricos. A continuación, se definen sus principales características:

Tipo .....	DX GULL (LA-380)
Material .....	Aluminio – Acero recubierto
Diámetro (mm) .....	25,38
Sección total (mm <sup>2</sup> ) .....	381
Peso (kg/km) .....	1.275
Carga de rotura (daN) .....	10.650
Módulo de elasticidad (daN/mm <sup>2</sup> ) .....	6.900
Coefficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> ) .....	19,3·10 <sup>-6</sup>
Resistencia eléctrica con cc a 20°C (Ω/km).....	0,0857
Composición .....	54 + 7

### 1.3. CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Es un conductor que combina las funciones de protección y de telecomunicaciones. El cable de tierra compuesto de fibra óptica OPGW a utilizar tendrá las siguientes características:

Denominación.....	OPGW 64k78 (7540)
-------------------	-------------------



Nº de fibras .....	48
Corriente máxima de falta 2s (kA) .....	151
Sección total (mm <sup>2</sup> ) .....	143,7
Diámetro total (mm) .....	16,4
Peso del cable (kg/m) .....	0,773
Carga de rotura (kg) .....	11.390
Módulo de elasticidad(daN/mm <sup>2</sup> ) .....	11.410
Coeficiente de dilatación lineal (°C-1) .....	14,8·10-6

#### 1.4. CÁLCULO DE MATRIZ IMPEDANCIAS

Esta matriz define la impedancia de la línea en ohmios por metro. Los elementos de esta matriz vienen definidos por:

$$Zs'_{ii} = Rs'_i + Rg' + j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{De}{RMG_i} \quad [\Omega/m]$$

$$Zs'_{ij} = Rg' + j\omega \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{De}{D_{ij}} \quad [\Omega/m]$$

Donde:

- $\mu_0$ : permeabilidad magnética en el vacío. Siendo esta  $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  (H/m)
- $\omega$ : Pulsación del sistema,  $\omega = 2\pi f$
- $Rs'_i$ : Resistencia serie del conductor i por unidad de longitud ( $\Omega/m$ )
- $Rg'$ : Resistencia serie del terreno por unidad de longitud ( $\Omega/m$ )
- $RMG_i$ : Radio medio geométrico del conductor i (m).

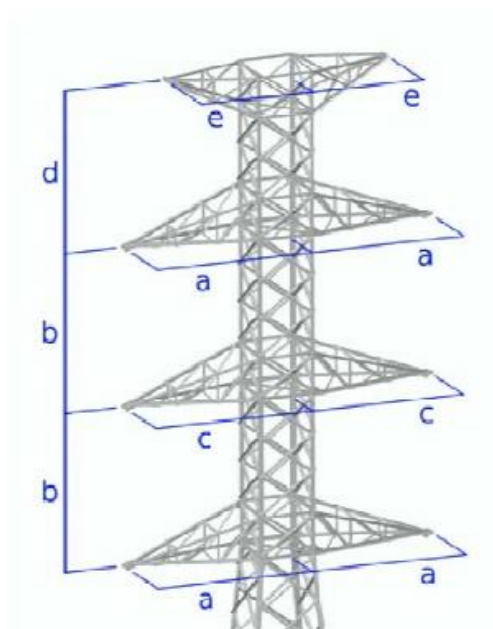
$$RMG_i = r_i \cdot e^{\frac{-1}{4}}$$

- $D_{ij}$ : Distancia que separa los conductores i y j (m)
- $De$ : distancia equivalente del terreno (m)

$$De = 658,368 \cdot \sqrt{\frac{\rho_g}{f}}$$

Siendo  $\rho_g$  la resistividad del terreno ( $\Omega \cdot m$ ), tomando como valor de referencia 110  $\Omega/m$

Para la realización de los cálculos eléctricos se ha cogido como referencia el apoyo más común de la línea, siendo el apoyo **CO-S1775** de Imedexsa, cogiendo como altura útil **24 metros** para el primer tramo y 30 metros para el tramo 2. Se presentan las medidas del armado del apoyo en cuestión.



	b	a	c	d	e
CO-S1775	3,3 m	4,6 m	4,6 m	3,3 m	3 m

A partir de las dimensiones del armado y la altura escogida, se obtiene la matriz de distancias en metros.

#### TRAMO 1 y 2:

Matriz de distancias							
0	0,4	10,15	9,77	6,6	6,61	12,6	10,06
0,4	0	9,77	9,4	6,61	6,6	12,36	10
10,15	9,77	0	0,4	10,15	9,77	6,84	10,22
9,77	9,4	0,4	0	9,77	9,4	6,75	9,92
6,6	6,61	10,15	9,77	0	0,4	8,47	3,76
6,61	6,6	9,77	9,4	0,4	0	8,1	3,58
12,6	12,36	6,84	6,75	8,47	8,1	0	6
10,06	10	10,22	9,92	3,76	3,58	6	0

Se obtiene además la matriz de distancias a las imágenes en metros.

#### TRAMO 1:

Matriz de distancias a imágenes							
48	48	52,19	52,12	54,6	54,6	58,42	57,93
48	48	52,12	52,05	54,6	54,6	58,37	57,92
52,19	52,12	54,6	54,6	58,69	58,63	61,23	61,7
52,12	52,05	54,6	54,6	58,63	58,56	61,22	61,65
54,6	54,6	58,69	58,63	61,2	61,2	64,97	64,53
54,6	54,6	58,63	58,56	61,2	61,2	64,92	64,52
58,42	58,37	61,23	61,22	64,97	64,92	67,8	68,06
57,93	57,92	61,7	61,65	64,53	64,52	68,06	67,8

#### TRAMO 2:

Matriz de distancias a Imágenes							
60	60	64,02	63,97	66,6	66,6	70,33	69,92
60	60	63,97	63,91	66,6	66,6	70,29	69,91
64,02	63,97	66,6	66,6	70,56	70,5	73,22	73,61
63,97	63,91	66,6	66,6	70,5	70,45	73,21	73,57
66,6	66,6	70,56	70,5	73,2	73,2	76,9	76,52
66,6	66,6	70,5	70,45	73,2	73,2	76,86	76,51
70,33	70,29	73,22	73,21	76,9	76,86	79,8	80,03
69,92	69,91	73,61	73,57	76,52	76,51	80,03	79,8

#### 1.4.1. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA SERIE DEL TERRENO

La resistencia serie del terreno viene calculada por la siguiente expresión.

$$R_g = 9,867 \cdot 10^{-7} \cdot f \quad [\Omega/m]$$

Obtenemos así una resistencia serie del terreno de  **$4,9335 \cdot 10^{-5} \Omega/m$** .

#### 1.4.2. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA DEL CONDUCTOR

El valor de la resistencia por unidad de longitud en corriente continua a la temperatura  $\theta$  vendrá dada por la siguiente expresión:

$$R'_{\theta cc} = R'_{20} \cdot [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta - 20)] \quad (\Omega/km)$$

Donde:

- $R'_{\theta cc}$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura  $\theta$  °C ( $\Omega/km$ )
- $R'_{20}$ : Resistencia del conductor con corriente continua a la temperatura de 20 °C ( $\Omega/km$ ).
- $\alpha_{20}$ : Coeficiente de variación a 20 °C de la resistividad en función de la temperatura (°C). En este caso  **$4,03 \cdot 10^{-3}$** .
- $\theta$ : Temperatura de servicio, calculada mediante la siguiente expresión, que depende del grado de carga del conductor.

$$\theta = \theta_0 + (\theta_{max} - \theta_0) \cdot \left( \frac{I}{I_{adm}} \right)^2$$

- $\theta_0$ : Temperatura de referencia en °C. Se toma como referencia una temperatura de **20°C**.
- $\theta_{max}$ : Temperatura máxima admisible del conductor en °C. Se calcula para **85°C**.
- $I$ : Intensidad nominal del circuito (A).
- $I_{adm}$ : Intensidad máxima admisible del conductor.

La obtención de la resistencia en serie en corriente alterna a la temperatura dada, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$R'_{\theta} = R'_{\theta cc} \cdot (1 + Y_p) \quad (\Omega/km)$$

Siendo

- $Y_p$ : Factor de efecto pelicular.

Se obtiene así un valor de la resistencia en corriente alterna de:

#### TRAMO 1 y 3:

Circuito 1:

$$R'_{\theta T1} = 0,08946 \Omega/km$$

### 1.4.3. MATRIZ IMPENDANCIA FINAL

Con los valores de resistencia y reactancia explicados previamente, se obtiene la siguiente matriz de impedancia en ohmios por kilómetro.

#### TRAMO 1 y 2:

Matriz de impedancias							
0,139+0,72i	0,049+0,487i	0,049+0,284i	0,049+0,286i	0,049+0,311i	0,049+0,311i	0,049+0,27i	0,049+0,284i
0,049+0,487i	0,139+0,72i	0,049+0,286i	0,049+0,289i	0,049+0,311i	0,049+0,311i	0,049+0,272i	0,049+0,285i
0,049+0,284i	0,049+0,286i	0,139+0,72i	0,049+0,487i	0,049+0,284i	0,049+0,286i	0,049+0,309i	0,049+0,284i
0,049+0,286i	0,049+0,289i	0,049+0,487i	0,139+0,72i	0,049+0,286i	0,049+0,289i	0,049+0,31i	0,049+0,285i
0,049+0,311i	0,049+0,311i	0,049+0,284i	0,049+0,286i	0,139+0,72i	0,049+0,487i	0,049+0,295i	0,049+0,346i
0,049+0,311i	0,049+0,311i	0,049+0,286i	0,049+0,289i	0,049+0,487i	0,139+0,72i	0,049+0,298i	0,049+0,349i
0,049+0,27i	0,049+0,272i	0,049+0,309i	0,049+0,31i	0,049+0,295i	0,049+0,298i	0,049+0,741i	0,049+0,317i
0,049+0,284i	0,049+0,285i	0,049+0,284i	0,049+0,285i	0,049+0,346i	0,049+0,349i	0,049+0,317i	0,049+0,741i

### 1.5. CALCULO DE MATRIZ DE ADMITANCIAS

Esta matriz define la admitancia de la línea en ohmios por metro. La parte real de cada elemento de la matriz se corresponde con la conductancia en paralelo; mientras que la imaginaria, con la susceptancia en paralelo.

El valor de la conductancia es despreciable; mientras que la susceptancia en líneas aéreas se calcula con la matriz de potenciales de Maxwell (P), siendo los elementos de esta matriz:

$$P_{ii} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \ln \frac{2 \cdot H_i}{r_i}$$

$$P_{ij} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \ln \frac{D_{ij}'}{D_{ij}}$$

Donde:

- $\epsilon_0$ : permitividad eléctrica en el vacío,  $8,85 \cdot 10^{-12}$  F/m
- $\omega$ : pulsación del sistema,  $\omega = 2\pi f$
- $r_i$ : radio físico del conductor i (m)
- $H_i$ : altura a la que se encuentra el conductor i del terreno (m)
- $D_{ij}$ : distancia que separa los conductores i y j (m)
- $D_{ij}'$ : distancia que separa el conductor i y el espejo del conductor j (m)

Una vez obtenida la matriz de Potenciales de Maxwell, la matriz de admitancia será:

$$Y = j \omega C_p$$

Donde:

- $C_p$  = inversa de la matriz de Potenciales de Maxwell.

Con los datos anteriores, se obtiene la matriz de admitancia en micro siemens por kilómetro:

#### TRAMO 1:

Matriz de admitancias							
3,31i	-1,75i	-0,11i	-0,12i	-0,18i	-0,17i	-0,1i	-0,12i
-1,75i	3,32i	-0,12i	-0,13i	-0,17i	-0,17i	-0,1i	-0,12i
-0,11i	-0,12i	3,3i	-1,76i	-0,09i	-0,1i	-0,26i	-0,13i
-0,12i	-0,13i	-1,76i	3,31i	-0,1i	-0,11i	-0,26i	-0,14i
-0,18i	-0,17i	-0,09i	-0,1i	3,36i	-1,7i	-0,16i	-0,37i
-0,17i	-0,17i	-0,1i	-0,11i	-1,7i	3,38i	-0,18i	-0,39i
-0,1i	-0,1i	-0,26i	-0,26i	-0,16i	-0,18i	2,3i	-0,37i
-0,12i	-0,12i	-0,13i	-0,14i	-0,37i	-0,39i	-0,37i	2,4i

#### TRAMO 2:

Matriz de Admitancias							
3,3i	-1,76i	-0,11i	-0,12i	-0,18i	-0,18i	-0,1i	-0,13i
-1,76i	3,31i	-0,13i	-0,14i	-0,18i	-0,17i	-0,11i	-0,13i
-0,11i	-0,13i	3,29i	-1,76i	-0,09i	-0,11i	-0,26i	-0,13i
-0,12i	-0,14i	-1,76i	3,31i	-0,1i	-0,12i	-0,26i	-0,14i
-0,18i	-0,18i	-0,09i	-0,1i	3,35i	-1,7i	-0,17i	-0,37i
-0,18i	-0,17i	-0,11i	-0,12i	-1,7i	3,37i	-0,18i	-0,4i
-0,1i	-0,11i	-0,26i	-0,26i	-0,17i	-0,18i	2,29i	-0,38i
-0,13i	-0,13i	-0,13i	-0,14i	-0,37i	-0,4i	-0,38i	2,4i

### 1.6. REDUCCIÓN AL MONOFÁSICO EQUIVALENTE

A continuación, se procede a realizar la reducción de las matrices previamente obtenidas al monofásico equivalente para la realización de los cálculos de caída de tensión y potencia.

Se han tenido en cuenta las siguientes reducciones:

- Eliminación de conductores pasivos:** Estos elementos pasivos influyen en el modelado eléctrico de las líneas, y por ello, es necesario tenerlas en cuenta en el modelado de la línea. Sin embargo, el hecho de ser conductores pasivos permite reducirlos matemáticamente, de forma que su influencia no se pierda, pero eliminando sus tensiones y corrientes de las variables del sistema. Para ello se ha considerado que los conductores pasivos se encuentran conectados a tierra en dos puntos.
- Reducción a conductores equivalentes:** Cuando sólo quedan conductores activos en la línea, el siguiente paso es sustituir cada fase por un solo conductor equivalente que la represente. De

este modo, en aquellas fases con más de un conductor (dúplex, tríplex, etc.) se reducen todas las tensiones y corrientes a una.

- **Monofásico equivalente:** En los sistemas trifásicos RST el modo habitual de funcionamiento es el equilibrio de secuencia directa. La secuencia directa es aquella en la que las tres fases presentan el mismo módulo, mientras que la fase de S está 120° retrasada con respecto de R y la fase de T está 120° retrasada con respecto de S. Bajo estas circunstancias se plantea la idea de reducir el sistema a una sola impedancia serie y una sola admitancia paralelo que represente dicha secuencia directa.

Tras estas reducciones, se obtienen los siguientes valores de impedancia y admitancia monofásicas equivalentes en ohmios por km y siemens por km, respectivamente:

#### TRAMO 1 y 2:

$$Z_{SEQ} = 0,0448 + j0,3062 \text{ (}\Omega/\text{km)}$$

$$Y_{PEQ} = j3,7164 \text{ (}\mu\text{S/km)}$$

### 1.7. IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA Y CONSTANTE DE PROPAGACIÓN

Se define la impedancia característica y la constante de propagación de la línea como:

$$Z_c = \sqrt{\frac{Z'_s}{Y'_p}}$$

$$\gamma = \sqrt{Z'_s \cdot Y'_p}$$

Operando con los parámetros calculados anteriormente, se obtienen los siguientes resultados:

#### TRAMO 1:

$$Z_c = 287,80 - j20,95 \text{ }\Omega$$

$$\gamma = 0,0778 + j1,06 \text{ mrad/km}$$

#### TRAMO 2:

$$Z_c = 287,96 - j20,96 \text{ }\Omega$$

$$\gamma = 0,0778 + j1,06 \text{ mrad/km}$$

## 1.8. POTENCIA CARACTERÍSTICA

Se define la Potencia Característica como:

$$P_c = \frac{U_2^2}{Z_c} (\text{MW})$$

Tomando  $U_2$  con el valor de la tensión nominal de la línea y el módulo de  $Z_c$ , se obtiene:

**TRAMO 1:**

$$P_c = 167,72 \text{ MW}$$

**TRAMO 2:**

$$P_c = 167,63 \text{ MW}$$

## 1.9. MODELO DE PARÁMETROS DISTRIBUIDOS

Para un cálculo más preciso, se utilizará el modelo de parámetros distribuidos de la línea. Un modelo matricial que emplea los parámetros calculados en apartados anteriores de la forma:

$$\begin{bmatrix} V_t \\ I_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_0 \\ I_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{ch}(\gamma \ell) & -Z_c \cdot \text{sh}(\gamma \ell) \\ -\frac{1}{Z_c} \cdot \text{sh}(\gamma \ell) & \text{ch}(\gamma \ell) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_0 \\ I_0 \end{bmatrix}$$

Donde:

- $V_0$  = Tensión simple en el extremo generador (kV)
- $V_L$  = Tensión simple en el extremo receptor (kV)
- $I_0$  = Intensidad de línea en el extremo generador (kV)
- $I_L$  = Intensidad de línea en el extremo generador (kV)

## 1.10. CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión se calcula a partir de los valores obtenidos en el apartado anterior, mediante la siguiente expresión:

$$\Delta U = \frac{|U_L| - |U_0|}{|U_0|} \cdot 100 (\%)$$

Calculado para un factor de potencia de **0,958**, obtenemos la siguiente caída de tensión:



TRAMO 1:

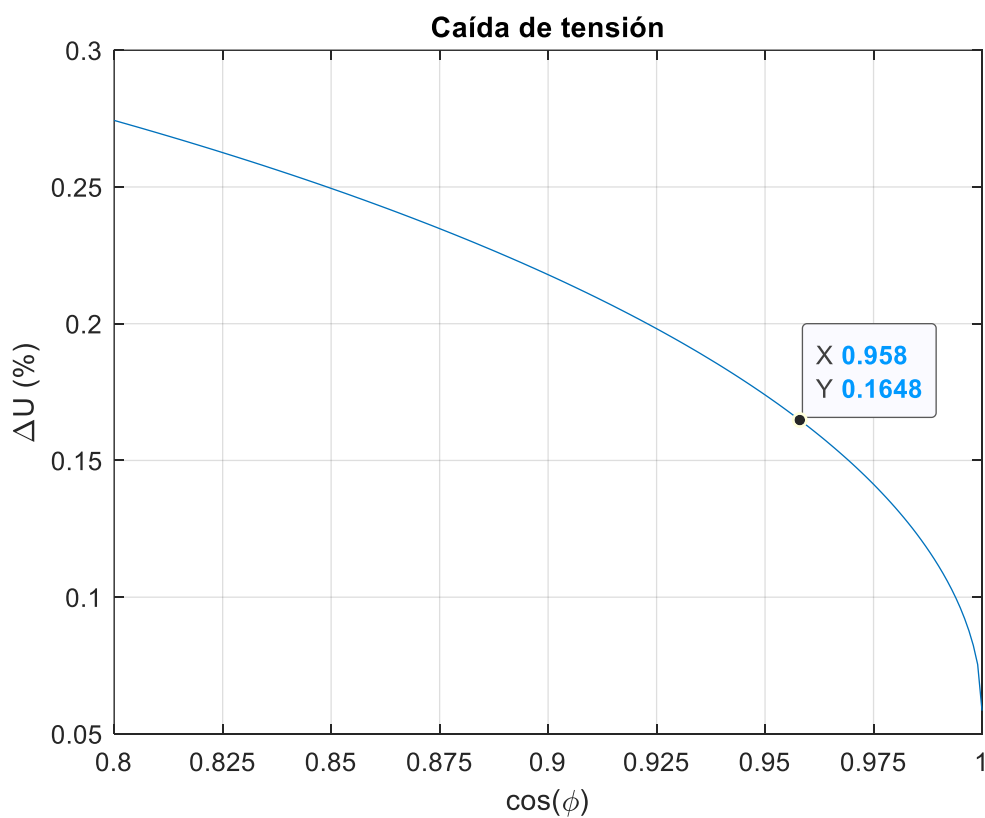
$$\Delta U = 0,165 \%$$

TRAMO 2:

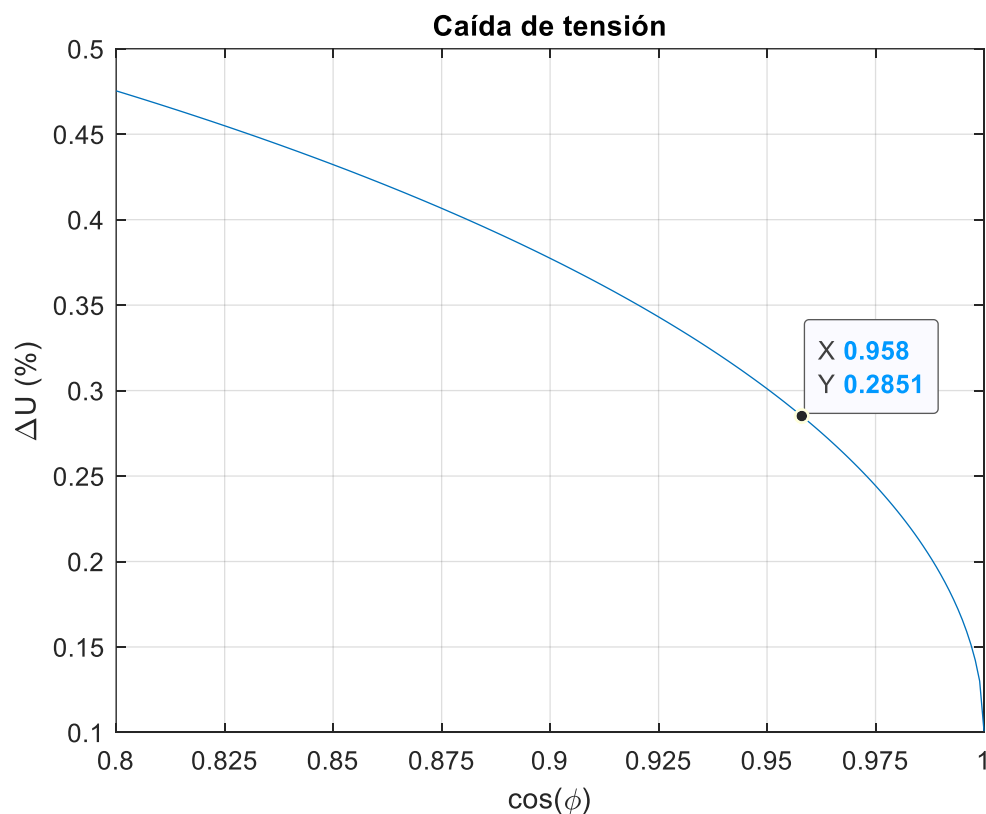
$$\Delta U = 0,285 \%$$

Se obtiene, además, la siguiente gráfica que muestra la caída de tensión:

TRAMO 1:



TRAMO 2:



### 1.11. PÉRDIDAS DE POTENCIA

Las pérdidas vienen derivadas tanto por efecto joule en forma de calor como por corrientes de fuga a través de las capacidades de la línea.

Calculando la potencia en cualquier punto x de la línea mediante la siguiente expresión:

$$P_x = \text{real}(\sqrt{3} \cdot U_x \cdot I_x^*)$$

Por tanto, para un factor de potencia de **0,958** las pérdidas de potencia activa en la línea son:

**TRAMO 1:**

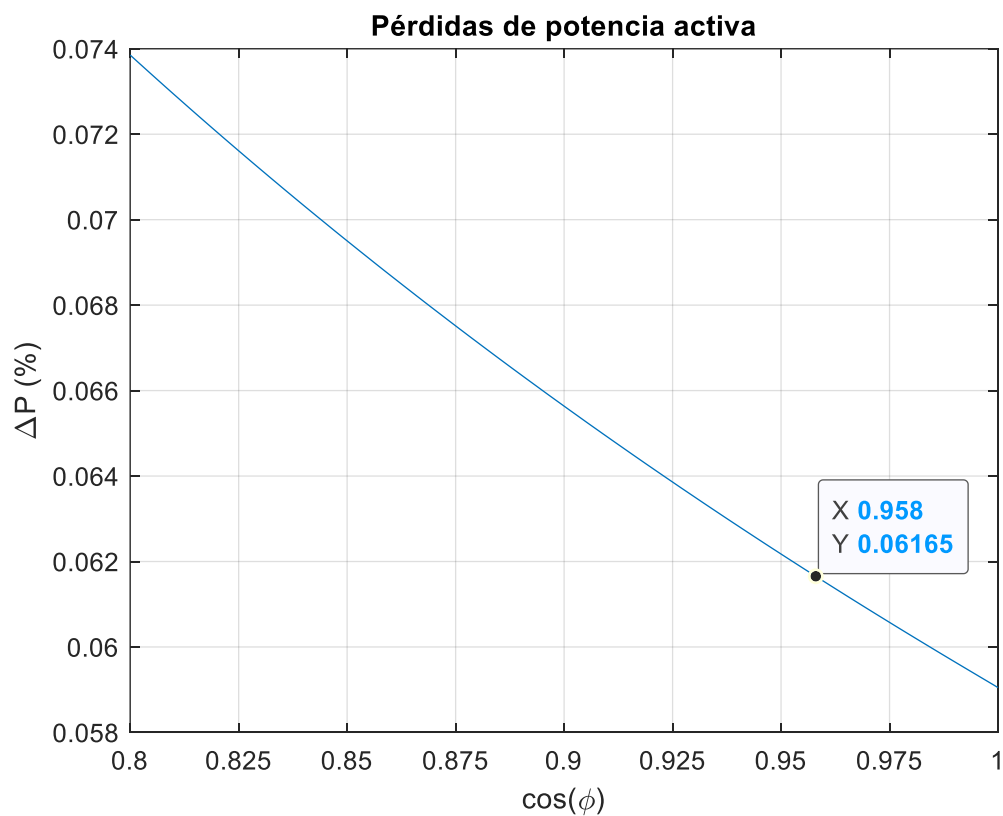
$$\Delta P = 0,061 \%$$

**TRAMO 2:**

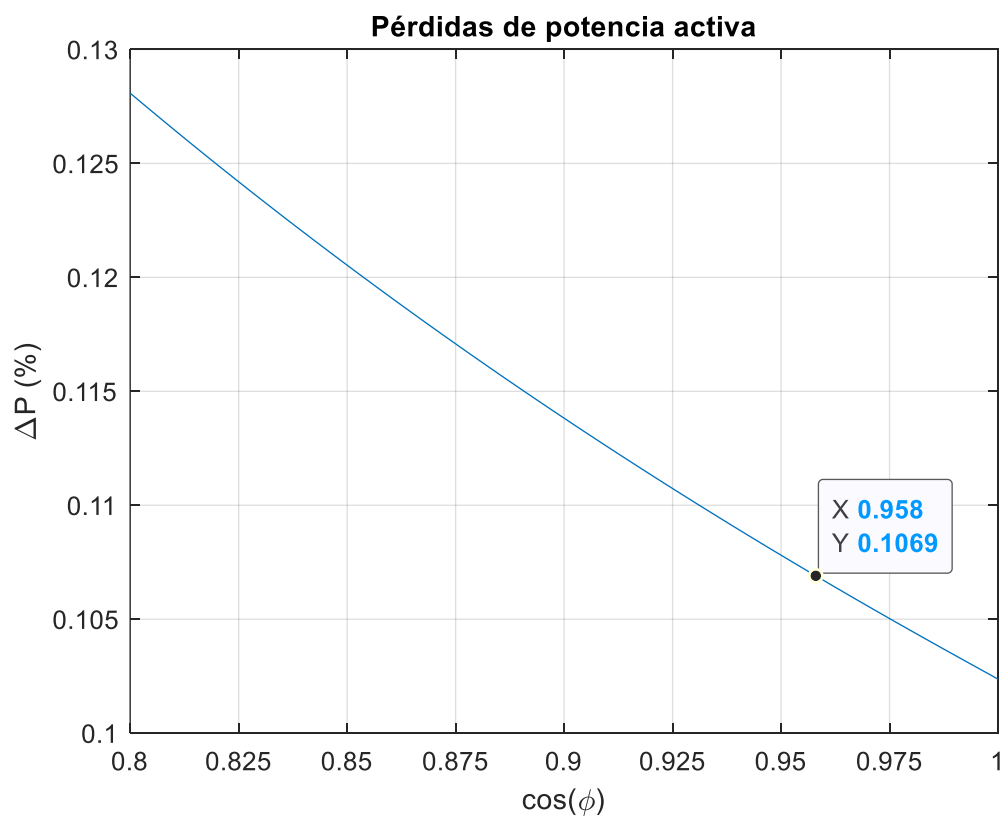
$$\Delta P = 0,109 \%$$

Se obtiene, además, la siguiente gráfica que muestra las pérdidas de potencia:

TRAMO 1:



TRAMO 2:



## 1.12. IMPEDANCIAS SECUENCIALES

A partir de la matriz de impedancias de la línea, aplicando el teorema de Fortescue, se obtienen las siguientes impedancias en secuencia:

### TRAMO 1 y 2:

- Impedancia de secuencia directa ( $\Omega/\text{km}$ ) **0,0448+ j0,3062**
- Impedancia de secuencia inversa ( $\Omega/\text{km}$ ) **0,0448+ j0,3062**
- Impedancia de secuencia homopolar ( $\Omega/\text{km}$ ) **0,0724+ j0,6875**

## 1.13. POTENCIA MÁXIMA DE TRANSPORTE

La densidad máxima de corriente en régimen permanente para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz se deduce de la tabla de coeficientes de reducción contenidos en el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT 07 del Reglamento de líneas de Alta Tensión.

CONDUCTOR LA-380	
Densidad de Corriente ( $\text{A}/\text{mm}^2$ )	1,87
Coefficiente corrector	0,95
Corriente Máxima (A)	712

La potencia máxima que puede transportar la línea vendrá limitada por la intensidad máxima admisible calculada en el apartado anterior.

La máxima potencia de transporte de la línea por circuito se determinará mediante la siguiente expresión:

$$S_{m\acute{a}x} = n \cdot n' \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{adm}$$

Donde:

- n: Número de circuitos
- n': Número de conductores por fase
- U: Tensión nominal compuesta de la línea (kV)
- $I_{adm}$ : Intensidad máxima admisible del conductor (kA)

Por tanto, la potencia máxima de transporte para ambos tramos:

$$S_{m\acute{a}x_A} = 542,62 \text{ MVA}$$

## 1.14. EFECTO CORONA

Será preceptiva la comprobación del comportamiento de los conductores al efecto corona en las líneas de tensión nominal superior a 66 kV, tal como se recoge en el apartado 4.3 de la ITC 07.

### 1.14.1. Tensión crítica disruptiva

Si los conductores de una línea eléctrica alcanzan un potencial lo suficientemente grande para que rebase la rigidez dieléctrica del aire, se producen pérdidas de energía debido a la corriente que se forma a través del medio. Es decir, es como si el aire se hiciera conductor, dando lugar a una corriente de fuga.

Cuando el gradiente de potencial en la superficie del conductor alcanza este valor crítico se generan pérdidas de energía importantes al producirse una ruptura parcial del dieléctrico que es el aire.

Este fenómeno va a tener lugar si la tensión de los conductores supera la tensión crítica disruptiva que va a venir determinada por la formulación de Peek.

$$U_c = \frac{30}{\sqrt{2}} \cdot n' \cdot m_a \cdot m_c \cdot \delta \cdot r \cdot \ln \frac{DMG}{RMG} (kV_{eficaz})$$

Donde:

- $n'$ : Número de subconductores del haz.
- $m_a$ : factor de corrección atmosférico. Toma el valor de 0,8 para tiempo lluvioso.
- $m_c$ : factor de corrección del conductor. Toma el valor 0,85 para conductores formados por hilos.
- $\delta$ : Densidad relativa del aire respecto a 25°C y 760 mmHg según la expresión recogida en la UNE-EN 60071-2, siendo  $T_{amb}$  la temperatura ambiental, y  $h$  la altura media por donde discurre la línea en metros.

$$\delta = \frac{273 + 25}{273 + T_{amb}} \cdot e^{-h/8150}$$

- $r$ : Radio del conductor en centímetros.
- $DMG$ : Diámetro medio geométrico en metros.
- $RMG$ : Radio medio geométrico en metros.

Para esta línea, y teniendo en cuenta la formulación de Peek, obtenemos un valor de tensión crítica simple de:

#### TRAMO 1 y 2:

Ambiente seco:  $U_c = 199,77 kV$

Ambiente húmedo:  $U_c = 159,82 kV$

Siendo la tensión simple más elevada de los conductores de esta línea:

$$Us_{f-n} = 141,45 \text{ kV}$$

#### 1.14.2. PÉRDIDAS DE POTENCIA DEBIDAS AL EFECTO CORONA

La pérdida de potencia de la línea debida al efecto corona por unidad de longitud se determinará mediante la siguiente expresión:

$$P_{co} = 3 \cdot n \cdot \left( \frac{241}{\delta} \right) \cdot (f + 25) \cdot \sqrt{\frac{r}{DMG}} \cdot (Us_{f-n} - U_c)^2 \cdot 10^{-5} \left( \frac{kW}{km} \right)$$

Donde:

- $P_{co}$ : pérdidas de potencia por efecto corona por unidad de longitud.
- $n$ : Número de circuitos
- $\delta$ : es el factor de corrección de la densidad del aire (adimensional).
- $f$ : es la frecuencia de operación de la línea en Hz.
- $r$ : es el radio del conductor en metros.
- $DMG$ : es la distancia media geométrica entre fases en metros.
- $Us_{f-n}$ : es la tensión simple más elevada en kV.
- $U_c$ : es la tensión crítica disruptiva en kV.

Dado que la tensión máxima de la línea es menor que la tensión crítica, no se producirá efecto corona y por lo tanto, las pérdidas que esta provoca son:

$$P_{co} = 0 \text{ kW}$$

#### 1.15. AISLAMIENTO

##### 1.15.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS AISLADORES

A continuación, se resumen las principales características de los aisladores de vidrio a utilizar.

Denominación.....	U160BSP
Paso (mm).....	146
Diámetro (mm).....	320
Línea de fuga (mm).....	550
Carga mecánica (daN).....	16.000
Unión normalizada IEC-60120.....	20
Tensión soportada a 50 Hz bajo lluvia (kV).....	55
Tensión soportada Impulso tipo rayo en seco (kV).....	140

Peso neto aproximado (kg) ..... 8,3

### 1.15.2. GRADO DE AISLAMIENTO

En la siguiente tabla se recogen los niveles de aislamiento mínimo que establece la ITC 07 dentro de la tabla 13 del apartado 4.4 que se refiere a la coordinación de aislamiento:

Tensión nominal (kV)	220
Tensión más elevada (kV eficaces)	245

Este nivel de tensión se tomará como base para la determinación de los niveles de aislamiento de las cadenas de aisladores utilizadas en el proyecto.

Se considera un nivel de contaminación muy alto (IV) acorde con la clasificación del grado de contaminación reflejado en la norma UNE EN 60071-2, con lo que la línea de fuga mínima específica será de 31 mm/kV.

Acorde con lo establecido en la tabla 14 de la ITC 07, dada la tensión más elevada de la línea (245 kV), la línea de fuga mínima en la línea será:

$$\text{Línea de fuga mínima} = 31 \left( \frac{\text{mm}}{\text{kV}} \right) \cdot 245 \text{ (kV)} = 7595 \text{ (mm)}$$

Por ello, las cadenas de suspensión estarán formadas por una fila de 14 aisladores U160BSP, lo cual garantiza los niveles de aislamiento de la línea. Las cadenas de amarre llevarán un aislador más por razones operativas de mantenimiento de la línea.

$$\text{Línea de fuga} = 14 \text{ aisladores} \cdot 550 \text{ (mm)} = 7700 \text{ (mm)}$$

## 2. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

### 2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

Estas son las características generales de la línea subterránea:

Tensión nominal (kV) .....	220
Longitud del tramo (km) .....	1,871
Número de circuitos .....	n = 1
Número de cables por fase .....	n' = 1
Frecuencia (Hz) .....	f = 50
Potencia máxima de transporte (MWn) : .....	324

## 2.2. CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR DE FASE

Son cables de aluminio aislados con pantalla metálica de aluminio soldado, aislamiento XLPE y cubierta exterior de polietileno de alta densidad (HDPE), del fabricante General Cable (Silec).

Las características del conductor de fase son las siguientes:

Tipo .....	Cable Unipolar de Al-1600 mm <sup>2</sup>
Material .....	Cuerda redonda compacta de hilos de aluminio
Aislamiento .....	XLPE
Pantalla .....	Lámina de aluminio soldado
Cubierta exterior .....	Polietileno de alta densidad
Diámetro cable completo (mm) .....	116
Peso (daN/m) .....	0,01274
Radio mínimo de curvatura durante la instalación (mm) .....	4.060
Radio mínimo de curvatura después de la instalación (mm) .....	2.320
Resistencia eléctrica en cc a 20°C (Ω/km) .....	0,0186
Inductancia eléctrica (mH/km) .....	0,1878
Capacidad (μF/km) .....	0,205

Los datos finales del conductor se determinarán en función de las ofertas reales del fabricante que cumplan con los requisitos de diseño.



## 2.3. ESQUEMA ELÉCTRICO EQUIVALENTE

Con los datos otorgados por el fabricante y los cálculos descritos a continuación se obtienen las siguientes magnitudes por conductor:

- Resistencia (R) = 0,0351 Ω/km
- Reactancia (X) = 0,272 Ω/km
- Susceptancia (B) = 64,40 μS/km



## 2.4. CÁLCULO DE LA RESISTENCIA ELÉCTRICA REAL DEL CONDUCTOR

Para la obtención de la resistencia en servicio del conductor se contemplará la acción del incremento de temperatura del conductor y el efecto pelicular que se produce en los conductores debido a la frecuencia eléctrica del sistema mediante la siguiente expresión:

$$R'_{\theta} = R'_{20cc} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)(1 + Y_p)$$

Siendo:

- $R'_{20cc}$ : Resistencia del conductor a 20°C en corriente continua en  $\Omega/\text{km}$ .
- $\alpha$ : Coeficiente de variación de la resistividad con la temperatura en  $^{\circ}\text{C}^{-1}$
- $\Delta T$ : Incremento de la temperatura del conductor en servicio frente a 20°C en  $^{\circ}\text{C}$ .
- $Y_p$ : Factor de corrección por efecto pelicular.

## 2.5. EFECTO DE LA TEMPERATURA

Para obtener la temperatura de servicio del conductor se realiza el siguiente cálculo:

$$T_f = T_o + (T_{max} - T_o) \cdot \left( \frac{I}{I_{max}} \right)^2$$

Siendo:

- $T_f$ : Temperatura de servicio del conductor en  $^{\circ}\text{C}$ .
- $T_o$ : Temperatura de referencia, en este caso 20°C.
- $T_{max}$ : Temperatura máxima del conductor a plena carga, en este caso 105°C.
- $I$ : Corriente de servicio del conductor en A.
- $I_{max}$ : Corriente máxima nominal del conductor en A.

La obtención de la resistencia en serie en corriente alterna a la temperatura dada, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$R'_{\theta} = R'_{\theta cc} \cdot (1 + Y_p) (\Omega/\text{km})$$

Siendo

- $Y_p$ : Factor de efecto pelicular.

Se obtiene así un valor de la resistencia en corriente alterna de:

$$R = 0,0351 \text{ (}\Omega/\text{km)}$$

## 2.6. IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA Y CONSTANTE DE PROPAGACIÓN

Se define la impedancia característica y la constante de propagación de la línea como:

$$Z_c = \sqrt{\frac{Z'_s}{Y'_p}}$$

$$\gamma = \sqrt{Z'_s \cdot Y'_p}$$

Operando con los parámetros calculados anteriormente, se obtienen estos resultados:

$$Z_c = 70,686 - j \cdot 4,542 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$\gamma = 0,248 + j3,863 \text{ (mrad/km)}$$

## 2.7. POTENCIA CARACTERÍSTICA

Se define la Potencia Característica como:

$$P_c = \frac{U_2^2}{Z_c} \text{ (MW)}$$

Tomando  $U_2$  con el valor de 220 kV y el módulo de  $Z_c$ , se obtiene:

$$P_c = 683,31 \text{ (MW)}$$

## 2.8. MODELO DE PARÁMETROS DISTRIBUIDOS

Para un cálculo más preciso de caídas de tensión y pérdidas de potencia activa, se utilizará el modelo de parámetros distribuidos de la línea. Un modelo matricial que emplea los parámetros calculados en apartados anteriores de la forma:

$$\begin{bmatrix} V_i \\ I_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_0 \\ I_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{ch}(\gamma \ell) & -Z_c \cdot \text{sh}(\gamma \ell) \\ -\frac{1}{Z_c} \cdot \text{sh}(\gamma \ell) & \text{ch}(\gamma \ell) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_0 \\ I_0 \end{bmatrix}$$

Donde:

- $V_0$  = Tensión simple en el extremo generador en kV.
- $V_L$  = Tensión simple en el extremo receptor en kV.
- $I_0$  = Intensidad de línea en el extremo generador en kV.

- IL = Intensidad de línea en el extremo generador en kV.

## 2.9. CAÍDA DE TENSIÓN

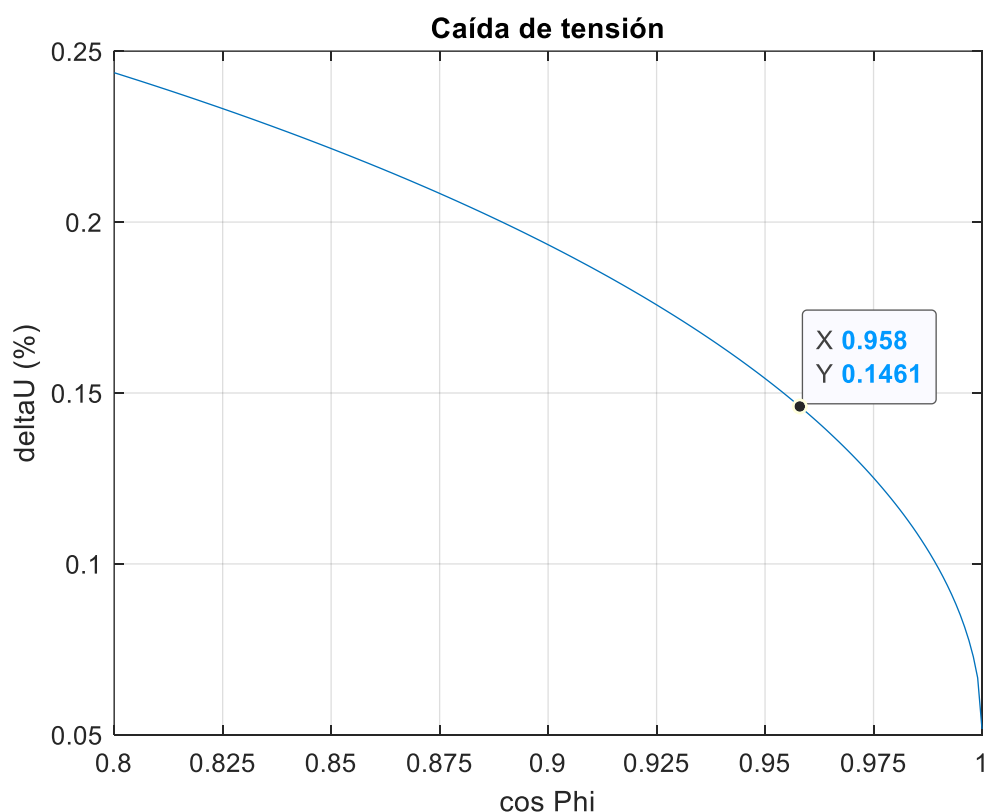
La caída de tensión se calcula a partir de los valores obtenidos en el apartado anterior, mediante la siguiente expresión:

$$\Delta U = \frac{|U_L| - |U_0|}{|U_0|} \cdot 100 (\%)$$

Calculado para un factor de potencia de 0,958, obtenemos la siguiente caída de tensión.

$$\Delta U = 0,146 \%$$

Se obtiene, además, la siguiente gráfica que muestra la caída de tensión para diferentes factores de potencia.



## 2.10. PÉRDIDAS DE POTENCIA

Las pérdidas vienen derivadas tanto por efecto joule en forma de calor como por corrientes de fuga a través de las capacidades de la línea.

Calculando la potencia en cualquier punto x de la línea mediante la siguiente expresión:

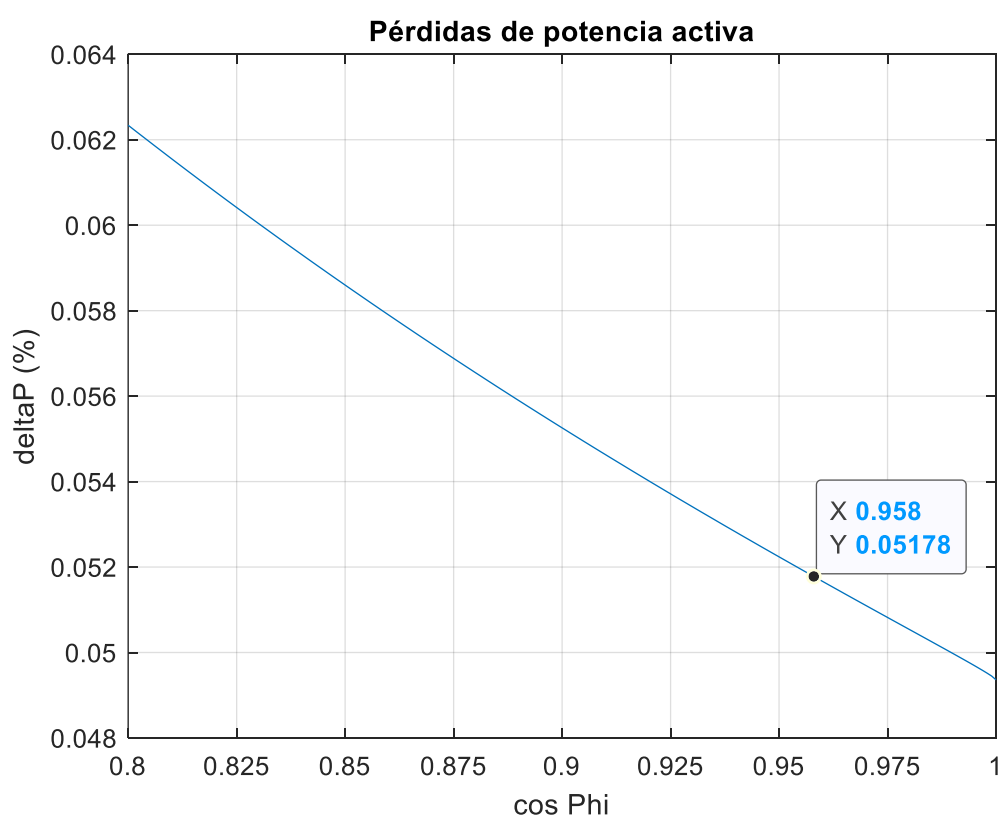
$$P_x = \text{real}(\sqrt{3} \cdot U_x \cdot I_x^*)$$

Por tanto, para un factor de potencia de **0,958** las pérdidas de potencia activa en la línea son:

Circuito 1:

$$\Delta P = 0,0518 \%$$

Obtenemos además la siguiente gráfica donde se muestran las pérdidas de potencia activa para diferentes factores de potencia.



### 3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS DE LA LÍNEA COMPLETA

#### 3.1. CAÍDA DE TENSIÓN

La caída de tensión se calcula a partir de los valores obtenidos en el apartado anterior, mediante la siguiente expresión: