



Anexo de Modificación al Proyecto de Ejecución

Línea 66 kV SET Belinchón I – SET Huelves

Mayo 2020 - v05

Memoria

	COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES COIIM - MADRID
Nº VISADO 202001095	FECHA DE VISADO 26/05/2020
VISADO	
DOCUMENTO VISADO CON FIRMA ELECTRÓNICA	
COLEGIADO/A Nº:	NOMBRE
13953 COIIM JOSU BARREDO EGUSQUIZA	



Versión	Creado	Revisado	Fecha	Comentarios
01	J.A.G.A	E.R.S.	14/02/2020	Edición inicial
02	J.A.G.A	E.R.S.	17/03/2020	Comentarios Cliente
03	J.A.G.A	E.R.S.	08/04/2020	Comentarios Cliente
04	J.A.G.A	E.R.S.	05/05/2020	Modificación Tramo Subterráneo
05	J.A.G.A	E.R.S.	20/05/2020	Comentarios Cliente

Contenido

1	ANTECEDENTES	5
2	OBJETO	6
3	TITULAR	7
4	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN	8
5	DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA	9
5.1	Descripción del trazado de la línea	9
5.2	Características principales de la línea	9
5.2.1	Tramo Aéreo	10
5.2.2	Tramo Subterráneo	11
6	CARACTERÍSTICAS	12
6.1	Características generales del tramo aéreo	12
6.2	Características generales del tramo subterráneo	12
7	DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA LÍNEA	14
7.1	Tramo aéreo	14
7.1.1	Conductores.....	14
7.1.2	Cable de tierra	15
7.1.3	Manguitos de empalme	15
7.1.4	Descripción de las cadenas de aislamiento.....	16
7.1.5	Dispositivos antivibratorios.....	17
7.1.6	Apoyos.....	18
7.1.7	Cimentaciones	21
7.1.8	Tomas de tierra.....	21
7.1.9	Aislamiento en conductores y señalización. cumplimiento del r.d. 1432/2008, de 29 de agosto de protección de la avifauna.....	25
7.1.10	Balizas de señalización, salvapájaros y disuasores de nidificación	26
7.1.11	Numeración y aviso de peligro	26
7.2	Conversión aéreo-subterráneo	27
7.2.1	Puesta a tierra.....	27
7.3	Tramo subterráneo	28
7.3.1	Características del cable subterráneo	28
7.3.2	Parámetros de instalación.....	30
7.3.3	Terminales.....	31

7.3.4	Empalmes.....	34
7.3.5	Cable de comunicaciones.....	36
7.3.6	Obra civil	36
7.3.7	Tendido	38
7.3.8	Puesta a tierra.....	40
7.3.9	Ensayos.....	40

8 DISTANCIAS DE SEGURIDAD. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS 42

8.1	Tramo aéreo	42
8.1.1	Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas.....	42
8.1.2	Prescripciones especiales.....	42
8.1.3	Distancias en el apoyo.....	43
8.1.4	Distancias al terreno, caminos, sendas y cursos de agua no navegables.....	45
8.1.5	Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o de telecomunicación	45
8.1.6	Distancias a carreteras	48
8.1.7	Distancias a ferrocarriles sin electrificar	48
8.1.8	Distancias a ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses	49
8.1.9	Distancias a teleféricos y cables transportadores	49
8.1.10	Distancias a ríos y canales, navegables o flotables	49
8.1.11	Paso por zonas	50
8.1.12	Relación de cruzamientos Tramo Aéreo	52
8.2	Tramo Subterráneo	52
8.2.1	Normas generales sobre cruzamientos Tramo Subterráneo	52
8.2.2	Normas generales sobre proximidades y paralelismos	54
8.2.3	Acometidas (conexiones de servicio)	55
8.2.4	Paso por zonas	56
8.2.5	Relación de cruzamientos Tramo Subterráneo	56

9 CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS 57

9.1	Cálculos Eléctricos del tramo aéreo.....	57
9.1.1	Resistencia eléctrica de la línea	57
9.1.2	Reactancia del conductor.....	58
9.1.3	Capacidad media de la línea	58
9.1.4	Densidad máxima admisible	59
9.1.5	Intensidad máxima admisible	60
9.1.6	Efecto corona.....	60
9.1.7	Caída de tensión	61
9.1.8	Pérdida de potencia	62
9.2	Cálculos Eléctricos del tramo subterráneo	62
9.3	Intensidad máxima admisible en régimen permanente	63
9.3.1	Generalidades del cable	63
9.3.1	Intensidad máxima admisible de cortocircuito en el conductor.....	69
9.3.2	Intensidad máxima admisible de cortocircuito en la pantalla metálica	70
9.4	Caída de tensión	72
9.4.1	Cálculo de la resistencia en corriente alterna.....	72
9.4.1	Cálculo de la reactancia.....	73
9.5	Pérdidas de potencia	74
9.6	Tensión inducida en las pantallas.....	75
9.6.1	Tensión inducida en servicio permanente	75
9.6.2	Tensión inducida pantalla – tierra en cortocircuito trifásico	75

9.6.3	Tensión inducida pantalla – tierra en cortocircuito monofásico	75
9.7	Cuadro resumen de cálculos eléctricos.	76

10 CÁLCULOS MECÁNICOS JUSTIFICATIVOS 78

10.1	Tensión máxima del tendido	78
10.2	Vano de regulación	78
10.3	Ecuación de cambio de condiciones	78
10.4	Tracción máxima	79
10.5	Flecha máxima.....	80
10.6	Tablas de Tendido	81
10.6.1	Tabla de tendido de conductor.....	81
10.6.1	Tabla de tendido de cable de tierra.....	81
10.7	Cálculo mecánico de los apoyos.....	82
10.7.1	Criterios de cálculo	82
10.7.2	Acciones consideradas. Cargas verticales	82
10.7.3	Acciones consideradas. Cargas horizontales.....	82
10.7.4	Resumen de esfuerzos aplicados.....	87
10.8	Cálculo mecánico de cimentaciones	87
10.9	Aislamiento y herrajes	90
10.9.1	Aisladores.....	90
10.9.2	Herrajes.....	90

11 CONCLUSIÓN 91

ANEXOS:

ANEXO I: PLANOS

ANEXO II: RBDA

ANEXO III: RESUPUESTO

1 ANTECEDENTES

En agosto de 2018 se realiza el Proyecto de Ejecución de la Central Solar Fotovoltaica Planta FV 3 – Belinchón I (23,94 MWp). El proyecto ejecutivo original fue redactado y firmado por Don Javier Castellote Martínez, Ingeniero Técnico Industrial, colegiado nº 591 del Colegio de Ingenieros Industriales de la Región de Murcia, con número de visado MU1801814 de fecha 27 de agosto de 2018. El señor Javier Castellote Martínez ha renunciado a este proyecto con el fin de autorizar a Don Josu Barredo Egusquiza, Ingeniero Industrial, colegiado nº 13.953 del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid para que pueda redactar y firmar esta actualización del proyecto con los “cambios no sustanciales” anteriormente descritos.

El presente Anexo de Modificación, modifica el proyecto ejecutivo original, específicamente lo referente a la línea de evacuación en 66 kV entre la SET Belinchón I y la SET Huelves, propiedad de Iberdrola.

2 OBJETO

La redacción del presente documento se realiza para formalizar la modificación al Proyecto de Ejecución de la Central Solar Fotovoltaica Planta FV 3 – Belinchón I (23,94 MWp), visado por Javier Castellote Martínez, Nº de Colegiado 591 del Colegio de Ingenieros Industriales de la Región de Murcia en agosto de 2018, específicamente lo referente a la línea de evacuación en 66 kV entre la SET Belinchón I y la SET Huelves, propiedad de Iberdrola.

La principal modificación con respecto al anterior proyecto es la tipología de la línea de AT, que pasa de ser completamente aérea a mixta, con un tramo aéreo (entre la SET Belinchón I y el apoyo 11-PAS) y otro subterráneo (entre el apoyo 11-PAS y la SET Huelves).

Además, se redimensionan todos los apoyos del tramo aéreo, producto de la corrección de la topografía del terreno utilizada en la ejecución del proyecto original, mencionado anteriormente. En este caso se mantiene la ubicación de los apoyos, modificando su altura o función, según sea necesario.

En este proyecto se reflejan únicamente aquellos capítulos, apartados, planos y anexos que sufren modificaciones con respecto al proyecto realizado en agosto de 2018 por lo que, para el resto de cuestiones, se atenderá lo expuesto en él.

De la misma manera, el presente documento se redacta con la finalidad:

- En el orden técnico, para obtener la Aprobación del presente Proyecto, que ha sido redactado de acuerdo a 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 del proyecto a realizar, según lo establecido en la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Informar a los ayuntamientos de Belinchón y Huelves de la obra civil que se pretende realizar para la línea de evacuación, así como solicitar la correspondiente licencia de obras.
- Servir de base para la contratación de las obras e instalaciones.

3 TITULAR

El titular y a la vez promotor del proyecto de Central Solar Fotovoltaica Planta FV 3 – Belinchón I (23,94 MWp) es Planta FV 103 S.L.

A continuación, se resume los datos principales del promotor:

- Promotor: Planta FV 103 S.L.
- CIF: B- 88241286
- Domicilio Social: C/ Princesa, 2 – 4ª Planta (Madrid).

4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

La línea de evacuación consta de una línea eléctrica trifásica aérea-subterránea simple circuito con conductores dispuestos a tresbolillo en el tramo aéreo y cable unipolar aislado de tensiones nominales 36/66 kV con las fases dispuestas en triángulo.

La línea eléctrica objeto de este proyecto conecta la subestación Belinchón I con la subestación Huelves, propiedad de Iberdrola, transcurriendo por los términos municipales de Belinchón y Huelves, provincia de Cuenca, Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha.

La tipología de la línea se ve modificada respecto al proyecto realizado en agosto de 2018, y ahora consta de un tramo aéreo de 1.846,02 m y un tramo subterráneo de 1.115,4 m.

5 DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA

5.1 Descripción del trazado de la línea

La línea eléctrica conectará la subestación de la Planta Fotovoltaica Belinchón I, que se sitúa en el término municipal de Belinchón, con la subestación Huelves situada en el término municipal de Huelves, con el objetivo de evacuar la energía generada por la planta fotovoltaica. La línea discurre por los términos municipales de Belinchón y Huelves.

La línea eléctrica tendrá una longitud total de 2.961,42 m. La línea tendrá su origen en la subestación de la Planta Fotovoltaica Belinchón I y su fin en la Subestación Huelves propiedad de Iberdrola Distribución Eléctrica S.A.U., discurrendo de forma aérea durante un tramo de 1.846,02 m con un total de 11 apoyos metálicos, y de forma subterránea durante un tramo de 1.115,4 m, con cables en el interior de tubos de HDPE.

La línea transcurrirá a lo largo de parcelas de uso agropecuario de dichos términos municipales, y cruzará caminos no asfaltados, ríos, regatos o arroyos de muy bajo caudal, y por lo tanto no navegables:

PROVINCIA	MUNICIPIO	POLIGONO	PARCELA
CUENCA	BELINCHÓN	501	22
CUENCA	BELINCHÓN	501	9001
CUENCA	BELINCHÓN	501	1001
CUENCA	BELINCHÓN	501	9003
CUENCA	BELINCHÓN	501	1002
CUENCA	HUELVES	505	07
CUENCA	HUELVES	505	5002

El trazado de la línea se puede observar en los planos Situación general, Emplazamiento y Planta general adjuntos al presente documento.

5.2 Características principales de la línea

Las principales características eléctricas de la línea son:

Tabla 1. Características eléctricas de la línea

Características eléctricas	
Tensión (Kv)	66
Tensión más elevada de la red (Kv)	72,5
Frecuencia (Hz)	50
Potencia a transportar (MW)	20

5.2.1 Tramo Aéreo

La nueva infraestructura de evacuación consta de un tramo de línea eléctrica aérea trifásica, ejecutada con un conductor 147-AL1/34-ST1A (LA-180) con un conductor por fase y simple circuito.

En la siguiente tabla se muestran las alineaciones del trazado, así como los ángulos entre dichas alineaciones:

Nº de Alineación	Apoyos	Longitud (m)	Nº del apoyo de ángulo	Ángulo interior (sexag.)
1	1 al 7	1.118,71	7	-37,96
2	7 al 11	727,31	-	-

En la siguiente tabla se muestra las parcelas por las que transcurre la traza del tramo aéreo:

Provincia	Municipio	Polígono	Parcela	Referencia catastral
Cuenca	Belinchón	501	22	16032A501000220000RZ
Cuenca	Belinchón	501	9001	16032A501090010000RM
Cuenca	Belinchón	501	1001	16032A501010010000RY
Cuenca	Belinchón	501	9003	16032A501090030000RK
Cuenca	Belinchón	501	1002	16032A50501010020000RG
Cuenca	Huelves	505	07	16113A505000070000PM

En la siguiente tabla se muestran las coordenadas, en el sistema ETRS89 H30, de los apoyos que componen el trazado aéreo de la línea:

Torre Nº	Tipo	Función (A/S)	Seguridad Reforzada	Coordenadas		Cota	Vano Adelante (m)	Ángulo de Línea
				Este	Norte			
Pórtico	Pórtico 66 Kv	A	NO	502849,00	4435241,00	825,75	88,46	
1	CEFIRO-90-16-TH20a	FL	NO	502909,17	4435176,16	820,02	212,98	
2	CEFIRO-30-10-TH20a	A	NO	503054,05	4435020,05	808,95	152,16	
3	ALISIO-25-20-TH14a	S	NO	503157,56	4434908,52	814,17	186,08	
4	ALISIO-25-18-TH14a	S	NO	503284,14	4434772,13	809,62	163,47	
5	ALISIO-25-24-TH14a	A	NO	503395,33	4434652,31	791,73	191,05	
6	ALISIO-25-18-TH14a	S	NO	503525,29	4434512,27	812,95	124,52	
7	CEFIRO-90-10-TH20a	A	NO	503610,00	4434421,00	816,74	133,82	-37,96
8	ALISIO-25-20-TH14a	S	NO	503742,10	4434399,66	822,74	199,74	
9	ALISIO-25-20-TH14a	S	NO	503939,28	4434367,80	830,41	174,42	
10	CEFIRO-30-22-TH20a	A	NO	504111,47	4434339,98	811,91	219,34	
11	CEFIRO-90-20-TH20a	FL-PAS	NO	504328,00	4434304,99	820,02		

5.2.2 Tramo Subterráneo

La línea eléctrica objeto del presente Proyecto Administrativo tendrá un tramo subterráneo, con una longitud de 1.115,4 m aproximadamente. Por dicho tramo la línea discurrirá en zanja con los cables dispuestos a tresbolillo en el interior de tubos.

A continuación, se muestran las parcelas por las que transcurrirá la línea subterránea:

Provincia	Municipio	Polígono	Parcela	Referencia catastral
Cuenca	Huelves	505	07	16113A505000070000PM
Cuenca	Huelves	505	5002	16113A505050020000PE

6 CARACTERÍSTICAS

6.1 Características generales del tramo aéreo

El tramo aéreo de la línea eléctrica de evacuación objeto del presente proyecto de ejecución tiene las siguientes características generales:

Características generales	
Origen	SET Belinchón I
Final	Conversión aéreo-subterránea (Apoyo nº11)
Longitud (m)	1846
Zona por la que discurre	B
Nivel de contaminación IEC-60815-1	Medium (34,7 mm/kV)
Velocidad de viento considerada (km/h)	120
Tipo de montaje	Simple circuito
Número de conductores por fase	1
Frecuencia (Hz)	50
Nº de apoyos proyectados	11

6.2 Características generales del tramo subterráneo

Características generales de la línea	
Origen	Conversión aéreo-subterránea (Apoyo nº11)
Final	SET Huelves
Longitud (m)	1.115,4
Tipo de montaje	Simple Circuito
Nº de conductores por fase	1
Configuración del circuito	Tresbolillo
Tipo de instalación	Enterrado bajo tubo
Conductores por tubo	1
Diámetro del tubo	160 mm
Material del tubo	Polietileno de alta densidad (PEAD)
Tipo de conexión de las pantallas	Mid-Point

Características generales de la línea	
Profundidad de enterramiento de los cables (centro del tresbolillo)	Variable (ver apartado Planos)
Resistividad del terreno	3 K·m/W
Temperatura del terreno	25°C

7 DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA LÍNEA

7.1 Tramo aéreo

7.1.1 Conductores

El conductor que se empleará será de aluminio-acero, aluminio reforzado con acero, seleccionado entre los recogidos por la Norma UNE 50182. Teniendo en cuenta los condicionantes eléctricos que debe cumplir el conductor, el conductor seleccionado será:

Tabla 2. Características conductor a emplear

Denominación	LA 180 (147-AL1/34-ST1A)
Sección total (mm ²)	181,6
Diámetro total (mm)	17,5
Nº de hilos de aluminio	30
Nº de hilos de acero	7
Carga de rotura (daN)	6.390
Resistencia eléctrica a 20°C (Ohm/km)	0,1962
Peso (kg/km)	676
Coefficiente de dilatación (°C)	17,8 · 10 ⁻⁶
Módulo de elasticidad (daN/mm ²)	8000
Densidad de corriente (A/mm ²)	2,33
Tense máximo (Zona B) (%)	33% CR
EDS máximo (Zona B) (%)	17

7.1.2 Cable de tierra

Para la protección de la línea contra las descargas se instalará un cable compuesto tierra-óptico del tipo OPGW, denominado OPGW 53G68z (3449). Este cable de tierra incorpora fibras ópticas en su interior, para así cumplir con la doble función de proteger la línea contra sobretensiones, y crear un canal de comunicaciones. Sus características principales son las siguientes:

Tabla 3. Características cable OPGW

Denominación	OPGW (53G68z)
Diámetro (mm)	15,3
Peso (kg/m)	0,683
Sección (mm ²)	118,7
Coefficiente de dilatación (°C)	1,41·10 ⁻⁵
Módulo de elasticidad (daN/mm ²)	11.800
Carga de rotura (daN)	9.963,51
Tense máximo (Zona B) (%)	33% CR
EDS máximo (Zona B) (%)	12

Para que la protección contra las descargas atmosféricas sea eficaz se dispondrá la estructura de la cabeza de la torre de forma que el ángulo que forma la vertical que pasa por el punto de fijación del cable de tierra, con la línea determinada por este punto y el conductor, no exceda de los 35°.

7.1.3 Manguitos de empalme

Los empalmes de los conductores entre sí, se efectuarán por el sistema de "Manguito Comprimido", estando constituidos por un tubo de aluminio de extrusión para compresión.

Serán de un material prácticamente inoxidable y homogéneo con el material del conductor que unen, con objeto de evitar la formación de par eléctrico apreciable.

Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del cable el 95% de la carga de rotura del cable empalmado y una resistencia eléctrica igual a la del cable sin empalmar.

Su ejecución se realizará mediante una máquina apropiada, que dispondrá de los troqueles necesarios para que resulte, tras la compresión, una sección del empalme hexagonal con la medida entre caras dada por el fabricante lo que servirá para garantizar que la unión ha quedado correctamente realizada.

7.1.4 Descripción de las cadenas de aislamiento

7.1.4.1 Aislador

Según el RLAT los aisladores utilizados en las líneas podrán ser de porcelana, vidrio, goma siliconada, poliméricos u otro material de características adecuadas a su función.

El coeficiente de seguridad mecánica no será inferior a 3.

Si la carga de rotura electromecánica mínima garantizada se obtuviese mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

El aislamiento de esta línea estará constituido por aisladores poliméricos. La constitución dependerá de la función que desempeñe: suspensión, cruce o amarre y estarán de acuerdo con las normas en vigor.

Los elementos que las constituyen se pueden considerar divididos en cuatro grupos:

- 1º Aisladores de vidrio templado materias polimérico cuyas características y denominación están fijadas en las Normas UNE en vigor.
- 2º Herrajes. Norma de acoplamiento (en función del tipo de elemento aislador).
- 3º Grapas (en función del diámetro del conductor y el cometido que hayan de desempeñar).
- 4º Accesorios (varillas helicoidales preformadas para protección o retención terminal, etc.).

Se utilizarán aisladores que superen las tensiones reglamentarias de ensayo tanto a onda de choque tipo rayo como a frecuencia industrial, fijadas en el artículo 4.4 de la ITC 07 del R.L.A.T.

El aislador elegido, y sus características, es:

▪ Denominación:	U70AB66
▪ Material:	Polimérico
▪ Línea de fuga (mm):	1.450
▪ Carga de rotura (kN):	70
▪ Longitud (mm):	800
▪ Peso (kg):	3,0
▪ Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia (kV):	165
▪ Tensión soportada al impulso de un rayo (kV):	380

7.1.4.2 Cadena de suspensión

Las cadenas de suspensión serán sencillas, excepto en los cruces con carreteras y ferrocarriles, donde serán dobles.

La longitud de la cadena de suspensión sencilla resulta ser:

- Longitud total de la cadena (aisladores + herrajes) (m): 0,94

Las características de los herrajes utilizados para las cadenas de suspensión en el proyecto de esta línea son:

Tabla 4. Características de los herrajes de las cadenas de suspensión

Cantidad	Herraje	Peso aproximado (kg)	Carga de rotura (daN)
1	Grillete Recto	0,47	14.000
1	Rótula corta	0,58	13.500
1	Grapa de suspensión armada	6,25	12.000

La carga de rotura mínima de la cadena (sin grapa) será 7.000 daN.

7.1.4.3 Cadena de amarre

Las cadenas de amarre serán sencillas.

La longitud de la cadena de amarre y la altura del puente son:

- Longitud total de la cadena (aislador + herrajes) (m): 1,06
- Altura del puente en apoyos de amarre (m): 1,5
- Ángulo de oscilación del puente (°): 20

Las características de los herrajes utilizados para las cadenas de amarre en el proyecto de esta línea son:

Tabla 5. Características de los herrajes de las cadenas de amarre

Cantidad	Herraje	Peso aproximado (kg)	Carga de rotura (daN)
1	Grillete Recto	0,47	14.000
1	Rótula corta	0,58	13.500
1	Grapa de amarre compresión	4,24	95% C.R.N. del cable

La carga de rotura mínima de la cadena (sin grapa) será 7.000 daN.

7.1.5 Dispositivos antivibratorios

Se instalarán los dispositivos antivibratorios necesarios, tanto pasivos como activos, para evitar vibraciones perjudiciales.

7.1.5.1 Dispositivos antivibratorios pasivos o de refuerzo:

Son los destinados a disminuir o evitar los efectos perjudiciales de las vibraciones del conductor, sobre sí mismo y el resto de los elementos (varillas para refuerzo de los puntos de sujeción, grampas especiales, etc.).

7.1.5.2 Dispositivos antivibratorios activos o amortiguadores:

Son los que impiden que las vibraciones alcancen magnitudes peligrosas: amortiguadores tipo Stockbridge neumáticos, a pistón, a palanca oscilante, a pesa y resorte, etc.

7.1.6 Apoyos

Los conductores de la línea se fijarán mediante aisladores a las estructuras de apoyo. Estas estructuras que en todo lo que sigue denominaremos simplemente "Apoyos" podrán ser metálicas, de hormigón, madera u otros materiales apropiados, bien de material homogéneo o combinación de varios de los citados anteriormente.

Los apoyos para la línea de este proyecto de ejecución serán metálicos de celosía, formados por perfiles angulares normalizados con acero EN 10025 S 275 para las diagonales y EN 10025 S 355 para los montantes, siendo su anchura mínima 45 mm y su espesor mínimo de 4 mm.

Según su función se clasifican en:

- Apoyos de alineación: Su función es solamente soportar los conductores y cables de tierra; son empleados en las alineaciones rectas.
- Apoyos de anclaje: Su finalidad es proporcionar puntos firmes en la línea, que limiten e impidan la destrucción total de la misma cuando por cualquier causa se rompa un conductor o apoyo.
- Apoyos de ángulo: Empleados para sustentar los conductores y cables de tierra en los vértices o ángulos que forma la línea en su trazado. Además de las fuerzas propias de flexión, en esta clase de apoyos aparece la composición de las tensiones de cada dirección.
- Apoyos de fin de línea: Soportan las tensiones producidas por la línea; son su punto de anclaje de mayor resistencia.
- Apoyos especiales: Su función es diferente a las enumeradas anteriormente; pueden ser, por ejemplo, cruce sobre ferrocarril, vías fluviales, líneas de telecomunicación o una bifurcación.

Los apoyos tendrán una configuración simple circuito de acuerdo con los planos que se adjuntan, y cada fase estará constituida por un único conductor.

Los apoyos se conectarán a tierra teniendo en cuenta lo que se especifica en el apartado 7 de la ITC-LAT 07. Dado que los apoyos son de material conductor, éstos deberán estar conectados a tierra mediante conexión específica para ellos. Esta conexión se efectuará por electrodos de difusión o anillo cerrado.

Los apoyos seleccionados serán metálicos de celosía. Las dimensiones de sus armados figuran en la siguiente tabla:

Tipo de apoyo	Dimensiones armado (m)				Denominación armado
	a (cruceta)	b (cabeza)	c (cruceta)	h (cúpula)	
Amarre / FL	2,0	2,0	2,1	3,0	TH20a
Amarre	2,0	1,4	2,1	2,9	TH14a
Suspensión	2,0	1,4	2,1	2,9	TH14a

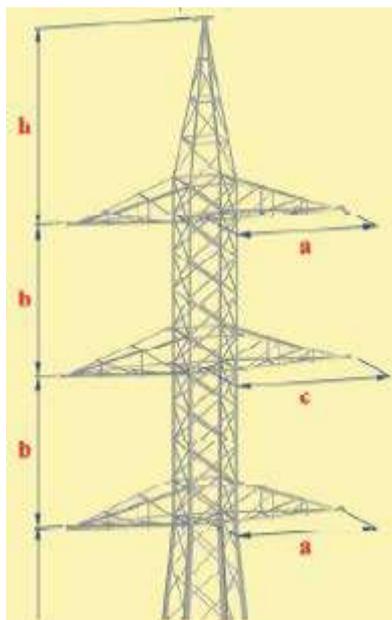


Imagen 1. Armado tipo

La denominación de los apoyos se describe a continuación:

SERIE - ESFUERZO FUSTE – ALTURA - ARMADO

Imagen 2. Denominación de los apoyos

En el apartado de cálculos se podrá ver tanto la geometría como los esfuerzos admisibles por los apoyos.

La altura de dichos apoyos dependerá de la orografía del terreno ya que debe guardar una distancia mínima con el suelo, así como de las distancias mínimas con los distintos cruzamientos que se produzcan. En la siguiente tabla se muestran las características de los apoyos:

7.1.6.1 Esfuerzos admisibles serie Alisio

Hipótesis	ALISIO							
	20	25	30	35	40	45	55	60
1	1950	2880	3360	3540	4180	4610	5370	6210
2a	2480	3300	3870	4020	4780	5310	5910	6910
2b	2350	3180	3730	3900	4620	5170	5780	6750
3	3180	4230	4940	5130	6060	6670	7440	8520
4a	1600	2110	2110	2110	2110	2110	2610	2610
4b	1970	2720	2720	2720	2720	2710	4320	4320
C. vertical por fase hipótesis 1	900	900						
C. vertical por fase resto hipótesis	900	1100						

1.- Esfuerzo horizontal máximo que puede soportar el fuste a 2m por encima del inicio de la cabeza, con un viento de 120Km/h y coeficiente de seguridad 1,5.

2a.- Esfuerzo horizontal máximo que puede soportar el fuste a 2m por encima del inicio de la cabeza, sin viento y coeficiente de seguridad 1,5.

2b.- Esfuerzo horizontal máximo que puede soportar el fuste a 2m por encima del inicio de la cabeza, con un viento de 60Km/h y coeficiente de seguridad 1,5.

3.- Esfuerzo horizontal máximo que puede soportar el fuste a 2m por encima del inicio de la cabeza, sin viento y coeficiente de seguridad 1,2.

4a.- Esfuerzo máximo por rotura de conductor, con un brazo de 2,1m de longitud con respecto al eje del fuste, sin viento y coeficiente de seguridad 1,2.

4b.- Esfuerzo máximo por rotura de hilo de tierra, aplicado en una cúpula de 2,9m sobre una cabeza de 4m de longitud, sin viento y coeficiente de seguridad 1,2.

7.1.6.2 Esfuerzos admisibles serie Céfiro

Hipótesis	CÉFIRO							
	30	60	90	120	150	180	210	240
1	3750	6180	9440	12340	14960	18830	21730	24400
2a	4280	6920	9940	13060	15490	19540	22080	25960
2b	4110	6680	9730	12780	15250	19250	21990	25950
3	5460	8810	13230	16410	19320	24550	27250	29700
4a	2550	2550	4750	4750	4750	6500	6500	6500
4b	3040	3040	4300	4300	4300	4300	4300	4300
C. vertical por fase hipótesis 1	1000							
C. vertical por fase resto hipótesis	1500							

1.- Esfuerzo horizontal máximo que puede soportar el fuste a 2m por encima del inicio de la cabeza, con un viento de 120Km/h y coeficiente de seguridad 1,5.

2a.- Esfuerzo horizontal máximo que puede soportar el fuste a 2m por encima del inicio de la cabeza, sin viento y coeficiente de seguridad 1,5.

2b.- Esfuerzo horizontal máximo que puede soportar el fuste a 2m por encima del inicio de la cabeza, con un viento de 60Km/h y coeficiente de seguridad 1,5.

3.- Esfuerzo horizontal máximo que puede soportar el fuste a 2m por encima del inicio de la cabeza, sin viento y coeficiente de seguridad 1,2.

4a.- Esfuerzo máximo por rotura de conductor, con un brazo de 2,4m de longitud con respecto al eje del fuste, sin viento y coeficiente de seguridad 1,2.

4b.- Esfuerzo máximo por rotura de hilo de tierra, aplicado en una cúpula de 3,4m sobre una cabeza de 4m de longitud, sin viento y coeficiente de seguridad 1,2.

7.1.7 Cimentaciones

Las cimentaciones de los apoyos metálicos podrán ser de macizos independientes o monobloque, de hormigón en masa mediante el vertido directo en la excavación realizada al efecto, quedando la parte superior rematada mediante una bancada, o bien para el caso de anclaje en roca mediante pernos embebidos y sujetos a la misma por mortero de cemento, complementándose en su parte superior por medio de un macizo de hormigón en masa unido a la bancada correspondiente, o bien para cimentación mixta, en el que a partir de una cierta profundidad (1-2 m), se encuentra roca consistente, de tal forma que se sustituye una parte de la excavación en roca por la armadura (pernos embebidos en la roca).

7.1.7.1 Cimentación de hormigón en masa

Este tipo de cimentación es el habitual en líneas aéreas y consiste en el hormigonado del anclaje mediante el vertido del hormigón en masa directamente en la excavación realizada al efecto.

La parte superior quedará rematada mediante una bancada cuyas dimensiones se reflejan en los planos correspondientes.

7.1.7.2 Cimentación de anclaje en roca

El procedimiento consiste en anclar el apoyo a la roca mediante pernos embebidos y sujetos a la misma por mortero de cemento, complementándose en su parte superior por medio de un macizo de hormigón en masa unido a la bancada correspondiente.

El mortero de cemento se realizará en una masera adecuada con una dosificación de dos partes de cemento por cada una de agua.

7.1.7.3 Cimentaciones armadas (mixtas)

Este tipo de cimentación se emplea en aquellas zonas en las cuales, a partir de una cierta profundidad (1-2 m), se encuentra roca consistente, de tal forma que se sustituye una parte de la excavación en roca por la armadura (pernos embebidos en la roca).

Las operaciones de excavación y hormigonado son similares a las descritas en el apartado "Cimentaciones de hormigón en masa", variando únicamente, en que tanto la profundidad del hoyo como la longitud del anclaje, son inferiores.

7.1.8 Tomas de tierra

Se puede emplear como conductor de conexión a tierra cualquier material metálico que reúna las características exigidas a un conductor según el apartado 7.2 de la ITC 07 del R.L.A.T.

De esta manera, deberán tener una sección tal que puedan soportar sin un calentamiento peligroso la máxima corriente de descarga a tierra prevista, durante un tiempo doble al de accionamiento de las protecciones. En ningún caso se emplearán conductores de conexión a tierra con sección inferior a los equivalentes en 25 mm² de cobre según el apartado 7.3.2.2 de la ITC 07 del R.L.A.T.

Las tomas de tierra deberán ser de un material, diseño, colocación en el terreno y número apropiados para la naturaleza y condiciones del propio terreno, de modo que puedan garantizar una resistencia de difusión mínima en cada caso y de larga permanencia.

Además de estas consideraciones, un sistema de puesta a tierra debe cumplir los esfuerzos mecánicos, corrosión, resistencia térmica, la seguridad para las personas y la protección a propiedades y equipos exigida en el apartado 7 de la ITC07 del R.L.A.T.

De acuerdo con el RLAT, las zonas en las que se sitúan los apoyos se clasifican de la siguiente forma:

- 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, pero muchas veces al día, por ejemplo, cerca de áreas residenciales o campos de juego. Los lugares que solamente 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.

La toma de tierra de un apoyo es el conjunto de su puesta a tierra y de su mejora de puestas a tierra, $(TT) = (PT) + (MT)$.

El principio básico de la puesta a tierra, es conseguir que la resistencia de difusión de la puesta a tierra sea inferior o igual a 20Ω en los apoyos ubicados en zonas frecuentadas; en las zonas de pública concurrencia, además de cumplirse lo anterior, es obligatorio el empleo de electrodos de difusión en anillo cerrado enterrado alrededor del empotramiento del apoyo. El mismo tratamiento que para las zonas de pública concurrencia deberá tenerse para los apoyos que soporten interruptores, seccionadores u otros aparatos de maniobra.

En el caso de zonas no frecuentadas, consideraremos una resistencia de difusión de 60Ω .

La medición de la resistencia de difusión se realizará después del hormigonado de los hoyos de la cimentación, en caso de anillo y antenas, después de que las zanjas hayan sido tapadas y compactadas, dejando al descubierto, únicamente, los extremos de las varillas para posibles ampliaciones, en caso de no alcanzarse el valor prescrito.

Cuando con la realización de estas puestas a tierra (PT), se alcancen valores superiores de la resistencia de puesta a tierra indicadas anteriormente, se procederá a la mejora de la puesta a tierra (MT), hasta conseguir valores iguales o inferiores a 20Ω en zonas PC, F o AM, o valores iguales o inferiores a 60Ω , en zona NF.

Al efecto, la puesta a tierra se efectuará mediante un sistema mixto de picas y anillos perimetrales de cable de cobre desnudo, con diferentes diseños según la zona de ubicación del apoyo (frecuentada o no) y las características del terreno, tipo de suelo y resistividad.

Así, en todos los casos, los apoyos quedarán unidos a tierra por medio de electrodos constituidos por picas cilíndricas bimetálicas de acero-cobre, de 14,6 mm de diámetro y 1,50 metros de longitud, hincadas en el terreno circundante y conectadas a los montantes por medio de cable de Cu desnudo de 50 mm^2 de sección. En las zonas frecuentadas, de pública concurrencia y para apoyos con elementos de maniobra y/o protección, los montantes y las picas quedarán adicionalmente puestos a tierra mediante un anillo formado por cable de cobre desnudo de 50 mm^2 de sección enterrado a una profundidad mínima de 0,7 m.

Para la realización de las tomas de tierra hay que tener en cuenta que los apoyos son o bien de cimentación monobloque o de macizos independientes.

Para cumplimentar lo mencionado, se ha adoptado para líneas aéreas de alta tensión los criterios siguientes, dependiendo de que el apoyo se ubique en zona de pública concurrencia (PC), frecuentada (F), no frecuentada (NF) o de apoyos de maniobra (AM):

Tabla 6. Puesta a tierra según su zona

Tipo cimentación apoyos		
Zona	Macizos independiente	Monobloque
PC	2 Picas + 2 Anillos	2 Picas + Anillo
F	2 Picas + 2 Anillos	2 Picas + Anillo
NF	2 Picas + 1 Anillo	2 Picas
AM	2 Picas + Anillo	1 Picas + Anillo

7.1.8.1 Tomas de tierra para apoyos con cimentación de macizos independiente.

Apoyos con cimentación en tierra

Zona no frecuentada (NF)

Puesta a tierra, PT

La puesta a tierra se efectuará según el esquema que figura en planos:

- Se instalarán picas en el lateral de dos macizos diagonalmente opuestos, conectados a los anclajes mediante cable de cobre protegido por tubo de plástico.
- Los cables de cobre irán conectados a los anclajes mediante grapas de conexión sencilla.

Mejora de la puesta a tierra, MT.

Si la medida de resistencia de la TT resulta superior a 60Ω , se realizará la mejora según lo indicado en planos, posición 2 que consistirá en:

- La instalación de dos o más picas con sus correspondientes antenas.

Zonas de pública concurrencia (PC), frecuentadas (F) y apoyos de maniobra (AM).

Puesta a tierra, PT

La puesta a tierra se efectuará siguiendo el esquema que figura en planos, esto es:

- Se instalará en una zanja en forma de anillo alrededor de la cimentación el cable de cobre que se conectará a los anclajes. La salida y entrada al anillo se hace a través de un tubo de plástico embebido en el hormigón.
- Se hincarán dos picas directamente en el lateral de los macizos diagonalmente opuestos, una por macizo y se conectarán al anillo.
- La conexión del anillo a los anclajes será mediante grapas de conexión paralela.
- En los macizos no ocupados por la entrada-salida del cable de cobre del primer anillo, se dejarán colocados tubos de plástico embebidos en el hormigón, por si hubiera que realizar mejoras de la puesta a tierra

Mejora de la puesta a tierra, MT

Efectuada la medida de resistencia de la PT, si ésta resulta superior a 20Ω , se realizará la mejora de tierra según se indica en planos:

- Bien instalando cuatro picas sobre el primer anillo, posición 4,
- o bien instalando un segundo anillo de cable de cobre concéntrico al anterior, en una zanja ligeramente más profunda que la del primer anillo, conectándolo a los macizos opuestos a los del primer anillo, posición 6;
- o bien efectuando la combinación de ambas, realizando lo indicado en plano posiciones 4 y 6

Efectuada una segunda medida de la resistencia de la TT, si no ha alcanzado la resistencia prescrita, se efectuará una ampliación de la mejora, posición 8, que consistirá en:

- instalar seis picas conectándolas al segundo anillo mediante grapas de conexión a pica, hasta conseguir que la resistencia de difusión del conjunto de la TT sea inferior o igual a 20Ω .

Apoyos con cimentación mixta o en roca

Las puestas a tierra y sus mejoras, de los apoyos que dispongan de cimentación mixta o roca, siguen los mismos criterios que para las cimentaciones en tierra, como puede verse en los detalles de plano.

La única diferencia entre las TT de cimentaciones mixtas o en roca con las de tierra, es que en las primeras, las picas tanto de puesta a tierra como de mejora, van instaladas en taladros rellenos de polvo de grafito y tierra de la propia excavación, o de algún otro tipo de producto químico.

7.1.8.2 Tomas de tierra para apoyos con cimentación monobloque.

Apoyos con cimentación en tierra

Zona no frecuentada (N)

La puesta a tierra se efectuará según el esquema que figura en planos y consiste en:

- Se instalará una pica en el lateral del macizo de la cimentación, conectada al anclaje mediante cable de cobre protegido por tubo de plástico.
- Los cables de cobre irán conectados a los anclajes mediante grapas de conexión sencilla.

Mejora de la puesta a tierra, MT

Si la medida de resistencia de la TT resulta superior a 60Ω , se realizará la mejora según lo indicado en planos, posición 2 que consistirá en:

- La instalación de dos o más picas con sus correspondientes antenas.

Zonas de pública concurrencia (PC), frecuentadas (F) y apoyos de maniobra (AM).

Puesta a tierra, PT

La puesta a tierra se efectuará siguiendo el esquema que figura en planos, esto es:

- Se instalará en una zanja en forma de anillo alrededor de la cimentación el cable de cobre que se conectará a los anclajes. La salida y entrada al anillo se hace a través de un tubo de plástico embebido en el hormigón.

- Se hincará una pica conectada al anillo de cobre.
- Los cables de cobre irán conectados a los anclajes mediante grapas de conexión paralela.
- En el anclaje opuesto al ocupado por el de entrada-salida del cable de cobre del primer anillo, se dejará colocado tubo de plástico embebido en el hormigón, por si hubiera que realizar mejoras de la puesta a tierra

Mejora de la puesta a tierra, MT

Efectuada la medida de resistencia de la PT, si ésta resulta superior a $20\ \Omega$, se realizará la mejora de tierra según se indica en planos:

- Bien instalando cuatro picas sobre el primer anillo, posición 3,
- o bien instalando un segundo anillo de cable de cobre concéntrico al anterior, en una zanja ligeramente más profunda que la del primer anillo, conectándolo a los macizos opuestos a los del primer anillo, posición 5;
- o bien efectuando la combinación de ambas, realizando lo indicado en plano posiciones 3 y 5

Efectuada una segunda medida de la resistencia de la TT, si no ha alcanzado la resistencia prescrita, se efectuará una ampliación de la mejora, posición 7, que consistirá en:

- instalar seis picas conectándolas al segundo anillo mediante grapas de conexión a pica, hasta conseguir que la resistencia de difusión del conjunto de la TT sea inferior o igual a $20\ \Omega$.

Apoyos con cimentación mixta o en roca

Las puestas a tierra y sus mejoras, de los apoyos que dispongan de cimentación mixta o roca, siguen los mismos criterios que para las cimentaciones en tierra, como puede verse en los detalles de plano.

La única diferencia entre las TT de cimentaciones mixtas o en roca con las de tierra, es que, en las primeras, las picas tanto de puesta a tierra como de mejora, van instaladas en taladros rellenos de polvo de grafito y tierra de la propia excavación, o de algún otro tipo de producto químico.

7.1.9 Aislamiento en conductores y señalización. cumplimiento del r.d. 1432/2008, de 29 de agosto de protección de la avifauna.

A continuación, se exponen las medidas a tomar para la prevención de la electrocución y contra la colisión según el R.D. 1432/2008 de avifauna.

En la línea objeto de este proyecto son de aplicación las medidas de protección de la avifauna en los términos municipales de Belinchón y Huelves.

7.1.9.1 Medidas de prevención contra la electrocución.

Tales medidas serán de obligado cumplimiento en líneas de 2ª y 3ª categoría ($V \leq 66\text{kV}$), salvo que los apoyos metálicos lleven instalados disuasores de posada de eficacia reconocida por el órgano competente.

- Se evitará en la medida de lo posible el uso de apoyos de alineación con cadenas de amarre.
- En todo apoyo con cadenas de amarre, se aislarán los puentes de unión entre los elementos en tensión.
- Los apoyos con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores, etc., se diseñarán de modo que se evite sobrepasar con elementos en tensión las crucetas o semicrucetas no auxiliares de los apoyos.

- En el caso de apoyos con cadena de suspensión en armados en tresbolillo o en doble circuito, la distancia entre la semicruceta inferior y el conductor superior no será inferior a 1,5m.
- En el caso de apoyos con cadena de suspensión en armados tipo bóveda, la distancia entre la cabeza del fuste y el conductor central no será inferior a 0,88m, salvo que se aisle el conductor central 1m a cada lado del punto de enganche (el aislamiento debe cubrir al punto de engrape).
- Longitud mínima de la cadena de suspensión: 600 mm.
- Longitud mínima de las cadenas de amarre: 1000 mm.

7.1.9.2 Medidas de prevención de la colisión.

Los nuevos tendidos eléctricos se proveerán de salvapájaros o señalizadores visuales cuando así lo determine el órgano autonómico competente.

- Los salvapájaros o señalizadores visuales se han de colocar en los cables de tierra, siempre que su diámetro no sea inferior a 20 mm. Los salvapájaros o señalizadores se dispondrán cada 10 metros (si el cable de tierra es único), o alternadamente, cada 20 metros, si son dos cables de tierra paralelos.
- En caso de que la línea carezca de cable de tierra, si se hace uso de un único conductor por fase con diámetro inferior a 20mm, se colocarán las espirales directamente sobre dichos conductores.
- Se dispondrán de forma alterna en cada conductor, y con una distancia máxima de 20 metros entre señales contiguas en un mismo conductor.
- Tamaño mínimo salvapájaros: espirales con 30 cm de diámetro y 1m de longitud, o dos tiras en X de 5x35 cm.

7.1.10 Balizas de señalización, salvapájaros y disuasores de nidificación

Atendiendo a que las zonas por las que discurre la línea están enmarcadas por la Comunidad de Castilla y León como zonas de protección de la avifauna sobre las que son de aplicación las medidas para su salvaguarda contra la colisión y la electrocución, se aplicarán las medidas del RD 1432/2008 pertinentes a estas zonas y a las características de la línea eléctrica de alta tensión proyectada.

- No será necesario la utilización de salvapájaros o señalizadores visuales al no existir cable de tierra y los conductores de fase poseer un diámetro superior a 20 mm.

7.1.11 Numeración y aviso de peligro

En cada apoyo se marcará el número de orden que le corresponda, de acuerdo con el criterio de origen de la línea que se haya establecido.

Todos los apoyos llevarán una placa de señalización de riesgo eléctrico, situada a una altura visible y legible desde el suelo a una distancia mínima de 2 m.

La instalación se señalará con el lema corporativo, en los cruces, zonas de tránsito, etc.

7.2 Conversión aéreo-subterráneo

Se entiende por conversión aéreo subterránea a aquel conjunto formado por apoyo, amarre, pararrayos, terminales, puesta a tierra, cerramiento y obra civil correspondiente que permite la continuidad de la línea eléctrica cuando ésta pasa de un tramo aéreo a otro subterráneo.

En lo que a la disposición del cable subterráneo se refiere, quedarán sobre la parte central de una de las caras del apoyo. La curvatura de los cables en el tramo entre la cruceta y el cuerpo del apoyo respetará en todo momento los radios de curvatura mínimos.

Se establece como valor mínimo de curvatura 16 veces el diámetro del cable.

Una vez en el cuerpo del apoyo se hará uso de estructuras accesorias para el soporte de las abrazaderas o bridas de sujeción de los cables. Estas serán de material no magnético, como nylon, teflón o similar, y se situarán a lo largo del apoyo con una distancia máxima entre ellas de 1,5 metros.

En la parte inferior del apoyo se dispondrá una protección para el cable a través de tubo o canaleta metálicos para cubrir las ternas. Esta protección irá empotrada en la cimentación y quedará obturada en la parte superior con espuma de poliuretano expandido para evitar la entrada de agua. Sobresaldrá 2,5 metros de la cimentación.

7.2.1 Puesta a tierra

7.2.1.1 Apoyos de conversión aéreo-subterráneo

Se realizará la puesta a tierra del propio apoyo con paso aéreo-subterráneo y de los elementos instalados en el mismo. Dicha puesta a tierra se dimensionará según requerimientos de resistencia mecánica y térmica, corrosión, seguridad de personas y protección frente a rayos, tal como se exige en el apartado 7 de la ITC-LAT 07.

7.2.1.2 Autoválvulas

Para cada una de las autoválvulas instaladas se dispondrá un cable de puesta a tierra aislado independiente en el que se instalará un contador de descargas. El conductor a instalar será de cobre y deberá tener una sección mayor a la sección de la pantalla a la que se conecta. El aislamiento será de XLPE con cubierta poliolefina. Deberán soportar una tensión de 15 kV en corriente alterna durante 1 minuto.

La conexión no se podrá ejecutar a través de la estructura del propio apoyo, sino que dispondrá de una línea de tierra propia. El tendido de esta línea seguirá la trayectoria más directa, evitando en todo momento que se formen bucles o espiras alrededor de la estructura del apoyo y teniendo especial cuidado en aislar correctamente el cable para que no se produzcan contactos con la estructura o efectos coronas.

Las puestas a tierra de los pararrayos de cada fase podrán juntarse en una única línea de tierra que se unirá con el cable de salida de la caja de conexión de las pantallas conectándose desde ahí al sistema de tierra del apoyo.

Las características exigidas serán como mínimo las mismas que para los terminales de exterior, disponiendo de la misma línea de fuga y de una corriente de descarga nominal de al menos 10 kA.

Las características mínimas que deben cumplir los pararrayos son las siguientes:

Instalación	Intemperie
Tipo de servicio	Continuo

Tensión nominal (kV)	66
Frecuencia nominal (Hz)	50
Tensión nominal más elevada (kV)	72,5
Tensión nominal pararrayos Ur (kV)	66
Tensión de operación continua Uc (kV)	>52,8
Máxima tensión residual a 2kA_30/60µs (kV)	<150
Máxima tensión residual a 10kA_8/20µs (kV)	<170
Clase de descarga de línea	2
Corriente de cortocircuito 0,2s (kA)	50
Intensidad de descarga nominal 8/20µs (kA)	10
Duración cortocircuito (s)	0,5
Nivel de polución (según IEC 60815)	Heavy
Tensión soportada a impulso tipo rayo	325 kV
Tipo de aislador exterior	Porcelana/Polimerico
Distancia de fuga mínima (mm)	1.812,5
Normativa	IEC 60099-4

7.3 Tramo subterráneo

7.3.1 Características del cable subterráneo

El cable de 66 kV proyectado en el presente proyecto de ejecución cumple con lo especificado en las normas:

- UNE 211632-1: “Cables de energía eléctrica con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas superiores a 36 kV (Um=42 kV) hasta 150 kV (Um=170 kV). Parte 1: Métodos de ensayo y requisitos”.
- UNE 211632-4A: Cables de energía eléctrica con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas superiores a 36 kV (Um=42 kV) hasta 150 kV (Um=170 kV). Parte 4A: Cables unipolares con aislamiento seco de polietileno reticulado y cubierta de poliolefina (tipo 1, 2 y 3).

El cable proyectado es AL HEPRZ1(AS) 36/66 kV 1x300 K Al+H75 con aislamiento HEPR 36/66 kV de aluminio 1x300 mm² de sección y pantalla constituida por hilos de cobre en hélice, con cinta de cobre a contraespira de una sección total de 75 mm² y obturación longitudinal de protección contra el agua.

La composición general de los cables aislados de aluminio con pantalla constituida por alambres de cobre para tensión nominal de 45 kV será la que se muestra a continuación:

Imagen 3. Cable 36/66 kV



- 1. Conductor: cuerda de hilos de aluminio de sección circular compactados clase 2K según IEC 60228.
- 2. Semiconductora interna: capa extruida de material conductor.
- 3. Aislamiento: etileno-propileno de alto módulo (HEPR).
- 4. Semiconductora externa: capa extrusionada de material conductor.
- 6. Pantalla metálica: hilos de cobre en hélice con cinta de cobre a contraespira.
- 7. Separador: cinta poliéster.
- 8. Cubierta exterior: mezcla termoplástica a base de poliolefina Z1, tipo DMZ2 (Flamex) no propagadora de la llama y no propagadora de incendio de color rojo con dos bandas verdes.

Las características del cable aislado subterráneo empleado en la línea eléctrica serán:

Tabla 1. Característica del cable aislado

Tipo	1x300 mm ² AL HEPRZ1 36/66 kV
Material del conductor	Aluminio
Material de la pantalla	Cobre
Material del aislamiento	HEPR
Sección del conductor	300 mm ²
Sección de la pantalla	75 mm ²
Diámetro del conductor	20,2 mm
Diámetro exterior del cable	56,2 mm
Cubierta exterior	Poliolefina Z, tipo DMZ2 no propagadora de la llama y no propagadora de incendio (AS)

Esfuerzo máximo de tiro	900 kg
Peso aproximado	4,4 kg/m
Radio mínimo de curvatura estático	0,9 m
Radio mínimo de curvatura dinámico	1,2 m

Las características eléctricas del cable mencionado son:

Tabla 2. Características eléctricas del cable aislado

Tensión nominal simple, U_0	36 kV
Tensión nominal entre fases, U	66 kV
Tensión máxima entre fases, U_m	72,5 kV
Tensión a impulsos, U_p	325 kV
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente	90°C
Temperatura máxima admisible en el conductor en régimen de cortocircuito	250°C

7.3.2 Parámetros de instalación

Tabla 3. Características de la instalación

Detalles del recorrido	
Longitud	1.115,4 m
Número de circuitos	1
Número de conductores por fase	1
Longitud total de cable (planta)	3x1.115,4 = 3.346,2 m
Instalación y condiciones de operación	
Instalación	Enterrado bajo tubo
Configuración del circuito	Tresbolillo
Profundidad de zanja: Bajo tubo	1,408 m
Conexión de las pantallas	Mid-Point
Temperatura máxima del conductor	90°C

La línea discurrirá en zanja con los cables dispuestos a tresbolillo en el interior de tubos: se cumplirá lo especificado en el punto 4.2 de la ITC-LAT 06. Resistividad térmica del terreno: 3,0 K·m/W y 25°C de temperatura del terreno.

7.3.3 Terminales

La conexión del cable subterráneo con el tramo de línea aéreo se realizará en apoyos de paso aéreo-subterráneo (PAS) mediante terminales tipo premoldeados de exterior, garantizando la unión eléctrica del conductor y manteniendo el aislamiento hasta el punto de conexión.

En este tipo de terminales de exterior, el aislamiento externo es un aislador de composite o porcelana anclado a una base metálica de fundición, que a su vez está soportada por una placa. Esta placa está montada sobre aisladores de pedestal los cuales se apoyan en la estructura metálica donde se instala el terminal.

Los terminales cumplen con los ensayos y requerimientos fijados por la norma:

- UNE 211632-1: “Cables de energía eléctrica con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas superiores a 36 kV (Um=42 kV) hasta 150 kV (Um=170 kV). Parte 1: Métodos de ensayo y requisitos”.

Para asegurar el control del campo eléctrico que aparece en la interfase entre el cable y el terminal, se emplea un cono deflector elástico preformado que queda instalado dentro del aislador.

En el extremo superior, el arranque del conector está protegido por una pantalla contra las descargas parciales.

Este tipo de terminal permite aislar la pantalla del soporte metálico, lo cual es necesario para las conexiones especiales de pantallas flotantes en un extremo. Así mismo, se pueden realizar ensayos de tensión de la cubierta para mantenimiento.

La conexión del conductor del cable a su conector se hace por medio de manguitos de conexión a presión. Esta conexión está diseñada para resistir los esfuerzos térmicos y electromecánicos durante su funcionamiento normal y en cortocircuito.

La pantalla se conecta a la base metálica, de donde se deriva la conexión a tierra. Las tomas de tierra deben permitir la conexión a tierra de la pantalla del cable y deben estar dimensionadas para poder derivar las corrientes de cortocircuito definidas para el cable. Así mismo deben ser accesibles para permitir su desmontaje en caso de necesidad.

Los terminales de composite se diseñarán de tal manera que no requieran control de presión ni control de nivel si llevan fluido aislante, aceite de silicona o similar, en su interior.

En presencia de contaminación, la respuesta del aislamiento externo del terminal a las tensiones a frecuencia industrial cobra una importancia capital, lo que debe tenerse en cuenta en su diseño.

La línea de fuga de estos terminales ha de estar de acuerdo con la siguiente tabla de acuerdo con lo establecido en la norma IEC-60815-1

Nivel de contaminación	Línea de fuga específica nominal mínima (mm/kV)
Very light	22,0
Light	27,8
Medium	34,7
Heavy	43,3

Very heavy	53,7
------------	------

El aislamiento externo debe soportar la tensión más elevada de la red en condiciones de contaminación continua. En la siguiente figura se pueden ver las principales partes de este tipo de terminales:

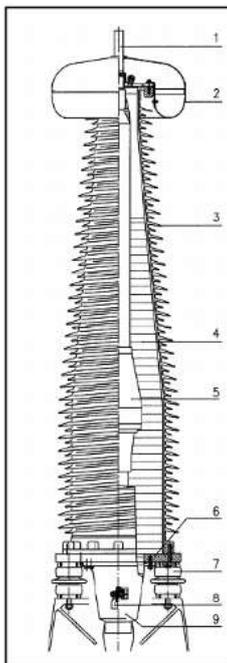


Imagen 4. Terminales

Tabla 4. Componentes terminal

Nº	Elemento
1	Vástago de conexión aérea
2	Deflector de tensión (aluminio)
3	Aislador exterior
4	Fluido aislante de relleno
5	Cono premoldeado de control de campo
6	Base soporte (aluminio)

7	Aisladores soportes cerámicos
8	Conexión toma de tierra
9	Boca de entrada del cable

Se instalarán tres (3) terminales exteriores de 1.452,47 mm de línea de fuga mínima en el apoyo Ap.11 (PAS).

Las características mínimas que deben cumplir terminales exteriores son las siguientes:

Corriente	Alterna trifásica
Tensión nominal (kV)	66
Frecuencia nominal (Hz)	50
Tensión nominal más elevada (kV)	72,5
Nivel de polución (según IEC 60815)	Heavy
Tensión soportada a impulso tipo rayo (kV)	325
Intensidad mínima admisible en cortocircuito (no adiabático)	
- Conductor (kA)	40,45
- Pantalla (kA)	25,59
- Duración cortocircuito (s)	0,5
- Temperatura inicial conductor / pantalla (°C)	90 / 80
- Temperatura final / pantalla (°C)	250 / 250
Sección de cable (mm ²)	300
Tipo de aislador exterior	Porcelana/Polimerico
Distancia de fuga mínima (mm)	1.812,50
Normativa Ensayos	IEC 60840

7.3.4 Empalmes

Se utilizarán empalmes de tipo recto con seccionamiento de pantalla y cuerpo premoldeado. Los empalmes serán probados en fábrica previamente al montaje para cada instalación en particular. Proporcionarán al menos las mismas características eléctricas y mecánicas que los cables que unen, teniendo al menos la misma capacidad de transporte, mismo nivel de aislamiento, corriente de cortocircuito, protección contra entrada de agua, protección contra degradación, etc.

Cada juego de empalmes se suministrará con todos los accesorios y pequeño material necesarios para la confección y conexionado de pantallas. Las líneas se dispondrán en tramos de la mayor longitud posible, reduciendo el número de empalmes al mínimo necesario. Los empalmes deberán cumplir con los ensayos y requerimientos fijados por la norma:

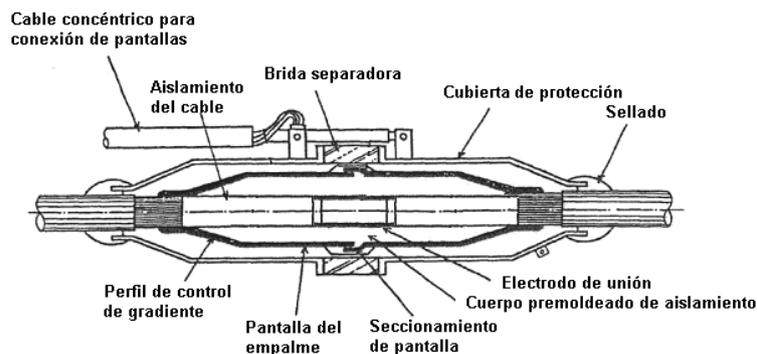
- UNE 211632-1: “Cables de energía eléctrica con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas superiores a 36 kV ($U_m=42$ kV) hasta 150 kV ($U_m=170$ kV). Parte 1: Métodos de ensayo y requisitos”.

Composición

La composición general de los empalmes para los cables unipolares de aislamiento seco será:

- Cubierta de protección y material de protección sobre la pantalla.
- Pantalla del empalme y perfil de control de gradiente.
- Cuerpo premoldeado de aislamiento.
- Conexión de los conductores y electrodo de unión.
- Accesorios y pequeño material.

Imagen 5. Empalmes



Características constructivas:

Los empalmes deberán ser diseñados y probados para cada cable aislado en particular. Se comprobará especialmente las compatibilidades con respecto a:

- Tipo de construcción del cable
- Dimensiones (diámetro, área, excentricidades, tolerancias máximas)
- Temperatura máxima de operación (tanto en continuo como bajo sobrecargas y cortocircuito)
- Aislamiento y capas semiconductoras (compatibilidad física y química)

- Esfuerzos mecánicos y de cortocircuito
- Gradiente máximo de campo eléctrico
- Tipo de instalación a la que se destina

Cubierta de protección.

Protegerá el empalme, soportará los esfuerzos mecánicos y proporcionará estanqueidad total frente a la entrada de agua. En caso de empalme con separador de pantallas, la cubierta protectora deberá estar provista de una salida para el cable concéntrico de conexión de pantallas y una brida aislada separadora.

En la zona de unión con el cable dispondrá de protección mecánica adecuada para evitar daños causados por la transmisión de esfuerzos (tanto axiales como transversales) y garantizar la completa estanqueidad de la unión (barrera contra la penetración radial y longitudinal de agua).

Como protección de la pantalla dentro de la carcasa exterior se emplearán materiales adecuados para evitar la entrada de agua, como relleno de material sellador antihumedad, manguito retráctil, etc.

Pantalla de empalme

Permitirá la conexión de pantallas sin suponer una disminución de la sección efectiva de las mismas. Se dispondrá del adecuado perfil de control de gradiente. En caso de empalme con separador de pantallas, las pantallas y semiconductoras exteriores quedarán separadas mediante un anillo seccionador aislante.

Cuerpo premoldeado de aislamiento

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

- Capa semiconductoras interna.
- Aislamiento HEPR.
- Capa semiconductoras externa.

El material del cuerpo premoldeado será EDPM o goma de silicona realizado mediante vulcanización a alta temperatura.

El cuerpo premoldeado deberá estar ensayado completamente en fábrica.

Conexión de los conductores

Se realizará mediante conector metálico de compresión y electrodo de unión, con el objetivo de asegurar la misma capacidad de transporte y soportar los esfuerzos termomecánicos del cable.

Accesorios

Incluye todos los accesorios (cableado, petacas, etc.) y pequeño material (cinta, masillas, etc.) necesarios para la correcta confección del empalme.

Los empalmes se realizarán en cámaras de empalme.

7.3.5 Cable de comunicaciones

Como cable de comunicaciones subterráneo se empleará un cable de fibra óptica dieléctrico, cuyas principales características son las siguientes:

Tipo	OSGZ1-24/0
Nº de fibras	24
Diámetro del cable	≥16 mm
Peso	<280 kg/km
Tensión máxima de tiro	≤250 kg
Radio mínimo de curvatura	330 mm
Resistencia a la compresión	≥30 kg/cm

El cable de comunicaciones irá instalado a lo largo de todo su recorrido en el interior de un tubo de 110mm de diámetro en el interior de la misma zanja que los cables de 66 kV.

7.3.6 Obra civil

7.3.6.1 Zanja del cable

Las canalizaciones de líneas subterráneas se proyectarán teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- La canalización discurrirá evitando siempre los ángulos pronunciados.
- El radio de curvatura después de colocado el cable será al menos 16 veces el diámetro. Los radios de curvatura en operaciones de tendido serán como mínimo el doble de las indicadas anteriormente en su posición definitiva.
- Los cruces de calzadas serán perpendiculares al eje de la calzada o vial.
- Los cruces de arroyos o cauces de agua serán perpendiculares al eje del mismo.

La zanja a utilizar en el presente estudio estará formada por un circuito enterrado en el interior de tubos, dispuestos al tresbolillo.

La canalización será entubada, constituida por tubos corrugados en su cara exterior y con una superficie lisa en su cara interior, de polietileno de alta densidad y de 160 mm de diámetro exterior. Se instalará un cable por tubo.

Además de los tubos de los cables de potencia, se colocará dos tubos de polietileno de doble pared de 110 mm de diámetro exterior para la instalación del cable de acompañamiento de cobre aislado 0,6/1 kV necesario en el tipo de conexión de las pantallas Single Point o Mid Point. Se realizará su transposición en la mitad del tramo Single Point.

Los cambios de dirección de las canalizaciones entubadas deberán respetar los radios de curvatura indicados por el fabricante, siempre que sea posible, dicho radio será 50 veces el diámetro exterior del tubo (8 m). Con la finalidad de no sobrepasar las tensiones de tiro indicadas en las normas aplicables a cada tipo de cable en los tramos rectos y para facilitar la manipulación de los cables se podrá disponer de calas de tiro mediante la instalación de arquetas intermedias ciegas.

La entrada de todos los tubos en las arquetas, deberá quedar debidamente selladas en los extremos y la cara de acceso deberá ser perpendicular a la pared de la arqueta.

Los laterales de la zanja deberán ser adecuados para que no desprendan piedras o tierra. La zanja se protegerá con estribas u otros medios para asegurar su estabilidad y además debe permitir las operaciones de tendido de los tubos y cumplir con las condiciones de paralelismo, cuando haya.

La canalización deberá ir acompañada por 1 tubo de PE de 110 mm de diámetro para telecomunicaciones.

Se deberá realizar una inspección visual antes de montar cada tubo, desechando los tubos que presenten fisuras, aplastamiento o cualquier tipo de defecto.

Las uniones de los tubos deberán tener un sellado eficaz con objeto de evitar que a través de las mismas puedan penetrar materiales sólidos o líquidos procedentes de los trabajos a realizar durante la obra civil o posteriormente que pudieran dificultar el desarrollo normal de las operaciones de tendido de los cables (agua, barro, hormigón, etc.).

Durante el trabajo de colocación de los tubos de los cables de potencia y acompañamiento, se deberá instalar en su interior una cuerda guía para facilitar su posterior mandrilado. Estas guías deberán ser de nylon de diámetro no inferior a 10 mm.

Los tubos de los cables de potencia y los cables de acompañamiento necesarios en el tipo de conexión de las pantallas Single Point, inmovilizados y perfectamente alineados se tenderán sobre lecho de arena.

Posteriormente, se procederá a colocar los tubos de telecomunicaciones. Durante el trabajo de colocación de los tubos se deberá instalar en su interior una cuerda guía para facilitar su posterior mandrilado. Estas guías deberán ser de nylon de diámetro no inferior a 5 mm.

Una vez colocados los tubos de telecomunicaciones, inmovilizados y perfectamente alineados y unidos se rellenará con terreno seleccionado hasta alcanzar la cota específica (ver plano de canalizaciones). En este punto se incorporará la protección mecánica y se rellenará en capas compactadas no superiores a 250 mm de espesor, con tierra procedente de la excavación, arena, o todo-uno normal al 95% P.M. (Proctor Modificado). Dentro de esta capa de relleno, se instalarán las cintas de polietileno de 150 mm de ancho, indicativas de la presencia de cables eléctricos de alta tensión.

Por último, se procederá a la reposición del pavimento o firme existente en función de la zona por la que transcurra la instalación.

Para la definición de la sección necesaria del cable se han considerado los parámetros siguientes:

Temperatura del terreno (°C)	25
Resistividad térmica del terreno (k·m/W)	3

7.3.6.2 Cámaras de empalme

Al tratarse de una línea cuya longitud total supera la longitud de cable de una bobina, será necesario instalar cámaras de empalme para conexionar los conductores de varias bobinas. El tramo entre dos cámaras de empalme será siempre inferior a la longitud máxima del cable suministrado en una bobina.

Estas cámaras se instalarán subterráneas y no accesibles, serán prefabricadas y totalmente estancas.

Se ajustarán a la pendiente del terreno con un máximo del 10%.

Las cámaras de empalme serán prefabricadas de hormigón armado y deberán ir colocadas sobre una losa de hormigón armado nivelada con las características definidas en el plano correspondiente.

La colocación de la cámara se deberá efectuar con una grúa adecuada. Una vez colocada la cámara en su sitio se procederá a la conexión de los distintos tubos de la canalización con la cámara. Una vez embocados los tubos se procederá a su sellado.

Una vez realizados los empalmes de los cables y las pruebas de instalación acabada, y tras colocar un lecho de arena para los mismos, la cámara se rellenará de arena de río o mina, de granulometría de 0,2 y 1 mm, y de una resistividad térmica de 1 K.m/W, colocándose encima de este relleno de arena una capa de hormigón HM-20 de 10 cm como protección. Posteriormente, se colocará otra capa de relleno de arena procedente de la excavación, se instalarán cintas de señalización.

En las cámaras en las que se deba realizar puesta a tierra de las pantallas, ya sea directa o a través de descargadores, deben hincarse por cada circuito cuatro picas en las esquinas y unirse formando un anillo mediante conductor de cobre desnudo de mínimo 50 mm².

7.3.6.3 Arquetas de telecomunicaciones

Para poder realizar los empalmes de los cables de fibra óptica necesarios para las comunicaciones entre las subestaciones y como ayuda para el tendido de los mismos se requiere la instalación de arquetas de telecomunicaciones.

Las arquetas serán dobles (de 905mm x 1.440 mm x 1.150 mm) y se emplearán para facilitar el tendido de los cables de telecomunicaciones y tener puntos intermedios en el caso de averías. Para efectos del presente proyecto, se instalarán únicamente arquetas dobles en la parte exterior de las cámaras de empalmes de los cables de potencia y en las adyacencias de los apoyos PAS. Los cables de telecomunicaciones se desviarán desde la zanja conjunta con los cables de potencia hacia la arqueta de telecomunicaciones, a través de una zanja de telecomunicaciones.

Las arquetas serán de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) con nervaduras exteriores para soportar la presión exterior. Se emplearán como “encofrado perdido” rellenando sus laterales tanto paredes como solera con hormigón HM-20 de 20 cm de espesor mínimo.

También podrán ser construidas in situ.

Las arquetas dispondrán de tapa de fundición.

7.3.7 Tendido

Antes de empezar el tendido de los cables se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el mismo. En el caso de trazado con desnivel se realizará el tendido en sentido descendente.

En el caso de tender cables en el interior de tubos, antes del tendido se eliminará de su interior la suciedad o tierra garantizándose el paso de los cables mediante mandrilado acorde a la sección interior del tubo o sistema equivalente. Durante el tendido se deberán embocar correctamente para evitar la entrada de tierra o de hormigón.

Las bobinas se situarán alineadas con la traza de la línea. Si existiesen curvas o puntos de paso dificultoso próximos a uno de los extremos de la canalización, es preferible situar la bobina en ese extremo a fin de que el coeficiente de rozamiento sea el menor posible.

El traslado de las bobinas se realizará mediante vehículo transportándose siempre de pie y nunca tumbadas sobre uno de los platos laterales. Las bobinas estarán inmovilizadas por medio de cuñas adecuadas para evitar el desplazamiento lateral.

Tanto las trabas como las cuñas es conveniente que estén clavadas en el suelo de la plataforma de transporte. El eje de la bobina se dispondrá preferentemente perpendicular al sentido de la marcha. La bobina estará protegida con duelas de madera, por lo que debe cuidarse la integridad de las mismas, ya que las roturas suelen producir astillas hacia el interior con el consiguiente peligro para el cable. El manejo de la misma se debe efectuar mediante grúa quedando terminantemente prohibido el desplazamiento de la bobina rodándola por el suelo. La bobina se suspenderá mediante una barra de dimensiones suficientes que pase por los agujeros centrales de los platos. Las cadenas o sirgas de izado tendrán un separador por encima de la bobina que impida que se apoyen directamente sobre los platos. Estará terminantemente prohibido el apilamiento de bobinas. El almacenamiento no se hará sobre suelo blando, y habrá que evitar que la parte inferior de la bobina esté permanentemente en contacto con agua. En lugares húmedos habrá que disponer de una ventilación adecuada, separando las bobinas entre sí. Si las bobinas tuvieran que estar almacenadas durante un periodo largo, es aconsejable cubrirlas para que no estén expuestas directamente a la intemperie.

Cuando la bobina esté suspendida por el eje, de forma que pueda hacerse rodar, se quitarán las duelas de protección, de forma que ni ellas ni el útil empleado para desclavarlas puedan dañar al cable, y se inspeccionará la superficie interior de las tapas para eliminar cualquier elemento saliente que pudiera dañar al cable (clavos, astillas, etc.)

Durante el tendido, en todos los puntos estratégicos, se situarán los operarios necesarios provistos de radio-teléfonos y en disposición de poder detener la operación de inmediato. Los radio-teléfonos se probarán antes del inicio de cualquiera de las operaciones de tendido.

A la salida de la bobina es recomendable colocar un rodillo de mayor anchura con protección lateral para abarcar las distintas posiciones del cable a lo ancho de la bobina. La extracción del cable se realizará por la parte superior de la bobina mediante la rotación de la misma, alrededor de su eje.

La extracción del cable, tirando del mismo, deberá estar perfectamente sincronizada con el frenado de la bobina. Al dejar de tirar del cable habrá que frenar inmediatamente la bobina. Estará terminantemente prohibido someter al cable a esfuerzos de flexión que pueden provocar su deformación permanente, con formación de oquedades en el aislamiento y la rotura o pérdida de sección en las pantallas. Se observará el estado de los cables a medida que vayan saliendo de la bobina con objeto de detectar los posibles deterioros.

La velocidad de tendido será del orden de 2,5 a 5 metros por minuto y será preciso vigilar en todo momento que no se produzcan esfuerzos laterales importantes con las aletas de la bobina.

En el caso de temperaturas inferiores a 5°C, el aislamiento de los cables adquiere una cierta rigidez que no permite su manipulación. Así pues, cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5°C no se permitirá realizar el tendido del cable. Una vez instalado el cable, deben taparse las bocas de los tubos para evitar la entrada de gases, aguas o roedores, mediante la aplicación de espuma de poliuretano que no esté en contacto con la cubierta del cable.

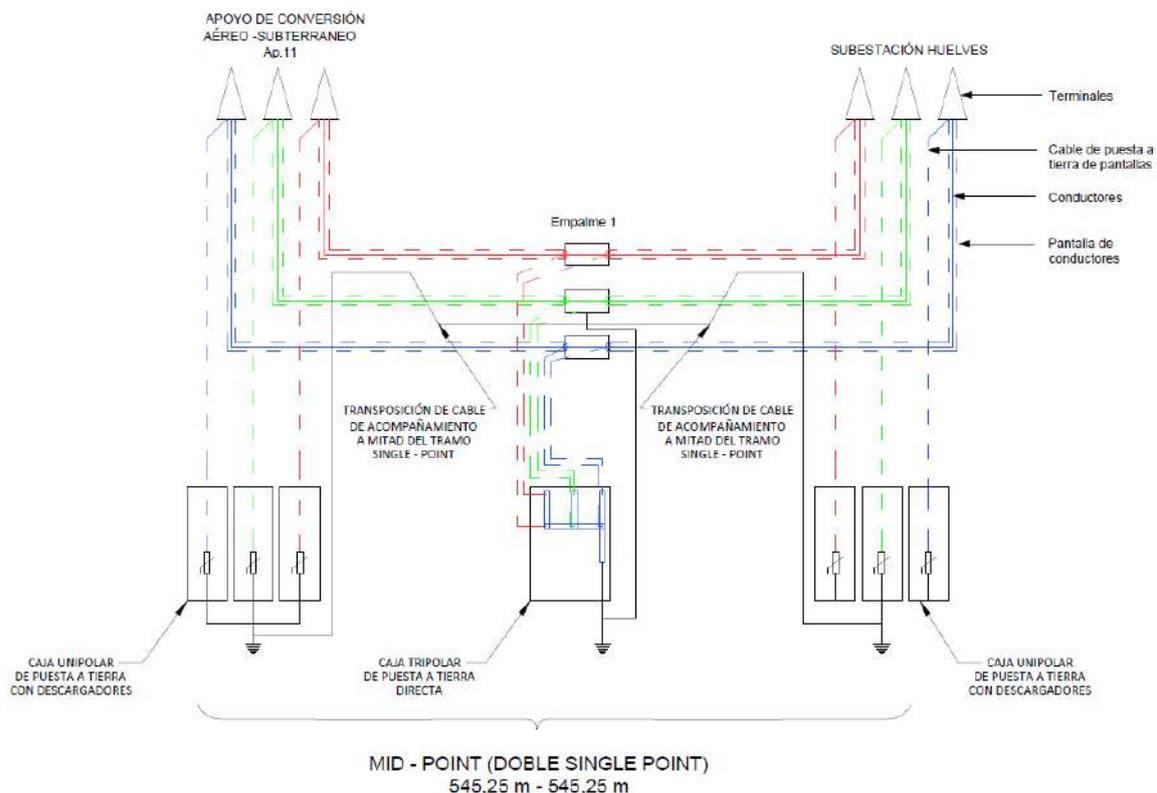
En ningún caso se dejarán en la canalización y zona de elaboración de las botellas terminales los extremos del cable sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos. Lo mismo es aplicable al extremo de cable que haya quedado en la bobina. Para este cometido, se deberán usar manguitos termorretráctiles.

En el extremo del cable en el que se vaya a confeccionar una botella terminal se eliminará una longitud de 2,5 m, ya que al haber sido sometidos los extremos del cable a mayor esfuerzo, puede presentarse desplazamiento de la cubierta en relación con el resto del cable.

7.3.8 Puesta a tierra

El sistema de conexión de las pantallas diseñado para el proyecto objeto de este documento está conformado por un tramo “Mid-point”, también conocido como “Doble single-point”.

En el sistema single-point, se conectan rígidamente a tierra las pantallas de los tres cables en un extremo de la línea, conectándose el otro extremo a tierra a través de descargadores. Cada circuito se debe acompañar con un cable de cobre equipotencial de continuidad de tierra, el cual tendrá una sección mínima igual a la sección de la pantalla del cable. El cable equipotencial, para la configuración de cables utilizada en el presente proyecto, debe transponerse a la mitad de la longitud de cada tramo single-point para evitar corrientes de circulación y pérdidas de potencia por este conductor. En el presente proyecto el cable equipotencial tendrá una sección de 120 mm².



7.3.9 Ensayos

Los cables de potencia y accesorios utilizados deberán cumplir todos los ensayos de rutina, ensayos tipo y ensayos de precalificación indicados en la norma:

- UNE 211632-1: “Cables de energía eléctrica con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones asignadas superiores a 36 kV (Um=42 kV) hasta 150 kV (Um=170 kV). Parte 1: Métodos de ensayo y requisitos”.

Para comprobar que todos los elementos que constituyen la instalación (cable, empalmes, terminales, etc...) se han instalado correctamente se deberán realizar los siguientes ensayos sobre la instalación totalmente terminada:

- Ensayo de verificación del orden de fases.

El objeto de este ensayo es realizar la comprobación y el timbrado de las fases para asegurar que no ha habido ningún cruzamiento de las mismas durante el tendido o durante la confección de los accesorios.

- Ensayo de medida de la resistencia del conductor

El objeto de este ensayo es verificar la continuidad del cable y realizar la medida de su resistencia en corriente continua.

- Ensayo de medida de la resistencia de la pantalla

El objeto de este ensayo es verificar la continuidad de la pantalla y realizar la medida de su resistencia en corriente continua.

- Ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta exterior del cable.

El objeto de este ensayo es comprobar que la cubierta exterior del cable no ha sido dañada accidentalmente durante el transporte, almacenamiento, manipulación o tendida del cable.

Este ensayo se realizará mediante un generador portátil, aplicando una tensión continua de 10 kV entre la pantalla metálica y tierra durante un minuto.

- Ensayo de descargas parciales

La generación de la tensión de ensayo para la medida de las descargas parciales se realizará mediante un generador resonante de frecuencia variable en corriente alterna. La onda de tensión será prácticamente sinusoidal y de frecuencia comprendida entre 20 y 300 Hz.

La tensión de ensayo se elevará escalonadamente hasta la tensión de pre-stress que se mantendrá durante 10 segundos. Luego se reducirá lentamente el nivel de tensión hasta la tensión de ensayo a la que se realizarán la medida de las descargas parciales.

La duración del ensayo será la mínima necesaria para cada medida, teniendo en cuenta que será necesario repetir el proceso tantas veces como accesorios disponga la línea (siempre que no sea posible la medida simultánea utilizando fibra óptica, conexión por radio o Internet, etc.).

- Ensayo de tensión sobre el aislamiento.

La finalidad de este ensayo es asegurar que no se ha dañado el aislamiento del cable durante los trabajos previos, de manera que se pueda poner en servicio el cable con las suficientes garantías.

El método operativo será aplicar una tensión alterna a frecuencia industrial (50 Hz) entre conductor y la pantalla de durante un tiempo determinado.

- Ensayo de medida de la capacidad

Para cada una de las fases se deberá medir la capacidad entre el conductor y la pantalla metálica y la $\tan(\delta)$.

- Ensayo de medida de impedancias

El objeto de este ensayo es realizar una serie de medidas de impedancias que permita obtener la impedancia en secuencia directa y la impedancia homopolar de la instalación.

- Verificación de las conexiones del sistema de puesta a tierra.

Una vez realizados todos los ensayos se verificará que las conexiones del sistema de puesta a tierra de la instalación (cajas de puesta a tierra, puesta a tierra de terminales y empalmes, puesta a tierra de las pantallas, conexión de autoválvulas, etc...) se corresponde con la proyectada para la instalación.

8 DISTANCIAS DE SEGURIDAD. CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

8.1 Tramo aéreo

8.1.1 Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Teniendo en cuenta el apartado 5.2 de la ITC LAT 07, para la tensión más elevada de la red $U_s = 72,5$ kV (dado que la tensión nominal es de 30 kV), se tiene que las distancias serán:

- $D_{el} = 0,70$ m.
- $D_{pp} = 0,80$ m.

Siendo D_{el} la distancia externa de aislamiento a masa, ya sea la torre o un obstáculo externo, y D_{pp} distancia de aislamiento para prevenir descarga entre conductores.

Como se indica en el apartado 5.2 del Reglamento, las distancias externas mínimas de seguridad $D_{add} + D_{el}$ deben ser siempre superiores a 1,1 veces a_{som} , distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta, entre las partes con tensión y las partes puestas a tierra.

$$1,1 \cdot a_{som} = 1,1 \cdot (L_{cad} + D_{cad}) = 1,1 \cdot (0,78) = 0,858 \text{ m}$$

Para el caso de distancia a torre, la distancia no será menor a D_{el} al ser una parte puesta a tierra.

Además, es necesario añadir una distancia de aislamiento adicional D_{add} , para asegurar distancias mínimas de seguridad a suelo, líneas,... sea superior a D_{el} .

8.1.2 Prescripciones especiales

En ciertas situaciones, como cruzamientos y paralelismos con otras líneas o con vías de comunicación o sobre zonas urbanas, y con objeto de reducir la probabilidad de accidente aumentando la seguridad de la línea, además de las consideraciones generales que se exponen en todo el documento, deberán cumplirse las prescripciones especiales que se detallan en el presente apartado.

No será necesario adoptar disposiciones especiales en los cruces y paralelismos con cursos de agua no navegables, caminos de herradura, sendas, veredas, cañadas y cercados no edificados, salvo que estos últimos puedan exigir un aumento en la altura de los conductores.

En aquellos tramos de línea en que, debido a sus características especiales y de acuerdo con lo que más adelante se indica, haya que reforzar sus condiciones de seguridad, no será necesario el empleo de apoyos distintos de los que corresponda establecer por su situación en la línea (alineación, ángulo, anclaje, etc.), ni la limitación de longitud en los vanos, que podrá ser la adecuada con arreglo al perfil del terreno y a la altura de los apoyos. Por el contrario, en dichos tramos serán de aplicación las siguientes prescripciones especiales:

- a) Ningún conductor o cable de tierra tendrá una carga de rotura inferior a 1.200 daN en líneas de tensión nominal superior a 30 kV, ni inferior a 1.000 daN en líneas de tensión nominal igual o inferior a 30 kV. En estas últimas, y en el caso de no alcanzarse dicha carga, se pueden añadir al conductor un cable fiador de naturaleza apropiada, con una carga de rotura no inferior a los anteriores valores. Los conductores y cables de tierra no presentarán ningún empalme en el vano de cruce,

admitiéndose durante la explotación y por causa de la reparación de averías, la existencia de un empalme por vano.

- b) Se prohíbe la utilización de apoyos de madera.
- c) Los coeficientes de seguridad de cimentaciones, apoyos y crucetas, en el caso de hipótesis normales, deberán ser un 25% superiores a los establecidos para la línea en los apartados 3.5 y 3.6. Esta prescripción no se aplica a las líneas de categoría especial, ya que la resistencia mecánica de los apoyos se determina considerando una velocidad mínima de viento de 140 km/h y una hipótesis con cargas combinadas de hielo y viento.
- d) La fijación de los conductores al apoyo deberá ser realizada de la forma siguiente:
 - d.1 En el caso de líneas sobre aislador rígido se colocarán dos aisladores por conductor, dispuestos en forma transversal al eje del mismo, de modo que sobre uno de ellos apoye el conductor y sobre el otro un puente que se extienda en ambas direcciones, y de una longitud suficientes para que en caso de formarse el arco a tierra sea dentro de la zona del mismo. El puente se fijará en ambos extremos al conductor mediante retenciones o piezas de conexión que aseguren una unión eficaz y, asimismo, las retenciones del conductor y del puente a sus respectivos aisladores serán de diseño apropiado para garantizar una carga de deslizamiento elevada.
 - d.2 En el caso de líneas con aisladores de cadena, la fijación podrá ser efectuada de una de las formas siguientes:
 - a) Con dos cadenas horizontales de amarre por conductor, una a cada lado del apoyo.
 - b) Con una cadena sencilla de suspensión, en la que los coeficientes de seguridad mecánica de herrajes y aisladores sean un 25% superiores a los establecidos en los apartados 3.3 y 3.4, o con una cadena de suspensión doble. En estos casos deberá adoptarse alguna de las siguientes disposiciones:
 - b.1 Refuerzo del conductor con varillas de protección (armor rod).
 - b.2 Descargadores o anillos de guarda que eviten la formación directa de arcos de contorneamiento sobre el conductor.
 - b.3 Varilla o cables fiadores de acero a ambos lados de la cadena, situados por encima del conductor y de longitud suficiente para que quede protegido en la zona de formación del arco. La unión de los fiadores al conductor se hará por medio de grapas antideslizantes.

Para el pintado de color verde en los apoyos de las líneas aéreas de transporte de energía eléctrica de alta tensión, o cualquier otro pintado que sirva de mimetización con el paisaje, el titular de la instalación deberá contar con la aceptación de los Organismos competentes en materia de misiones de aeronaves en vuelos a baja cota con fines humanitarios y de protección de la naturaleza.

8.1.3 Distancias en el apoyo

8.1.3.1 Distancias entre conductores

La distancia de los conductores sometidos a tensión mecánica entre sí, así como entre los conductores y los apoyos, debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito ni entre fases ni a tierra, teniendo presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

Con este objeto, la separación mínima entre conductores se determinará por la fórmula siguiente:

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

en la cual:

D = Separación entre conductores en metros.

K = Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento.

F = Flecha máxima en metros según el apartado 3.2.3.

L = Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos L=0.

K' = 0,75 al tener tensión nominal de 45 kV.

D_{pp} = 0,8 m.

La distancia entre conductores, calculada en condición de flecha máxima temperatura (F_{máx} 85°C) se muestra en la siguiente tabla:

Ap. Ini	Ap. Fin	Flecha (m)	K	L	K'	D _{pp} (m)	D _{min} (m)	D _{real} (m)
2	3	6,4	0,65	0,94	0,75	0,7	2,286	3,924
3	4	3,39	0,65	0,94	0,75	0,7	1,878	2,766
4	5	5,06	0,65	0,94	0,75	0,7	2,117	2,773
5	6	3,91	0,65	0,94	0,75	0,7	1,956	2,769
6	7	5,37	0,65	0,94	0,75	0,7	2,158	2,757
7	8	2,3	0,65	0,94	0,75	0,7	1,695	2,794
8	9	2,47	0,65	0,94	0,75	0,7	1,725	2,766
9	10	5,42	0,65	0,94	0,75	0,7	2,164	2,772
10	11	4,15	0,65	0,94	0,75	0,7	1,991	2,758
11	12	6,54	0,65	0,94	0,75	0,7	2,303	2,793

8.1.3.2 Distancia entre conductores y partes puestas a tierra

No será inferior a D_{el} = 0,70 metros, según el apartado 5.4.2. de la ITC-LAT 07.

Las distancias de los conductores y accesorios en tensión a los apoyos son superiores a este límite.

8.1.3.3 Desviación de la cadena de aisladores

Se calcula el ángulo de desviación de la cadena de aisladores en los apoyos de alineación, con presión de viento mitad de lo establecido con carácter general.

A continuación, se ofrece una tabla con los resultados de estos cálculos para cada uno de los apoyos de alineación-suspensión.

DESVIACIÓN DE LAS CADENAS DE SUSPENSIÓN DE LOS APOYOS					
APOYO		DES. INT. MÁX. ADMISIBLE (deg.)	DES. EXT MÁX. ADMISIBLE. (deg.)	DESVIACIÓN INTERIOR (deg.)	DESVIACIÓN EXTERIOR (deg.)
Nº	TIPO				
Ap.3	ALISIO-25-20-TH14a	-41	41	-16,3	16,3
Ap.4	ALISIO-25-18-TH14a	-41	41	-25,6	25,6
Ap.6	ALISIO-25-18-TH14a	-41	41	-18,5	19,0
Ap.8	ALISIO-25-20-TH14a	-41	41	-22,1	22,6
Ap.9	ALISIO-25-20-TH14a	-41	41	-17,1	17,1

8.1.3.4 Cúpula del cable de tierra

En el cálculo de la cúpula para el cable de tierra se recomienda que el ángulo que forma la vertical que pasa por el punto de fijación del cable de tierra con la línea determinado por este punto y el conductor de fase no exceda de 35º.

A continuación, se muestra el ángulo resultante para cada tipo de apoyo.

Apoyos de suspensión:

$$\text{Alisio – TH14a: } \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{d}{h}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{2}{2,9+0,94}\right) = 27,51^\circ$$

Apoyos de amarre:

$$\text{Céfiro – TH20a: } \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{d}{h}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{2}{3}\right) = 33,69^\circ$$

8.1.4 Distancias al terreno, caminos, sendas y cursos de agua no navegables.

La altura de los apoyos será la necesaria para que los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis de temperatura y de hielo del apartado 3.2.3., queden situados por encima de cualquier punto del terreno o superficies de agua no navegables, a una altura mínima según la siguiente fórmula, con un mínimo de 6 metros:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + 0,7 = 6 \text{ metros}$$

Dado que la línea atraviesa explotaciones agropecuarias, la altura mínima será de 7 metros.

Tal y como se aprecia en los planos adjuntos, la distancia al terreno es superior a las expresadas anteriormente.

En los planos de planta y perfil longitudinal aparece una línea a una altura de 7 metros sobre el nivel del terreno, siendo esta la distancia de seguridad al terreno tomada a lo largo de todo el trazado de la línea.

8.1.5 Distancias a otras líneas eléctricas aéreas o de telecomunicación

8.1.5.1 Cruzamientos

Quedan modificadas en este caso las siguientes condiciones impuestas en el apartado 5.3 del nuevo Reglamento:

- Condición a): En líneas de tensión superior a 30 kV puede admitirse la existencia de un empalme por conductor en el vano de cruce.

- Condición b): Pueden emplearse apoyos de madera siempre que su fijación al terreno se realice mediante zancas metálicas o de hormigón.
- Condición c): Queda exceptuado su cumplimiento.

En los cruces de líneas eléctricas se situará a mayor altura la de tensión más elevada, y en el caso de igual tensión la que se instale con posterioridad. En todo caso, siempre que fuera preciso sobre elevar la línea preexistente, será de cargo del nuevo concesionario la modificación de la línea ya instalada.

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 superficie no será menor de:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + 0,70 = 2,2 \text{ metros}$$

Con un mínimo de

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

En el cruzamiento con las líneas de Media tensión, la línea de 66 kV objeto de este proyecto irá más elevada. Se respetará una distancia mínima entre las líneas de media tensión y los apoyos de la línea de 66 kV de 2,2 m.

La relación de cruzamientos con otras líneas eléctricas aéreas se detalla en el apartado "Relación de cruzamientos".

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

$$D_{add} + D_{pp}$$

Tomando D_{add} los valores de la tabla 17 del apartado 5.6.1.

Para el caso del cruce con líneas de inferior tensión o de comunicaciones, se tendrá que, por ser la línea de mayor tensión de 66 kV, la distancia mínima entre conductores será de:

$$2,5 + 0,8 = 3,3 \text{ metros.}$$

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

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + D_{el}$$

con un mínimo de 2 metros. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 5.2; en función de la tensión más elevada de la línea.

$$1,5 + 0,7 = 2,2 \text{ metros.}$$

Independientemente del punto de cruce de ambas líneas, la mínima distancia vertical entre los conductores de fase de ambas líneas, o entre los conductores de fase de la línea eléctrica superior y los cables de guarda de la línea eléctrica inferior, en el caso de que existan, se comprobará considerando:

- a) Los conductores de fase de la línea eléctrica superior en las condiciones más desfavorables de flecha máxima establecidas en el proyecto de la línea.
- b) Los conductores de fase o los cables de guarda de la línea eléctrica inferior sin sobrecarga alguna a la temperatura mínima según la zona (-5 °C en zona A, -15 °C en zona B y -20 °C en zona C).

Se cumplen todas y cada una de estas limitaciones.

En general, cuando el punto de cruce de ambas líneas se encuentre en las proximidades del centro del vano de la línea inferior, se tendrá en cuenta la posible desviación de los conductores de fase por la acción del viento.

Como se indica en el apartado 5.2 del Reglamento, las distancias externas mínimas de seguridad $D_{add} + D_{el}$ deben ser siempre superiores a 1,1 veces a_{som} , distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta, entre las partes con tensión y las partes puestas a tierra.

Cuando la resultante de los esfuerzos del conductor en alguno de los apoyos de cruce de la línea inferior tenga componente vertical ascendente, se tomarán las debidas precauciones para que no se desprendan los conductores, aisladores o soportes.

Podrán realizarse cruces de líneas sin que la línea superior reúna en el cruce las condiciones de seguridad reforzada señaladas en el apartado 5.3 del Reglamento, si la línea inferior estuviera protegida en el cruce por un haz de cables de acero, situado entre ambas, con la suficiente resistencia mecánica para soportar la caída de los conductores de la línea superior en el caso de que estos se rompieran o desprendieran.

Los cables de acero de protección serán de acero galvanizado y estarán puestos a tierra en las condiciones prescritas en el apartado correspondiente del Reglamento.

El haz de cables de protección tendrá una longitud sobre la línea inferior, igual al menos a vez y media la protección horizontal de la separación entre los conductores extremos de la línea superior, en la dirección de la línea inferior. Dicho haz de cables de protección podrá situarse sobre los mismos o diferentes apoyos de la línea inferior, pero en todo caso los apoyos que lo soportan en su parte enterrada serán metálicos o de hormigón.

Para este caso, las distancias mínimas verticales entre los conductores de la línea superior e inferior y el haz de cables de protección serán $1,5 \times D_{el}$, con un mínimo de 0,75 metros, para las tensiones respectivas de las líneas en cuestión. Se cumple.

Se podrá autorizar excepcionalmente, previa justificación, el que se fijen sobre un mismo apoyo dos líneas que se crucen. En este caso, en dicho apoyo y en los conductores de la línea superior se cumplirán las prescripciones de seguridad reforzada determinadas en el apartado 5.3 de la ITC-LAT 07.

En estos casos en que por circunstancias singulares sea preciso que la línea de menor tensión cruce por encima de la de tensión superior, será preciso recabar la autorización expresa, teniendo presente en el cruce todas las prescripciones y criterios expuestos en el apartado 5.3 de la ITC-LAT 07.

Las líneas de telecomunicación serán consideradas como líneas eléctricas de baja tensión y su cruzamiento estará sujeto, por tanto, a las prescripciones de este apartado.

8.1.5.2 Paralelismos entre líneas eléctricas aéreas

Se entiende que existe paralelismo cuando dos o más líneas próximas siguen sensiblemente la misma dirección, aunque no sean rigurosamente paralelas.

Siempre que sea posible, se evitará la construcción de líneas paralelas de transporte o de distribución de energía eléctrica, a distancias inferiores a 1,5 veces de altura del apoyo más alto, entre las trazas de los conductores más próximos. Se exceptúan de la anterior recomendación las zonas de acceso a centrales generadores y estaciones transformadoras.

En todo caso, entre los conductores contiguos de las líneas paralelas, no deberá existir una separación inferior a la prescrita en el apartado.5.4.1, considerando los valores K, K', L, F y Dpp de la línea de mayor tensión.

8.1.5.3 Paralelismos con líneas de telecomunicaciones

Se evitará siempre que se pueda el paralelismo de las líneas eléctricas de alta tensión con líneas de telecomunicación, y cuando ello no sea posible se mantendrá entre las trazas de los conductores más próximos de una y otra línea una distancia mínima igual a 1,5 veces la altura del apoyo más alto.

8.1.6 Distancias a carreteras

En el caso de cruzamientos con carreteras, son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 de la ITC LAT 107 y expuestas anteriormente. Además, para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de cruzamiento como en el caso de paralelismo, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Para la Red de Carreteras del Estado, la instalación de apoyos se realizará preferentemente detrás de la línea límite de edificación y a una distancia a la arista exterior de la calzada superior a vez y media su altura. La línea límite de edificación es la situada a 50 metros en autopistas, autovías y vías rápidas, y a 25 metros en el resto de carreteras de la Red de Carreteras del Estado de la arista exterior de la calzada.
- b) Para las carreteras no pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado, la instalación de los apoyos deberá cumplir la normativa vigente de cada comunidad autónoma aplicable a tal efecto.
- c) Independientemente de que la carretera pertenezca o no a la Red de Carreteras del Estado, para la colocación de apoyos dentro de la zona de afección de la carretera, se solicitará la oportuna autorización a los órganos competentes de la Administración. Para la Red de Carreteras del Estado, la zona de afección comprende una distancia de 100 metros desde la arista exterior de la explanación en el caso de autopistas, autovías y vías rápidas, y 50 metros en el resto de carreteras de la Red de Carreteras del Estado.
- d) En circunstancias topográficas excepcionales, y previa justificación técnica y aprobación del órgano competente de la Administración, podrá permitirse la colocación de apoyos a distancias menores de las fijadas.

La relación de cruzamientos de la línea eléctrica con carreteras se detalla en el apartado “Relación de cruzamientos”.

La distancia de los conductores a la rasante de la carretera no será inferior a:

$$D_{add} + D_{el} = 6,3 + 0,7 = 7 \text{ m}$$

Con un mínimo de 7 m.

8.1.7 Distancias a ferrocarriles sin electrificar

Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) A ambos lados de las líneas ferroviarias que formen parte de la red ferroviaria de interés general se establece la línea límite de edificación desde la cual hasta la línea ferroviaria queda prohibido cualquier tipo de obra de edificación, reconstrucción o ampliación.
- b) La línea límite de edificación es la situada a 50 metros de la arista exterior de la explanación medidos en horizontal y perpendicularmente al carril exterior de la vía férrea. No se autorizará la instalación de apoyos dentro de la superficie afectada por la línea límite de edificación.
- c) Para la colocación de apoyos en la zona de protección de las líneas ferroviarias, se solicitará la oportuna autorización a los órganos competentes de la Administración. La línea límite de la zona de protección es la situada a 70 metros de la arista exterior de la explanación, medidos en horizontal y perpendicularmente al carril exterior de la vía férrea.
- d) En los cruzamientos no se podrán instalar los apoyos a una distancia de la arista exterior de la explanación inferior a vez y media la altura del apoyo.
- e) En circunstancias topográficas excepcionales, y previa justificación técnica y aprobación del órgano competente de la Administración, podrá permitirse la colocación de apoyos a distancias menores de las fijadas.

En los cruzamientos la distancia mínima de los conductores de la línea eléctrica sobre las cabezas de los carriles será la misma que para cruzamientos con carreteras.

8.1.8 Distancias a ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses

Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, se seguirá lo indicado en el apartado para ferrocarriles sin electrificar.

En el cruzamiento entre las líneas eléctricas y los ferrocarriles electrificados, tranvías y trolebuses, la distancia mínima vertical de los conductores de la línea eléctrica, con su máxima flecha vertical, según las hipótesis del apartado 3.2.3 de la ITC LAT 07, sobre el conductor más alto de todas las líneas de energía eléctrica, telefónicas y telegráficas del ferrocarril será de:

$$D_{add} + D_{el} = 3,5 + 0,7 = 4,2 \text{ m}$$

con un mínimo de 4 metros.

Además, en el caso de ferrocarriles, tranvías y trolebuses provistos de trole, o de otros elementos de toma de corriente que puedan accidentalmente separarse de la línea de contacto, los conductores de la línea eléctrica deberán estar situados a una altura tal que, al desconectarse el órgano de toma de corriente, no quede, teniendo en cuenta la posición más desfavorable que pueda adoptar, a menor distancia de aquellos que la definida anteriormente.

8.1.9 Distancias a teleféricos y cables transportadores

En este caso no hay cruzamientos ni paralelismos con teleféricos y cables transportadores.

8.1.10 Distancias a ríos y canales, navegables o flotables

Para la instalación de los apoyos, tanto en el caso de paralelismo como en el caso de cruzamientos, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) La instalación de apoyos se realizará a una distancia de 25 metros y, como mínimo, vez y media la altura de los apoyos, desde el borde del cauce fluvial correspondiente al caudal de la máxima avenida. No obstante, podrá admitirse la colocación de apoyos a distancias inferiores si existe la autorización previa de la administración competente.

- b) En circunstancias topográficas excepcionales, y previa justificación técnica y aprobación de la Administración, podrá permitirse la colocación de apoyos a distancias menores de las fijadas.

8.1.10.1 Cruzamientos

Son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 del Reglamento.

En los cruzamientos con ríos y canales, navegables o flotables, la distancia mínima vertical de los conductores, con su máxima flecha vertical según las hipótesis del apartado 3.2.3, sobre la superficie del agua para el máximo nivel que pueda alcanzar ésta será de:

$$G + D_{add} + D_{el} = G + 2,3 + 0,7 \text{ en metros,}$$

siendo G el gálibo

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

8.1.11 Paso por zonas

En general, para las líneas eléctricas aéreas con conductores desnudos se define la zona de servidumbre de vuelo como la franja de terreno definida por la proyección sobre el suelo de los conductores extremos, considerados éstos y sus cadenas de aisladores en las condiciones más desfavorables, sin contemplar distancia alguna adicional.

Las condiciones más desfavorables son considerar los conductores y sus cadenas de aisladores en su posición de máxima desviación, es decir, sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según apartado 3.1.2 de la ITC LAT 07, para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de +15 °C.

Las líneas aéreas de alta tensión deberán cumplir el R.D. 1955/2000, de 1 de diciembre, en todo lo referente a las limitaciones para la constitución de servidumbre de paso.

8.1.11.1 Bosques, árboles y masas de arbolado

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 del Reglamento.

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, mediante la indemnización correspondiente, 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:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + 0,7 = 2,2 \text{ metros,}$$

Superior al mínimo de 2 metros.

El responsable de la explotación de la línea estará obligado a garantizar que la distancia de seguridad entre los conductores de la línea y la masa de arbolado dentro de la zona de servidumbre de paso satisface las prescripciones de este reglamento, estando obligado el propietario de los terrenos a permitir la realización de tales actividades.

Asimismo, comunicará al órgano competente de la administración las masas de arbolado excluidas de zona de servidumbre de paso, que pudieran comprometer las distancias de seguridad establecida en este reglamento. Deberá vigilar también que la calle por donde discurre la línea se mantenga libre de todo residuo procedente de su limpieza, al objeto de evitar la generación o propagación de incendios forestales.

- En el caso de que los conductores sobrevuelen los árboles; la distancia de seguridad se calculará considerando los conductores con su máxima flecha vertical según las hipótesis del apartado 3.2.3 de la ITC LAT 07.
- Para el cálculo de las distancias de seguridad entre el arbolado y los conductores extremos de la línea, se considerarán éstos y sus cadenas de aisladores en sus condiciones más desfavorables descritas en este apartado.

Igualmente deberán ser cortados todos aquellos árboles que constituyen un peligro para la conservación de la línea, entendiéndose como tales los que, por inclinación o caída fortuita o provocada puedan alcanzar los conductores en su posición normal, en la hipótesis de temperatura b) del apartado 3.2.3 de la ITC LAT 07. Esta circunstancia será función del tipo y estado del árbol, inclinación y estado del terreno, y situación del árbol respecto a la línea.

Los titulares de las redes de distribución y transporte de energía eléctrica deben mantener los márgenes por donde discurren las líneas limpias de vegetación, al objeto de evitar la generación o propagación de incendios forestales.

Asimismo, queda prohibida la plantación de árboles que puedan crecer hasta llegar a comprometer las distancias de seguridad reglamentarias.

Se cumplirán las distancias con las masas de arbolado, estableciéndose la distancia de 2,1 metros en proyección horizontal a ambos lados de la servidumbre de vuelo.

8.1.11.2 Edificios, construcciones y zonas urbanas

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 de la ITC LAT 07.

Se evitará el tendido de líneas eléctricas aéreas de alta tensión con conductores desnudos en terrenos que estén clasificados como suelo urbano, cuando pertenezcan al territorio de municipios que tengan plan de ordenación o como casco de población en municipios que carezcan de dicho plan. No obstante, a petición del titular de la instalación y cuando las circunstancias técnicas o económicas lo aconsejen, el órgano competente de la Administración podrá autorizar el tendido aéreo de dichas líneas en las zonas antes indicadas.

Se podrá autorizar el tendido aéreo de líneas eléctricas de alta tensión con conductores desnudos en las zonas de reserva urbana con plan general de ordenación legalmente aprobado y en zonas y polígonos industriales con plan parcial de ordenación aprobado, así como en los terrenos del suelo urbano no comprendidos dentro del casco de la población en municipios que carezcan de plan de ordenación.

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:

$$D_{add} + D_{el} = 3,3 + 0,7 = 4 \text{ metros,}$$

con un mínimo de 5 metros.

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:

- Sobre puntos accesibles a las personas: $5,5 + \text{Del} = 5,5 + 0,7 = 6,2$ metros, superior al mínimo de 6 metros.
- Sobre puntos no accesibles a las personas: $3,3 + \text{Del} = 3,3 + 0,7 = 4,0$ metros, superior al mínimo de 4 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 inmediatas.

No se producen cruzamientos de la línea con edificios o construcciones, y las distancias a las construcciones más cercanas superan los valores indicados.

8.1.11.3 Proximidades a obras.

Cuando se realicen obras próximas a líneas aéreas y con objeto de garantizar la protección de los trabajadores frente a los riesgos eléctricos según la reglamentación aplicable de prevención de riesgos laborales, y en particular el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, el promotor de la obra se encargará de que se realice la señalización mediante el balizamiento de la línea aérea. El balizamiento utilizará elementos normalizados y podrá ser temporal.

8.1.12 Relación de cruzamientos Tramo Aéreo

Nº Cruz	Apoyo	Apoyo	Tipo de Cruzamiento	D _{mínima vertical} (m)	D _{real} (m)	Organismo o propietario afectado
	ant.	post.				
1	Pórtico BEL	Ap.1	Camino Conservado de Pastrana	7,00	7,30	Ayuntamiento de Belinchón
2	Ap.1	Ap.2	Arroyo Cañada de los Charcos 1	7,00	8,31	Confederación Hidrográfica del Tajo
3	Ap.4	Ap.5	Camino	7,00	28,30	
4	Ap.4	Ap.5	Arroyo Cañada de los Charcos 2	7,00	28,30	Confederación Hidrográfica del Tajo
5	Ap.6	Ap.7	Camino del Pinar	7,00	11,10	Ayuntamiento de Belinchón

8.2 Tramo Subterráneo

8.2.1 Normas generales sobre cruzamientos Tramo Subterráneo

A continuación, se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de alta tensión.

8.2.1.1 Calles, caminos y carreteras:

En los cruces de calzada, carreteras, caminos, etc., se realizarán canalizaciones entubadas. La profundidad hasta la parte superior del tubo más próximo a la superficie no será inferior a 0,6m. Los tubos de la canalización estarán hormigonados en toda su longitud salvo que se utilicen sistemas de perforación tipo topo en la que no será necesaria esta solicitud. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

8.2.1.2 Ferrocarriles:

Los cables se colocarán en canalizaciones entubadas hormigonadas, perpendiculares a la vía siempre que sea posible. La parte superior del tubo más próximo a la superficie quedará a una profundidad mínima de 1,1 metros respecto de la cara inferior de la traviesa. Dichas canalizaciones entubadas rebasaran las vías férreas en 1,5 metros por cada extremo.

8.2.1.3 Otros cables de energía eléctrica:

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de alta tensión discurren por debajo de los de baja tensión. La distancia mínima entre un cable de energía eléctrica de A.T. y otros cables de energía eléctrica será de 0,25 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que 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.

8.2.1.4 Cables de telecomunicación:

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m. Cuando no puedan respetarse estas distancias, el cable instalado más recientemente se dispondrá separado mediante tubos, conductos o divisorias constituidos por materiales de adecuada resistencia mecánica, con una resistencia a la compresión de 450 N y que 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.

8.2.1.5 Canalizaciones de agua:

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua será de 0,2 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unos y otros a una distancia superior a 1 m del cruce. Cuando no puedan mantenerse estas distancias, 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 a 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

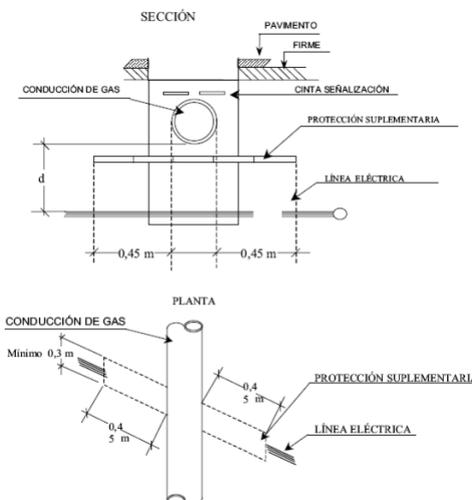
8.2.1.6 Canalizaciones de gas:

En los cruces de líneas subterráneas de A.T con canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la tabla 3 de la ITC-LAT 06 del RD 223/2008. Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias, podrá reducirse mediante colocación de una protección suplementaria, hasta los mínimos establecidos en dicha tabla 3. Esta protección suplementaria, a colocar entre servicios, estará constituida por materiales preferentemente cerámicos (baldosas, rasillas, ladrillos, etc.).

En los casos en que no se pueda cumplir con la distancia mínima establecida con protección suplementaria y se considerase necesario reducir esta distancia, se pondrá en conocimiento de la empresa propietaria de la conducción de gas, para que indique las medidas a aplicar en cada caso.

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.

Imagen 6. Esquema para la definición de la protección suplementaria.



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.

8.2.1.7 Conducciones de alcantarillado:

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos) siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y 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 a 140 mm y de 40 J cuando es superior a 140 mm.

8.2.1.8 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 Normas generales sobre proximidades y paralelismos

Los cables subterráneos de A.T deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

8.2.2.1 Otros cables de energía eléctrica

Los cables de alta tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,25 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. 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.

8.2.2.2 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.

8.2.2.3 Canalizaciones de agua

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 metros. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 metro. Cuando no puedan mantenerse estas distancias, 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. Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 metros en proyección horizontal y, también, que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico. Por otro lado, 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.

8.2.2.4 Canalizaciones de gas

En los paralelismos de líneas subterráneas de A.T con canalizaciones de gas deberán mantenerse las distancias mínimas que se establecen en la tabla 4 de la ITC-LAT 06 del RD 223/2008. Cuando por causas justificadas no puedan mantenerse estas distancias, podrán reducirse mediante la colocación de una protección suplementaria hasta las distancias mínimas establecidas en dicha tabla 4. Esta protección suplementaria a colocar entre servicios estará constituida por materiales preferentemente cerámicos (baldosas, rasillas, ladrillo, etc.) 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.

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 B.T como de A.T en el caso de acometidas eléctricas, deberá taponarse hasta conseguir su estanqueidad.

8.2.4 Paso por zonas

En virtud de lo dispuesto en el art. 57 de la Ley 24/2013 y en lo que resulte de aplicación del artículo 159 del Real Decreto 1955/2000, la servidumbre de paso de energía eléctrica tendrá la consideración de servidumbre legal y los tipos de afecciones motivadas por la construcción de la instalación proyectada del tramo subterráneo son las siguientes:

- Servidumbre permanente de paso de la línea subterránea definida por la franja de terreno que corresponde con la anchura de la zanja por donde discurrirán los cables más una distancia de seguridad a cada lado de una anchura igual a la mitad de la anchura de la zanja.
- Igualmente se incluye como servidumbre de ocupación permanente la superficie de las cámaras de empalme más una distancia de seguridad de un metro a cada lado.
- Se considerará una afección permanente en las arquetas de telecomunicaciones.

Como consecuencia de la constitución de la referida servidumbre, la superficie de la citada franja quedará sujeta a las siguientes limitaciones de dominio:

- A. Prohibición de realizar trabajos de arada, movimientos de tierra o similares.
- B. Prohibición de plantar árboles o arbustos o cualquier elemento de raíces profundas.
- C. Prohibición de realizar cualquier tipo de obra, aun cuando tenga carácter provisional o temporal, sin autorización expresa del propietario y con las condiciones que en cada caso fije el organismo competente en materia de instalaciones eléctricas, ni efectuar acto alguno que pueda dañar o perturbar el buen funcionamiento de la línea eléctrica y sus elementos anejos.
- D. Posibilidad de instalar los hitos de señalización, así como de realizar las obras superficiales o subterráneas que sean necesarias para la ejecución o funcionamiento de las instalaciones.

Ocupación temporal de los terrenos necesarios en la fase de ejecución de obra. Con carácter general, la ocupación temporal se define como una franja de terreno de una anchura de 3 m a cada lado de la ocupación permanente.

8.2.5 Relación de cruzamientos Tramo Subterráneo

Número de cruzamiento	Tipo de cruzamiento [3]	Coordenada X	Coordenada Y	Organismo o propietario afectado
1	Línea Aérea 66 kV	505073.77	4434056.20	I-DE
2	Línea Aérea 20 kV	505105.98	4434078.24	I-DE
3	Línea Aérea 66 kV	505125.75	4434147.40	I-DE
4	Línea Aérea 20 kV	505115.51	4434182.03	I-DE
5	Línea Aérea 20 kV	505120.40	4434235.41	I-DE

9 CÁLCULOS ELÉCTRICOS JUSTIFICATIVOS

9.1 Cálculos Eléctricos del tramo aéreo

Tal y como se ha comentado en el apartado correspondiente, el conductor seleccionado para la línea aérea, según denominación UNE 50182, es:

Cables o conductores	Denominación	Diámetro aparente D (mm)	Sección total S (mm ²)	Hilos (nº)	Diámetro (mm)	Resist. eléct. a 20º C R (Ω/km)	Peso P (kg/km)	Módulo elástico final E (daN/mm ²)	Coefic. de dilatación α ºC	Carga mín. de rotura (daN)
Acero-Aluminio	147-AL1/34-ST1A	17,50	181,6	30 + 7	2,50 + 2,50	0,1962	676	8.000	17,8 · 10 ⁻⁶	6.390

Este conductor es de aluminio con alma de acero.

9.1.1 Resistencia eléctrica de la línea

La resistencia eléctrica que presenta el conductor es proporcional a la longitud del cable e inversamente proporcional a su sección:

$$R_{dc} = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

Donde:

R_{dc} es la resistencia del conductor en corriente continua (Ω)

ρ es la resistividad del material conductor (Ω·mm²/m)

l es la longitud del conductor (m)

S es la sección del conductor (mm²)

La resistividad de los materiales es normalmente dada para la temperatura de 20º C, por lo que se tendrá que corregir esta resistencia para la temperatura de funcionamiento:

$$R_{dc\theta} = R_{dc20} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

Donde:

θ es la temperatura de funcionamiento (ºC)

$R_{dc\theta}$ es la resistencia del conductor en corriente continua la temperatura θ

α es el coeficiente de temperatura (ºC⁻¹)

La corriente continua se distribuye uniformemente por la sección transversal del conductor, sin embargo, en corriente alterna se origina un campo magnético, que induce a unas fuerzas electromotrices que dan lugar a corrientes inducidas. Este efecto tiene el nombre de efecto pelicular y provoca un aumento de la resistencia del conductor. La resistencia del conductor en corriente alterna viene dada por la siguiente ecuación:

$$R_{\theta} = R_{dc\theta} \cdot [1 + 7,5 \cdot f^2 \cdot D_{ext}^4 \cdot 10^{-7}]$$

Donde:

R_{θ} es la resistencia del conductor en corriente alterna la temperatura Θ (Ω)

f es la frecuencia (Hz)

D_{ext} es el diámetro del conductor (cm)

Para el conductor 147-AL1/34-ST1A a una temperatura de funcionamiento de 85°C, la resistencia en corriente alterna es de 0,2519 Ω /km.

La resistencia por km de la línea será de:

$$R=0,2519 \Omega/\text{km}$$

9.1.2 Reactancia del conductor

La reactancia kilométrica por circuito de la línea se calcula empleando la siguiente fórmula:

$$X = 4 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{1}{4 \cdot n} + \ln\left(\frac{D}{r_B}\right) \right)$$

X = Reactancia aparente en ohmios por kilómetro.

f = Frecuencia de la red en hercios = 50.

n = Número de conductores por fase.

D = Separación media geométrica entre conductores en milímetros.

r_b = Radio equivalente del conductor en milímetros: $r_B = \sqrt[n]{n \cdot r \cdot r_0^{n-1}}$

r_0 = Radio del círculo del haz de conductores: $r_0 = s/(2 \cdot \sin(\pi/n))$

s = Separación entre conductores del haz.

μ = Permeabilidad magnética del conductor. Para conductores de cobre, acero-aluminio y aluminio tiene un valor de 1.

La separación media geométrica (D) es:

$$D = 4.452,52 \text{ mm}$$

$$X = 4 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{1}{4 \cdot 1} + \ln\left(\frac{4.452,52}{8,75}\right) \right) = 0,3530 \Omega/\text{km}$$

Por lo tanto la reactancia para la línea completa es la siguiente:

$$X= 0,4073 \Omega/\text{km}.$$

9.1.3 Capacidad media de la línea

Viene dada por la expresión:

$$C = \frac{0,0242}{\log\left(\frac{D}{r_B}\right)}$$

r_B = Radio equivalente del conductor en milímetros

D = Separación media geométrica entre conductores en milímetros.

Por lo tanto, la capacidad media de la línea es de $C = 0,00894$ ($\mu\text{F}/\text{Km}$)

9.1.4 Densidad máxima admisible

Según la tabla contenida en apartado 4.2 de la ITC-LAT 07 las densidades de corriente máximas en régimen permanente no sobrepasarán los valores señalados en la tabla adjunta.

Sección nominal mm^2	Densidad de corriente Amperios/ mm^2		
	Cobre	Aluminio	Aleación de aluminio
10	8,75	-	-
15	7,60	6,00	5,60
25	6,35	5,00	4,65
35	5,75	4,55	4,25
50	5,10	4,00	3,70
70	4,50	3,55	3,30
95	4,05	3,20	3,00
125	3,70	2,90	2,70
160	3,40	2,70	2,50
200	3,20	2,50	2,30
250	2,90	2,30	2,15
300	2,75	2,15	2,00
400	2,50	1,95	1,80
500	2,30	1,80	1,70
600	2,10	1,65	1,55

En este caso, interpolando se halla la densidad de corriente del conductor:

CONDUCTOR	147-AL1/34-ST1A
DENSIDAD CORRIENTE MAX	2,592 A/ mm^2

Al ser un cable de aluminio-acero, y tener una composición 30+7 alambres, se multiplicará por el coeficiente 0,916 a la densidad resultante considerando la sección completa de aluminio, tal y como figura en el apartado 4.2.1 de la ITC-LAT 07.

9.1.5 Intensidad máxima admisible

La corriente máxima que puede circular por el conductor seleccionado, teniendo en cuenta que tiene una sección de 181,6 mm², es de:

$$I_{\text{máx}} = D_{\text{máx adm}} \cdot S \cdot n^{\circ}\text{conductores/fase}$$

siendo:

I = Intensidad de corriente máxima en A.

S = Sección del conductor (mm²)

D_{máx.adm.} = Densidad de corriente máxima soportada por el cable (A/mm²).

Entonces:

$$I_{\text{máx}} = 2,592 \text{ A/mm}^2 \cdot 0,916 \cdot 181,6 \text{ mm}^2 = 431,17 \text{ A}$$

CONDUCTOR	147-AL1/34-ST1A
DENSIDAD CORRIENTE MAX	2,3743 A/mm ²
INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE / CONDUCTOR	431,17 A

Como se puede comprobar, esta intensidad máxima admisible por circuito es superior a la corriente nominal que circulara por este (431,17 > 194,39 A).

9.1.6 Efecto corona

El efecto corona viene condicionado por la rigidez dieléctrica del aire y el campo eléctrico creado en la superficie del conductor, produciéndose pérdidas de energía cuando el campo eléctrico en la superficie del conductor es tal que rebasa la correspondiente rigidez dieléctrica del aire.

A la tensión a que empieza a aparecer el fenómeno se llama tensión crítica disruptiva, que se calcula mediante la fórmula de Peek:

$$U_c = \frac{30}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{3} \cdot m_c \cdot \delta \cdot m_t \cdot \frac{r}{\beta} \cdot \ln \frac{d'}{r}$$

donde:

U_c = Tensión compuesta crítica disruptiva (kV)

m_c = Coeficiente rugosidad del conductor (0,83 a 0,87 para cables).

30 = Rigidez dieléctrica del aire a 25°C y 710 mm. de columna de mercurio (KV/cm.)

δ = Factor corrección densidad del aire en función de la presión barométrica y la T^a.

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

h = presión barométrica en cm Hg.

θ = temperatura en °C.

m_t = Coeficiente efecto lluvia (1 en tiempo seco y 0,8 en tiempo húmedo)

r = radio del conductor en cm= 0,875

β = factor que recoge la disposición de los conductores en haces (dúplex, tríplex...)

d' = distancia media geométrica entre fases en cm= 445,25 cm

El valor de h se relaciona con la altitud sobre el nivel del mar según la fórmula de Halley:

$$\log h = \log 76 - \frac{Y}{18336}$$

Siendo Y la altura sobre el nivel del mar. Con un valor de $Y= 800$ m, se obtendrá $h= 68,74$ cm de Hg.

A una temperatura de 31 °C (verano) 8°C (invierno) y con una presión barométrica de 68,31 cm de Hg, el factor de corrección de la densidad del aire toma un valor de:

$$\delta = 0,881 \text{ (verano)}$$

$$\delta = 0,953 \text{ (invierno)}$$

Como coeficiente de rugosidad del conductor se tomará un valor medio, $m_c= 0,85$.

Al ser un solo conductor por fase, el valor de beta es igual a uno.

$$\beta = 1$$

Sustituyendo los valores en la expresión de tensión crítica disruptiva U_c , se obtendrá:

Tabla 5. Tensión crítica disruptiva

Estación del año	Invierno	Verano
Tiempo seco ($mt=1$)	162,32 kV	150,04 kV
Tiempo húmedo ($mt=0,8$)	129,86 kV	120,03 kV

Tanto la tensión crítica disruptiva con tiempo seco como con tiempo húmedo resultan mayores que la tensión más elevada de la línea, por lo que no es de esperar que se produzca el efecto corona.

9.1.7 Caída de tensión

Debido a la pequeña longitud del tramo aéreo de la línea, inferior a 10km, esta se puede representar por el modelo de línea corta, ya que la capacidad se puede despreciar sin cometer mucho error si la línea tiene una longitud inferior a 80km.

El modelo de línea corta se obtiene multiplicando las impedancias serie por unidad de longitud por la longitud de la línea "l":

$$\bar{Z} = (R + j \cdot w \cdot L) \cdot l = (0,2519 + j \cdot 0,4073) \cdot 1,846$$

Se tiene:

$$\bar{Z} = (0,4650 + j \cdot 0,7519)$$

La tensión de fase en la carga será:

$$\bar{U}_c = \frac{66 \angle 0^\circ}{\sqrt{3}} = 38,11 \angle 0^\circ \text{ kV}$$

La potencia de transporte de diseño de la línea será de 20 MW con factor de potencia 0,9 inductivo, lo que implica una corriente de diseño de la línea de:

$$\bar{I}_c = \frac{\bar{S}_c^*}{3 \cdot \bar{U}_c^*} = \frac{22,22 \cdot 10^3 \angle -25,84^\circ}{3 \cdot 38,11 \angle 0^\circ} = 194,35 \angle -25,84^\circ \text{ A}$$

La tensión de fase en el origen de la línea analizando el circuito del modelo de línea corta es:

$$\bar{U}_0 = \bar{U}_c + \bar{Z} \cdot \bar{I}_c = 38,11 \angle 0^\circ + (0,4650 + j \cdot 0,7519) \cdot 0,19435 \angle -25,84^\circ = 38,26 \angle 0,138^\circ \text{ kV}$$

El módulo de la tensión de línea:

$$\sqrt{3} \cdot U_0 = \sqrt{3} \cdot 38,26 = 66,26 \text{ kV}$$

En tanto por ciento, la caída de tensión en la línea será de:

$$\Delta U = \frac{U_0 - U_c}{U_{nom}} \cdot 100 = \frac{38,26 - 38,11}{38,11} \cdot 100 = 0,38\%$$

9.1.8 Pérdida de potencia

La pérdida de potencia que, por el efecto Joule, se produce en la línea viene dada por la expresión:

$$P_p = 3 \cdot R \cdot L \cdot I^2$$

Por lo tanto, la potencia perdida es de:

$$P_p = 3 \cdot 0,2519 \cdot 1,846 \cdot 194,39^2 = 52,71 \text{ kW}$$

Lo que supone un 0,26 % de la potencia de diseño de la línea.

9.2 Cálculos Eléctricos del tramo subterráneo

Los datos base para el diseño de los sistemas eléctricos y para su cálculo son:

Nivel de tensión	66 kV
Potencia nominal	22,22 MVA
Intensidad nominal	194,39 A
Cables por fase	1
Longitud de la línea	1090,5 m
Instalación	Enterrado bajo tubo
Diámetro tubos	160 mm

Disposición (cables y tubos)	Al tresbolillo
Duración del cortocircuito	0,5 s
Icc trifásica de diseño	25 kA
Icc monofásica de diseño	25 kA
Tipo de conductor	AL HEPRZ1

9.3 Intensidad máxima admisible en régimen permanente

En primer lugar, debe conocerse cuál será la intensidad nominal para una potencia de evacuación de 22,22 MVA a 66 kV:

$$I = \frac{22,22 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \cdot 66 \text{ kV}} = 194,39 \text{ A}$$

Para el cálculo de la intensidad máxima admisible se han considerado las siguientes condiciones de instalación:

- Cable directamente enterrado bajo tubo o bajo tubo:
 - Resistividad térmica del terreno: 3,0 K·m/W.
 - Temperatura del terreno: 25°C.
 - Profundidad de la zanja: 1,408 metros.

La corriente máxima admisible en las condiciones anteriormente especificadas para la disposición bajo tubo es de 296,37A. Los cálculos realizados se describen en los apartados siguientes.

9.3.1 Generalidades del cable

El conductor de la línea será del tipo AL HEPRZ1(AS) 36/66 kV 1x300 K Al+H120, con aislamiento de etileno – propileno de alto módulo (HEPR).

Tabla 6. Generalidades del cable (valores aproximados)

Sección	300 mm ²
Diámetro nominal del conductor	20,2 mm
Material del conductor	Aluminio
Aislante	HEPR
Temperatura máxima admisible en el conductor en servicio permanente	90 °C
Temperatura máxima de la pantalla	80 °C

Espesor del aislamiento	8 mm
Diámetro exterior sobre el aislamiento	38,7 mm
Sección de la pantalla	120 mm ²
Espesor de la pantalla	4,5 mm
Materia cubierta	Poliolefina
Espesor de la cubierta	3 mm
Diámetro exterior	mm
Frecuencia	50 Hz
U/U0	66/36 kV

9.3.1.1 Cálculo de la intensidad máxima admisible en régimen permanente

Para el cálculo del conductor en régimen permanente se ha utilizado la norma UNE 21144. Este cálculo está basado en un modelo termo-eléctrico del conductor y sus condiciones de enterramiento, evaluando la cantidad de calor que puede evacuar debido a la circulación de corriente. Se tendrán en cuenta los materiales de las capas del conductor y el tipo de instalación de los conductores.

La intensidad máxima admisible por el conductor vendrá dada por:

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

Donde habrá que calcular la resistencia del conductor en corriente alterna R, las pérdidas dieléctricas W_d , el factor de pérdidas en las cubiertas metálicas o en las pantallas λ_1 y el factor de pérdidas en las armaduras, los refuerzos y los tubos de acero λ_2 .

Los factores T_1 , T_2 , T_3 y T_4 son las resistencias térmicas de las diferentes capas de los conductores.

Resistencia del conductor en corriente alterna

La fórmula para calcular la resistencia del conductor, por unidad de longitud, en corriente alterna es la siguiente:

$$R = R_{cc} \cdot (1 + y_s + y_p)$$

Siendo:

R ≡ Resistencia del conductor en corriente alterna W/m

R_{cc} ≡ resistencia óhmica en c.c. a la temperatura máxima de servicio en W/m.

y_s ≡ factor de efecto pelicular.

y_p ≡ factor de proximidad.

La resistencia del conductor en corriente continua depende directamente de la temperatura máxima de servicio, del coeficiente de variación a 20°C y de la resistencia de conductor en corriente continua a 20°C.

$$R_{cc} = R_0 \cdot [1 + \alpha_{20}(\theta - 20)]$$

Donde:

R_0 es la resistencia del material en corriente continua a 20 °C (Ω/m)

α_{20} es el coeficiente de variación a 20 °C de la resistividad en función de la temperatura, por Kelvin.

El factor y_s corresponde al factor de efecto pelicular, donde en el caso de cables tripolares o tres cables unipolares viene dado por:

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

Donde:

$$x_s^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R_{cc}} \cdot 10^{-7} \cdot K_s$$

Donde:

f es la frecuencia de la corriente de alimentación, en hercios.

K_s es un factor que depende del tipo de conductor, determinado en la Tabla 2 de la UNE 21144.

Pérdidas dieléctricas

Son las pérdidas producidas en el aislamiento al comportarse este como un material dieléctrico entre dos elementos en tensión. Deberán tenerse en cuenta a partir de ciertos valores de tensión, indicados en la Norma, respecto al material aislante correspondiente. No es necesario calcularla para cables multipolares no apantallados y cables de corriente continua.

$$W_d = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \cdot U_0^2 \cdot \text{tg} \delta \text{ (W/m)}$$

Donde:

w es la pulsación, $2 \cdot \pi \cdot$ frecuencia.

C es la capacidad por unidad y longitud (F/m).

U_0 es la tensión con relación a tierra (V).

$\text{tg} \delta$ es el factor de pérdidas en el aislamiento, viene dado en la tabla 3 de la UNE 21144.

Factor de pérdidas en las cubiertas metálicas o en las pantallas

Las pérdidas en las cubiertas metálicas o en las pantallas, λ_1 , son debidas a las corrientes de circulación, λ'_1 , y a las corrientes de Foucault, λ''_1 .

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

Estas pérdidas se expresan en relación a las pérdidas totales de energía en el/los conductor/es y para cada caso particular. Las fórmulas para los cables unipolares se aplican solamente a circuitos independientes y se

desprecian los efectos de retorno por tierra. Tanto para cubiertas metálicas lisas como onduladas se señalan los métodos de cálculo correspondientes.

Para los cables unipolares con cubiertas metálicas en cortocircuito en ambas extremidades de una sección eléctrica longitudinal (Both Ends), solamente es preciso considerar las pérdidas debidas a las corrientes de circulación en las cubiertas metálicas. Para las instalaciones donde la pantalla está conectada en un solo punto (Single point) o permutadas (Cross bonding), las pérdidas en la pantalla vendrán determinadas por las corrientes de Foucault, despreciando las corrientes de circulación salvo para pantallas metálicas permutadas que contenga secciones con desequilibrios notables.

Factor de pérdidas en las armaduras, los refuerzos y los tubos de acero

El factor de pérdidas en las armaduras, refuerzos y los tubos de acero está representado mediante λ_2 .

En el caso de armaduras o refuerzos no magnético, el procedimiento general es el de combinar el cálculo de las pérdidas en el refuerzo con el de las pérdidas en la cubierta metálica. El valor de la resistencia del refuerzo depende del paso de las cintas o flejes. Para armaduras o refuerzos magnéticos, se tendrá una expresión diferente en función de si es un cable unipolar (sólo para algún caso concreto), bipolar o tripolar.

Este factor es nulo en esta línea eléctrica subterránea.

Resistencia térmica entre un conductor y la envolvente, T_1

Es la resistencia térmica del aislamiento del cable.

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

Donde:

ρ_T resistividad térmica del material (K·m/W).

t_1 espesor del aislamiento entre conductor y envolvente (mm).

d_c diámetro del conductor (mm).

Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura, T_2

Para el cálculo de la resistividad térmica entre la cubierta y la armadura, T_2 , para cables unipolares, bipolares o tripolares que tengan una cubierta metálica común la fórmula es la siguiente:

$$T_2 = \frac{1}{2\pi} \rho_T \ln\left(1 + \frac{2t_2}{D_s}\right)$$

Donde:

t_2 espesor del asiento de la armadura (mm).

D_s diámetro exterior de la cubierta (mm).

Resistencia térmica del revestimiento o cubierta exterior, T_3

Las cubiertas exteriores se disponen generalmente en capas concéntricas. A través de la siguiente expresión, se obtiene la resistencia térmica de la cubierta exterior T_3 :

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

Donde:

t_3 espesor del revestimiento exterior (mm).

D_a' diámetro exterior de la armadura (mm). En cables no armados D_a' es el diámetro exterior del componente inmediatamente por debajo.

Resistencia térmica externa, T_4

Para el cálculo de esta resistencia térmica se diferencia entre cables al aire libre y cables enterrados.

Para cables al aire libre se diferencia entre cables protegidos de la radiación solar y directamente expuestos a ella.

Para cables enterrados existen varias ecuaciones para calcular el término T_4 dependiendo del tipo de instalación. Para cables unipolares bajo tubo:

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

Donde:

T'_4 = Es la resistencia térmica del intervalo de aire entre la superficie del cable y la superficie interior del conducto.

T''_4 = Es la resistencia térmica del material que constituye el conducto.

T'''_4 = Es la resistencia térmica entre la superficie exterior del conducto y el medio ambiente.

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

Donde:

U, V e Y son las constantes, dependiendo del tipo de instalación y cuyos valores se dan en la Tabla 4 de la UNE 21144-2.

D_e = Es el diámetro exterior del cable (mm).

θ_m es la temperatura media del medio que rellena el espacio entre el cable y el conducto (mm).

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

Donde:

D_o es el diámetro exterior del conducto (mm).

D_d es el diámetro interior del conducto (mm).

ρ_T es la resistividad térmica del material constitutivo del conducto (K·m/W).

$$T'''_4 = \frac{1}{2\pi} \rho_T \ln[(u + \sqrt{u^2 - 1}) \cdot K]$$

Donde:

K es un valor obtenido del método de las imágenes según la instalación de los tubos.

ρ_T es la resistividad del terreno (K·m/W).

$$u = 2 \cdot L / D_e$$

Donde:

L es la longitud entre la superficie y el eje del tubo (mm).

D_e es el diámetro exterior del tubo (mm).

Los resultados son los siguientes:

RESULTADOS			
Símbolo	Descripción	Unidad	Valor
θ	Temperatura del conductor	°C	90
θ_i	Temperatura de la pantalla	°C	80
θ_t	Temperatura del terreno	°C	25
R_o	Resistencia del conductor en corriente continua a 20°C	Ω/m	1,0000E-04
R'	Resistencia del conductor en corriente continua a máxima temperatura	Ω/m	1,2821E-04
R	Resistencia en corriente alterna a la temperatura de operación	Ω/m	1,2888E-04
W_d	Factor de pérdidas dieléctricas	W/m	0,71256
λ_1	Factor de pérdidas en la pantalla	-	0,0190
λ'_1	Factor de pérdidas en pantalla debidas a las corrientes de circulación	-	0,0000
λ''_1	Factor de pérdidas en la pantalla debidas a las corrientes de Foucault	-	0,0190
λ_2	Factor de pérdidas en armadura	-	0
T_1	Resistencia térmica por unidad de longitud entre el conductor y la pantalla	K·m/W	0,56719
T_2	Resistencia térmica entre la cubierta y la armadura	K·m/W	0
T_3	Resistencia térmica de la cubierta	K·m/W	0,06289
T_4	Resistencia térmica externa	K·m/W	4,70
I_{adm}	INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE	A	296,37

9.3.1 Intensidad máxima admisible de cortocircuito en el conductor

La línea subterránea tendrá una tensión de funcionamiento de 66 kV, así que tanto el aislamiento del cable y accesorios como las restantes características eléctricas corresponderán a esta tensión normalizada para la red de reparto. La sección del conductor a emplear será 300 mm² de Al.

Con la sección del conductor se determinará la máxima intensidad de cortocircuito mediante las fórmulas pertenecientes a la norma IEC 60949:

$$I = I_{cc} \cdot \epsilon$$

Con:

$I \equiv$ corriente de cortocircuito máxima admisible (A)

$I_{cc} \equiv$ corriente de cortocircuito adiabática (A)

$\epsilon \equiv$ factor que contempla las pérdidas de calor en los componentes adyacentes.

- Corriente de cortocircuito adiabática.

$$S^2 = \frac{I_{cc}^2 \cdot t}{K^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)} \quad I_{cc}^2 = \frac{1}{t} \left[S^2 \cdot K^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right) \right]$$

Con:

$S \equiv$ sección del conductor (mm²)

$t \equiv$ tiempo de duración del cortocircuito (s)

$I_{cc} \equiv$ corriente de cortocircuito adiabática (A)

$K \equiv$ constante dependiente del material conductor. Al = 148 A·s^{1/2}/mm² y Cu = 226 A·s^{1/2}/mm²

$\theta_f \equiv$ temperatura límite de cortocircuito (250°C).

$\theta_i \equiv$ temperatura límite para servicio continuo (90°C).

$\beta \equiv$ inverso del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura del conductor.
Al=228 K y Cu = 234,5 K.

El conductor es de aluminio por lo que se tomarán las constantes propias de este material, una sección de 300 mm² y un tiempo de cortocircuito de 0,5 segundos.

$$I_{cc} = \sqrt{\frac{1}{t} \cdot \left[S^2 \cdot K^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right) \right]}$$

$$I_{cc} = \sqrt{\frac{1}{0,5} \cdot \left[300^2 \cdot 148^2 \cdot \ln\left(\frac{250 + 228}{90 + 228}\right) \right]} = 40,09 \text{ kA}$$

- Factor debido a las pérdidas de calor en el conductor.

$$\epsilon = \sqrt{1 + X \cdot \sqrt{\frac{t}{S}} + Y \cdot \left(\frac{t}{S}\right)}$$

Con:

ϵ \equiv factor que considera las pérdidas térmicas en el conductor

X e Y \equiv factores dependientes de los materiales adyacentes. X = 0,57 (mm²/s)^{1/2} e Y = 0,16 mm²/s para el aluminio.

t \equiv tiempo de duración de cortocircuito (s)

S \equiv sección del conductor (mm²)

$$\epsilon = \sqrt{1 + 0,57 \cdot \sqrt{\frac{0,5}{300}} + 0,16 \cdot \left(\frac{0,5}{300}\right)} = 1,009024$$

- Corriente de cortocircuito máxima admisible.

$$I = I_{cc} \cdot \epsilon = 40,09 \cdot 1,009024 = 40,45 \text{ kA}$$

La corriente de cortocircuito máxima trifásica admisible en el cable es superior al nivel de diseño solicitado (40,45 > 25 kA).

9.3.2 Intensidad máxima admisible de cortocircuito en la pantalla metálica

La sección de la pantalla será 120 mm². La intensidad de cortocircuito máxima se determinará con las siguientes fórmulas:

$$I = I_{cc} \cdot \epsilon$$

I \equiv corriente de cortocircuito máxima admisible (A)

I_{cc} \equiv corriente de cortocircuito adiabática (A)

ϵ \equiv factor que contempla las pérdidas de calor en los componentes adyacentes.

- Corriente de cortocircuito adiabática.

$$S^2 = \frac{I_{cc}^2 \cdot t}{K^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)} \quad I_{cc}^2 = \frac{1}{t} \left[S^2 \cdot K^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right) \right]$$

Con:

S \equiv sección del conductor (mm²)

t \equiv tiempo de duración del cortocircuito (s)

I_{cc} \equiv corriente de cortocircuito adiabática (A)

K \equiv constante dependiente del material conductor. Al = 148 A·s^{1/2}/mm² y Cu = 226 A·s^{1/2}/mm²

$\Theta_f \equiv$ temperatura límite de cortocircuito (250°C).

$\Theta_i \equiv$ temperatura límite para servicio continuo (80°C).

$\beta \equiv$ inverso del coeficiente de variación de la resistencia con la temperatura del conductor.
Al=228 K y Cu = 234,5 K.

$$I_{cc} = \sqrt{\frac{1}{t} \cdot \left[S^2 \cdot K^2 \cdot \ln \left(\frac{\Theta_f + \beta}{\Theta_i + \beta} \right) \right]}$$

$$I_{cc} = \sqrt{\frac{1}{0,5} \cdot \left[120^2 \cdot 226^2 \cdot \ln \left(\frac{250 + 234,5}{80 + 234,5} \right) \right]} = 25,21 \text{ kA}$$

- Factor debido a las pérdidas de calor en el conductor.

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

Sendo:

$t \equiv$ tiempo de duración del cortocircuito (s)

M:

$$M = \frac{\left(\sqrt{\frac{\sigma_2}{\rho_2}} + \sqrt{\frac{\sigma_3}{\rho_3}} \right)}{2 \cdot \sigma_1 \cdot \delta \cdot 10^{-3}} \cdot F$$

Em que:

σ_2 e $\sigma_3 \equiv$ calor específico volumétrico del medio adyacente a la pantalla (J/K·m³)

ρ_2 e $\rho_3 \equiv$ Resistividades térmicas del medio adyacente a la pantalla (K·m/W)

$\sigma_1 \equiv$ calor específico volumétrico de la pantalla (J/K·m³)

$\delta \equiv$ espesor de la pantalla (mm)

F \equiv 0,7 de acuerdo con IEC 60949

$$M = \frac{\left(\sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^6}{3,5}} + \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^6}{3,5}} \right)}{2 \cdot 3,45 \cdot 10^6 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,7 = 0,0349$$

$$\varepsilon = 1 + 0,61 \cdot M \cdot \sqrt{t} - 0,069 \cdot (M \cdot \sqrt{t})^2 + 0,0043 \cdot (M \cdot \sqrt{t})^3 = 1,0150$$

- Corriente de cortocircuito máxima admisible.

$$I = I_{cc} \cdot \varepsilon = 29,41 \cdot 1,0150 = 25,59 \text{ kA}$$

La corriente de cortocircuito máxima admisible en la pantalla es superior al nivel de diseño solicitado (25,59 kA > 25 kA).

9.4 Caída de tensión

El cálculo de la caída de tensión se realiza mediante la fórmula:

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

donde:

$I \equiv$ corriente nominal (A)

$R \equiv$ resistencia del conductor en corriente alterna (Ω/km)

$X \equiv$ reactancia media para el circuito (Ω/km)

$L \equiv$ longitud de la línea (km)

9.4.1 Cálculo de la resistencia en corriente alterna

La resistencia del conductor en corriente alterna a la temperatura máxima de servicio es:

$$R = R_{cc} \cdot (1 + y_s + y_p)$$

siendo:

$R \equiv$ Resistencia del conductor en corriente alterna Ω/km

$R_{cc} \equiv$ resistencia óhmica en c.c. a la temperatura máxima de servicio de 90° C en Ω/km .

$y_s \equiv$ factor de efecto pelicular.

$y_p \equiv$ factor de proximidad.

Los factores son calculados de acuerdo a la norma UNE 21144.

- Factor de efecto pelicular (y_s)

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0,8 \cdot x_s^4} \quad \text{tal que } x_s^2 = \frac{8 \pi f}{R_{cc}} \cdot 10^{-7} K_s$$

“ f ” es la frecuencia de la corriente de alimentación, en hercios.

Los valores K_s vienen determinados en la tabla siguiente:

Tabla 7. Tabla de efectos pelicular y de proximidad UNE 21144.

Tipo de conductor	Secado e impregnado o no	k_s	k_p
Circular, cableado	Sí	1	0,8

La resistencia en corriente continua a una temperatura de operación de 90°C es de:

$$R_{cc} = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta_{max} - 20)] = 0,1 \cdot [1 + 4,03 \cdot 10^{-3} \cdot 70] = 0,1282 \Omega/\text{km}$$

Con ese valor, se procede al cálculo del factor de efecto pelicular:

$$x_s^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R_{cc}} \cdot 10^{-7} \cdot K_s = \frac{8 \cdot \pi \cdot 50}{0,1282 \cdot 10^{-3}} \cdot 1 \cdot 10^{-7} = 0,9801$$

$$x_s = 0,99$$

$$y_s = \frac{x_s^4}{192 + 0,8 \cdot x_s^4} = \frac{0,99^4}{192 + 0,8 \cdot 0,99^4} = 0,00498$$

- Factor de efecto proximidad (y_p)

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

donde:

d_c = es el diámetro del conductor (mm) = 20,3mm

s = es la distancia entre ejes de los conductores (mm) = 200 mm

Con el valor de la resistencia de corriente continua, se procede al cálculo del factor de efecto proximidad:

$$x_p^2 = \frac{8 \cdot \pi \cdot f}{R_{cc}} \cdot 10^{-7} \cdot K_p = \frac{8 \cdot \pi \cdot 50}{0,1282 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,8 \cdot 10^{-7} = 0,784$$

$$x_p = 0,89$$

$$y_p = \frac{0,89^4}{192 + 0,8 \cdot 0,89^4} \cdot \left(\frac{20,3}{200}\right)^2 \cdot \left(0,312 \cdot \left(\frac{20,3}{200}\right)^2 + \frac{1,18}{\frac{0,89^4}{192 + 0,8 \cdot 0,89^4} + 0,27} \right) = 0,0001422$$

Con estos valores hallados, se halla la resistencia en corriente alterna a 90°C:

$$R = R_{cc} \cdot (1+y_s+y_p) = 0,1282 \cdot (1+0,00498+0,0001422) = 0,1289 \Omega/\text{km}$$

9.4.1 Cálculo de la reactancia

La reactancia para el cable elegido se calcula mediante de la siguiente manera:

$$X_L = \omega \cdot L \left[\frac{\Omega}{\text{km}} \right]$$

Donde:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

Con:

$f \equiv$ frecuencia (Hz)

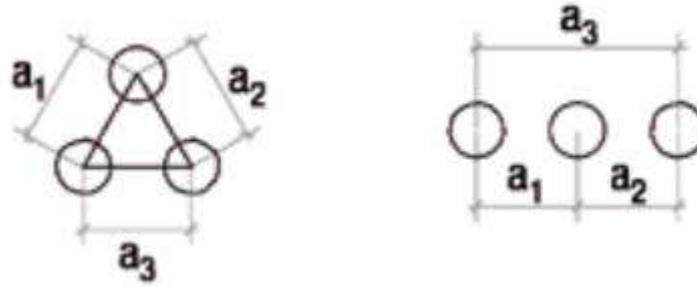
$$L = \left(0,05 + 0,2 \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot DMG}{d_c}\right) \right) \cdot 10^{-3} \left[\frac{H}{\text{km}} \right]$$

Con:

DMG \equiv distancia media geométrica entre conductores (mm)

$$DMG = \sqrt[3]{a_1 \cdot a_2 \cdot a_3}$$

Imagen 7. Disposición del circuito



$d_c \equiv$ diámetro del conductor (mm)

El cálculo de la reactancia es:

$$L = \left(0,05 + 0,2 \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot 200}{20,3} \right) \right) \cdot 10^{-3} = 6,4617 \cdot 10^{-4} \text{ H/km}$$

$$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 6,4617 \cdot 10^{-4} = 0,203 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Con los valores hallados, el valor en voltios y porcentual de la caída de tensión es:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 194,39 \cdot 1,0905 \cdot (0,1289 \cdot 0,9 + 0,203 \cdot 0,436) = 75,09 \text{ V}$$

$$\Delta U (\%) = 0,1138 \%$$

9.5 Pérdidas de potencia

El cálculo de las pérdidas producidas en la línea subterránea se realiza a partir de la siguiente fórmula:

$$P = 3 \cdot R \cdot I^2 \cdot (1 + \lambda_1)$$

donde:

$I \equiv$ corriente nominal (A)

$R \equiv$ resistencia del conductor en corriente alterna (Ω/km)

$L \equiv$ longitud de la línea (km)

$\lambda_1 \equiv$ Factor de pérdidas en la pantalla.

$$P = 3 \cdot R \cdot L \cdot I^2 = 3 \cdot 0,1289 \cdot 1,0905 \cdot 194,39^2 \cdot (1 + 0,0021) = \\ = 15,908 \text{ kW}$$

En valor porcentual con un factor de potencia de 0,9 con respecto a los 22,22 MVA nominales de diseño de la línea, se obtiene un valor de:

$$P (\%) = \frac{15,968 \text{ kW}}{22,22 \text{ MVA} \cdot 0,9} = 0,0798 \%$$

9.6 Tensión inducida en las pantallas.

9.6.1 Tensión inducida en servicio permanente.

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

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

Donde:

I: intensidad en régimen permanente a plena carga (296,37 A)

S: Distancia entre fases (200 mm).

d: Diámetro medio de la pantalla metálica (45,7 mm).

ω : Pulsación de corriente ($2\pi f$ rad/s)

$$E = 0,0404 \text{ V/m}$$

9.6.2 Tensión inducida pantalla – tierra en cortocircuito trifásico

La tensión inducida pantalla – tierra, por metro de cable, en cortocircuito trifásico viene dado por la siguiente expresión:

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

Donde:

I_{cc}: intensidad de cortocircuito trifásico (25 kA).

S: Distancia entre fases (200mm).

d: Diámetro medio de la pantalla metálica (45,7mm).

ω : Pulsación de corriente ($2\pi f$ rad/s)

$$E = 3,4076 \text{ V/m}$$

La tensión inducida no supera los 10kV.

9.6.3 Tensión inducida pantalla – tierra en cortocircuito monofásico

La tensión inducida en el caso de cortocircuito monofásico, depende del tipo de conexionado de pantallas seleccionado.

Single-Point

Considerando la presencia del cable equipotencial de tierra, necesario para el retorno de la corriente de defecto, la tensión inducida pantalla – tierra, por metro de cable, en caso de cortocircuito monofásico viene dado por la siguiente expresión:

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

Donde:

I_{cc}: intensidad de cortocircuito monofásico (25 kA).

d: Diámetro medio de la pantalla metálica (45,7 mm).

R_s: Resistencia del cable de tierra (0,153 ohm/km).

r_c: Radio del cable de tierra (6,18 mm).

S_{fc}: Distancia entre la fase más alejada y el cable de tierra (321 mm).

r: Radio medio geométrico del cable de tierra (0,75 · r_c).

ω: Pulsación de corriente (2πf rad/s)

$$E = 11,46 \text{ V/m}$$

Teniendo en cuenta la longitud más larga del tramo Single – Point, de 545,25 m, la tensión inducida pantalla – tierra es de 6.250,99 V, inferior a 10 kV.

Estas tensiones calculadas en los extremos entre las pantallas y tierra deben ser inferiores al nivel de tensión soportado por la cubierta del cable para garantizar que esta es capaz de soportar la sobretensión provocada por un cortocircuito monofásico.

$$U_{cubierta,50 \text{ Hz}} > U_{extremosdelínea}$$

La tensión soportada por la cubierta es 10 kV por lo que no hay posibilidad de daños en la cubierta por las sobretensiones producidas tras un cortocircuito monofásico.

9.7 Cuadro resumen de cálculos eléctricos.

CÁLCULOS ELÉCTRICOS	VALORES
TENSIÓN NOMINAL DE LA LÍNEA (kV)	66
TENSIÓN MÁS ELEVADA (kV)	72,5
FRECUENCIA (Hz)	50
POTENCIA DE TRANSPORTE (MW)	20
INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE – TRAMO AÉREO (A)	431,17 A
INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE – TRAMO SUBTERRÁNEO (A)	296,37 A

CÁLCULOS ELÉCTRICOS	VALORES
CAÍDA DE TENSIÓN TRAMO AÉREO (%)	0,38
CAÍDA DE TENSIÓN TRAMO SUBTERRÁNEO (%)	0,11
PÉRDIDA DE POTENCIA TRAMO AÉREO (%)	0,26
PÉRDIDA DE POTENCIA TRAMO SUBTERRÁNEO (%)	0,08
CAÍDA DE TENSIÓN TOTAL (%)	0,49
POTENCIA PERDIDA TOTAL (%)	0,34

10 CÁLCULOS MECÁNICOS JUSTIFICATIVOS

10.1 Tensión máxima del tendido

La tensión horizontal del conductor en las condiciones iniciales (T_0), se realizará teniendo en cuenta las condiciones siguientes:

- a) Que el coeficiente de seguridad a la rotura, sea como mínimo igual a 2,5 en las condiciones atmosféricas que provoquen la máxima tensión de los conductores según apartado 3.2.1 de ITC 07 del R.L.A.T.
- b) Que la tensión de trabajo de los conductores a una temperatura media (15 °C) sin ninguna sobrecarga, no exceda de un porcentaje de la carga de rotura recomendado. Este fenómeno es el llamado E.D.S. (Every Day Stress).

10.2 Vano de regulación

El vano ideal de regulación, limitado por dos apoyos de amarre, viene dado por:

$$a_r = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}$$

a_r : Longitud proyectada del vano de regulación (m).

a : Longitud proyectada de cada vano (m)

10.3 Ecuación de cambio de condiciones

La “ecuación de cambio de condiciones” permite calcular la componente horizontal de la tensión para unos valores determinados de sobrecarga (que será el peso total del conductor y cadena + sobrecarga de viento o nieve, si existiesen) y temperatura, partiendo de una situación de equilibrio inicial de sobrecarga, temperatura y tensión mecánica. Esta ecuación tiene la forma:

$$T^2 \cdot (T + A) = B$$

$$A = \alpha \cdot (\theta - \theta_0) \cdot S \cdot E - T_0 + \frac{a_r^2}{24} \cdot \frac{P_0^2}{T_0^2} \cdot S \cdot E \quad ; \quad B = \frac{a_r^2 \cdot P^2}{24} \cdot S \cdot E$$

a_r : Longitud proyectada del vano de regulación (m).

T_0 : Tensión horizontal en las condiciones iniciales (kg).

θ_0 : Temperatura en las condiciones iniciales (°C).

P_0 : Sobrecarga en las condiciones iniciales según zona donde nos encontremos (kg/m).

T : Tensión horizontal en las condiciones finales (kg).

θ : Temperatura en las condiciones finales (°C).

P: Sobrecarga en las condiciones finales (kg/m).

S: Sección del conductor (mm²).

E: Módulo de elasticidad del conductor (kg/mm²).

α : Coeficiente de dilatación lineal del conductor (m/°C).

Como se señaló anteriormente, la sobrecarga en condiciones finales será:

$$P = P_{\text{cond}} + \text{Sobrecarga}_{\text{hielo o viento}}$$

10.4 Tracción máxima

Las tracciones máximas alcanzadas son:

CONDUCTOR	TRACCIÓN MÁXIMA		
	CANTÓN	EDS (%)	TENSIÓN (daN)
LA-180	1 (Pórtico BEL I-Ap.1)	4,0	508
LA-180	2 (Ap.1-Ap.2)	14,0	1827
LA-180	3 (Ap.2-Ap.5)	17,0	2050
LA-180	3 (Ap.2-Ap.5)	17,0	2043
LA-180	3 (Ap.2-Ap.5)	17,0	2049
LA-180	4 (Ap.5-Ap.7)	17,0	2051
LA-180	4 (Ap.5-Ap.7)	17,0	2033
LA-180	5 (Ap.7-Ap.10)	17,0	2057
LA-180	5 (Ap.7-Ap.10)	17,0	2049
LA-180	5 (Ap.7-Ap.10)	17,0	2056
LA-180	6 (Ap.10-Ap.11 (PAS))	17,0	2105

CABLE DE TIERRA	TRACCIÓN MÁXIMA		
	CANTÓN	EDS (%)	TENSIÓN (daN)
OPGW 53G68z	1 (Pórtico BEL I-Ap.1)	3,0	736
OPGW 53G68z	2 (Ap.1-Ap.2)	10,0	1864
OPGW 53G68z	3 (Ap.2-Ap.5)	12,0	2074
OPGW 53G68z	3 (Ap.2-Ap.5)	12,0	2066
OPGW 53G68z	3 (Ap.2-Ap.5)	12,0	2073
OPGW 53G68z	4 (Ap.5-Ap.7)	12,0	2076
OPGW 53G68z	4 (Ap.5-Ap.7)	12,0	2057
OPGW 53G68z	5 (Ap.7-Ap.10)	12,0	2088
OPGW 53G68z	5 (Ap.7-Ap.10)	12,0	2079
OPGW 53G68z	5 (Ap.7-Ap.10)	12,0	2086
OPGW 53G68z	6 (Ap.10-Ap.11 (PAS))	12,0	2149

10.5 Flecha máxima

Las flechas que se alcanzan en cada vano, se han calculado utilizando la ecuación de Truxá:

$$f = \frac{p * a * b}{8 * T} * \left(1 + \frac{a^2 * p^2}{48 * T^2}\right)$$

a: Longitud proyectada del vano (m).

h: Desnivel (m).

b: Longitud real del vano (m) $\rightarrow b = \sqrt{a^2 + h^2}$

T: Componente horizontal de la tensión (kg).

p: Peso del conductor por metro lineal en las condiciones consideradas (kg/m).

El tendido de la línea se realizará de modo que la curva catenaria mantenga una distancia al terreno mínima de 7 metros.

A continuación, se indican las flechas máximas en hipótesis de temperatura (85°C, sin sobrecarga):

Ap. Ini	Ap. Fin	Flecha (m)
2	3	6,40
3	4	3,39
4	5	5,06
5	6	3,91
6	7	5,37
7	8	2,3
8	9	2,47
9	10	5,42
10	11	4,15
11	12	6,54

10.6 Tablas de Tendido

A continuación, se muestran las tablas de tendido correspondientes al conductor de fase y al cable de tierra respectivamente:

10.6.1 Tabla de tendido de conductor

VANO ENTRE APOYOS	LONG VANO (m)	CANTÓN ENTRE APOYOS	VANO REG (m)	CONDUCTOR	5°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C			
					TENSE	FLECHA	TENSE	FLECHA	TENSE	FLECHA	TENSE	FLECHA	TENSE	FLECHA	TENSE	FLECHA	TENSE	FLECHA								
					daN	m	daN	m	daN	m	daN	m	daN	m	daN	m	daN	m								
Pórtico BEL I-Ap.1	88,5	Pórtico BEL I - Ap.1	88,5	LA-180	228,2	2,84	224,7	2,89	221,3	2,93	218,1	2,98	215,0	3,02	212,0	3,06	209,2	3,10	206,4	3,14	203,9	3,18	201,3	3,23		
Ap.1-Ap.2	213,0	Ap.1 - Ap.2	212,3	LA-180	945,8	3,99	913,3	4,13	883,0	4,27	855,5	4,41	829,8	4,54	805,7	4,68	783,4	4,81	762,1	4,95	742,6	5,08	724,2	5,21		
Ap.2-Ap.3	152,2	Ap.2 - Ap.5	168,7	LA-180	1.203,5	1,60	1.136,4	1,69	1.075,0	1,79	1.020,4	1,88	969,1	1,98	922,4	2,09	880,3	2,19	841,5	2,29	807,3	2,38	775,3	2,48		
Ap.3-Ap.4	186,1	Ap.2 - Ap.5	168,7	LA-180	1.203,5	2,38	1.136,4	2,53	1.075,0	2,67	1.020,4	2,81	969,1	2,96	922,4	3,11	880,3	3,26	841,5	3,41	807,3	3,56	775,3	3,70		
Ap.4-Ap.5	163,5	Ap.2 - Ap.5	168,7	LA-180	1.203,5	1,84	1.136,4	1,95	1.075,0	2,06	1.020,4	2,17	969,1	2,29	922,4	2,40	880,3	2,52	841,5	2,64	807,3	2,75	775,3	2,86		
Ap.5-Ap.6	191,1	Ap.5 - Ap.7	167,6	LA-180	1.204,6	2,52	1.137,5	2,67	1.076,1	2,82	1.019,2	2,97	968,0	3,13	921,3	3,29	879,1	3,45	840,4	3,61	805,0	3,77	773,0	3,92		
Ap.6-Ap.7	124,3	Ap.5 - Ap.7	167,6	LA-180	1.204,6	1,06	1.137,5	1,12	1.076,1	1,19	1.019,2	1,26	968,0	1,32	921,3	1,39	879,1	1,46	840,4	1,52	805,0	1,59	773,0	1,66		
Ap.7-Ap.8	133,6	Ap.7 - Ap.10	175,2	LA-180	1.195,5	1,24	1.132,9	1,31	1.073,8	1,38	1.020,3	1,45	971,9	1,53	926,9	1,60	887,0	1,67	849,4	1,75	815,7	1,82	784,8	1,89		
Ap.8-Ap.9	199,7	Ap.7 - Ap.10	175,2	LA-180	1.195,5	2,77	1.132,9	2,92	1.073,8	3,08	1.020,3	3,24	971,9	3,40	926,9	3,57	887,0	3,73	849,4	3,89	815,7	4,06	784,8	4,22		
Ap.9-Ap.10	174,4	Ap.7 - Ap.10	175,2	LA-180	1.195,5	2,11	1.132,9	2,23	1.073,8	2,35	1.020,3	2,48	971,9	2,60	926,9	2,73	887,0	2,85	849,4	2,98	815,7	3,10	784,8	3,22		
Ap.10-Ap.11 (PAS)	219,3	Ap.10 - Ap.11 (PAS)	219,3	LA-180	1.174,7	3,39	1.126,9	3,54	1.081,9	3,69	1.040,2	3,83	1.002,6	3,98	967,2	4,12	934,7	4,27	904,4	4,41	876,3	4,55	850,6	4,69		

10.6.1 Tabla de tendido de cable de tierra

VANO ENTRE APOYOS	LONG VANO (m)	CANTÓN ENTRE APOYOS	VANO REG (m)	CONDUCTOR	5°C		10°C		15°C		20°C		25°C		30°C		35°C		40°C		45°C		50°C			
					TENSE	FLECHA	TENSE	FLECHA	TENSE	FLECHA																
					daN	m	daN	m	daN	m																
Pórtico BEL I-Ap.1	88,6	Pórtico BEL I - Ap.1	88,6	OPGW 53G68z (3449)	355,3	1,85	345,9	1,90	337,3	1,95	329,0	2,00	321,4	2,05	314,4	2,09	307,6	2,14	301,2	2,18	295,2	2,23	289,5	2,27		
Ap.1-Ap.2	213,0	Ap.1 - Ap.2	212,3	OPGW 53G68z (3449)	1.046,4	3,64	1.014,5	3,76	984,9	3,87	957,4	3,98	931,1	4,09	907,0	4,20	883,9	4,31	862,0	4,42	841,2	4,53	822,1	4,64		
Ap.2-Ap.3	152,2	Ap.2 - Ap.5	168,7	OPGW 53G68z (3449)	1.331,0	1,46	1.271,4	1,53	1.215,1	1,60	1.162,2	1,67	1.112,6	1,75	1.067,5	1,82	1.023,5	1,90	983,9	1,98	946,5	2,05	911,4	2,13		
Ap.3-Ap.4	186,1	Ap.2 - Ap.5	168,7	OPGW 53G68z (3449)	1.331,0	2,18	1.271,4	2,28	1.215,1	2,39	1.162,2	2,50	1.112,6	2,61	1.067,5	2,72	1.023,5	2,84	983,9	2,95	946,5	3,07	911,4	3,18		
Ap.4-Ap.5	163,5	Ap.2 - Ap.5	168,7	OPGW 53G68z (3449)	1.331,0	1,69	1.271,4	1,76	1.215,1	1,85	1.162,2	1,93	1.112,6	2,02	1.067,5	2,10	1.023,5	2,19	983,9	2,28	946,5	2,37	911,4	2,46		
Ap.5-Ap.6	191,1	Ap.5 - Ap.7	167,6	OPGW 53G68z (3449)	1.331,0	2,30	1.271,4	2,41	1.214,0	2,53	1.162,2	2,64	1.112,6	2,76	1.065,3	2,88	1.022,4	3,00	981,7	3,12	944,3	3,25	909,2	3,37		
Ap.6-Ap.7	124,5	Ap.5 - Ap.7	167,6	OPGW 53G68z (3449)	1.331,0	0,98	1.271,4	1,02	1.214,0	1,07	1.162,2	1,12	1.112,6	1,17	1.065,3	1,22	1.022,4	1,27	981,7	1,32	944,3	1,38	909,2	1,43		
Ap.7-Ap.8	133,8	Ap.7 - Ap.10	175,2	OPGW 53G68z (3449)	1.326,5	1,14	1.269,1	1,19	1.215,1	1,24	1.164,4	1,29	1.115,9	1,35	1.071,8	1,41	1.030,0	1,46	990,4	1,52	955,3	1,58	921,2	1,64		
Ap.8-Ap.9	199,7	Ap.7 - Ap.10	175,2	OPGW 53G68z (3449)	1.326,5	2,52	1.269,1	2,63	1.215,1	2,75	1.164,4	2,87	1.115,9	3,00	1.071,8	3,12	1.030,0	3,25	990,4	3,38	955,3	3,50	921,2	3,63		
Ap.9-Ap.10	174,4	Ap.7 - Ap.10	175,2	OPGW 53G68z (3449)	1.326,5	1,93	1.269,1	2,01	1.215,1	2,10	1.164,4	2,19	1.115,9	2,29	1.071,8	2,38	1.030,0	2,48	990,4	2,58	955,3	2,68	921,2	2,77		
Ap.10-Ap.11 (PAS)	219,3	Ap.10 - Ap.11 (PAS)	219,3	OPGW 53G68z (3449)	1.308,4	3,08	1.262,1	3,19	1.219,1	3,31	1.179,4	3,42	1.140,9	3,53	1.105,6	3,65	1.071,5	3,76	1.039,6	3,88	1.010,0	3,99	982,5	4,10		

10.7 Cálculo mecánico de los apoyos

10.7.1 Criterios de cálculo

Se calcularán los apoyos estudiando las cargas a las que están sometidos bajo cuatro hipótesis diferentes: hipótesis de Viento, hipótesis de hielo, hipótesis de hielo + viento, hipótesis de desequilibrio de fases e hipótesis de rotura de conductores. El análisis de tales hipótesis estará condicionado por la función del apoyo y por la zona en la que se encuentra (Zona A, B o C).

10.7.2 Acciones consideradas. Cargas verticales

- Carga vertical permanente (P_{vp}):

$$P_{vp} = n \cdot \left[P_{cond} \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) + P_{cad} + T \cdot \left(\frac{h_1}{a_1} + \frac{h_2}{a_2} \right) \right] \text{ (kg)}$$

Siendo:

a_1 y a_2 : Longitud proyectada del vano anterior y posterior.

P_{cond} : Peso propio del conductor.

P_{cad} : Peso de la cadena, aisladores más herrajes.

n : Número de conductores.

h_1 y h_2 : Desnivel del vano anterior y posterior (m).

T : Tensión máxima del conductor en la hipótesis considerada (Kg).

- Sobrecarga por hielo (S_h):

$$S_h = P_h \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) \cdot n$$

P_h : Sobrecarga de hielo.

En zona B = $0,18 \cdot \sqrt{d}$ (kg/m).

Siendo d el diámetro del conductor (mm).

10.7.3 Acciones consideradas. Cargas horizontales

Fuerza del viento sobre un apoyo de alineación (F):

$$F = q \cdot d \cdot \left(\frac{a_1 + a_2}{2} \right) \text{ (kg)}$$

q : Presión del viento sobre el conductor (kg/m^2).

Siendo :

$$q = 60 \cdot \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 \text{ kg/m}^2 \text{ cuando } d \leq 16 \text{ mm}$$

$$q = 50 \cdot \left(\frac{V_v}{120} \right)^2 \text{ kg/m}^2 \text{ cuando } d \geq 16 \text{ mm.}$$

d: diámetro del conductor en mm.

- Resultante de ángulo (R_a):

$$R_a = T \cdot 2 \cdot n \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \text{ (kg)}$$

Siendo, al igual que antes, α el ángulo interno que forman los conductores entre sí.

- Desequilibrio de tracciones (D_t):

Se denominan desequilibrio de tracciones al esfuerzo longitudinal existente en el apoyo, debido a la diferencia de tensiones en los vanos contiguos. Los desequilibrios se consideran como porcentajes de la tensión máxima aplicada a todos los conductores.

$$D_t = \% \cdot T_{\text{máxima}}$$

- Desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de asilamiento de suspensión:

Un >66kV, 15%, aplicados en los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

Un ≤66kV, 8%, distribuidos en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

- Desequilibrio en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre:

Un >66kV, 25%, aplicados en los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

Un ≤66kV, 15%, distribuidos en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

- Desequilibrio en apoyos de anclaje:

Un >66kV, 50%, aplicados en los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

Un ≤66kV, 50%, distribuidos en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.

- Desequilibrio en apoyos de fin de línea:

100% de las tracciones unilaterales de todos los conductores y cables de tierra, considerándose aplicado cada esfuerzo en el punto de fijación del correspondiente conductor o cable de tierra al apoyo. Se deberá tener en cuenta la torsión a que estos esfuerzos pudieran dar lugar.

- Desequilibrios muy pronunciados:

Deberá analizarse el desequilibrio de tensiones de los conductores en las condiciones más desfavorables de los mismos. Si el resultado de este análisis fuera más desfavorable que los valores fijados anteriormente, se aplicarán estos.

- Desequilibrio en apoyos especiales:

Desequilibrio más desfavorable que puedan ejercer los conductores. Se aplicarán los esfuerzos en el punto de fijación de los conductores.

- Rotura de conductores (R_c):

La rotura de conductores se aplica con un % de la tensión máxima del conductor roto.

$$R_c = \% \cdot T_{m\acute{a}xima}$$

- Rotura de conductores en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de asilamiento de suspensión:

Rotura de un solo conductor o cable de tierra.
Esfuerzo de rotura aplicable (% de la tensión del cable roto)
El 50% en líneas de 1 ó 2 conductores por fase.
El 75% en líneas de 3 conductores.
No se considera reducción en líneas de 4 o más conductores por fase.

- Rotura de conductores en apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre:

Rotura de un solo conductor o cable de tierra. Sin reducción alguna en la tensión.

- Rotura de conductores en apoyos de anclaje:

Esfuerzo de rotura aplicable (% de la tensión total del haz de fase):

El 100% para líneas con un conductor por fase.

El 50% para líneas con 2 o más conductores por fase.

- Rotura de conductores en apoyos de fin de línea.

Se considerará este esfuerzo como en los apoyos de anclaje, pero suponiendo, en el caso de las líneas con haces múltiples, los conductores sometidos a la tensión mecánica que les corresponda, de acuerdo con la hipótesis de carga.

- Rotura de conductores en apoyos especiales.

Se considerará el esfuerzo que produzca la sollicitación más desfavorable para cualquier elemento del apoyo.

En las tablas siguientes se refleja el resumen de hipótesis para el caso de que se trata, zona B, dado que la línea discurre a una altitud entre 500 y 1000 metros.

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.º HIPÓTESIS (Viento)		2.º HIPÓTESIS (Hielo+Viento)		3.º HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.º HIPÓTESIS (Rotura de conductores)
		(Hielo)	(Hielo+Viento)	(Hielo)	(Hielo+Viento)		
Suspensión de Alineación o Suspensión de Angulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento (apdo. 3.1.3) y a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento (apdo. 3.1.3) y a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento (apdo. 3.1.3) y a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento (apdo. 3.1.3) y a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento (apdo. 3.1.3) y a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)
Amarre de Alineación o Amarre de Angulo	L	No aplica.	No aplica.	No aplica.	No aplica.	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.1)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.1.)
	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento (apdo. 3.1.3) y a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento (apdo. 3.1.3) y a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento (apdo. 3.1.3) y a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento (apdo. 3.1.3) y a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento (apdo. 3.1.3) y a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).
Amarre de Alineación o Amarre de Angulo	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)
	L	No aplica.	No aplica.	No aplica.	No aplica.	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.2)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.2.)

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará:
1.º Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C.
Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2). La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.

TIPO DE APOYO	TIPO DE ESFUERZO	1.ª HIPÓTESIS (Viento)		2.ª HIPÓTESIS (Hielo+Viento)		3.ª HIPÓTESIS (Desequilibrio de tracciones)	4.ª HIPÓTESIS (Rotura de conductores)	
		(Hielo)	(Hielo+Viento)	(Hielo)	(Hielo+Viento)			
Anclaje de Alineación o Anclaje de Angulo	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).			
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. SÓLO ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)	ALINEACIÓN: No se aplica. ÁNGULO: Resultante de ángulo (apdo. 3.1.6.)			
Fin de línea	L	No aplica.	No aplica.	No aplica.	No aplica.	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.3)	Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.3.)	
	V	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea.	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento mínima (apdo. 3.1.3).	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2)	Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).		Cargas permanentes (apdo. 3.1.1) considerando los conductores y cables de tierra sometidos a la sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3). Para las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2).	
	T	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea, sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.	No aplica.	Esfuerzo del viento (apdo. 3.1.2) para una velocidad mínima de 60 km/h y sobrecarga de hielo (apdo. 3.1.3) sobre: - Conductores y cables de tierra. - Apoyo.	No aplica.	No aplica.	No aplica.	No aplica.
	L	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).	Desequilibrio de tracciones (apdo. 3.1.4.4).		Rotura de conductores y cables de tierra (apdo. 3.1.5.4.)	

T = Esfuerzo transversal

L = Esfuerzo longitudinal

V = Esfuerzo vertical

Para la determinación de las tensiones de los conductores y cables de tierra se considerará:
1.ª Hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de viento (apdo. 3.1.2) correspondiente a una velocidad mínima de 120 ó 140 km/h según la categoría de la línea y a la temperatura de -10 °C en zona B y -15 °C en zona C.
Resto hipótesis: Sometidos a una sobrecarga de hielo mínima (apdo. 3.1.3) y a la temperatura de -15 °C en zona B y -20 °C en zona C. En las líneas de categoría especial, además de la sobrecarga de hielo, se considerarán los conductores y cables de tierra sometidos a una sobrecarga de viento mínima correspondiente a 60 km/h (apdo. 3.1.2). La 2ª Hipótesis (Hielo+Viento) será de aplicación exclusiva para las líneas de categoría especial.

10.7.4 Resumen de esfuerzos aplicados

A continuación, se adjuntan los resultados relativos a los esfuerzos en todas sus hipótesis:

APOYO	FUNCIÓN	SEGURIDAD REFORZAD	HIPÓTESIS	CS	CONDUCTOR			CABLE DE TIERRA		
					CARGA TRANSVERSAL	CARGA LONGITUDINAL	CARGA VERTICAL	CARGA TRANSVERSAL	CARGA LONGITUDINAL	CARGA VERTICAL
1	FL	NO	1	1,5	110,7	1481,4	199,7	115,3	1596,6	209,7
1	FL	NO	2	1,5	-	1803,1	306,2	-	1840,2	304,7
1	FL	NO	3	1,2	-	-	-	-	-	-
1	FL	NO	4A	1,2	-	-	-	-	-	-
1	FL	NO	4B	1,2	-	1803,1	306,2	-	1840,2	304,7
2	A	NO	1	1,5	194,2	263,8	-118,6	202,1	245,0	-131,2
2	A	NO	2	1,5	-	230,1	-30,1	-	216,5	-39,0
2	A	NO	3	1,2	-	680,8	-30,1	-	676,5	-39,0
2	A	NO	4A	1,2	-	2033,1	-46,6	-	2056,7	-48,2
2	A	NO	4B	1,2	-	230,1	-30,1	-	216,5	-39,0
3	S	NO	1	1,5	165,4	-	324,8	172,7	-	334,1
3	S	NO	2	1,5	-	-	486,0	-	-	478,1
3	S	NO	3	1,2	-	305,0	486,0	-	308,5	478,1
3	S	NO	4A	1,2	-	1016,6	486,0	-	2056,7	478,1
3	S	NO	4B	1,2	-	-	486,0	-	-	478,1
4	S	NO	1	1,5	170,2	-	182,4	177,8	-	197,4
4	S	NO	2	1,5	-	-	323,7	-	-	329,0
4	S	NO	3	1,2	-	305,0	323,7	-	308,5	329,0
4	S	NO	4A	1,2	-	1016,6	323,7	-	2056,7	329,0
4	S	NO	4B	1,2	-	-	323,7	-	-	329,0
5	A	NO	1	1,5	189,5	-	-110,9	197,2	-	-142,9
5	A	NO	2	1,5	-	-	-18,1	-	-	-50,7
5	A	NO	3	1,2	-	510,0	-18,1	-	515,8	-50,7
5	A	NO	4A	1,2	-	2033,1	-18,1	-	2056,7	-50,7
5	A	NO	4B	1,2	-	-	-18,1	-	-	-50,7
6	S	NO	1	1,5	157,2	-	264,6	162,3	-	279,3
6	S	NO	2	1,5	-	-	408,1	-	-	409,8
6	S	NO	3	1,2	-	304,6	408,1	-	308,2	409,8
6	S	NO	4A	1,2	-	1015,5	408,1	-	2054,5	409,8
6	S	NO	4B	1,2	-	-	408,1	-	-	409,8
7	A	NO	1	1,5	1278,6	-	-85,0	1346,3	-	-86,4
7	A	NO	2	1,5	1326,6	-	-20,3	1340,6	-	-18,4
7	A	NO	3	1,2	1161,0	486,5	-20,3	1173,6	498,1	-18,4
7	A	NO	4A	1,2	663,3	1927,3	-96,0	670,3	1955,2	-96,2
7	A	NO	4B	1,2	1326,6	-	-20,3	1340,6	-	-18,4
8	S	NO	1	1,5	165,0	-	225,0	170,5	-	228,1
8	S	NO	2	1,5	-	-	368,6	-	-	358,9
8	S	NO	3	1,2	-	305,6	368,6	-	310,1	358,9
8	S	NO	4A	1,2	-	1018,8	368,6	-	2067,6	358,9
8	S	NO	4B	1,2	-	-	368,6	-	-	358,9
9	S	NO	1	1,5	181,2	-	337,2	189,2	-	347,9
9	S	NO	2	1,5	-	-	512,8	-	-	505,4
9	S	NO	3	1,2	-	305,6	512,8	-	310,1	505,4
9	S	NO	4A	1,2	-	1018,8	512,8	-	2067,6	505,4
9	S	NO	4B	1,2	-	-	512,8	-	-	505,4
10	A	NO	1	1,5	206,6	-	-34,4	215,0	-	-41,8
10	A	NO	2	1,5	-	-	95,8	-	-	73,2
10	A	NO	3	1,2	-	566,1	95,8	-	587,6	73,2
10	A	NO	4A	1,2	-	2094,3	-25,1	-	2138,3	-28,0
10	A	NO	4B	1,2	-	-	95,8	-	-	73,2
11	FL-PAS	NO	1	1,5	117,2	1763,0	131,9	117,8	1890,4	136,2
11	FL-PAS	NO	2	1,5	-	2094,3	223,9	-	2138,3	220,5
11	FL-PAS	NO	3	1,2	-	-	-	-	-	-
11	FL-PAS	NO	4A	1,2	-	-	-	-	-	-
11	FL-PAS	NO	4B	1,2	-	2094,3	223,9	-	2138,3	220,5

- Hip. 1 Viento
- Hip. 2 Hielo
- Hip. 3 Desequilibrio
- Hip. 4A Rotura - Fase rota
- Hip. 4B Rotura - Fase no rota

10.8 Cálculo mecánico de cimentaciones

Las cimentaciones de las torres de patas separadas están constituidas por cuatro bloques de hormigón de sección cuadrada o circular. Cada uno de estos bloques se calcula para resistir el esfuerzo de arrancamiento y distribuir el de compresión en el terreno.

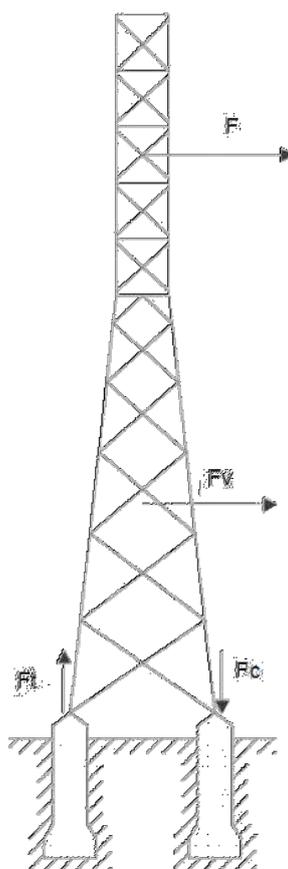
Las cimentaciones para apoyos sin patas será monobloque rectangular. Cada uno de estos bloques se calcula para resistir el esfuerzo de arrancamiento y distribuir el de compresión en el terreno.

Cuando la pata transmita un esfuerzo de tracción (F_t), se opondrá a él el peso del propio macizo de hormigón (P_h) más el del cono de tierras arrancadas (P_c) con un coeficiente de seguridad de 1,5:

$$(P_c + P_h) / F_t \geq 1,5$$

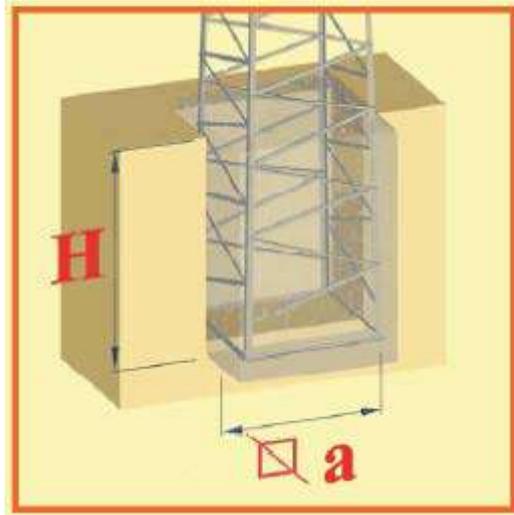
Cuando el esfuerzo sea de compresión (F_c), la presión ejercida por este más el peso del bloque de hormigón sobre el fondo de la cimentación (de área A) deberá ser menor que la presión máxima admisible del terreno (σ):

$$(F_c + P_h) / A \leq \sigma$$



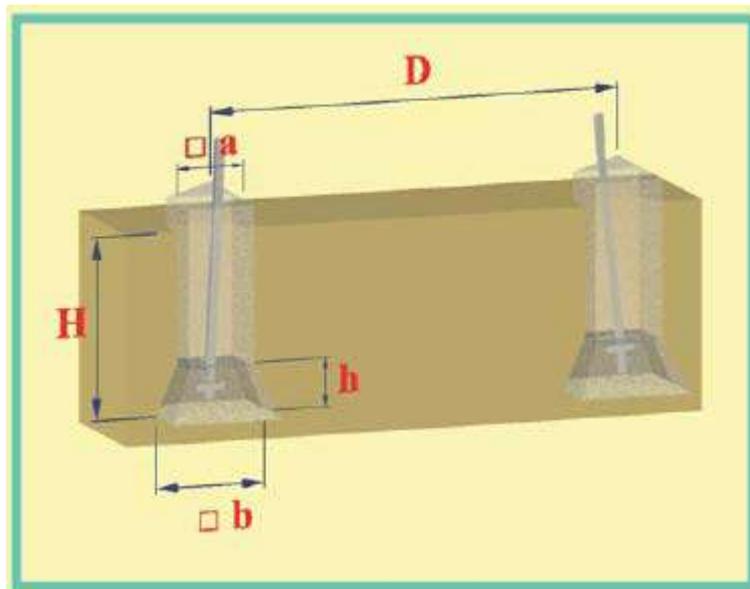
A continuación, se indican las dimensiones de las cimentaciones tipo a realizar en cada uno de los apoyos, incluidos los volúmenes de excavación y hormigonado. Estos valores son referenciales, no válidos para construcción y deberán ajustarse previa realización de un estudio geotécnico:

Alisio 25				
k=12kg/cm3)				
Altura	H(m)	A(m)	V(m3)	Hu(m)
18	2,18	1,88	7,74	16,07
20	2,21	1,96	8,49	18,04
24	2,25	2,11	10,04	22,00



Cimentación tipo Serie Alisio

$\alpha=30^\circ$ y $\sigma=3\text{kg/cm}^2$						
	Altura	H(m)	h(m)	a(m)	b(m)	V(m3)
Céfiro 30	10	1,75	0,35	0,90	1,30	6,20
	22	1,90	0,35	0,90	1,30	6,70
Céfiro 90	10	2,55	0,35	0,90	1,30	8,80
	16	2,65	0,35	0,90	1,30	9,20
	20	2,70	0,35	0,9	1,30	9,30



Cimentación tipo Serie Céfiro

10.9 Aislamiento y herrajes

10.9.1 Aisladores

Según establece la ITC LAT 07 del R.L.A.T., apartado 3.4, el coeficiente de seguridad mecánico de los aisladores no será inferior a 3. Si la carga de rotura electromecánica mínima garantizada se obtuviese mediante control estadístico en la recepción, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

$$C.S = \text{Carga rotura aislador} / T_{\text{máx}} \geq 3$$

En el caso de este proyecto de ejecución las cadenas de amarre serán simples y estarán formadas por una cadena de aisladores de vidrio con un coeficiente de seguridad de:

$$C.S. = 7.000 / 2.105 = 3,33$$

También se tendrá que comprobar que la cadena de aisladores seleccionada cumple los niveles de aislamiento para tensiones soportadas (tablas 12 y 13 del apartado 4.4 de la ITC LAT 07 del R.L.A.T.) en función de las Gamas I (corta duración a frecuencia industrial y a la tensión soportada a impulso tipo rayo) y II (impulso tipo maniobra y la tensión soportada a impulso tipo rayo).

Según el tipo de ambiente donde se encuentre el conductor, en la tabla 14 del apartado 4.4 de la ITC LAT 07 del R.L.A.T., se recomienda la longitud de la línea de fuga entre fase y tierra de los aisladores a utilizar. Para obtener la línea de fuga mínima recomendada se multiplica el número indicado por el reglamento, según el tipo de ambiente, por la tensión nominal de la línea.

10.9.2 Herrajes

Según establece el apartado 3.3 del de la ITCO 7 del R.L.A.T., los herrajes sometidos a tensión mecánica por los conductores y cables de tierra, o por los aisladores, deberán tener un coeficiente de seguridad mecánica no inferior a 3 respecto a su carga mínima de rotura. Cuando la carga mínima de rotura se comprobare sistemáticamente mediante ensayos, el coeficiente de seguridad podrá reducirse a 2,5.

Las grapas de amarre del conductor deben soportar una tensión mecánica en el amarre igual o superior al 95% de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca su deslizamiento.

$$\text{Rótula corta } C.S. = 13500 / (2.105) = 6,41$$

$$\text{Grillete } C.S. = 14000 / (2.105) = 6,65$$

11 CONCLUSIÓN

En las páginas anteriores de esta memoria y en los planos que la acompañan figuran los datos que han de servir para la tramitación del anexo de modificación y la ejecución del Proyecto de la línea objeto de este Proyecto.

Los datos expuestos en la presente Memoria, completados con los documentos que se acompañan, se consideran suficientes para poder formar juicio de la instalación proyectada, y servir de base para la Autorización Administrativa Previa y Autorización Administrativa de Construcción.

Madrid, Mayo de 2020.
Josu Barredo Egusquiza
Ingeniero Industrial
COII de Madrid nº 13.953



Anexo de Modificación al Proyecto de Ejecución

Línea 66 kV SET Belinchón I – SET Huelves

Mayo 2020 - v05

Anexo I: Planos

Versión	Creado	Revisado	Fecha	Comentarios
01	J.A.G.A	E.R.S.	14/02/2020	Edición inicial
02	J.A.G.A	E.R.S.	17/03/2020	Comentarios Cliente
03	J.A.G.A	E.R.S.	08/04/2020	Comentarios Cliente
04	J.A.G.A	E.R.S.	05/05/2020	Modificación Tramo Subterráneo
05	J.A.G.A	E.R.S.	20/05/2020	Comentarios Cliente

Planos

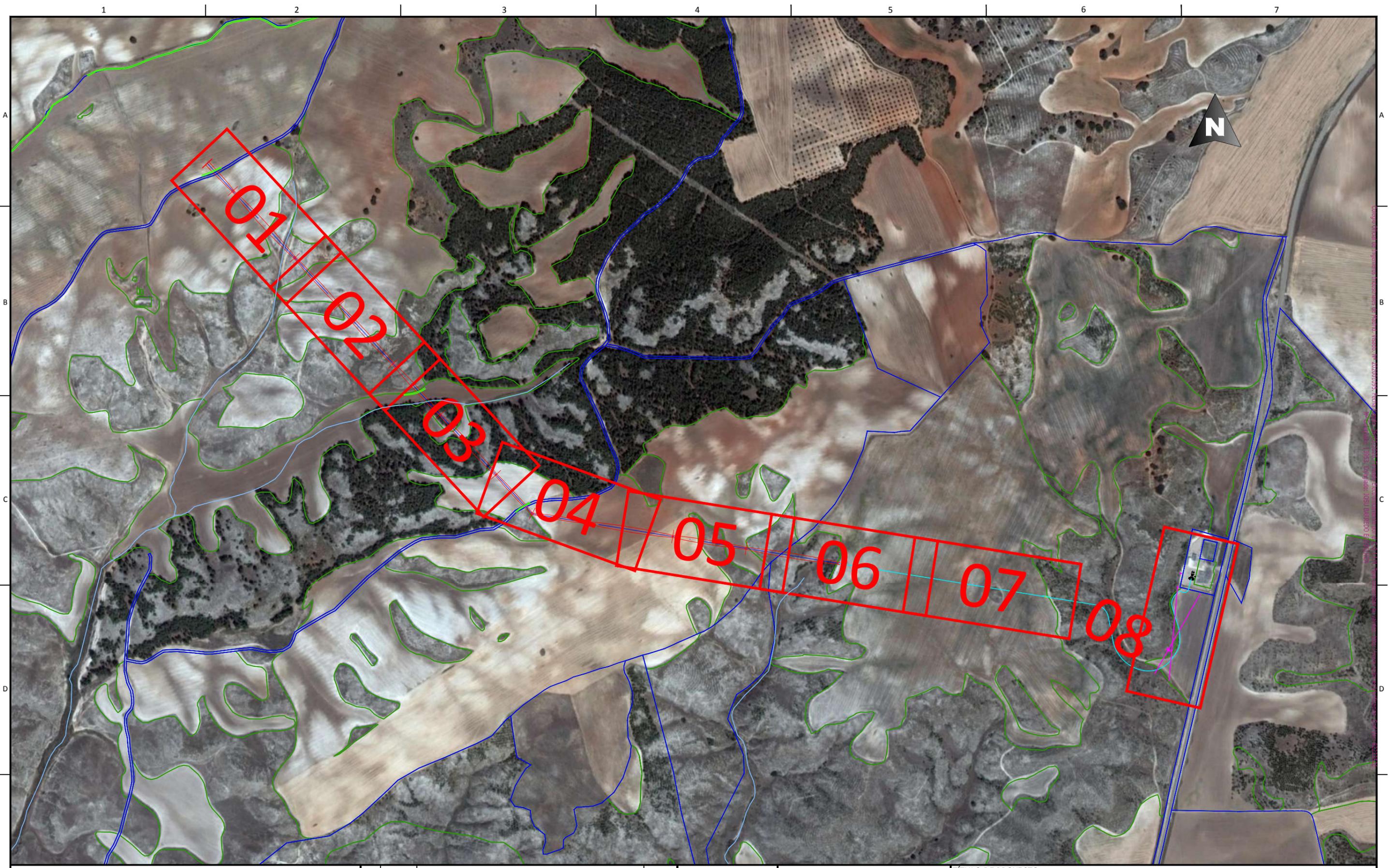
- Planta general
- Planta y perfil longitudinal
- Torres
- Cadena de amarre y suspensión conductor de potencia
- Cadena de amarre y suspensión OPGW
- Zanja tipo
- Cámara de Empalmes
- Puesta tierra de pantallas

Madrid, Mayo de 2020.

Josu Barredo Egusquiza

Ingeniero Industrial

COII de Madrid nº 13.953



NOTAS GENERALES:

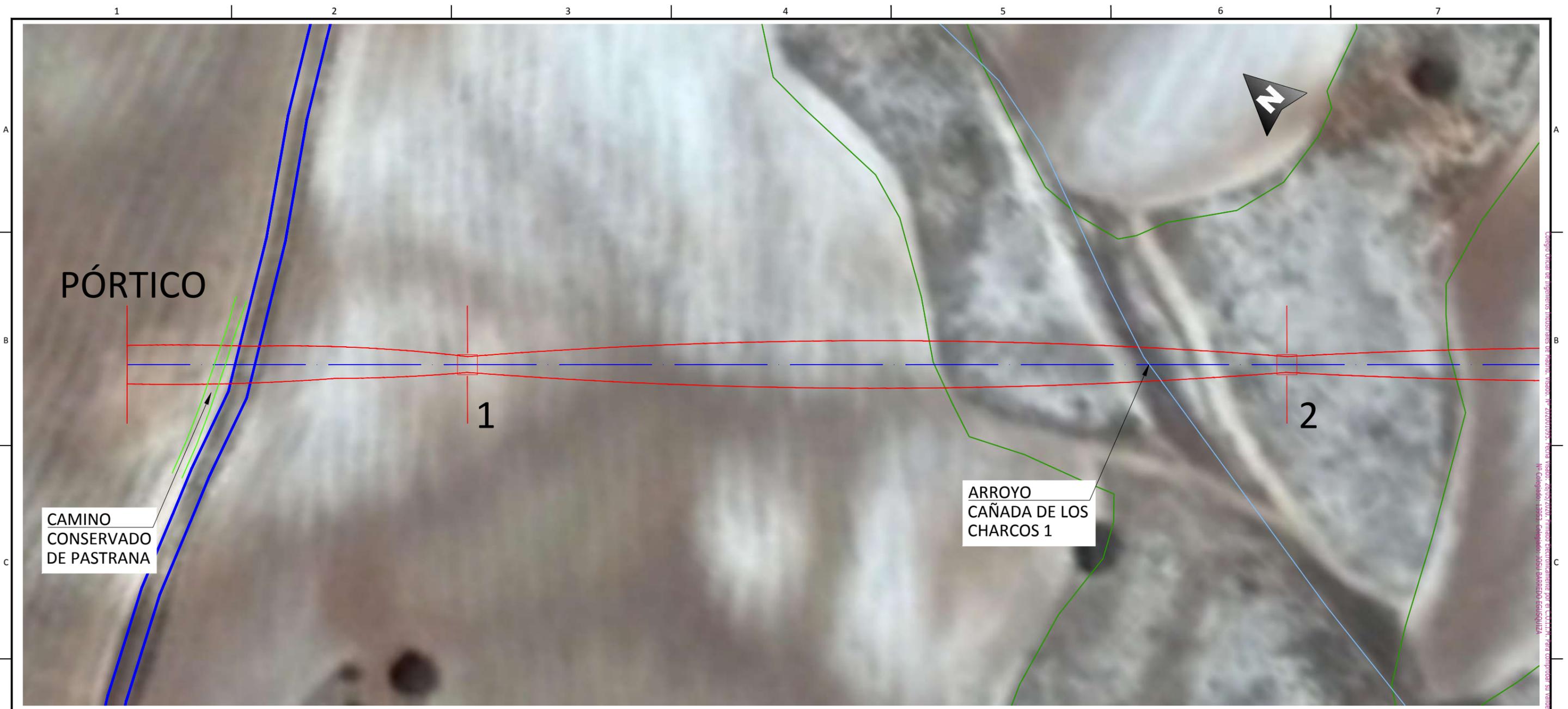
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05	20.05.20	POSICIÓN CÁMARA DE EMPALME	E.R.S
04	05.05.20	MODIFICACIÓN TRAMO SUBTERRÁNEO	E.R.S.
03	08.04.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.

EMITIDO PARA:

- Solo información
- Aprobar
- Presupuestar
- Construcción
- AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:		L66 KV BELINCHÓN I - HUELVES			
TÍTULO DEL PLANO:		PLANTA GENERAL		REF. PLANO: SOFV1911601DLPGE01	
ESCALA: 1:8.000	Nº HOJA:	00 de 09	PROYECTADO	J.A.G.	05.05.2020
	REV:	05	DIBUJADO	W.F.G.	05.05.2020
			APROBADO	E.R.S.	05.05.2020



PÓRTICO

1

2

CAMINO
CONSERVADO
DE PASTRANA

ARROYO
CAÑADA DE LOS
CHARCOS 1

DISTRIBUCIÓN:	LEYENDA
	Zanja tramo subterráneo.
	Trazado tramo aéreo.
	Límite de parcela.
	Subparcela.

NOTAS GENERALES:

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05	20.05.20	POSICIÓN CÁMARA DE EMPALME	E.R.S.
04	05.05.20	MODIFICACIÓN TRAMO SUBTERRÁNEO	E.R.S.
03	08.04.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.

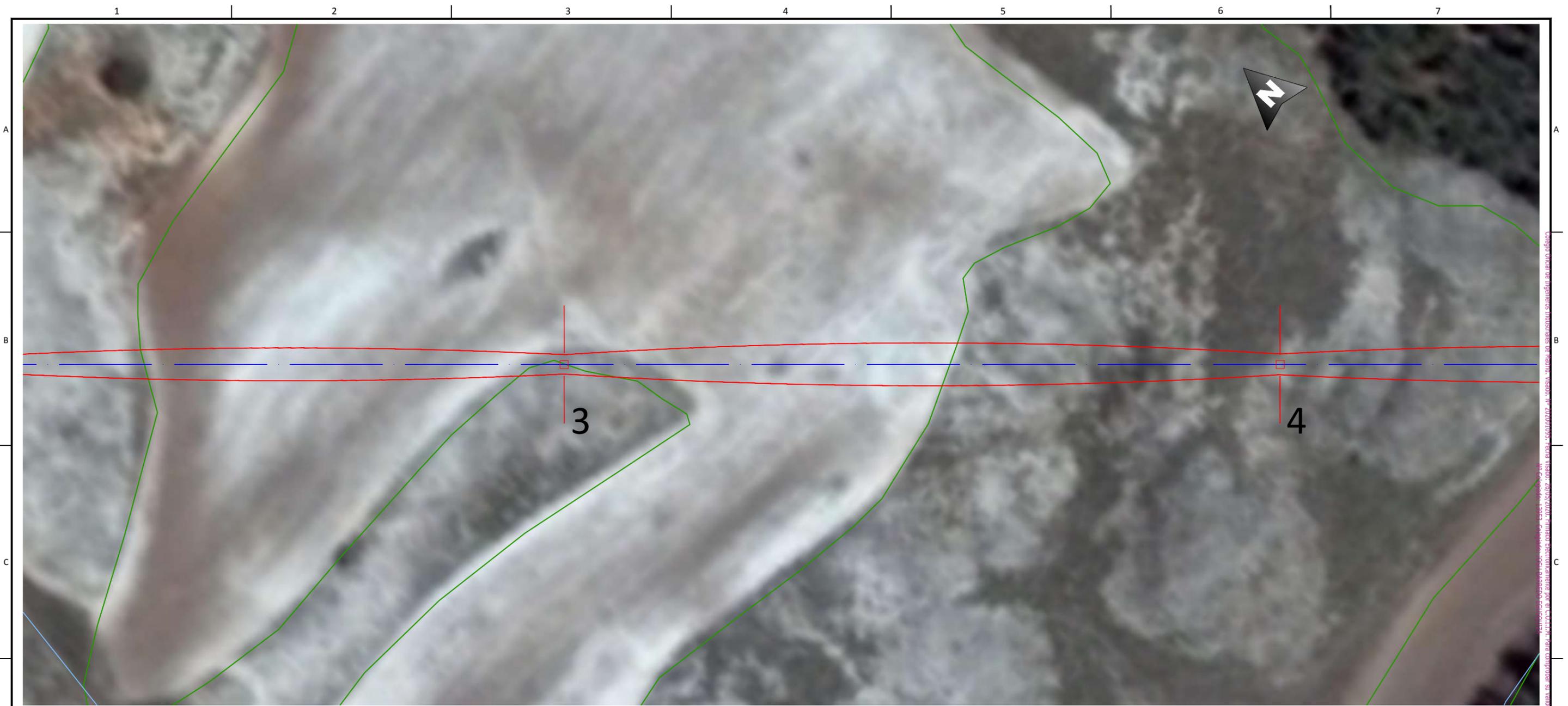
EMITIDO PARA:

- Solo información
- Aprobar
- Presupuestar
- Construcción
- AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:		L66 KV BELINCHÓN I - HUELVES			
TÍTULO DEL PLANO:		PLANTA GENERAL		REF. PLANO: SOFV1911601DLPGE01	
ESCALA: 1:1.000	Nº HOJA:	01 de 09	PROYECTADO	J.A.G.	05.05.2020
	REV:	05	DIBUJADO	W.F.G.	05.05.2020
			APROBADO	E.R.S.	05.05.2020

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid - Visador: Nº 220207093, fecha visado: 20/05/2020, firmado electrónicamente por el C.O.I.I. de Madrid para componer su volumen: ncp://www.com.es/verificador-con/ver/62222929-06



DISTRIBUCIÓN:	LEYENDA
	Zanja tramo subterráneo.
	Trazado tramo aéreo.
	Límite de parcela.
	Subparcela.

NOTAS GENERALES:

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05	20.05.20	POSICIÓN CÁMARA DE EMPALME	E.R.S.
04	05.05.20	MODIFICACIÓN TRAMO SUBTERRÁNEO	E.R.S.
03	08.04.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.

EMITIDO PARA:

- Solo información
- Aprobar
- Presupuestar
- Construcción
- AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:				L66 KV BELINCHÓN I - HUELVES			
TÍTULO DEL PLANO:				PLANTA GENERAL		REF. PLANO: SOFV1911601DLPGE01	
ESCALA: 1:1.000	Nº HOJA:	02 de 09	PROYECTADO	J.A.G.		05.05.2020	
	REV:	05	DIBUJADO	W.F.G.		05.05.2020	
			APROBADO	E.R.S.		05.05.2020	

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid - Visador: M. 202007093, Fecha Visado: 20/05/2020. Firmado digitalmente por el C.O.I.I.I.M. Para componer su valor. http://www.comisi.es/validador. Cód. Verif: 62222929.



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid - Visador: N.º 220201093, fecha visado: 20/05/2020, firmado electrónicamente por el C.O.I.I. de Madrid para componer su volumen: ncp://www.comis.es/validador: con/ver/62222526-
 n.º Colegiado: 13953, Colegiado: OSU BARRIO DE LOS CHARCOS

DISTRIBUCIÓN:	LEYENDA
	Zanja tramo subterráneo.
	Trazado tramo aéreo.
	Límite de parcela.
	Subparcela.

NOTAS GENERALES:

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05	20.05.20	POSICIÓN CÁMARA DE EMPALME	E.R.S.
04	05.05.20	MODIFICACIÓN TRAMO SUBTERRÁNEO	E.R.S.
03	08.04.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.

- EMITIDO PARA:
- Solo información
 - Aprobar
 - Presupuestar
 - Construcción
 - AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:		L66 KV BELINCHÓN I - HUELVES			
TÍTULO DEL PLANO:		PLANTA GENERAL		REF. PLANO: SOFV1911601DLPGE01	
ESCALA: 1:1.000	Nº HOJA:	03 de 09	PROYECTADO	J.A.G.	05.05.2020
	REV:	05	DIBUJADO	W.F.G.	05.05.2020
			APROBADO	E.R.S.	05.05.2020



DISTRIBUCIÓN:	LEYENDA
	Zanja tramo subterráneo.
	Trazado tramo aéreo.
	Límite de parcela.
	Subparcela.

NOTAS GENERALES:

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05	20.05.20	POSICIÓN CÁMARA DE EMPALME	E.R.S.
04	05.05.20	MODIFICACIÓN TRAMO SUBTERRÁNEO	E.R.S.
03	08.04.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.

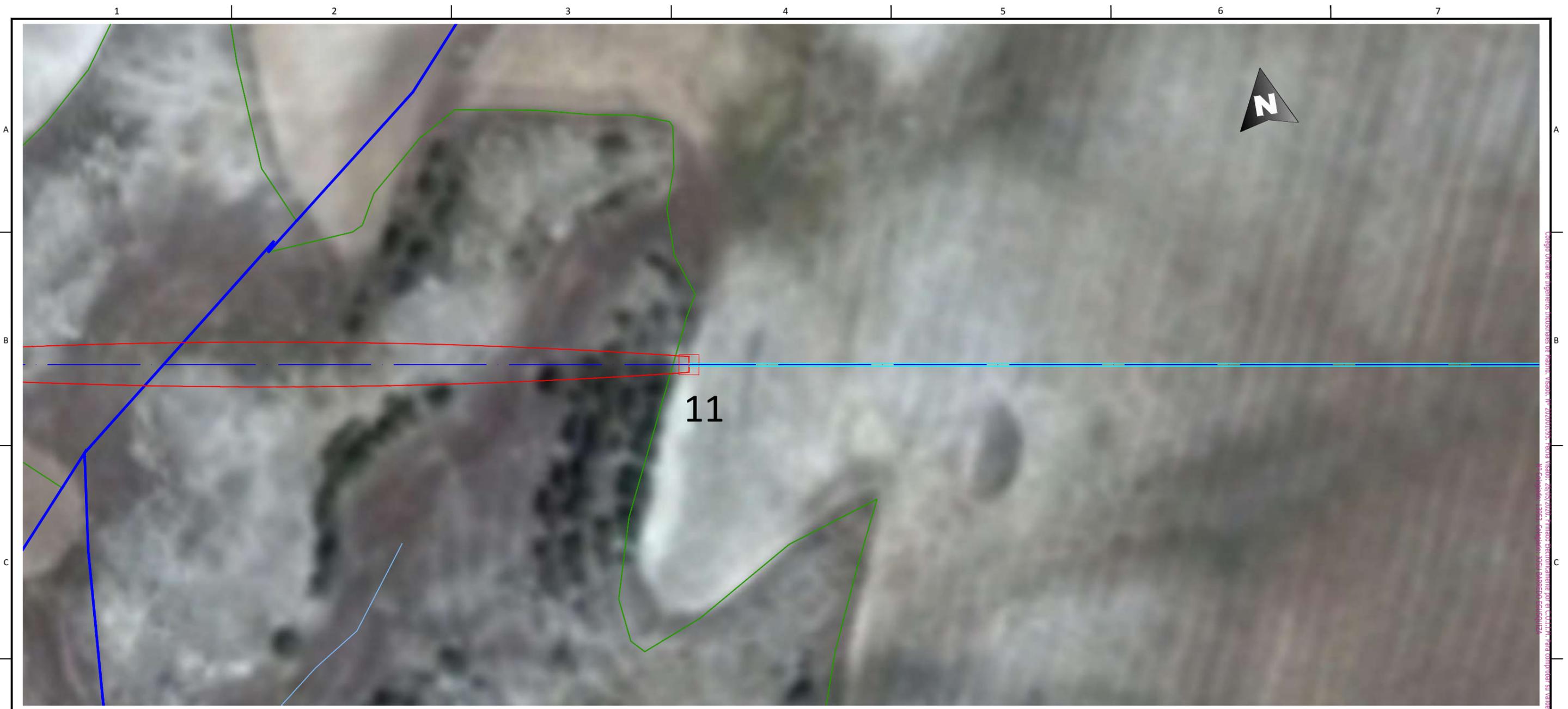
EMITIDO PARA:

- Solo información
- Aprobar
- Presupuestar
- Construcción
- AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:				L66 KV BELINCHÓN I - HUELVES			
TÍTULO DEL PLANO:				PLANTA GENERAL		REF. PLANO:	
						SOFV1911601DLPGE01	
ESCALA:		Nº HOJA:		PROYECTADO		J.A.G.	
1:1.000		04 de 09					
		REV:		DIBUJADO		W.F.G.	
		05					
				APROBADO		E.R.S.	
						05.05.2020	

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid - Visador: N.º 202007093, fecha visado: 20/05/2020. Firmado electrónicamente por el C.O.I.I. de Madrid para componer su volumen. ncp://www.comis.es/verificador-con/ver/62222929-06



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid - Visador: N.º 222001093, Fecha Visador: 20/05/2020. Firmado electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para componer su carpeta, ir a: www.comis.es/verificador-con/ver/62222929.

DISTRIBUCIÓN:	LEYENDA
	Zanja tramo subterráneo.
	Trazado tramo aéreo.
	Límite de parcela.
	Subparcela.

NOTAS GENERALES:

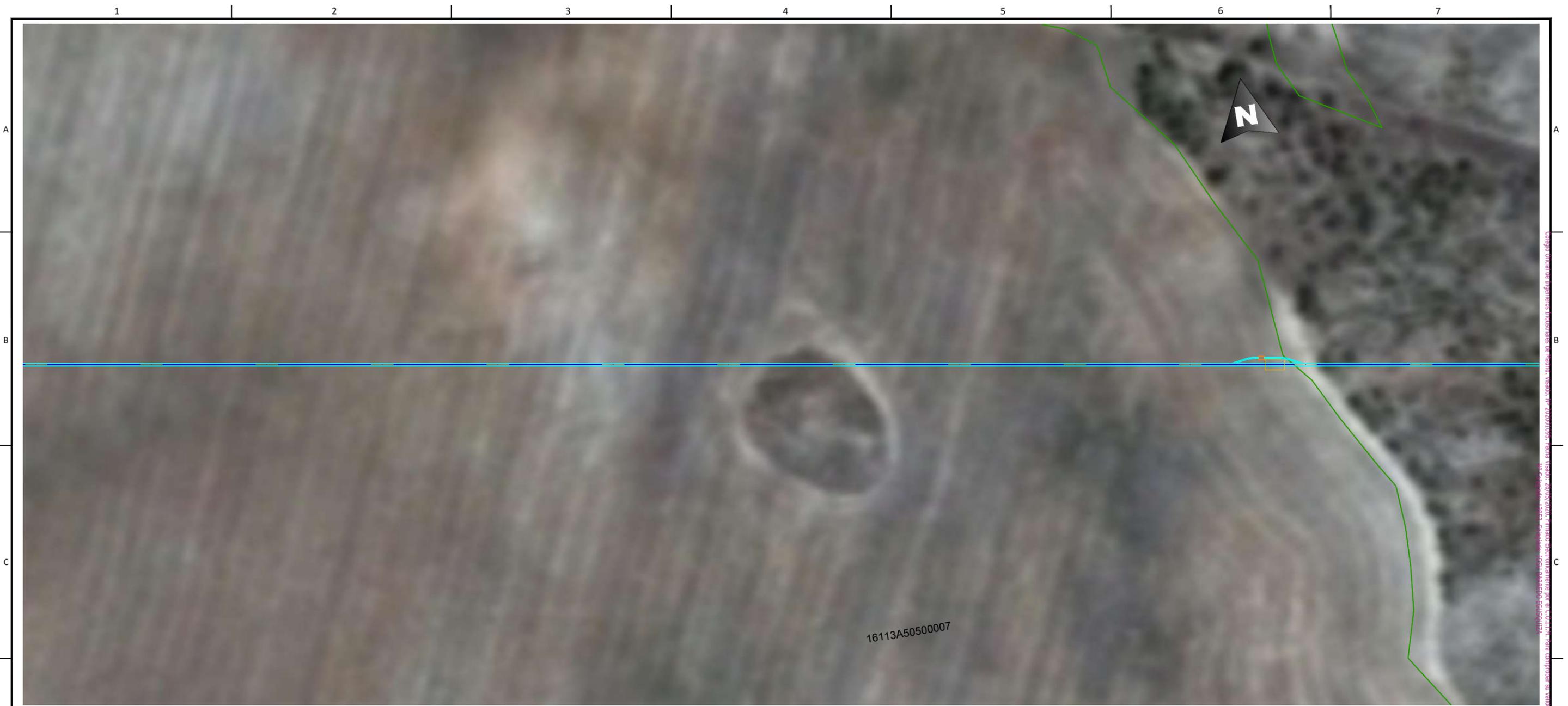
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05	20.05.20	POSICIÓN CÁMARA DE EMPALME	E.R.S.
04	05.05.20	MODIFICACIÓN TRAMO SUBTERRÁNEO	E.R.S.
03	08.04.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.

EMITIDO PARA:

- Solo información
- Aprobar
- Presupuestar
- Construcción
- AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:				L66 KV BELINCHÓN I - HUELVES			
TÍTULO DEL PLANO:				PLANTA GENERAL		REF. PLANO: SOFV1911601DLPGE01	
ESCALA: 1:1.000	Nº HOJA:	06 de 09	PROYECTADO	J.A.G.		05.05.2020	
	REV:	05	DIBUJADO	W.F.G.		05.05.2020	
			APROBADO	E.R.S.		05.05.2020	



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid - Visador: N.º 202001093, Fecha Visador: 20/05/2020. Firmado digitalmente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: http://www.comprobarefirmas.com/ver/62222929.

DISTRIBUCIÓN:	LEYENDA
	<ul style="list-style-type: none"> Zanja tramo subterráneo. Trazado tramo aéreo. Límite de parcela. Subparcela.

NOTAS GENERALES:

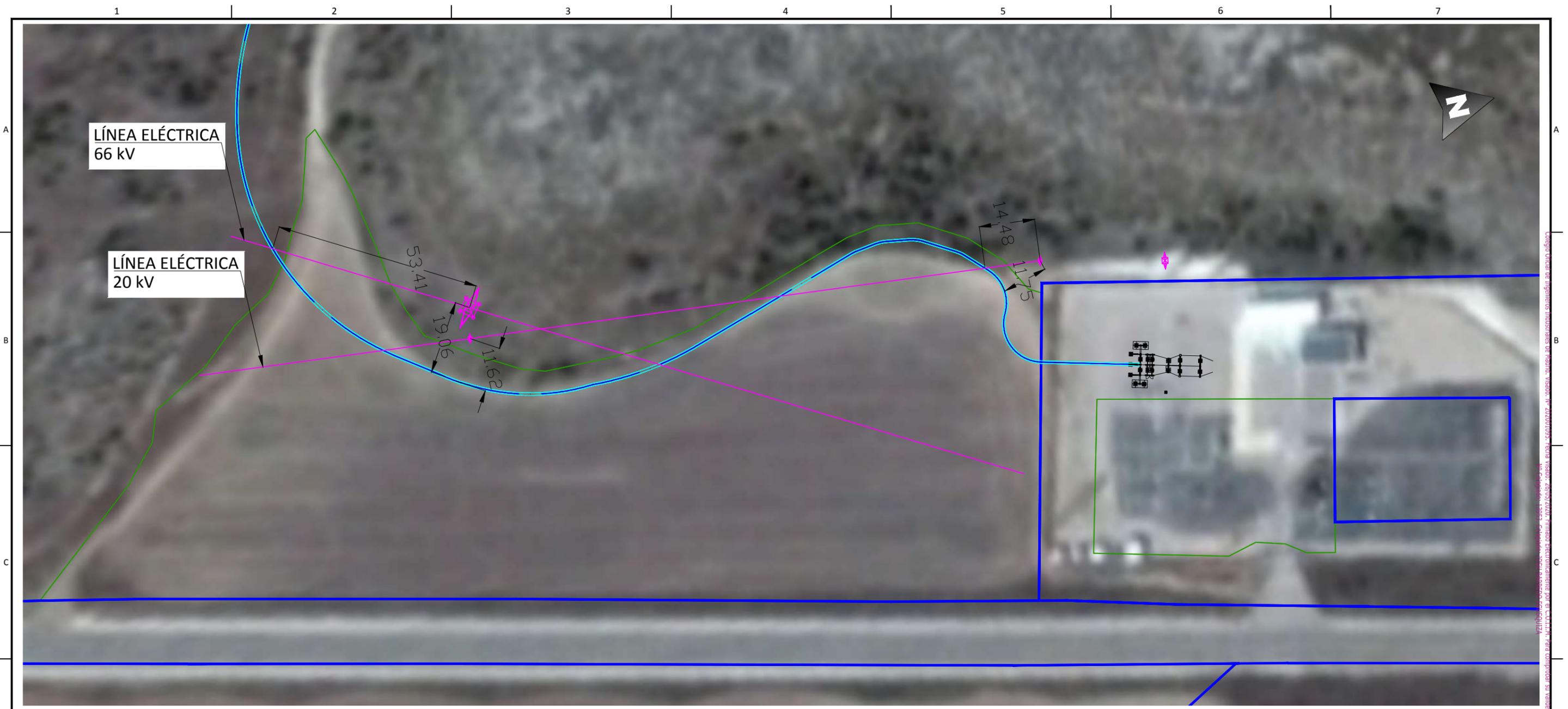
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05	20.05.20	POSICIÓN CÁMARA DE EMPALME	E.R.S.
04	05.05.20	MODIFICACIÓN TRAMO SUBTERRÁNEO	E.R.S.
03	08.04.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.

EMITIDO PARA:

- Solo información
- Aprobar
- Presupuestar
- Construcción
- AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:				L66 KV BELINCHÓN I - HUELVES				
TÍTULO DEL PLANO:			PLANTA GENERAL		REF. PLANO:			SOFV1911601DLPGE01
ESCALA:	1:1.000	Nº HOJA:	07 de 09	PROYECTADO	J.A.G.		05.05.2020	
		REV:	05	DIBUJADO	W.F.G.		05.05.2020	
				APROBADO	E.R.S.		05.05.2020	



DISTRIBUCIÓN:	LEYENDA
	Zanja tramo subterráneo.
	Trazado tramo aéreo.
	Límite de parcela.
	Subparcela.

NOTAS GENERALES:

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05	20.05.20	POSICIÓN CÁMARA DE EMPALME	E.R.S
04	05.05.20	MODIFICACIÓN TRAMO SUBTERRÁNEO	E.R.S.
03	08.04.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.

EMITIDO PARA:

- Solo información
- Aprobar
- Presupuestar
- Construcción
- AS Built

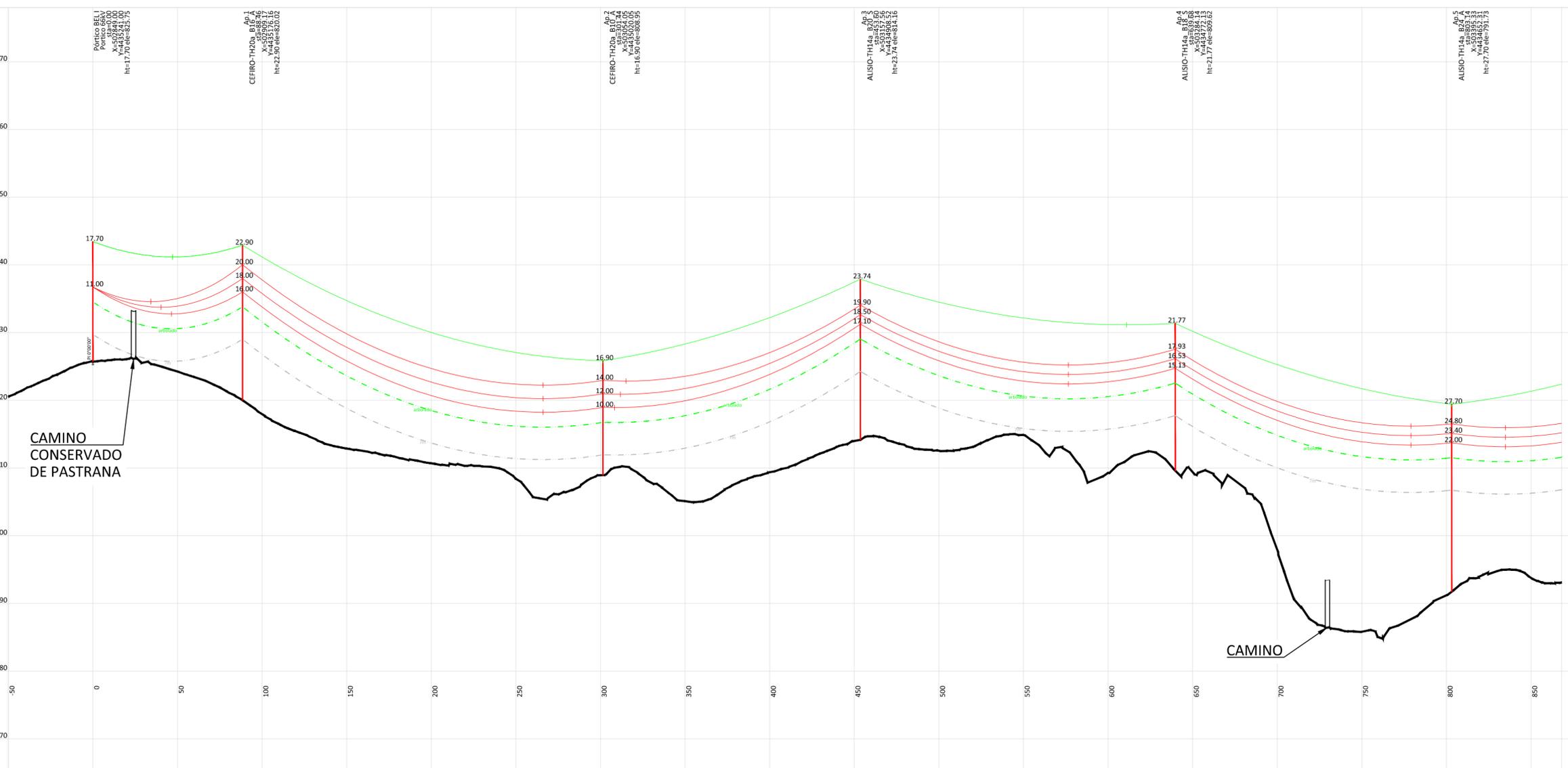


TÍTULO DE PROYECTO:		L66 kV BELINCHÓN I - HUELVES			
TÍTULO DEL PLANO:		PLANTA GENERAL		REF. PLANO: SOFV1911601DLPGE01	
ESCALA: 1:1.000	Nº HOJA:	09 de 09	PROYECTADO	J.A.G.	05.05.2020
	REV:	05	DIBUJADO	W.F.G.	05.05.2020
			APROBADO	E.R.S.	05.05.2020

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid - Visador: Nº 202001093, Fecha Visador: 20/05/2020, Firmado digitalmente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: http://www.comprobarefirmas.com/ver/62222929-05052020

1 2 3 4 5 6 7 8

A B C D E F G H



Pórtico BEL I X=38490.00 Y=4435241.00 Ht=17.70 ele=825.75	CEIRO-TH20a, B1 X=38490.00 Y=4435241.00 Ht=22.50 ele=820.02	CEIRO-TH20b, AP 2 X=41030.00 Y=4435241.00 Ht=16.90 ele=808.55	ALSIO-TH14a, AP 3 X=43430.00 Y=4435241.00 Ht=23.74 ele=814.16	ALSIO-TH14b, AP 4 X=46030.00 Y=4435241.00 Ht=21.77 ele=809.62	ALSIO-TH14a, AP 5 X=48630.00 Y=4435241.00 Ht=27.70 ele=815.13
--------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------

20.0 m Horiz. Scale
5.0 m Vert. Scale

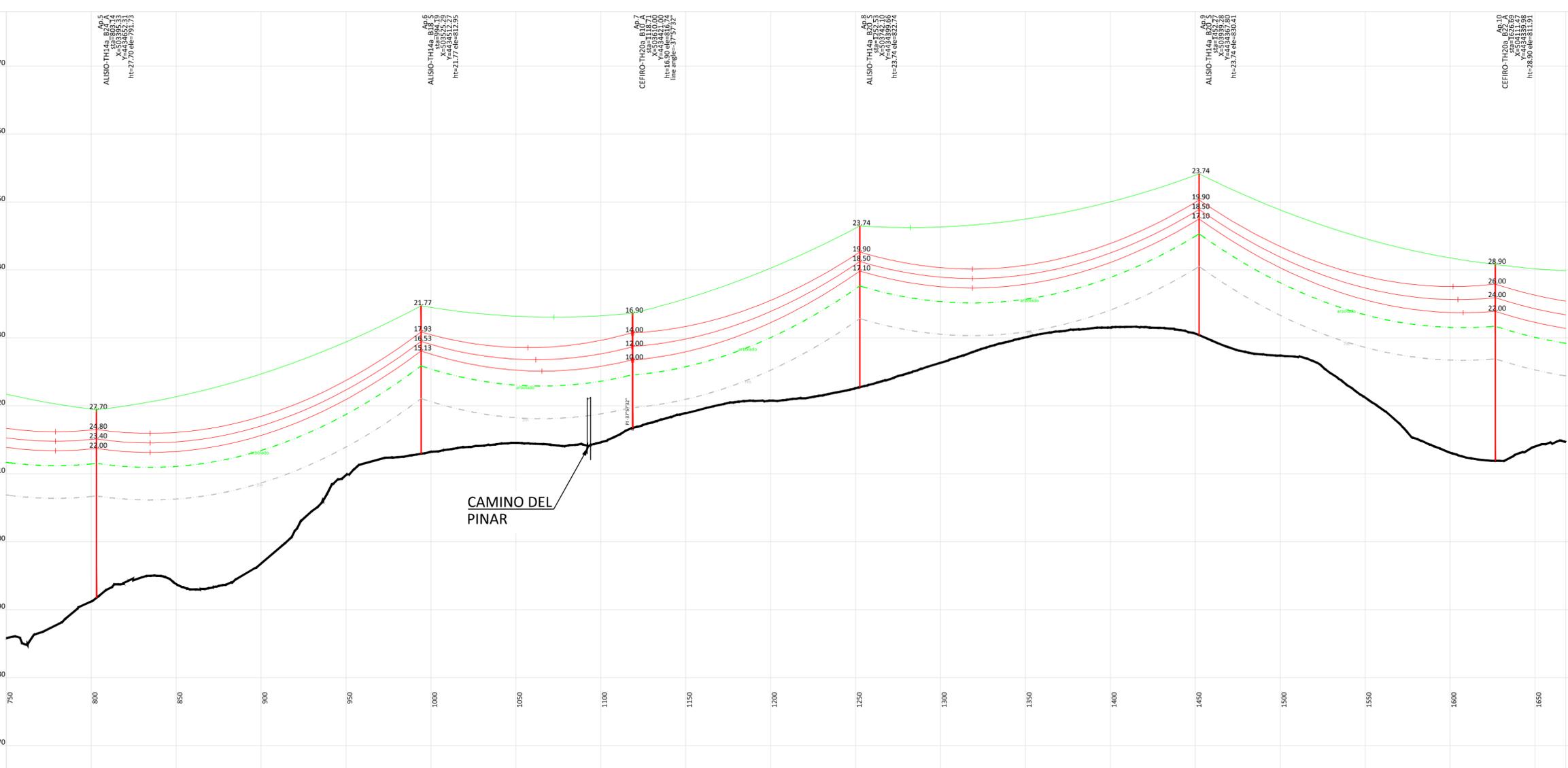
LEYENDA	
	LÍNEA
	TORRES

NOTAS GENERALES:			EMITIDO PARA:		
			<input type="checkbox"/> Solo información		
			<input type="checkbox"/> Aprobar		
			<input type="checkbox"/> Presupuestar		
			<input type="checkbox"/> Construcción		
			<input type="checkbox"/> AS Built		
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA		
03	08.04.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.		
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.		
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.		

TÍTULO DE PROYECTO:		L66 kV BELINCHÓN I - HUELVES			
TÍTULO DEL PLANO:		PLANTA Y PERFIL		REF. PLANO: SOFV1911601DLPCPP11	
ESCALA:	H: 1:2000 V: 1:500	Nº HOJA:	01 de 03	PROYECTADO:	J.A.G.
REV:	03	DIBUJADO:	W.F.G.		17.03.2020
		APROBADO:	E.R.S.		17.03.2020

Campo Oficial de Ingeniería Industrial de Madrid. Versión: 01/2008 (01/05). Fecha Versión: 25/05/2020. Firmas Electrónicas en el C.I.T.I. Sin computar su validez. <http://www.com.com/verificacion>. Código: 82222256. Nº Colección: 1340. Colección: 0501 (BASE) ESCO(SO)ZIZ.

1 2 3 4 5 6 7 8 DIN-A2



20.0 m Horiz. Scale
5.0 m Vert. Scale

LEYENDA	
	LÍNEA
	TORRES

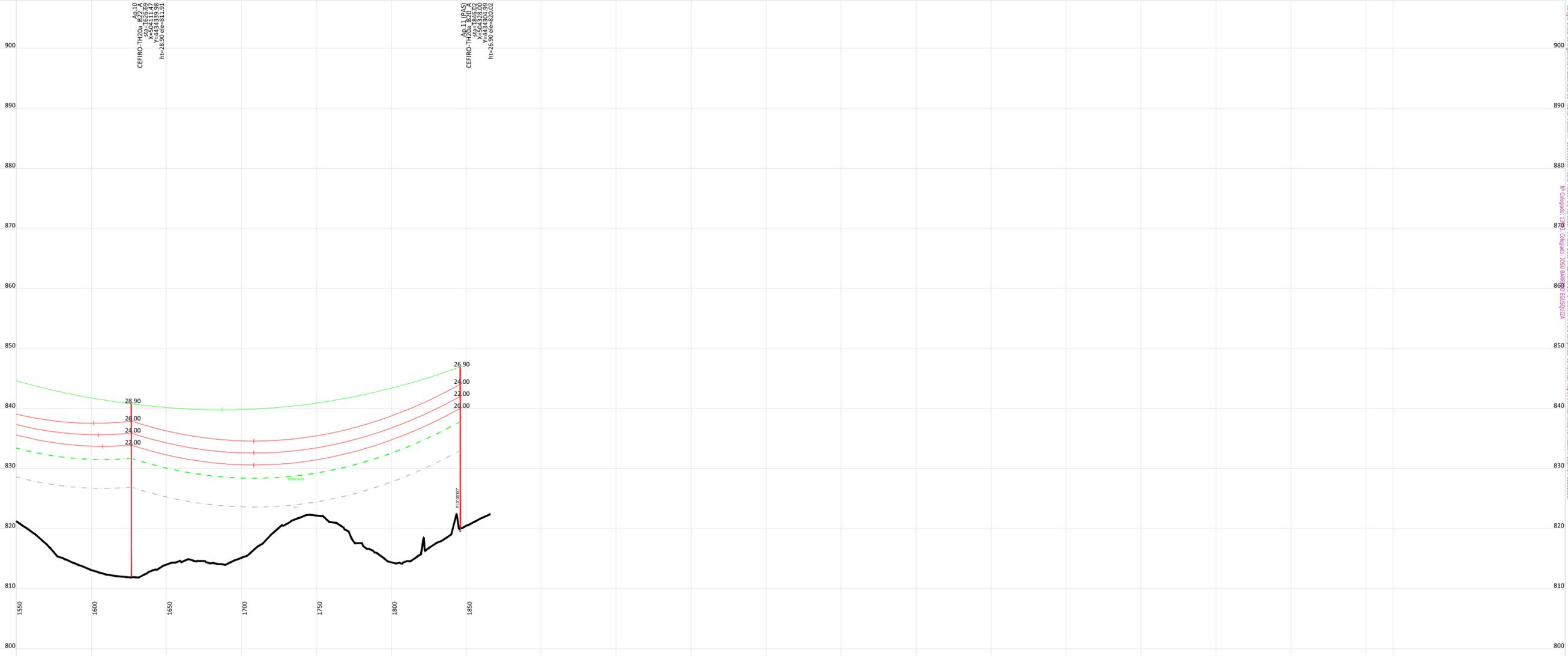
NOTAS GENERALES:		
03	08.04.20	COMENTARIOS CLIENTE
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE
01	14.02.20	INICIO PROYECTO
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

EMITIDO PARA:

- Solo información
- Aprobar
- Presupuestar
- Construcción
- AS Built

TÍTULO DE PROYECTO: L66 kV BELINCHÓN I - HUELVES			
TÍTULO DEL PLANO: PLANTA Y PERFIL			REF. PLANO: SOFV1911601DLPCPP11
ESCALA: H: 1:2000 V: 1:500	Nº HOJA: 02 de 03	PROYECTADO: J.A.G.	17.03.2020
REV: 03	DIBUJADO: W.F.G.	17.03.2020	
	APROBADO: E.R.S.	17.03.2020	

Campo de Estudios de Ingeniería Industrial de Madrid, España, el 17/03/2020. Firmado Electrónicamente en el C.I.F. de Solida Ingeniería S.L. con el nº de inscripción C.I.F. de Solida Ingeniería S.L. 28222225. Nº Certificado: 1305. Certificado: 1050. SANEAMIENTO.



20.0 m Horiz. Scale
5.0 m Vert. Scale

LEYENDA	
	LÍNEA
	TORRES

NOTAS GENERALES:

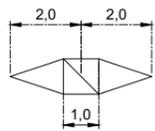
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
03	08.04.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.

EMITIDO PARA:

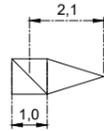
- Solo información
- Aprobar
- Presupuestar
- Construcción
- AS Built



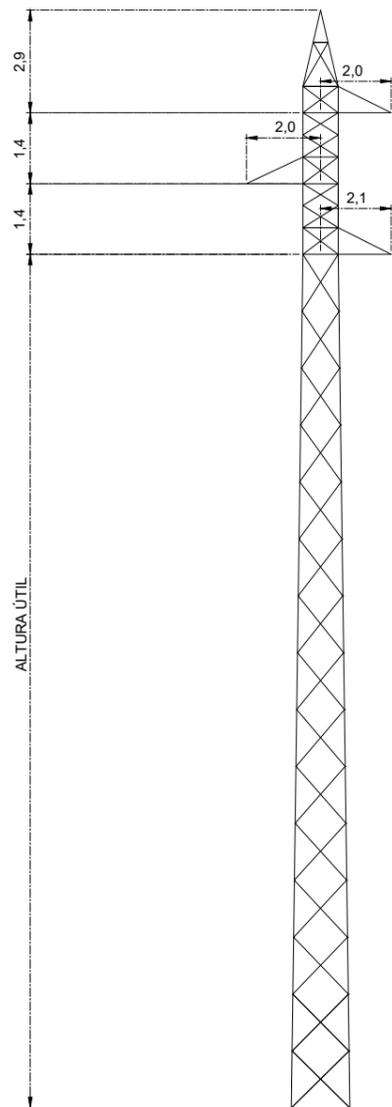
TÍTULO DE PROYECTO:		L66 kV BELINCHÓN I - HUELVES			
TÍTULO DEL PLANO:		PLANTA Y PERFIL		REF. PLANO: SOFV1911601DLPCPP11	
ESCALA: H: 1:2000 V: 1:500	Nº HOJA:	03 de 03	PROYECTADO	J.A.G.	17.03.2020
	REV:	03	DIBUJADO	W.F.G.	17.03.2020
			APROBADO	E.R.S.	17.03.2020



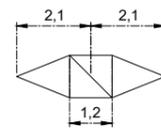
CRUCETA SUPERIOR / MEDIA



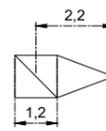
CRUCETA INFERIOR



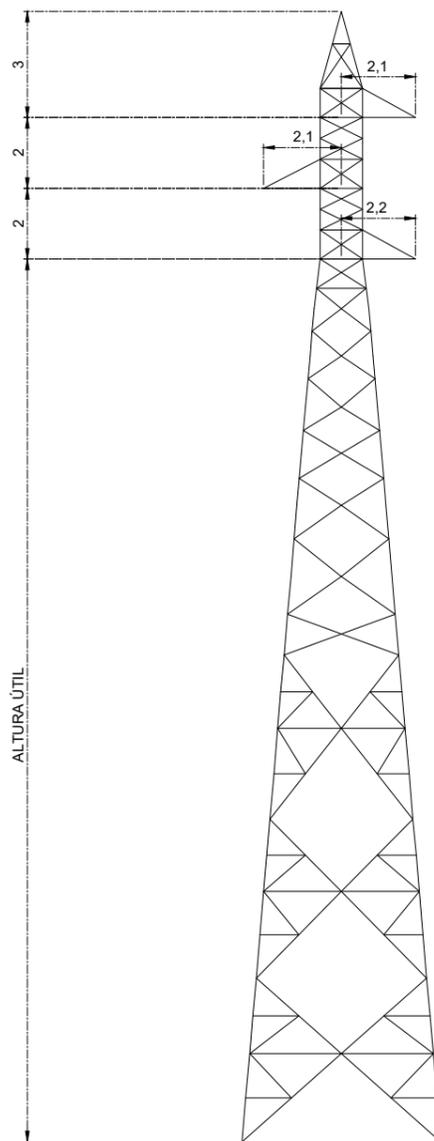
ESTRUCTURA DE SUSPENSIÓN
POSTEMEL SERIE ALISIO ARMADO TH20a



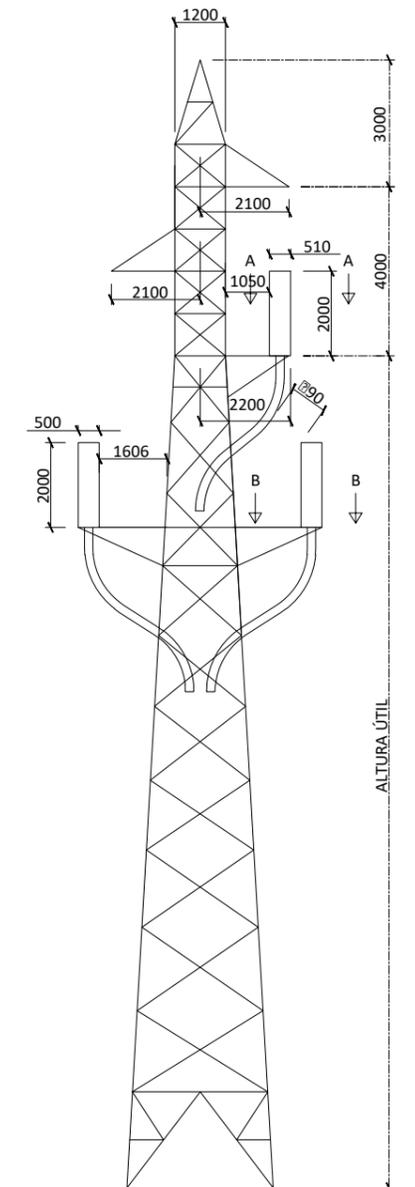
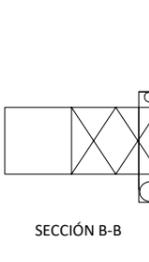
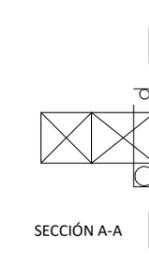
CRUCETA SUPERIOR / MEDIA



CRUCETA INFERIOR



ESTRUCTURA DE AMARRE
POSTEMEL SERIE CÉFIRO ARMADO TH20a



ESTRUCTURA DE PASO AÉREO-SUBTERRÁNEO (PAS)
POSTEMEL SERIE CÉFIRO ARMADO TH20aBC

NOTAS GENERALES:

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05			
04			
03			
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.

EMITIDO PARA:

- Solo información
- Aprobar
- Presupuestar
- Construcción
- AS Built



TÍTULO DE PROYECTO:

L66 kV BELINCHÓN I - HUELVES

TÍTULO DEL PLANO:

TORRES

REF. PLANO:

SOFV1911601DLPMES21

ESCALA:

S/E

Nº HOJA:

01 de 01

REV:

02

PROYECTADO

DIBUJADO

APROBADO

J.A.G.

C.A.O.

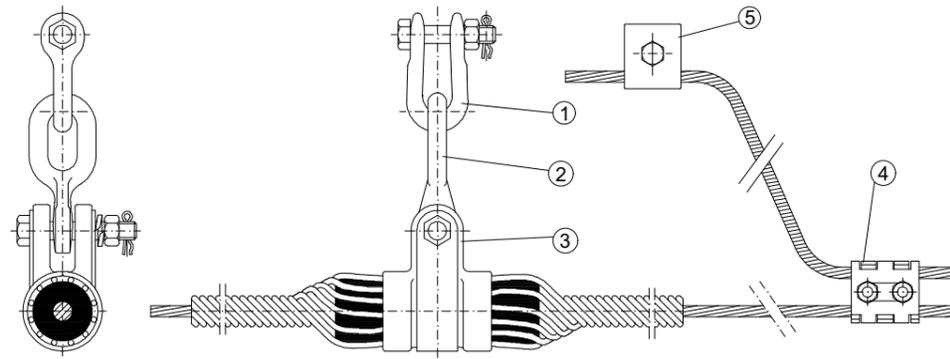
E.R.S.

17.03.2020

17.03.2020

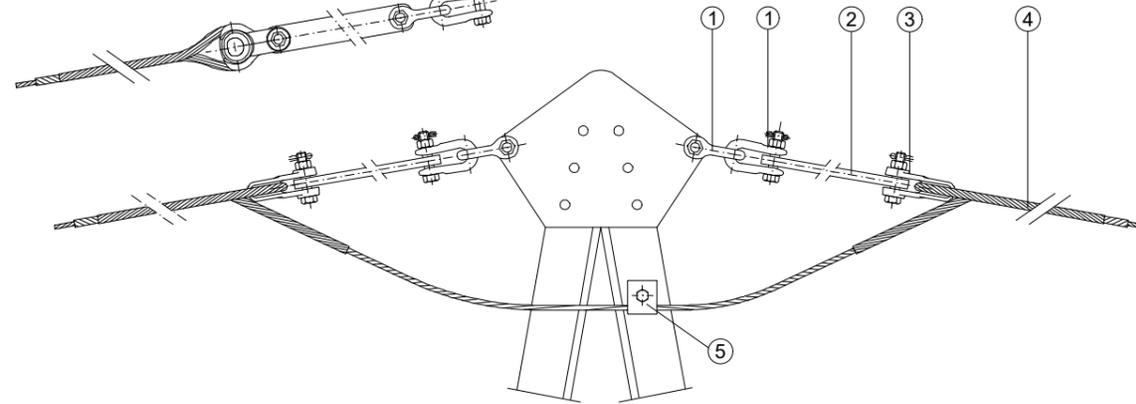
17.03.2020

CADENA DE SUSPENSIÓN PARA CABLE TIPO OPGW /
OPGW SUSPENSION STRING



CADENA DE SUSPENSIÓN / SUSPENSION STRING		
Item	Denominación / Description	Cantidad / Quantity
1	Grillete recto / Straight shackle	1
2	Eslabón revirado / Twisted chain link	1
3	Grapa de suspensión armada / Armour grip suspension clamp	1
4	Grapa de conexión paralela / Parallel groove clamp	1
5	Conector de puesta a tierra / Earthing connector	1

CADENA DE AMARRE PARA CABLE TIPO OPGW /
OPGW STRAIN STRING



CADENA DE AMARRE / TENSION STRING		
Item	Denominación / Description	Cantidad / Quantity
1	Grillete recto / Straight shackle	2
2	Tirante / Extension link	1
3	Guardacabos / Thimble	1
4	Retención preformada / Preformed dead end	1
5	Conector de puesta a tierra / Earthing connector	1

NOTAS GENERALES:

06			
05			
04			
03			
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

EMITIDO PARA:

- Solo información
- Aprobar
- Presupuestar
- Construcción
- AS Built



sólida

TÍTULO DE PROYECTO:

L66 kV BELINCHÓN I - HUELVES

TÍTULO DEL PLANO:

CADENAS DE AMARRE Y SUSPENSIÓN
OPGW

REF. PLANO:

SOFV1911601DLPMES22

ESCALA:

1:20

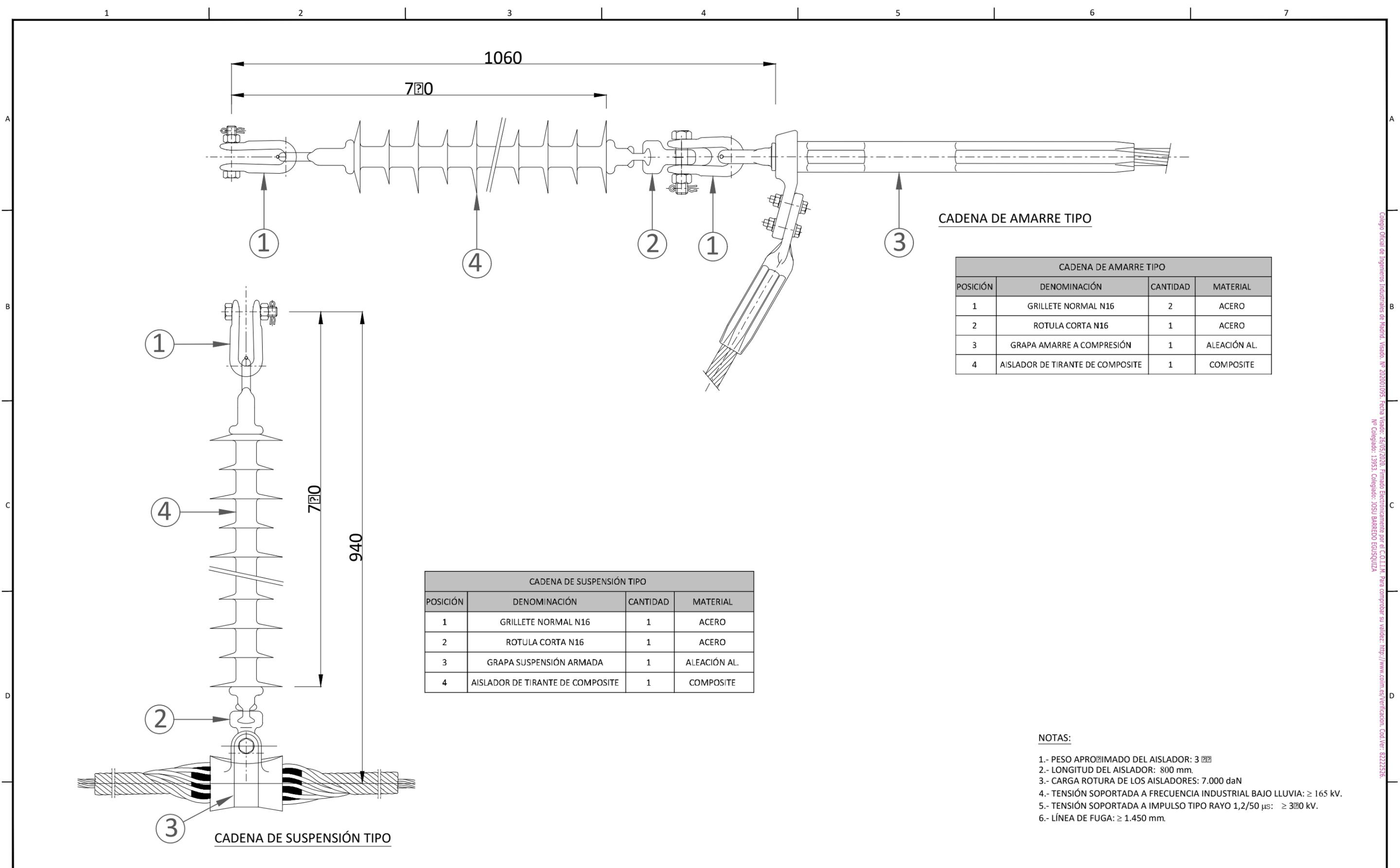
Nº HOJA:

01 de 01

REV:

02

PROYECTADO	J.G.A.	17.03.2020
DIBUJADO	C.A.O.	17.03.2020
APROBADO	E.R.S.	17.03.2020



CADENA DE AMARRE TIPO

CADENA DE AMARRE TIPO			
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL
1	GRILLETE NORMAL N16	2	ACERO
2	ROTULA CORTA N16	1	ACERO
3	GRAPA AMARRE A COMPRESIÓN	1	ALEACIÓN AL.
4	AISLADOR DE TIRANTE DE COMPOSITE	1	COMPOSITE

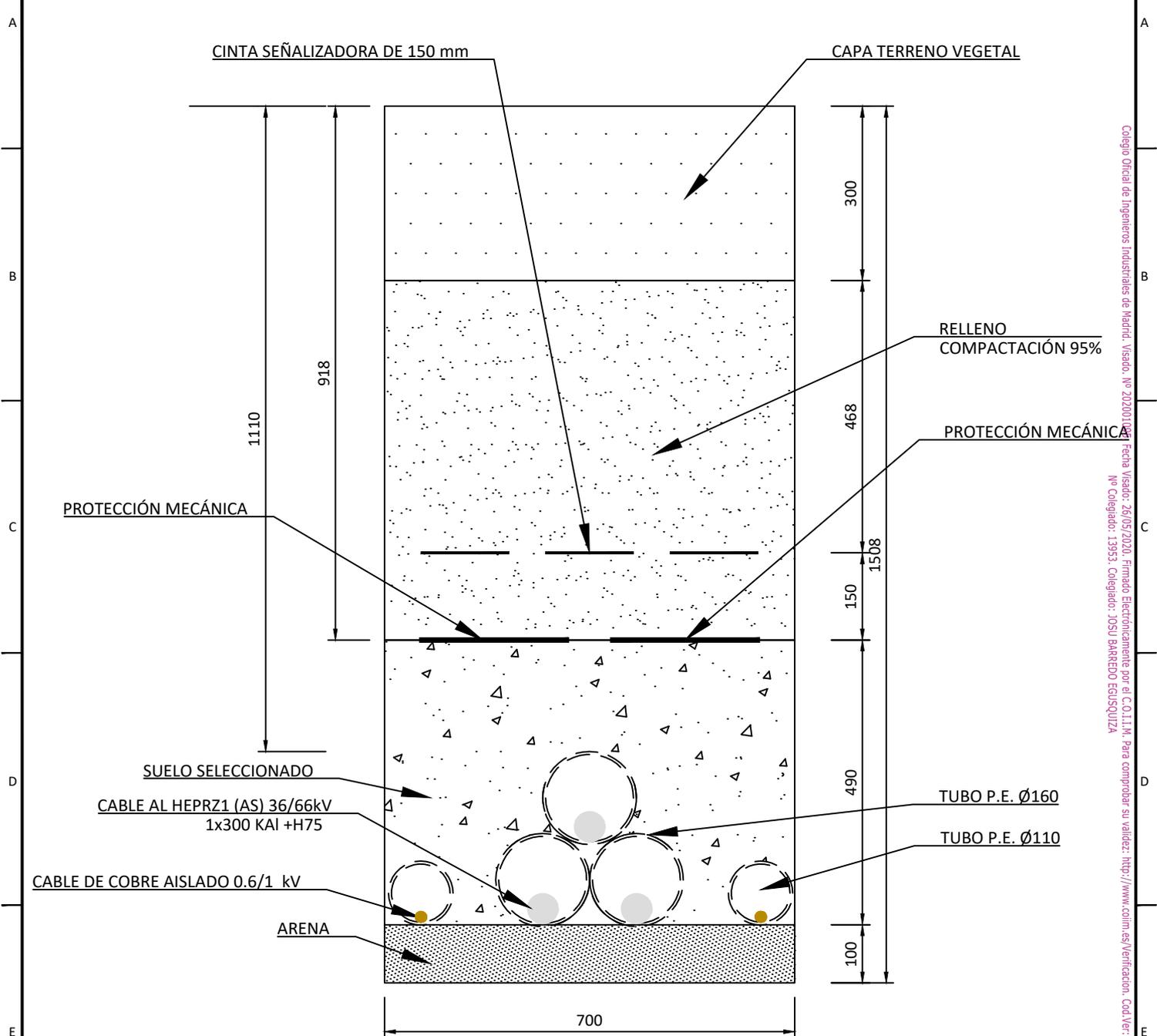
CADENA DE SUSPENSIÓN TIPO			
POSICIÓN	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL
1	GRILLETE NORMAL N16	1	ACERO
2	ROTULA CORTA N16	1	ACERO
3	GRAPA SUSPENSIÓN ARMADA	1	ALEACIÓN AL.
4	AISLADOR DE TIRANTE DE COMPOSITE	1	COMPOSITE

NOTAS:

- 1.- PESO APROXIMADO DEL AISLADOR: 3 kg
- 2.- LONGITUD DEL AISLADOR: 800 mm.
- 3.- CARGA ROTURA DE LOS AISLADORES: 7.000 daN
- 4.- TENSIÓN SOPORTADA A FRECUENCIA INDUSTRIAL BAJO LLUVIA: ≥ 165 kV.
- 5.- TENSIÓN SOPORTADA A IMPULSO TIPO RAYO 1,2/50 μ s: ≥ 300 kV.
- 6.- LÍNEA DE FUGA: ≥ 1.450 mm.

NOTAS GENERALES:	06			EMITIDO PARA: <input type="checkbox"/> Solo información <input type="checkbox"/> Aprobar <input type="checkbox"/> Presupuestar <input type="checkbox"/> Construcción <input type="checkbox"/> AS Built		TÍTULO DE PROYECTO: L66 kV BELINCHÓN I - HUELVES				
	05					TÍTULO DEL PLANO: CADENAS DE AMARRE Y SUSPENSIÓN CONDUCTOR DE POTENCIA		REF. PLANO: SOFV1911601DLPMES23		
	04					ESCALA: S/E		Nº HOJA: 01 de 01	PROYECTADO	J.A.G.
03					REV: 02	DIBUJADO	W.F.G.	17.03.2020		
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.			APROBADO	E.R.S.	17.03.2020		
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.							
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA							

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid - Visado: Nº 202001095, fecha Visado: 26/03/2020, Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: http://www.com.es/verificacion. Cad.Ver: 82225256. Nº Colegiado: 13953, Colegiado: JOSU BARRERO EGUSQUIZA

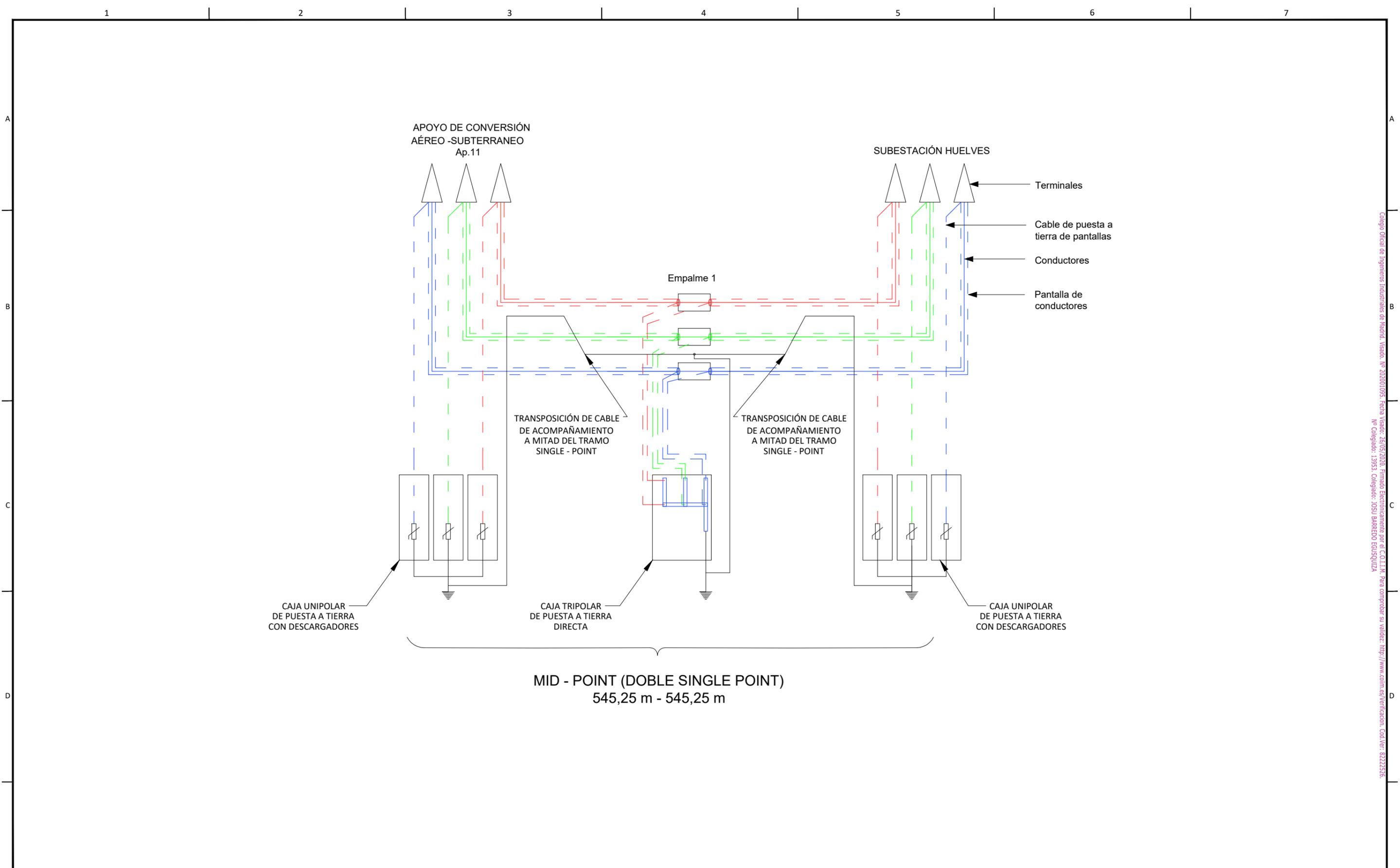


Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado: Nº 202001111. Fecha Visado: 26/05/2020. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.colim.es/Verificacion>. Cód.Ver: 82222526. Nº Colegiado: 13953. Colegiado: JOSU BARRERO EGUQUIZA

NOTAS GENERALES:



06				TÍTULO DE PROYECTO: LÍNEA 66 KV SET BELINCHÓN I - SET HUELVES				
05				TÍTULO DEL PLANO: CANALIZACIONES SUBTERRANEAS LE				
04				REF. PLANO: BEL-EM-PLA-SOL-510-				
03	30.04.20	MODIFICACIÓN CANALIZACIÓN	C.M.H.	ESCALA: 1:100	Nº HOJA: 01 de 01	PROYECTADO	J.A.G.	21.02.2020
02	11.03.20	MODIFICACIÓN	E.R.S.		REV: 03	DIBUJADO	C.A.O.	21.02.2020
01	21.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.		APROBADO	E.R.S.		21.02.2020
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA					



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202001095, Fecha Visado: 26/03/2020, Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: http://www.com.es/verificacion, Cod.Ver: 8222526.
 Nº Colegiado: 13953, Colegiado: JOSU BARRERO EGUZQUIZA

NOTAS GENERALES:

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA
06			
05			
04			
03			
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.

- EMITIDO PARA:
- Solo información
 - Aprobar
 - Presupuestar
 - Construcción
 - AS Built



TÍTULO DE PROYECTO: L66 kV BELINCHÓN I - HUELVES				
TÍTULO DEL PLANO: PUESTA A TIERRA DE PANTALLAS			REF. PLANO: SOFV1911601DLPEPT11	
ESCALA: S/E	Nº HOJA: 01 de 01	PROYECTADO	J.G.A.	17.03.2020
	REV: 02	DIBUJADO	W.F.G.	17.03.2020
		APROBADO	E.R.S.	17.03.2020



Anexo de Modificación al Proyecto de Ejecución

Línea 66 kV SET Belinchón I – SET Huelves

Mayo 2020 - v05

Anexo II: Relación de Bienes y Derechos Afectados

Versión	Creado	Revisado	Fecha	Comentarios
01	J.A.G.A	E.R.S.	14/02/2020	Edición inicial
02	J.A.G.A	E.R.S.	17/03/2020	Comentarios Cliente
03	J.A.G.A	E.R.S.	08/04/2020	Comentarios Cliente
04	J.A.G.A	E.R.S.	05/05/2020	Modificación Tramo Subterráneo
05	J.A.G.A	E.R.S.	20/05/2020	Comentarios Cliente

Contenido

1	RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS	4
1.1	OBJETO.....	4
1.2	AFECCIONES	4
1.3	RELACION DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS	5
1.3.1	Tramo Aéreo	5
1.3.1	Tramo Subterráneo	6
2	PLANOS PARCELARIOS	13

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid. Visado. Nº 202001095. Fecha Visado: 26/05/2020. Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.coiim.es/Verificacion>. Cód.Ver: 82222526.
Nº Colegiado: 13953. Colegiado: JOSU BARRERO EGUSQUIZA

1 RELACIÓN DE BIENES Y DERECHOS

1.1 OBJETO

En virtud de lo establecido en el Art. 54.1 de la Ley 54/1997 de 27 de Noviembre del Sector Eléctrico (LSE), y en el Art. 149.1 del Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, la Declaración, en concreto, de Utilidad Pública, lleva implícita, en todo caso, la necesidad de ocupación de los bienes o de adquisición de los derechos afectados e implica la urgente ocupación a los efectos del Art. 52 de la Ley de Expropiación Forzosa.

Por ello, en cumplimiento de lo descrito en las citadas leyes, se integra en este Proyecto de ejecución el presente Anexo de Afecciones a los mencionados efectos de urgente ocupación de la Ley de Expropiación Forzosa.

1.2 AFECCIONES

El establecimiento de la línea aérea-subterránea a 66 kV Belinchón I - Huelves requiere:

La imposición de servidumbre de paso aéreo de energía por el establecimiento de la línea eléctrica aérea, con el alcance y efectos establecidos en el art. 56 de la Ley 54/1997 del Sector eléctrico (LSE), así como con las limitaciones que se derivan de lo dispuesto en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, y en el Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Líneas Eléctricas de Alta Tensión, aprobado por el Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo.

Así mismo, y en virtud de lo dispuesto en el art. 56.4 de la Ley 54/1997 (LSE), la servidumbre de paso aéreo de energía eléctrica comprende el libre acceso al predio sirviente, de personal y elementos o maquinaria necesaria para la construcción, vigilancia, conservación y reparación de las instalaciones eléctricas proyectadas, sin perjuicio de la indemnización que, en su caso, pudiera corresponder al titular de los terrenos con motivo de los daños que por dichas causas se ocasionaren.

En los apartados y planos correspondientes del presente anexo de afecciones, se describen en sus demás aspectos los bienes y derechos afectados.

1.3 RELACION DE BIENES Y DERECHOS AFECTADOS

La construcción de la línea eléctrica a 66 kV Belinchón I - Huelves, supone la afección, en los términos legalmente previstos, de las parcelas que se indican en la relación que figura en el cuadro adjunto y que a su vez quedan reflejadas en los planos de proyecto y en los planos parcelarios anexos a este documento.

1.3.1 Tramo Aéreo

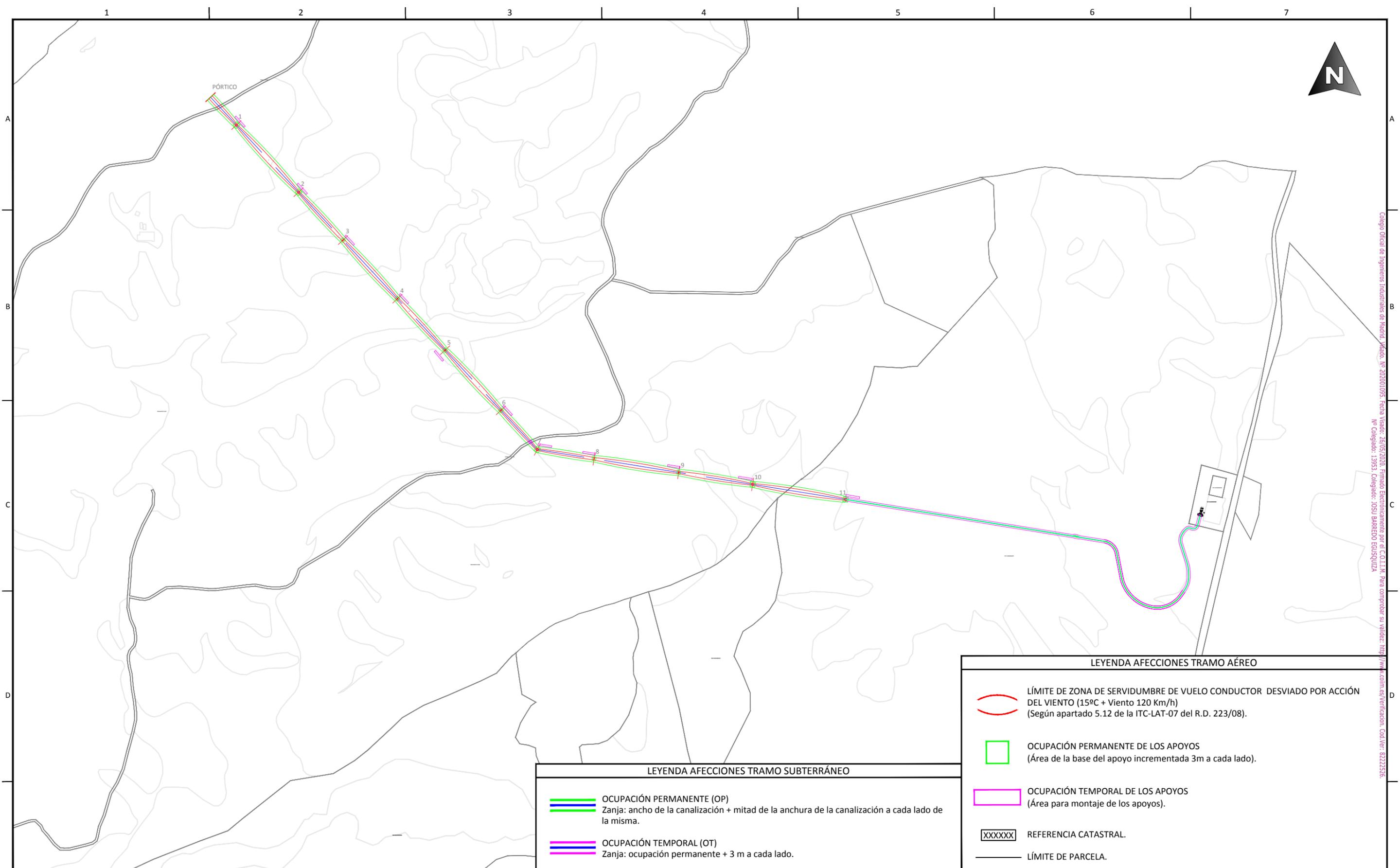
Nº ORDEN	DATOS DE LA FINCA			AFECCIÓN L. EVACUACIÓN AÉREA					
	TÉRMINO MUNICIPAL	Nº POLÍGONO	Nº PARCELA	LONGITUD LÍNEA (m)	SERVIDUMBRE PERMANENTE DE PASO (m2)	SUPERFICIE DE AFECCIÓN CON LIMITACIONES A LA PROPIEDAD (m2)	APOYO Nº	PLENO DOMINIO verde (m2)	OCUPACIÓN TEMPORAL (m2)
1	BELINCHÓN	501	22	28,05	284,04	563,27	-	0	0
2	BELINCHÓN	501	9001	5,16	49,85	102,43	-	0	0
3	BELINCHÓN	501	1001	1058,65	8860,93	19564,67	1, 2, 3, 4, 5, 6	513,97	2.060,88
4	BELINCHÓN	501	9003	5,15	29,76	81,88	-	0	0
5	BELINCHÓN	501	1002	612,44	5002,29	11224,12	7, 8, 9, 10	382,42	929
6	HUELVES	505	7	136,58	1309,35	2711,93	11	125,44	900

1.3.2 Tramo Subterráneo

Nº ORDEN	DATOS DE LA FINCA			AFECCIÓN L. EVACUACIÓN SUBTERRÁNEA			
	TÉRMINO MUNICIPAL	Nº POLÍGONO	Nº PARCELA	LONGITUD LÍNEA (m)	SERVIDUMBRE PERMANENTE DE PASO (m2)	SUPERFICIE DE AFECCIÓN CON LIMITACIONES A LA PROPIEDAD (m2)	OCUPACIÓN TEMPORAL (m2)
1	HUELVES	505	7	1115,4	1548,11	8095,20	6547,10

Madrid, Mayo de 2020.
Josu Barredo Egusquiza
Ingeniero Industrial
COII de Madrid nº 13.953

2 PLANOS PARCELARIOS



Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Madrid, Nº 202001095, fecha Visado: 26/05/2020, Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.com.es/verificacion>, Cod.Ver: 82225256, Nº Colegiado: 13953, Colegiado: JOSU BARRERO GONZALEZ

LEYENDA AFECCIONES TRAMO SUBTERRÁNEO			
	OCUPACIÓN PERMANENTE (OP)	Zanja: ancho de la canalización + mitad de la anchura de la canalización a cada lado de la misma.	
	OCUPACIÓN TEMPORAL (OT)	Zanja: ocupación permanente + 3 m a cada lado.	

LEYENDA AFECCIONES TRAMO AÉREO			
	LÍMITE DE ZONA DE SERVIDUMBRE DE VUELO CONDUCTOR DESVIADO POR ACCIÓN DEL VIENTO (15°C + Viento 120 Km/h)	(Según apartado 5.12 de la ITC-LAT-07 del R.D. 223/08).	
	OCUPACIÓN PERMANENTE DE LOS APOYOS	(Área de la base del apoyo incrementada 3m a cada lado).	
	OCUPACIÓN TEMPORAL DE LOS APOYOS	(Área para montaje de los apoyos).	
	REFERENCIA CATASTRAL.	XXXXXX	
	LÍMITE DE PARCELA.		

NOTAS GENERALES:			
06			
05			
04	05.05.20	MODIFICACIÓN TRAMO SUBTERRÁNEO	E.R.S.
03	08.04.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
02	17.03.20	COMENTARIOS CLIENTE	E.R.S.
01	14.02.20	INICIO PROYECTO	E.R.S.
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	FIRMA

EMITIDO PARA:	
<input type="checkbox"/>	Solo información
<input type="checkbox"/>	Aprobar
<input type="checkbox"/>	Presupuestar
<input type="checkbox"/>	Construcción
<input type="checkbox"/>	AS Built

TÍTULO DE PROYECTO:				L66 kV BELINCHÓN I - HUELVES			
TÍTULO DEL PLANO:				PLANTA RDBA		REF. PLANO:	
						SOFV1911601DLPGGE01	
ESCALA:		Nº HOJA:		PROYECTADO		J.A.G.	
1:8.000		01 de 01				05.05.2020	
		REV:		DIBUJADO		L.S.B.	
		04				05.05.2020	
				APROBADO		E.R.S.	
						05.05.2020	



Anexo de Modificación al Proyecto de Ejecución

Línea 66 kV SET Belinchón I – SET Huelves

Mayo 2020 - v05

Anexo III: Presupuesto

Versión	Creado	Revisado	Fecha	Comentarios
01	J.A.G.A	E.R.S.	14/02/2020	Edición inicial
02	J.A.G.A	E.R.S.	23/03/2020	Comentarios Cliente
03	J.A.G.A	E.R.S.	08/04/2020	Comentarios Cliente
04	J.A.G.A	E.R.S.	05/05/2020	Modificación Tramo Subterráneo
05	J.A.G.A	E.R.S.	20/05/2020	Comentarios Cliente

Contenido

1	PRESUPUESTO	16
1.1	Término Municipal Belinchón.....	16
1.2	Término Municipal Huelves.....	17

1 PRESUPUESTO

Los apartados a continuación mostrados desglosan el presupuesto de ejecución material de la Línea de Evacuación 66 kV conectará la subestación de la Planta Fotovoltaica Belinchón I, que se sitúa en el término municipal de Belinchón, con la subestación Huelves ubicada en el término municipal Huelves.

1.1 Término Municipal Belinchón

04.- LÍNEA AÉREA ALTA TENSIÓN 66 kV		195.286,33 €			
4.1 Tramo aéreo					
4.1.1	Acero galvanizado (Tn.)	19,65	1.486,90 €	29.217,63 €	14,96%
4.1.2	Aisladores de composite U70AB66 (Ud.)	48,00	12,42 €	595,96 €	0,31%
4.1.3	Conductor LA-180 [147-AL1/34-ST1A] (km.)	6,11	3.019,83 €	18.456,28 €	9,45%
4.1.4	Cable de tierra OPGW (km.)	2,04	3.164,01 €	6.445,83 €	3,30%
4.1.5	Herrajes Cadenas de amarre conductor (Ud.)	33,00	39,83 €	1.314,28 €	0,67%
4.1.6	Herrajes Cadenas de suspensión conductor (Ud.)	15,00	31,50 €	472,44 €	0,24%
4.1.7	Conjunto de Amarre OPGW (Ud.)	6,00	8,58 €	51,47 €	0,03%
4.1.8	Conjunto de Suspensión OPGW (Ud.)	5,00	31,83 €	159,16 €	0,08%
4.1.9	Caja de Empalme OPGW	1,00	400,51 €	400,51 €	0,21%
4.1.10	Amortiguador Stockbridge para LA-180	63,00	17,32 €	1.091,03 €	0,56%
4.1.11	Amortiguador Stockbridge para OPGW	21,00	10,53 €	221,20 €	0,11%
4.1.12	Salvapájaros tipo espiral	171,00	29,21 €	4.995,43 €	2,56%
4.2 Obra civil					
4.2.1	Replanteo (Ud.)	10,00	144,18 €	1.441,83 €	0,74%
4.2.2	Excavación (m3)	81,89	78,09 €	6.394,88 €	3,27%
4.2.3	Hormigonado (m3)	81,89	143,25 €	11.730,39 €	6,01%
4.2.4	Puesta a tierra apoyo No Frecuentado (Ud.)	10,00	33,64 €	336,43 €	0,17%
4.3 Montaje					
4.3.1	Armado e izado de apoyos (Tn.)	19,65	881,12 €	17.313,97 €	8,87%
4.3.2	Tendido Conductor LA-180 [147-AL1/34-ST1A] (km.)	6,11	14.418,29 €	88.120,19 €	45,12%
4.3.3	Tendido Cable de tierra OPGW (km.)	2,04	3.204,06 €	6.527,42 €	3,34%
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL				195.286,33 €	
TOTAL (21% IVA)				236.296,46 €	

1.2 Término Municipal Huelves

COD.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	PORCENTAJE
1.- SUMINISTRO					
1.1 TRAMO AÉREO					
1.1.1	Acero galvanizado (Tn.)	3,42	1.486,90 €	5.079,26 €	6,51%
1.1.2	Aisladores de composite U70AB66 (Ud.)	3,00	12,42 €	37,25 €	0,05%
1.1.3	Conductor LA-180 [147-AL1/34-ST1A] (km.)	0,49	3.019,83 €	1.474,60 €	1,89%
1.1.4	Cable de tierra OPGW (km.)	0,16	3.164,01 €	515,00 €	0,66%
1.1.5	Herrajes Cadenas de amarre conductor (Ud.)	3,00	39,83 €	119,48 €	0,15%
1.1.6	Herrajes Cadenas de suspensión conductor (Ud.)	0,00	31,50 €	0,00 €	0,00%
1.1.7	Conjunto de Amarre OPGW (Ud.)	1,00	8,58 €	8,58 €	0,01%
1.1.8	Conjunto de Suspensión OPGW (Ud.)	0,00	31,83 €	0,00 €	0,00%
1.1.9	Caja de Empalme OPGW	1,00	400,51 €	400,51 €	0,51%
1.1.10	Amortiguador Stockbridge para LA-180	3,00	17,32 €	51,95 €	0,07%
1.1.11	Amortiguador Stockbridge para OPGW	1,00	10,53 €	10,53 €	0,01%
1.1.12	Salvapájaros tipo espiral	14,00	29,21 €	408,98 €	0,52%
1.2 TRAMO SUBTERRÁNEO					
1.2.1	Cable AL HEPRZ1(AS) 36/66 kV 1x300 K Al+H120 (m)	3.700,00	0,04 €	148,00 €	0,19%
1.2.2	Tendido de cable dieléctrico de FO (m)	1.250,00	0,02 €	28,09 €	0,04%
1.2.3	Conj. Terminal exterior 36/66 kV 1x300 AL+H120. (Ud.)	3,00	739,85 €	2.219,54 €	2,84%
1.2.4	Pararrayos (Ud.)	3,00	2.702,48 €	8.107,44 €	10,39%
1.2.5	Conj. empalme Cable 36/66 kV 1x300 AL+H120 (Ud.)	3,00	1.131,67 €	3.395,02 €	4,35%
1.2.6	Caja de Empalmes cable dieléctrico (Ud.)	1,00	3.856,62 €	3.856,62 €	4,94%
1.2.7	Caja unipolar de puesta a tierra con descargadores (Ud.)	6,00	2.686,34 €	16.118,04 €	20,65%
1.2.8	Caja tripolar de puesta a tierra directa (Ud.)	1,00	18.550,12 €	18.550,12 €	23,77%
1.2.9	Cable unipolar XLPE 0,6/1kV (m)	1.250,00	0,02 €	22,85 €	0,03%
1.2.10	Cámara de Empalmes 66 kV, simple circuito (Ud.)	1,00	412,63 €	412,63 €	0,53%
1.2.11	Arqueta de telecomunicaciones (Ud.)	3,00	296,83 €	890,49 €	1,14%
1.2.12	Tubo de HPDE 160 mm (m)	3.369,65	0,00 €	5,24 €	0,01%
1.2.13	Tubo de HPDE 110 mm (m)	2.246,43	0,00 €	3,79 €	0,00%
2.- OBRA CIVIL					
2.1 TRAMO AÉREO					
2.1.1	Replanteo (Ud.)	1,00	144,18 €	144,18 €	0,18%

Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Madrid, Visado, Nº 202001095, Fecha Visado: 26/05/2020, Firmado Electrónicamente por el C.O.I.I.M. Para comprobar su validez: <http://www.coiim.es/Verificacion>, Cód. Ver: 82222526.

2.1.2	Excavación (m3)	9,3	78,09 €	726,25 €	0,93%
2.1.3	Hormigonado (m3)	9,3	143,25 €	1.332,19 €	1,71%
2.1.4	Puesta a tierra apoyo No Frecuentado (Ud.)	1,00	33,64 €	33,64 €	0,04%
2.2 TRAMO SUBTERRÁNEO					
2.2.1	Zanja tipo (1,408 x 0,7 m) en tierra (m)	3.700,00	0,07 €	259,00 €	0,33%
2.2.2	Instalación Cámaras de Empalme (ud.)	1,00	589,23 €	589,23 €	0,76%
2.2.3	Instalación de arquetas de telecomunicaciones (Ud.)	3,00	177,59 €	532,78 €	0,68%
3.- MONTAJE					
3.1 TRAMO AÉREO					
3.1.1	Armado e izado de apoyos (Tn.)	3,42	881,12 €	3.009,90 €	3,86%
3.1.2	Tendido Conductor LA-180 [147-AL1/34-ST1A] (km.)	0,49	14.418,29 €	7.040,54 €	9,02%
3.1.3	Tendido Cable de tierra OPGW (km.)	0,16	3.204,06 €	521,52 €	0,67%
3.2 TRAMO SUBTERRÁNEO					
3.2.1	Tendido de cable en zanja (m)	3.700,00	0,01 €	47 €	0,06%
3.2.2	Tendido de cable dieléctrico de FO (m)	1.250,00	0,06 €	81 €	0,10%
3.2.3	Montaje de Empalmes con seccionamiento de pantalla (m)	3,00	70,94 €	213 €	0,27%
3.2.4	Confección y montaje de terminales exteriores (ud.)	3,00	237,81 €	713 €	0,91%
3.2.5	Montaje de Pararrayo (ud.)	3,00	310,89 €	933 €	1,20%
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL				78.040 €	100,00%
TOTAL (21% IVA)				94.428,69 €	

Madrid, Mayo de 2020.

Josu Barredo Egusquiza

Ingeniero Industrial

COII de Madrid nº 13.953