

Documento 1

Memoria

Índice general

1. Consideraciones generales	5
1.1 Objeto del proyecto.....	5
1.2 Titular de la instalación.....	5
1.3 Alcance.....	6
1.4 Características principales de la línea aérea proyectada.....	7
1.5 Tensión de suministro.....	7
1.6 Normativa legal.....	8
1.7 Necesidad de trámite ambiental.....	9
2. Normas de protección de la avifauna	11
2.1 Medidas antielectrocución.....	11
2.2 Medidas anticollisión.....	12
2.3 Línea aérea 30kV.....	12
2.3.1 Trazado.....	12
2.3.2 Características del conductor.....	15
2.3.3 Características del cable de tierra – fibra óptica.....	16
2.3.4 Empalmes.....	16
2.3.5 Aislamiento.....	17
2.4 Herrajes para el conductor de protección.....	20
2.5 Salvapájaros.....	21
2.5.1 Apoyos de la línea aérea.....	22
2.6 Línea subterránea 30kV.....	26
2.6.1 Trazado de la línea.....	26
2.6.2 Características del conductor subterráneo.....	26
2.6.3 Conversiones aéreo-subterráneas.....	28
2.7 Autoválvulas – pararrayos.....	28
2.7.1 Tendido.....	29
2.7.2 Características de las arquetas de ayuda al tendido.....	29
2.7.3 Características de las arquetas de fibra óptica.....	30
2.7.4 Empalmes y terminales.....	30
2.7.5 Terminales GIS o de SF6.....	30
2.7.6 Puesta a tierra.....	31
2.7.7 Cruzamientos, proximidades y paralelismos.....	34
3. Memoria de cálculo	35

3.1	Cálculos eléctricos de la línea aérea	35
3.1.1	Densidad máxima	35
3.1.2	Intensidad máxima.....	35
3.1.3	Reactancia.....	35
3.1.4	Resistencia	36
3.1.5	Potencia máxima admisible	37
3.1.6	Caída de tensión	37
3.1.7	Pérdida de potencia	37
3.1.8	Rendimiento de la línea	38
3.1.9	Capacidad media de la línea	38
3.1.10	Efecto corona.....	38
3.1.11	Línea de fuga de los aisladores.....	39
3.2	Aislamiento y herrajes	41
3.2.1	Aisladores	41
3.2.2	Herrajes.....	41
3.3	Cálculos eléctricos de línea subterránea 30kV.....	42
3.3.1	Intensidad máxima admisible	42
3.3.2	Potencia máxima admisible	42
3.3.3	Cálculos de cortocircuito.....	42
3.4	Cálculos mecánicos de la línea aérea 30kV.....	44
3.4.1	Datos preliminares.....	44
3.4.2	Tensión máxima del tendido (T_0).....	44
3.4.3	Vano de regulación.....	44
3.4.4	Ecuación de cambio de condiciones	45
3.4.5	Flecha máxima.....	46
3.4.6	Tablas de tendido	46
3.4.7	Distancias de seguridad	46
3.4.8	Cálculo de los apoyos	50
3.5	Cálculos de puesta a tierra de los apoyos	56
3.5.1	Clasificación de los apoyos.....	57
3.5.2	Diseño del sistema de puesta a tierra.....	57
3.6	Cimentaciones	58
3.6.1	Apoyos seleccionados	58
3.6.2	Cimentaciones.....	58
4.	Cruzamientos y paralelismos	61
4.1	Distancia al terreno, camino, sendas y cursos de agua no navegables.....	61

4.2	Paso por zonas.....	62
4.2.1	Bosques, árboles y masas de arbolado.....	62
4.2.2	Edificios, construcciones y zonas urbanas	63
4.3	Cruzamientos y paralelismos con vías pecuarias.....	64
4.3.1	Prescripciones generales.....	64
4.3.2	Cruce con Colada del Llano Llevas.....	65
4.3.3	Paralelismo con Colada del Llano Llevas.....	65
5.	Relación de organismos afectados.....	66
6.	Plazo de puesta en marcha	67
7.	Conclusión.....	68

1. Consideraciones generales

1.1 Objeto del proyecto

El objeto del presente proyecto es realizar el estudio técnico necesario para la instalación de una línea aérea 30 KV para la evacuación de la planta fotovoltaica 'Solar Gabias' en el término municipal de Las Gabias, provincia de Granada.

La línea objeto de este proyecto tiene su inicio en el centro de seccionamiento ubicado en el interior de la planta fotovoltaica, y su final en el primer apoyo de una línea doble circuito que continuará el trazado hasta la subestación elevadora, compartiendo los apoyos con la evacuación de la planta fotovoltaica 'Crisadar Gabias', propiedad de un tercero con el que se acuerda realizar esta solución.

Esta línea doble circuito será objeto de otro proyecto, y su titular será el mismo que el del resto de infraestructuras de evacuación compartidas, como son la subestación elevadora y la línea de enlace 220kV de conexión a la red de transporte.

Los detalles relativos al apoyo compartido por ambas líneas, aunque esbozados en este proyecto, se detallarán con mayor profundidad en el proyecto de la línea doble circuito, prevaleciendo la información contenida en dicho proyecto sobre esta.

1.2 Titular de la instalación

La sociedad promotora de la instalación es:

- Nombre: ABY Infraestructuras, S.L.
- Domicilio: Edificio Insur Cartuja, C/ Albert Einstein, s/n. 41092 Sevilla
- C.I.F.: B90248832

Considerándose la anterior como dirección a efectos de notificaciones.

La persona de contacto es:

- Antonio Esteban Garmendia / Yolanda Fuentes Criado
- Teléfono: 954937111 / 913300570
- Email: aesteban@aa-ges.com / yolanda.fuentes@aa-ges.com

1.3 Alcance

La línea proyectada tiene su origen en el Centro de Seccionamiento de la planta fotovoltaica Solar Gabias, con las siguientes coordenadas:

- Zona: 30 S
- Abcisa: 436215.00 m E
- Norte: 4109909.00 m N

Y su destino en el apoyo de inicio de línea o entronque de la planta fotovoltaica Crisadar Gabias, según las siguientes coordenadas:

- Zona: 30 S
- Abcisa: 437637.00 m E
- Norte: 4110180.00 m N

La longitud de la línea de Simple Circuito es de 1.600m, de los cuales 50m serán subterráneos y el resto aéreos, constando de 6 apoyos en montaje simple circuito con cúpula, numerados del 1 al 6.

La línea aérea se realizará con conductor 337-AL1/44-ST1A (LA-380) para los conductores activos, empleándose un conductor tipo OPGW de 48 fibras como conductor de protección.

Esta discurrirá principalmente con orientación oeste-este, compuesta por cuatro cantones, partirá desde el apoyo n.º 1, hasta el apoyo n.º 6, correspondiente al apoyo n.º 1 de la línea doble circuito objeto de otro proyecto. En su inicio, justo antes del apoyo n.º1, existe un pequeño tramo subterráneo entre el Centro de Seccionamiento de la planta Solar Gabias y el apoyo n.º1. En el apartado Trazado de la línea aérea se describe con mayor detalle el mismo.

Las cadenas de aisladores estarán compuestas por 4 aisladores de vidrio tipo U120BS, a pesar de que a nivel de aislamiento hubiese sido suficiente con tres aisladores.

El trazado subterráneo se realizará con conductor tipo RHZ1 18/30 KV 2x630mm² Al, comienza como se ha comentado en el mismo origen en la celda de MT del CS de la planta fotovoltaica Solar Gabias, cada circuito de la línea estará formada por tres parejas de cables aislados unipolares de las

características que indicamos a continuación, instalados tal y como se reflejan en los apartados correspondientes. Las profundidades que alcanza la instalación aparecen en el plano detalle, que acompaña este Proyecto.

Se tendrán en cuenta todos los servicios existentes y se compatibilizará el trazado con los elementos de infraestructura, construyéndose los tubulares necesarios para proteger a aquellos y a la propia línea subterránea.

1.4 Características principales de la línea aérea proyectada

- Conductor aéreo:..... LA-380
- Configuración por circuito:..... Dúplex
- Zona de tendido según RLAT:..... B (650 m.s.n.m.)
- Cable de tierra:..... OPGW-48
- Número de circuitos:..... Uno
- Apoyos:..... Metálicos – Montaje simple circuito

1.5 Tensión de suministro

La energía se suministrará en corriente alterna trifásica a 50Hz de frecuencia, y una tensión de 30kV.

Por ser esta tensión igual o inferior a 30kV, queda clasificada esta línea como de tercera categoría, según Artículo 3, del Reglamento de Líneas eléctricas de Alta Tensión.

Datos del suministro:

- Tensión nominal:..... 30kV
- Tensión más elevada:..... 36kV
- Intensidad de defecto a tierra:..... 6000A
- Tiempo de desconexión:..... 1s
- Frecuencia:..... 50Hz

1.6 Normativa legal

En la realización de este proyecto se ha tenido presente toda la reglamentación vigente, en especial cada una de las especificaciones contenidas en:

- Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA, que sean de aplicación.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.
- Resolución de 5 de mayo de 2005, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por las que se aprueban las Normas Particulares y Condiciones Técnicas y de Seguridad de la empresa distribuidora de energía eléctrica Endesa Distribución, SLU, en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Andalucía. BOJA núm. 109 de 7 de junio de 2005.
- 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.
- Instrucción de 17 de noviembre de 2004, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, sobre tramitación simplificada de determinadas instalaciones de distribución de alta y media tensión (BOJA de 13 de diciembre de 2004).
- Ley 2/89, de 18 de julio, Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía.
- Ley 2/95, de 1 de junio (BOJA 28/12/95) modificación de la 2/89.
- Ley 10/1996, de 18 de marzo sobre Expropiación Forzosa y sanciones en materia de instalaciones eléctricas y Reglamento para su aplicación, aprobado por Decreto 2619/1996 de 20 de octubre.
- Decreto 178/2006, de 10 de octubre (BOJA 209, 27/10/2006), de la Junta de Andalucía, de protección de la avifauna.
- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas de protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

- Legislación vigente en materia de Prevención de Riesgos Laborales: Ley 31/1995 8.11.95/BOE269 y Reales Decretos sucesivos que desarrollan la ley.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

1.7 Necesidad de trámite ambiental

Según la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, en su anexo I referente a las 'Categorías de actuaciones sometidas a los instrumentos de prevención y control ambiental', las que afectan a líneas eléctricas las indicamos a continuación.

Instrumentos: Autorización Ambiental Integrada (AAI), Autorización Ambiental Unificada (AAU), Evaluación Ambiental (EA), Calificación Ambiental (CA).

- La Autorización Ambiental Unificada (AAU) lleva incluido el trámite de Estudio de Impacto Ambiental.
- La Calificación Ambiental (CA), que es un trámite municipal, lleva un análisis de las repercusiones medioambientales de la actuación incluido en el proyecto técnico.

Por encontrarnos en el caso de una instalación de una línea aérea de longitud superior a 3.000m, será necesario someter la instalación al trámite de Autorización Ambiental Unificada, redactándose un Estudio de Impacto Ambiental que acompañará al proyecto.

Cat.	Actuación	Inst.
2.15	Construcción de líneas aéreas para el suministro de energía eléctrica de longitud superior a 3.000 metros. Se exceptúan las sustituciones que no se desvíen de la traza más de 100 m.	AAU
2.17	Construcción de líneas aéreas para el suministro de energía eléctrica de longitud inferior a 3000 m. Se exceptúan las sustituciones que no se desvíen de la traza más de 100 m.	CA
13.7	Los siguientes proyectos, cuando se desarrollen en zonas especialmente sensibles, designadas en aplicación de la Directiva 79/409/CEE, del Consejo, de 2 de abril, relativa a la conservación de las aves silvestres, de la Directiva 92/43/CEE, del Consejo, de 21 de mayo, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres y de la Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección o en humedales incluidos en la lista del Convenio de Ramsar: d) Líneas aéreas y subterráneas para el transporte de energía eléctrica.	AAU

Tabla 1. Categorías de actuaciones sometidas a los instrumentos de prevención y control ambiental.

2. Normas de protección de la avifauna

2.1 Medidas antielectrocución

Se adoptarán las medidas antielectrocución para protección de la avifauna establecidas en el Decreto 178/2006, de 10 de octubre, de la Junta de Andalucía y en el Real Decreto 263/2008:

- Las líneas se habrán de construir con cadenas de aisladores suspendidos, evitándose la disposición horizontal de los mismos, excepto los apoyos de ángulo, anclaje y fin de línea.
- Los apoyos con puentes, seccionadores, fusibles, transformadores, de derivación, anclaje, fin de línea, se diseñarán de forma que no se sobrepase con elementos en tensión las crucetas no auxiliares de los apoyos. En su defecto se procederá al aislamiento de los puentes de unión entre los elementos en tensión mediante dispositivos de probada eficacia. Por ello, se prohíbe la instalación de puentes flojos no aislados por encima de travesaños y cabecera de postes, así como la instalación de seccionadores e interruptores con corte al aire, colocados en posición horizontal en la cabecera de los apoyos.
- La unión entre los apoyos y los transformadores o seccionadores situados en tierra, que se encuentren dentro de casetillas de obra o valladas, se hará con cable seco o trenzado.
- Los apoyos de alineación tendrán que cumplir las siguientes distancias mínimas accesibles de seguridad: entre la zona de posada y elementos en tensión la distancia de seguridad será de 0,75m, y entre conductores de 1,5m. Esta distancia de seguridad podrá conseguirse aumentando la separación entre los elementos, o bien mediante el aislamiento efectivo y permanente de las zonas de tensión.
- En el caso de armado tresbolillo, la distancia entre la cruceta inferior y el conductor superior del mismo lado o del correspondiente puente flojo no será inferior a 1,5 metros, a menos que el conductor o el puente flojo esté aislado.
- Para crucetas o armados tipo bóveda, la distancia entre la cabeza del poste y el conductor central no será inferior a 0,88 metros, a menos que se aisle el conductor central 1 metro a cada lado del punto de enganche.
- Los apoyos de anclaje, ángulo, derivación, fin de línea y, en general, aquellos con cadena de aisladores horizontal, deberán tener una distancia mínima accesible de seguridad entre la zona de posada y los elementos en tensión de 1 metro. Esta distancia de seguridad podrá conseguirse aumentando la separación entre los elementos, o bien mediante el aislamiento de las zonas de tensión.

2.2 Medidas anticolidión

Según se indica en el Artículo 3.2 del Decreto 178/2006, será necesario aplicar las medidas anticolidión establecidas en dicho Decreto a las instalaciones aéreas de alta tensión, existentes o de nueva construcción, que discurran por las zonas de especial protección para las aves, calificadas por su importancia para la avutarda y el sisón, y a aquellas que discurran, dentro de un radio de dos kilómetros, alrededor de las líneas de máxima crecida de los humedales incluidos en el inventario de humedales de Andalucía.

Por otro lado, en el Real Decreto 263/2008 se establece que se aplicarán las medidas anticolidión a las aéreas prioritarias recogidas en la Orden de 4 de junio de 2009.

Como medida anticolidión, se instalarán salvapájaros, que consistirán en espirales de polipropileno de 30 cm de diámetro y 1 metro de longitud dispuestas en el cable de tierra cada 5 metros.

Las características de la protección, para la prevención de la colisión de la avifauna con líneas eléctricas de alta tensión según el R.D. 1432/2008, elegida es la siguiente:

- Peso de la espiral:..... 0,624kg
- Distancia entre espirales:..... 5m
- Área de exposición al viento:..... 0,018m²

2.3 Línea aérea 30kV

En la línea que se proyecta se emplearán conductores desnudos de aluminio-acero galvanizado.

A efecto de sobrecarga y según la clasificación especificada en la ITC-LAT-07, Aptdo. 3.1.3, el trazado de esta línea discurre por:

- Zona B: Situada entre 500 m y 1.000 m de altitud sobre el nivel del mar.

2.3.1 Trazado

La situación de la línea proyectada se presenta en el plano 'Situación', del documento 9 del presente proyecto.

En el trazado previsto se ha tenido en cuenta y respetado, los distintos parajes y posibles afecciones, intentando producir el menor impacto ambiental. Se tuvieron en cuenta edificios existentes y la previsión de posibles expansiones de población, existencias de cañadas, carreteras, demás parajes y accidentes geográficos.

La longitud de la línea es de 1.600m en doble circuito, de los cuales 52m serán subterráneos y 1.547m serán aéreos, consta de 6 apoyos en montaje simple circuito con cúpula, numerados del 1 al 6.

La línea proyectada tiene su origen en el Centro de Seccionamiento de la planta fotovoltaica 'Solar Gabias', en el Término Municipal de Las Gabias (Granada). En este apoyo fin de línea (n.º 1), la línea que recoge la energía producida por los aerogeneradores pasará de subterránea a aérea.

Cantón n.º 1

Desde el apoyo n.º 1 sale, en una primera alineación de 226,46m de longitud, hasta el apoyo nº 2, discurriendo por las zonas denominadas 'Salado' y 'Cañada de la Puerta' del T.M. de Las Gabias, provincia de Granada.

En esta alineación se producen los siguientes cruzamientos:

- Vano 1-2:
 - Camino sin tratamiento superficial
 - Vía pecuaria 'Colada del Llano Llevas'

Cantón n.º 2

Desde el apoyo n.º 2, con un ángulo de 157,78º centesimales respecto a la alineación anterior, comienza una segunda alineación de 372,87 metros de longitud, hasta el apoyo nº 3, discurriendo por las zonas denominadas 'Cañada de Puerta' y 'Llano Llevas' del T.M. de Las Gabias, provincia de Granada.

En esta alineación no se producen cruzamientos reseñables.

Cantón n.º 3

Desde el apoyo n.º 3, con un ángulo de 172,22º centesimales respecto a la alineación anterior, comienza una tercera alineación de 607,59 metros de longitud, hasta el apoyo n.º 5, discurriendo por

	Nombre del Proyecto: LAMT CS Gabias – CS Crisadar	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-451.00.01	Revisión: 00
	Página 14 de 68	

las zonas denominadas ‘Llano Llevas’ y ‘Cañada de la Plata’ del T.M. de Las Gabias, provincia de Granada.

En esta alineación se producen los siguientes cruzamientos:

- Vano 3-4:
 - Camino sin tratamiento superficial
- Vano 4-5:
 - Camino sin tratamiento superficial

Cantón n.º 4

Desde el apoyo n.º 5 sale, con un ángulo de 195,56º centesimales en una cuarta y última alineación de 340,18 metros de longitud, hasta el apoyo n.º 6, discurriendo por la zona denominada ‘Llano de la Plata’ del T.M. de Las Gabias, provincia de Granada.

En esta alineación se producen los siguientes cruzamientos:

- Vano 5-6:
 - Vallado perimetral de la planta fotovoltaica ‘Crisadar Gabias’
 - Caminos interiores de la planta fotovoltaica ‘Crisadar Gabias’

Trazado completo

La longitud total de línea aérea que discurre por cada término municipal es de:

- T.M. Las Gabias (Granada): 1.547m (100%)

En la siguiente tabla se reflejan las coordenadas UTM 30S ETRS89 del centro de cada uno de los apoyos.

Apoyo n.º	Función	X (m E)	Y (m N)	Z (m.s.n.m.)
1	FL	436213	4109915	744,75
2	ANC – ANG	436331	4110109	729,08
3	ANC – ANG	436680	4110240	719,69
4	SUSP	436970	4110220	710,92
5	ANC – ANG	437286	4110196	714,24
6	ENTRONQUE – FL	437626	4110198	707,27

Tabla 2. Coordenadas UTM de los apoyos.

2.3.2 Características del conductor

El conductor que se emplee cumplirá con la norma UNE-EN 50182 y será del tipo compuesto (bimetálico) de aluminio reforzado con acero galvanizado AL1/STyz.

Será del tipo denominado 337-AL1/44-ST1A (LA-380), cuyas características principales son las siguientes:

Características dimensionales

- Denominación UNE:.....LA-380
- Sección total del cable:.....381,5mm²
- N.º alambres de aluminio:.....54
- N.º alambres de acero:.....7
- Diámetro total del cable:.....25,40mm²

Características mecánicas y eléctricas

- Carga de rotura:.....11.135daN
- Módulo elástico teórico:.....7.000daN/mm²
- Coeficiente dilatación lineal:.....19,3 x 10⁻⁶ °C⁻¹
- Peso:.....1.276kg/km
- Resistencia a 20°C:.....0,0857Ω/km

Todas estas características responden a lo especificado en las normas UNE-EN 50182 'Conductores de alambres redondos cableados en capas concéntricas'.

Para evitar flechas mayores en el cable de tierra que en el conductor de fase, se establecerá el tense máximo en 2.700kg, con un EDS del 20% para la zona B, zona por la que discurre la totalidad de la línea.

2.3.3 Características del cable de tierra – fibra óptica

Se montará un cable compuesto tierra – fibra óptica de 48 fibras para la transmisión de datos. Las características principales del cable de tierra son las siguientes:

- Denominación UNE:.....OPGW-48
- Sección total del cable:.....180mm²
- Diámetro:.....16,50mm²
- Carga de rotura:.....7.690daN
- Módulo de elasticidad teórico:.....11.537daN/mm²
- Coeficiente dilatación lineal:.....15,1 x 10⁻⁶ °C⁻¹
- Peso:.....630kg/km

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°.

Se establecerá el tense máximo del cable de tierra en 2.200 kg, con un EDS del 15% para la zona B, zona por la que discurre la totalidad de la línea.

2.3.4 Empalmes

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

Los empalmes del cable de tierra serán de acero inoxidable.

	Nombre del Proyecto: LAMT CS Gabias – CS Crisadar	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-451.00.01	Revisión: 00
	Página 17 de 68	

2.3.5 Aislamiento

2.3.5.1. Nivel de aislamiento

La ITC-LAT-07, tabla 12, define el nivel de aislamiento de una línea, por las tensiones de ensayo soportadas en las dos condiciones siguientes:

- Tensión soportada normalizada a impulsos tipo rayo.
- Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial.

Estableciendo los siguientes valores mínimos, correspondientes a la tensión nominal y a la tensión más elevada de la línea:

- Tensión nominal:.....30kV eficaces
- Tensión más elevada:.....36kV eficaces
- Tensión de ensayo a impulsos tipo rayo:.....170kV cresta
- Tensión de ensayo a frecuencia industrial:.....70kV eficaces

A continuación, se definirá el tipo de aislamiento proyectado para superar los niveles mínimos exigidos.

2.3.5.2. Tipo de aislamiento

El aislamiento estará formado por aisladores compuestos para líneas eléctricas de alta tensión según normas UNE 21909 y UNE-EN 62217. Los elementos de cadenas para los aisladores compuestos responderán a lo establecido en la norma UNE-EN 61466.

2.3.5.3. Cadena de aislamiento

Se consideran bajo esta denominación los aisladores y todos los elementos necesarios para la fijación de los mismos al apoyo y a los conductores, así como los elementos de fijación del cable de tierra a la torre y los elementos de protección eléctrica de los aisladores.

2.3.5.4. Aislamiento para el conductor

El aislamiento estará dimensionado mecánicamente para el conductor y eléctricamente para 30 KV. La configuración elegida es de cadenas dobles con aisladores de vidrio. Se emplearán aisladores cuyas características son:

Características dimensionales

- Denominación: U120BS
- Material: Vidrio
- Configuración: Doble
- Paso: 146mm
- Diámetro máximo: 255mm
- Línea de fuga: 315mm
- Carga de rotura: 120kN
- Norma de acoplamiento: 16A

La normativa aplicable para la fabricación de estos aisladores será:

- UNE 21009 Medidas de acoplamiento para rótula y alojamiento.
- UNE 21114 Ensayos de aisladores para líneas superiores a 1.000kV
- UNE 21124 Características de los elementos tipo caperuza y vástago
- UNE 21126 Partes 1 y 2

Las características eléctricas de las cadenas serán las siguientes, según la publicación CEI 383/72:

Tensiones mantenidas

- En seco: 285kV
- Bajo lluvia: 195kV
- Onda de choque: 435kV
- Longitud línea de fuga: 1260mm
- Línea de fuga específica: 35mm/kV

2.3.5.5. HERRAJES

Se engloban con esta denominación todos los elementos necesarios para la fijación de los aisladores al apoyo y a los conductores.

Se tendrá en cuenta en su utilización su comportamiento frente al efecto corona y serán fundamentalmente de hierro forjado, protegidos de la oxidación mediante galvanizado a fuego.

Todos los bulones serán siempre con tuerca, arandela y pasador, estando comprendido el juego entre éstos y sus taladros entre 1mm y 1,5mm.

En juego axial entre piezas estará comprendido entre 1mm y 2,5mm.

Se tendrán en cuenta las disposiciones de los taladros y los gruesos de chapas y casquillos de cogida de las cadenas para que éstas queden posicionadas adecuadamente.

Todas las características métricas, constructivas de ensayo, etc. de los herrajes serán las indicadas en las normas siguientes:

- UNE 21006
- UNE 21009
- UNE 21021
- UNE 21126
- UNE 21158
- UNE 21159

2.3.5.6. Grapas

Las grapas para sujeción, de los conductores serán de suspensión (GS) o de amarre (GA), según la función que hayan de desempeñar.

Las grapas de suspensión pueden ser sencillas (GS) o armadas (GSA), estas últimas incluyen en su constitución varillas helicoidales de protección y un manguito de material elastómero o elastomérico, empleándose en las situaciones especiales de cruzamientos y paralelismos, de acuerdo con el apartado 5.3 de la ITC-LAT 07.

En este proyecto se emplearán:

- Cadenas de amarre: Grapa de amarre atornillada GA-3
- Cadenas de suspensión: Grapa de suspensión GS-3

Las grapas de amarre del conductor soportarán una tensión mecánica en el amarre igual o superior al 95% de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca su deslizamiento, cumpliendo el apartado 3.3 de la ITC-LAT 07.

	Nombre del Proyecto: LAMT CS Gabias – CS Crisadar	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-451.00.01	Revisión: 00
	Página 20 de 68	

2.3.5.7. Herrajes para el conductor

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 ITC07 del R.L.A.T.

La configuración elegida es de cadenas dobles.

Conductor (LA-380)

Cadenas de amarre:

- 1 grillete recto
- 1 anilla bola
- 1 rótula
- 1 grillete recto
- 1 grapa de amarre
 - Carga de rotura del grillete de unión al apoyo: 13.500kg
 - Carga de rotura de la grapa: 8.500kg
 - Carga de rotura del resto de la cadena: 10.000kg

Cadenas de suspensión:

- 1 grillete recto
- 1 anilla bola
- 1 rótula
- 1 grapa suspensión
 - Carga de rotura del grillete de unión al apoyo: 13.500kg
 - Carga de rotura de la grapa: 8.500kg
 - Carga de rotura del resto de la cadena: 10.000kg

2.4 Herrajes para el conductor de protección

Se prestará especial atención a la posición en que queda el grillete recto de cogida al apoyo respecto a la disposición final del tensor de corredera que deberá quedar en posición vertical. En caso de que haya que efectuar un giro de 90° se sustituirá dicho grillete por otro revirado.

	Nombre del Proyecto: LAMT CS Gabias – CS Crisadar	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-451.00.01	Revisión: 00
	Página 21 de 68	

Cadenas de amarre pasante

- 2 grilletes rectos + 2 eslabones revirados + 2 tensores de corredera + 2 juegos de varillas de refuerzo + 2 retenciones terminales preformadas con guardacabos + 1 conexión sencilla
 - Carga de rotura del grillete de unión al apoyo: 12.000kg
 - Carga de rotura de la grapa: 9.720kg

Cadena de amarre pórtico – fin de línea

- 1 grillete recto + 1 eslabón revirado + 1 tensor de corredera + 1 juego de varillas de refuerzo + 1 retención terminal preformada con guardacabos + 1 conexión sencilla
 - Carga de rotura del grillete de unión al apoyo: 12.000kg
 - Carga de rotura de la grapa: 9.720kg

2.4.1.1. Antivibradores

Sirven para proteger a los conductores y el cable de tierra de los efectos perjudiciales que pueden producir los fenómenos de vibración eólica a causa de los vientos de componente transversal a la línea y velocidades comprendidas entre 1 y 10m/s.

La flexión dinámica del conductor o cable de tierra sujeto a la vibración puede producir roturas prematuras por fatiga de sus alambres con la siguiente pérdida de conductividad y resistencia mecánica.

La intensidad de este fenómeno depende de las características del conductor, de su estado tensional y de las características del viento.

En este caso concreto, todos los vanos son inferiores a 550m, luego será suficiente instalar en conductores un antivibrador por vano, situados a una separación de la grapa que será la indicada por el fabricante.

Los distintos elementos que forman parte de los diversos tipos de cadenas están indicados en el plano “Elementos de la línea”, que se acompaña.

2.5 Salvapájaros

Su función consiste en hacer más visibles los cables de tierra y conductores para prevenir las colisiones de las aves con los mismos.

	Nombre del Proyecto: LAMT CS Gabias – CS Crisadar	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-451.00.01	Revisión: 00
	Página 22 de 68	

Se instalarán en el hilo de tierra, siguiendo las recomendaciones del Real Decreto 1432/2008. La separación entre los salvapájaros no será superior a 10m.

2.5.1 Apoyos de la línea aérea

Los materiales que se utilicen en la fabricación de los apoyos deben ser aceros de acuerdo con las Normas UNE-EN 10025-1 y UNE-EN 10025-2, protegidos mediante galvanización en caliente según la Norma UNE-EN ISO 1461.

Los apoyos serán metálicos de celosía, según norma UNE 207017 “Apoyos metálicos de celosía para líneas eléctricas aéreas de distribución”.

Los materiales que se utilicen en la fabricación de los apoyos deben ser aceros de acuerdo con las Normas UNE-EN 10025-1 y UNE-EN 10025-2, protegidos mediante galvanización en caliente según la Norma UNE-EN ISO 1461.

Las medidas y tolerancias de los angulares deben ser las establecidas en las Normas UNE-EN 10056-1 y UNE-EN 10056-2. También podrán admitirse los angulares de lados iguales de uso frecuente indicados en el anexo A, cumpliendo con las tolerancias definidas en la Norma UNE-EN 10056-2.

Los elementos de fijación (tornillos, tuercas y arandelas) deben cumplir con la Norma UNE 17115.

Para determinar el número y diámetro de los tornillos a emplear en cada unión se usarán las fórmulas adecuadas a la sollicitación a que estén sometidas las barras. También se usarán uniones soldadas.

La disposición adoptada para las crucetas será del tipo simple circuito al tresbolillo en todos los apoyos, estando constituidas por perfiles angulares de acero normalizados, con coeficientes de seguridad idénticos a los empleados en los apoyos.

2.5.1.1. Protección de superficies

Todos los apoyos tendrán protección de superficie a base de galvanizado en caliente. El galvanizado se hará de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 1461.

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

	Nombre del Proyecto: LAMT CS Gabias – CS Crisadar	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-451.00.01	Revisión: 00
	Página 23 de 68	

2.5.1.2. Dimensiones de los apoyos

Los apoyos serán de la serie normalizada del fabricante Industrias mecánicas de Extremadura S.A. (Imedexsa), para esta tensión y conductores, y en función de las necesidades técnicas de cada ubicación se han elegido los distintos tipos.

La altura útil de las torres en cada uno de los puntos del reparto se ha adaptado para conseguir que el punto más bajo del conductor en el vano considerado, en su condición más desfavorable, esté siempre por encima de los 8 metros, siendo esta medida superior a la obtenida por aplicación de la ITC-LAT 07.

En cada cantón se ha adoptado una catenaria de flecha máxima correspondiente a las condiciones de flecha más desfavorable de calma y 50° C en zona B.

Estarán adecuadamente dimensionados para soportar seis conductores del tipo LA-380 y un cable de fibra óptica OPGW.

El cálculo de los apoyos se ha realizado considerando las condiciones de tendido existentes, para su tendido en Zona B, con una velocidad del viento de 120 Km/h.

2.5.1.3. Cimentaciones

Las cimentaciones de los apoyos serán de hormigón en masa de calidad HM-20 N/mm² y deberán cumplir lo especificado en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.

Se proyectará la cimentación de acuerdo con la naturaleza del terreno, cuyas características, caso de no realizar los ensayos adecuados, vendrán definidas por los valores reflejados en los documentos a continuación relacionados, de acuerdo con el tipo de cimentación y el método de cálculo empleado.

Cimentación monobloque, constituida por un único bloque de hormigón en la que se empotrará la parte inferior del apoyo.

El método de cálculo seguido es el de Sulzberger, que confía la estabilidad de la cimentación a las reacciones horizontales y verticales del terreno. Los valores de los coeficientes empleados en éste método son los indicados en la tabla 10 de la ITC-LAT 07.

No se admitirá un ángulo de la cimentación cuya tangente sea superior a 0,01, para alcanzar el equilibrio de las acciones que produzcan el máximo momento de vuelco. Sobre esta cimentación se hará la correspondiente peana.

Cimentaciones de patas independientes, estarán constituidas por un bloque de hormigón para cada una de las barras de anclaje del apoyo.

La estabilidad de estas cimentaciones estará confiada a las reacciones verticales del terreno. Se emplea como método de cálculo el de cono de tierras, adoptando para los valores del ángulo de arranque y de la presión admisible sobre el suelo que figuran en el documento “La Clasificación de suelos en el Proyecto de Líneas de Conducción Eléctrica” publicado por ASINEL (1.971).

Se comprobará el coeficiente de seguridad teniendo en cuenta lo que al respecto se especifica en los apartados 3.6 y 5.3 de la ITC-LAT 07, especialmente en lo referente al incremento del 25% de los coeficientes de seguridad.

La relación entre el esfuerzo resistente de la fundación y el esfuerzo de arranque a que está sometida, no será inferior a los siguientes valores:

- Hipótesis normal: 1,5
- Hipótesis seguridad reforzada: 1,875
- Hipótesis anormal: 1,2

Sobre cada una de las cimentaciones se hará una peana de hormigón de 25cm de altura para proteger la entrada del anclaje en el cimiento.

Para su dimensionamiento se ha considerado un terreno de 20º de ángulo de arrancamiento y un coeficiente de compresibilidad CT=8.

2.5.1.4. Puesta a tierra

El dimensionamiento del sistema de puesta a tierra seguirá las recomendaciones del apartado 7 de la ITC-LAT 07 del Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.

Las tomas de tierra se realizarán con picas de acero cobreado de 14 x 2.000mm clavadas en el terreno, situadas a 5m de distancia como mínimo del apoyo. Dadas las características del terreno los apoyos llevarán como mínimo dos picas. Se instalarán tantas picas como sean necesarias para obtener una resistencia eléctrica de todo el sistema inferior a 20 ohmios; estando desconectada la torre.

Se cavará una zanja de 80cm de profundidad, en el cual irá ubicado el cable de tierra, en posición horizontal, hasta conectar con la pica que debe ir clavada en el fondo de la zanja.

Las picas estarán interconectadas entre sí por cable de cobre desnudo de 50mm² de sección, formando un anillo. La unión de las picas a las torres se hará con dos cables de acero galvanizado del tipo AC 50.

El paso del cable de tierra a través del macizo de cimentación se efectuará por medio de un tubo introducido en el momento del hormigonado. El extremo superior del tubo quedará sellado con poliuretano expandido o similar, para impedir la entrada de agua, evitando así tener agua estancada que favorezca la corrosión del cable de tierra.

Los apoyos ubicados en zona de pública concurrencia, la puesta a tierra será efectiva mediante anillo cerrado a modo de electrodo de difusión que tendrá cuatro conexiones al apoyo, una por montante. Cada conexión se compone de dos cables de tierra CT-50. Dicho anillo irá enterrado alrededor de la cimentación del apoyo, manteniendo una distancia de un metro a la misma.

En todas las cadenas de amarre del cable de tierra se instalará una pieza de conexión del cable a la estructura metálica del apoyo.

2.5.1.5. Numeración y placas de peligro

Según se establece en el artículo 2.4.7 de la ITC-LAT 07, cada apoyo se identificará individualmente mediante un número, código o marca alternativa, de tal manera que la identificación sea legible desde el suelo.

Así mismo, en todos los apoyos deberán estar claramente identificados el fabricante y el tipo de apoyo.

Se recomienda además colocar en todos los apoyos, una placa de señalización de peligro eléctrico, siendo obligatorio para los apoyos situados en zonas frecuentadas.

2.6 Línea subterránea 30kV

2.6.1 Trazado de la línea

El trazado subterráneo enlaza la celda de protección interior del centro de seccionamiento de la planta fotovoltaica con el apoyo n.º 1.

Cada fase del circuito estará formada por dos cables aislados unipolares de las características que indicamos a continuación, instalados tal y como se reflejan en los apartados correspondientes.

La longitud del tramo subterráneo es de 50 metros.

2.6.2 Características del conductor subterráneo

Los cables que se instalarán son del tipo aislamiento seco, campo radial, apantallados, construidos para una tensión 18/30 KV.

Los circuitos se compondrán de tres conductores unipolares de aluminio, cuya denominación es:

RHZ1 18/30 KV 1x630mm² Al

Características del conductor

- Sección: 630mm²
- Tensión nominal: 18/30kV
- Tensión máxima de utilización: 36kV
- Tensión de ensayo a 50Hz: 70kV
- Tensión de ensayo con onda tipo rayo: 170kV
- Intensidad admisible al aire (40°C): 830A
- Intensidad admisible directamente enterrado (25°C): 575A
- Intensidad admisible enterrado bajo tubo: 545A
- Material aislamiento: XLPE
- Cubierta: Poliolefina

2.6.2.1. Aislamiento

Está constituido por un dieléctrico seco extruido, de polietileno reticulado químicamente (XLPE), adecuado a la tensión nominal del cable, de excelentes características dieléctricas, térmicas, y de gran resistencia a la humedad.

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

2.6.2.2. Pantallas eléctricas

Las pantallas envolventes conductoras o semiconductoras que componen estos cables con función de protección eléctrica son:

Pantalla sobre el conductor

Su misión es confinar el campo eléctrico, dentro de una superficie cilíndrica equipotencial lo más uniformemente posible, eliminando las irregularidades de los alambres. A tal fin, se dispone sobre el conductor, una capa semiconductora, termoestable y extruida, de espesor medio mínimo de 0,5mm, y sin acción nociva sobre el conductor y el aislamiento.

Sin esta pantalla, el aislamiento quedaría sujeto a distintos gradientes de potencial.

Pantalla sobre el aislamiento

Constituida por una parte semiconductora no metálica, asociada a una parte metálica.

La parte semiconductora tiene misión análoga a la pantalla sobre el conductor.

La parte metálica tiene por misión conducir a tierra las corrientes de capacidad, que puedan producirse en los cortocircuitos. Está constituida por flejes de cobre recocido, de espesor 0,1mm, aplicados en hélice.

Como protección eléctrica se emplea la puesta a tierra por ambos extremos de esta pantalla metálica.

	Nombre del Proyecto: LAMT CS Gabias – CS Crisadar	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-451.00.01	Revisión: 00
	Página 28 de 68	

2.6.2.3. Cubierta exterior no metálica

La cubierta exterior está constituida por poliolefina ignífuga no propagador del incendio, baja emisión de humos y opacidad reducida.

El espesor nominal de la cubierta estará de acuerdo con la tensión nominal del conductor y la sección del mismo, siendo en este caso de 2mm.

2.6.3 Conversiones aéreo-subterráneas

En los apoyos de transición aéreo-subterráneo se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Siempre se colocará una autoválvula/pararrayos por cada terminal de exterior.
- En el tramo aéreo de subida al apoyo los cables irán protegidos con un tubo o una canaleta metálicos o de material aislante.
- Quedarán obturados por la parte superior con espuma de poliuretano expandido para evitar la entrada de agua y se empotrarán en la cimentación del apoyo, sobresaliendo 4m por encima del nivel del terreno.

2.7 Autoválvulas – pararrayos

Con objeto de proteger los cables contra las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas se instalará una autoválvula o pararrayos en cada uno de los extremos de los cables unipolares.

La autoválvula será de óxido de zinc como elemento activo y con contador de descargas.

Las características exigidas serán las siguientes:

- Tensión nominal: 30kV
- Tensión más elevada: 36kV
- Corriente de descarga nominal: 10kA
- Línea de fuga: Igual a la exigida para los terminales
- El aislador de la autoválvula será polimérico

La puesta a tierra de las autoválvulas se realizará conectando directamente al propio apoyo de entronque aéreo -subterráneo.

2.7.1 Tendido

En la zanja las fases estarán dispuestas en triángulo. Cada uno de los cables irá por el interior de un tubo de polietileno de doble capa, quedando todos los tubos embebidos en un prisma de hormigón que sirve de protección a los tubos y provoca que éstos estén rodeados de un medio de propiedades de disipación térmica definidas y estables en el tiempo.

El tubo de polietileno de doble capa (exterior corrugada e interior lisa) que se dispone para los cables de potencia tendrá un diámetro exterior de 160mm. También se instalará un tubo liso de polietileno de alta densidad de 63 mm de diámetro para la colocación de los cables de comunicaciones de fibra óptica.

Los tubos de polietileno de doble capa tendrán una resistencia a compresión tipo 450N y una resistencia al impacto Normal, según norma UNE-EN 50086-2-4.

La profundidad de la zanja a realizar para el soterramiento de la línea subterránea de alta tensión, salvo cruzamientos con otras canalizaciones que obliguen a variar la profundidad de la línea, será de 1.3 metros. Esta profundidad permite realizar la zanja sin necesidad de entibar en terrenos coherentes y sin sollicitación.

Los tubos irán colocados sobre una solera de hormigón HM-20 de 5 cm de espesor. Tras colocar los tubos se rellena de hormigón hasta 10 cm por encima de la superior de los mismos.

El relleno con tierras se realizará con un mínimo grado de compactación del 95% Proctor Modificado.

La cinta de señalización, según norma ETU 205A, que servirá para advertir de la presencia de cables de alta tensión, se colocará a unos 20 cm por encima del prisma de hormigón que protege los tubos.

2.7.2 Características de las arquetas de ayuda al tendido

Al tratarse de una instalación en la que los cables van entubados en todo su recorrido, en los cambios importantes de dirección se colocarán arquetas de ayuda para facilitar el tendido del cable. Las paredes de estas arquetas deberán entibarse de modo que no se produzcan desprendimientos que puedan perjudicar los trabajos de tendido del cable, y dispondrán de una solera de hormigón de 10 cm de espesor.

Una vez que se hayan tendido los cables se dará continuidad a las canalizaciones en las arquetas, y se recubrirán de una capa de hormigón de forma que quede al mismo nivel que el resto de la zanja.

2.7.3 Características de las arquetas de fibra óptica

Las arquetas serán prefabricadas de clase B conforme a la norma UNE 133100-2:2002. La tapa de la arqueta será conforme al apartado 7.6 de la norma UNE 133100-2:2002.

2.7.4 Empalmes y terminales

Los empalmes y terminales para el conductor subterráneo cumplirán con la norma UNE 21.021 "Piezas de conexión para líneas eléctricas hasta 72,5kV".

En los puntos de unión de los distintos tramos de tendido se utilizarán empalmes adecuados a las características de los conductores a unir. Estos empalmes podrán ser enfilables, retráctiles en frío o con relleno de resina. Los empalmes no deberán disminuir en ningún caso las características eléctricas y mecánicas del cable empalmado debiendo cumplir las siguientes condiciones:

- La conductividad de los cables empalmados no puede ser inferior a la de un solo conductor sin empalmes de la misma longitud.
- El aislamiento del empalme ha de ser tan efectivo como el aislamiento propio de los conductores.
- El empalme debe estar protegido para evitar el deterioro mecánico y la entrada de humedad.
- El empalme debe resistir los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito, así como el efecto térmico de la corriente, tanto en régimen normal como en caso de sobrecargas y cortocircuitos.

El empalme termorretractil cumplirá los ensayos de calidad según norma UNE-HD 629-1 'Requisitos de ensayo para accesorios de utilización en cables de energía de tensión asignada desde 3,6/6(7,2) kV hasta 20,8/36(42) kV. Parte 1: Cables con aislamiento extruido.'

2.7.5 Terminales GIS o de SF6

Este tipo de terminales son requeridos para la conexión en las cámaras GIS de SF6, y deben estar diseñados para que la interfase terminal-interruptor sea de acuerdo con la Norma IEC-60859.

Los terminales son encapsulados en resina, con cono deflector preformado. La conexión de la pantalla a la base metálica del aislador se hace normalmente por soldadura.

La conexión del conductor se hace por medio de un conector tipo bayoneta. La conexión está diseñada para resistir los esfuerzos térmicos y electromecánicos durante su funcionamiento normal y en cortocircuito. El cono deflector es una pieza prefabricada que se desliza hasta su posición final. El conector exterior está embebido en el aislador de resina.

Los sistemas de estanqueidad deben asegurar que no debe haber posibilidad de contaminación por penetración del gas SF6 en el interior del terminal.

Los terminales GIS serán de diseño "seco", no necesitando estar rellenos de aceite de silicona y no requiriendo la monitorización alguna de los niveles de aceite durante su servicio. El nivel de aislamiento exigido para los terminales será:

- Tensión nominal de la red: 30kV
- Tensión nominal del cable: 18/30kV
- Tensión más elevada del cable y accesorios: 36kV
- Tensión soportada a impulsos tipo rayo: 170kV cresta

2.7.6 Puesta a tierra

En las redes subterráneas de media tensión se conectarán a tierra los siguientes elementos:

- Bastidores de los elementos de maniobra y protección
- Apoyo
- Autoválvulas o pararrayos
- Envolturas o pantallas metálicas de los cables

Las pantallas de los cables se conectarán a tierra en los dos extremos de la línea. En caso de líneas de longitud superior a 10km entre dos puestas a tierra consecutivas, será necesario conectar a tierra las pantallas en un empalme intermedio.

Los elementos que constituyen el sistema de puesta a tierra son:

- Línea de tierra
- Electrodo de puesta a tierra

Línea de tierra

Está constituida por conductores de cobre o su sección equivalente en otro tipo de material. En función de la corriente de defecto y la duración del mismo, las secciones mínimas del conductor a emplear por la línea de tierra, a efectos de no alcanzar su temperatura máxima se deducirá según la expresión siguiente:

$$S \geq \frac{I_d}{\alpha} \sqrt{\frac{t}{\Delta\theta}}$$

Donde:

I_d : Corriente de defecto, en amperios

t : Tiempo de duración de la falta, en segundos

α : Para $t < 5s$ toma los siguientes valores: 13 para cobre, 4,5 para acero

$\Delta\theta$: 160° para conductor aislado, 180° para conductor desnudo

Una vez calculada la sección, en nuestro caso para una I_d más desfavorable de 6000A se elegirá de las normalizadas, el valor igual o inmediatamente superior al calculado que es de 34,38mm². En ningún caso, esta sección será inferior a 50mm² para el cobre y 100mm² para el acero.

Los conductores a utilizar cumplirán con las Normas UNE 21011-2 para el caso de cobre y la UNE-EN 50189 para uso de cable de acero.

Electrodos de puesta a tierra

Estarán constituidos por picas de acero-cobre según norma UE 21056

2.7.6.1. Conexión de pantallas

En el presente proyecto se utilizará la conexión de las pantallas a tierra del tipo conexión rígida a tierra (solidly bonded).

2.7.6.2. Conexión rígida a tierra

Para los tramos de la línea subterránea de pequeña longitud se realizará una conexión rígida a tierra de las pantallas.

En este tipo de conexión, las pantallas de los cables están conectadas a tierra en ambos extremos, formando un circuito cerrado y ligado electro-magnéticamente con el circuito formado por los conductores (ver Figura 1).

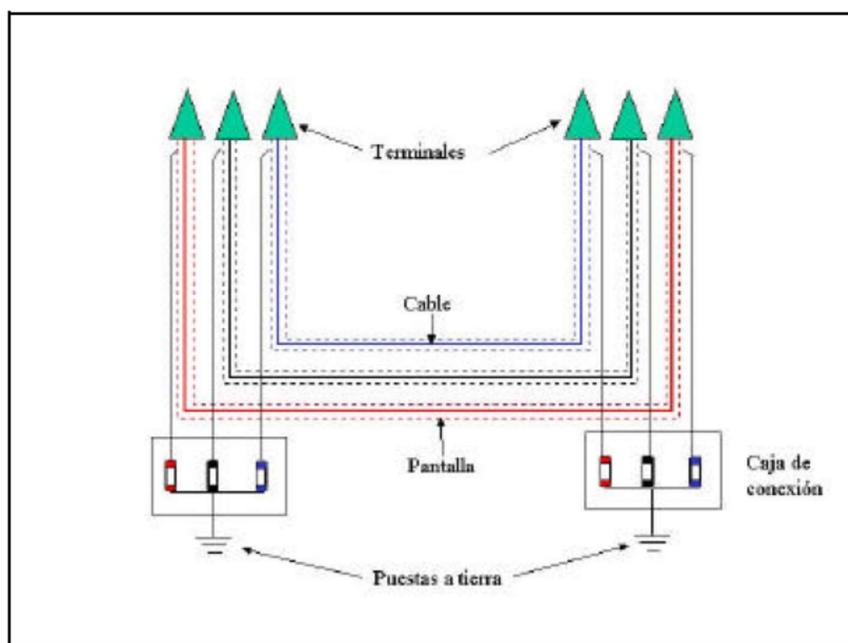


Figura 1. Pantallas conectadas rígidamente a tierra (solidly bonded)

2.7.6.3. Caja de conexión trifásica enterrada

Es una caja de conexión estanca con tapa atornillable de acero inoxidable para instalaciones enterradas bien sea directamente o en tubulares. Esta envolvente proporciona un grado de protección IP68 s/ EN 60529. Dispone en uno de sus laterales de cinco prensaestopas; tres para la entrada de los cables concéntricos conectados a las pantallas de los cables de alta en los empalmes o terminales, el cuarto para el cable conectado a la toma de tierra del sistema y el quinto para el cable de tierra del propio cuerpo de la caja.

Los terminales engastados en los conductores de los cables de pantalla están soportados sobre una placa aislante. Ello permite disponer de pantallas aisladas para la realización de ensayos o bien mediante

pletinas efectuar los puentes para conectar las pantallas ya sea directamente a tierra o a través de los correspondientes limitadores de tensión de pantalla (LTP) de óxido metálico conectados a tierra.

La tapa y el cuerpo de la caja se cierran mediante tornillería inoxidable y junta de estanqueidad de goma.

2.7.7 Cruzamientos, proximidades y paralelismos

2.7.7.1. Condiciones generales

Los cables subterráneos enterrados directamente en el terreno deberán cumplir los requisitos señalados en el presente apartado y las condiciones que pudieran imponer otros órganos competentes de la Administración, como consecuencia de disposiciones legales, cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de A.T.

Conforme a lo establecido en el artículo 162 del Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, para las líneas subterráneas se prohíbe la plantación de árboles y construcción de edificios e instalaciones industriales en la franja definida por la zanja donde van alojados los conductores, incrementada a cada lado en una distancia mínima de seguridad igual a la mitad de la anchura de la canalización. Estos requisitos no serán de aplicación a cables dispuestos en galerías. En dichos casos, la disposición de los cables se hará a criterio de la empresa que los explote; sin embargo, para establecer las intensidades admisibles en dichos cables, deberán aplicarse, cuando corresponda, los factores de corrección definidos en el capítulo 6 de la presente instrucción.

Para cruzar zonas en las que no sea posible o suponga graves inconvenientes y dificultades la apertura de zanjas (cruces de ferrocarriles, carreteras con gran densidad de circulación, etc.), pueden utilizarse máquinas perforadoras topo de tipo impacto, hincadora de tuberías o taladradora de barrena. En estos casos se prescindirá del diseño de zanja prescrito puesto que se utiliza el proceso de perforación que se considere más adecuado. La adopción de este sistema precisa, para la ubicación de la maquinaria, zonas amplias despejadas a ambos lados del obstáculo a atravesar.

3. Memoria de cálculo

3.1 Cálculos eléctricos de la línea aérea

3.1.1 Densidad máxima

La densidad máxima de corriente, en régimen permanente, para corriente alterna y frecuencia de 50 Hz, se deducen de la tabla 11 del apartado 4.2.1 de la ITC-LAT 07, que establece las densidades máximas en régimen permanente y cuyos valores no deben ser sobrepasados.

Para un conductor de Acero-Aluminio, LA-380 (337-AL1/44-ST1A), de 381,5 mm² de sección y configuración 54+7 la densidad de corriente máxima admisible es la siguiente:

$$\sigma = 1,8782 \frac{A}{mm^2}$$

3.1.2 Intensidad máxima

La intensidad máxima admisible en este conductor será de:

$$I_{max} = \sigma \cdot S \cdot n = 1.433,07 A$$

Siendo:

- I = Intensidad de corriente máxima en A
- S = Sección del conductor (mm²)
- σ = Densidad de corriente máxima soportada por el cable (A/mm²)
- n = Número de conductores por fase

3.1.3 Reactancia

La reactancia kilométrica se calcula según la expresión:

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

Siendo 'L' el coeficiente de autoinducción:

$$L = \left(\frac{\mu}{2 \cdot n} + 4,605 \cdot \log \frac{D}{r} \right) \cdot 10^{-4} \frac{H}{km}$$

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot \left(\frac{\mu}{2 \cdot n} + 4,605 \cdot \log \frac{D}{r} \right) \cdot 10^{-4} \quad \Omega/km$$

Donde:

- X: Reactancia, en ohmios por kilómetro
- f: Frecuencia de la red, en Hz
- μ : Permeabilidad magnética del conductor. Para cobre, acero-aluminio y aluminio toma el valor unidad
- n: Número de conductores por fase
- D: Separación geométrica entre conductores, en mm
- r: Radio del conductor, en mm

El valor de D se determinará a partir de las distancias entre conductores que proporciona el montaje de la cruceta elegida:

$$D = \sqrt[3]{D_1 \cdot D_2 \cdot D_3}$$

Por lo tanto, el valor de la reactancia tomará el valor medio de 0,2908 Ω/km para la configuración elegida.

3.1.4 Resistencia

La resistencia eléctrica del conductor LA-380 a 20°C es de 0,0857 Ω/km .

Para obtener el valor de la resistencia del conductor a diferentes temperaturas emplearemos la expresión siguiente:

$$R_{\theta} = R_{20} \cdot (1 + \alpha(\theta - 20))$$

Donde:

- R_{20} : Resistencia a 20°C
- R_{θ} : Resistencia a la temperatura especificada, en °C
- α : Coeficiente de temperatura, en °C⁻¹

3.1.5 Potencia máxima admisible

La máxima potencia que podrá transportar cada circuito de la línea limitada por la intensidad máxima será de:

$$P_{max} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{max} \cdot \cos\phi$$

Conductor	Tensión	I_{max}	$P_{max} (\cos\phi = 0,8)$	$P_{max} (\cos\phi = 0,9)$	$P_{max} (\cos\phi = 1)$
LA-380	30kV	1.433 A	59.571kW	67.017kW	74.464kW

Tabla 3. Potencia máxima admisible por calentamiento

3.1.6 Caída de tensión

Calcularemos la caída de tensión en % por resistencia y reactancia de la línea (despreciando la influencia de la capacitancia), comprobando que no supere el 5 % previsto como factor de diseño, en una distancia L (en Km), para la tensión de servicio, estimando un $\cos\phi = 0,8$ ($\text{sen}\phi = 0,6$) se calcula:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cdot \cos\phi + X \cdot \text{sen}\phi) \cdot L \cdot 10^{-3}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100$$

Donde:

- ΔU : Caída de tensión en la línea
- U: Tensión nominal de la línea, en kV
- $\cos\phi$: Factor de potencia
- I: Intensidad de la línea, en A
- L: Longitud de la línea, en km

Se comprueba que en este caso la caída de tensión es de 3,1108%, inferior al 5% recomendable.

3.1.7 Pérdida de potencia

Las pérdidas de potencia por efecto Joule en la línea vienen dadas por:

$$\Delta P = 3 \cdot R \cdot L \cdot I^2 \cdot 10^{-3}$$

Sustituyendo los valores particulares, tenemos una pérdida de potencia de 816,87kW, lo que supone un 1,37% de la potencia máxima transportada.

3.1.8 Rendimiento de la línea

El rendimiento de la línea, una vez calculadas las pérdidas de potencia, vendrá dado por:

$$\mu = \frac{(P_{max} - \Delta P)}{P_{max}} \cdot 100$$

Tomando el valor de 98,63% para un factor de potencia de 0,8.

3.1.9 Capacidad media de la línea

Viene dado por la expresión:

$$\beta = \frac{0,0242}{\log\left(\frac{D}{r}\right)}$$

Donde:

- r: Radio equivalente del conductor (mm)
- D: Separación media geométrica entre conductores (mm)

En la configuración de la línea toma el valor de 0,0124 $\mu F/km$.

3.1.10 Efecto corona

La tensión crítica disruptiva de la línea vendrá dada por la siguiente expresión:

$$U_c = 29,8 \cdot \sqrt{2} \cdot m_c \cdot m_t \cdot \frac{298}{273 + \theta} \cdot e^{-\frac{h}{8150} \cdot r \cdot n} \cdot \ln\left(\frac{D}{r_{eq}}\right)$$

Donde:

- U_c : Tensión crítica disruptiva
- m_c : Coeficiente de rugosidad del conductor (0,85 para cables)
- m_t : Coeficiente del estado del tiempo (0,8 para tiempo húmedo)
- θ : Temperatura ambiente (EDS)

- h : Cota máxima del terreno, en metros
- r : Radio del conductor (mm)
- r_{eq} : Radio equivalente del conductor (mm)
- D : Separación media geométrica entre conductores (mm)

En la configuración particular de la línea, toma el valor de 155kV.

3.1.11 Línea de fuga de los aisladores

La tensión soportada especificada U_{rw} se determinará a partir de la tensión soportada de coordinación, teniendo en cuenta un factor de corrección asociado con las condiciones atmosféricas de la instalación según se indica en la norma UNE-EN 50341-1.

Cuando el aislador está en un ambiente contaminado, la respuesta del aislamiento externo a tensiones a frecuencia industrial puede variar de forma importante. Los aisladores deberán resistir la tensión más elevada de la red con unas condiciones de polución permanentes con un riesgo aceptable de descargas. Por tanto, la selección del tipo de aislador y la longitud de la cadena de aisladores debe realizarse teniendo en cuenta el nivel de contaminación de la zona que atraviesa la línea.

El nivel de contaminación de la zona se elegirá de acuerdo con la tabla 4, donde se especifican cuatro niveles. Para cada nivel de contaminación se da una descripción aproximada de algunas zonas con sus medios ambientes típicos correspondientes y la línea de fuga mínima requerida.

Nivel de contaminación	Ejemplos de entornos típicos	Línea de fuga específica nominal mínima mm/kV ¹
I Ligero	- Zonas sin industrias y con baja densidad de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con baja densidad de industrias o viviendas, pero sometidas a viento o lluvias frecuentes. - Zonas agrícolas ² - Zonas montañosas - Todas estas zonas están situadas al menos de 10 km a 20 km del mar y no están expuestas a vientos directos desde el mar ³	16,0
II Medio	- Zona con industrias que no producen humo especialmente contaminante y/o con densidad media de viviendas equipadas con calefacción. - Zonas con elevada densidad de viviendas y/o industrias pero sujetas a vientos frecuentes y/o lluvia. - Zonas expuestas a vientos desde el mar, pero no muy próximas a la costa (al menos distantes bastantes kilómetros) ³ .	20,0
III Fuerte	- Zonas con elevada densidad de industrias y suburbios de grandes ciudades con elevada densidad de calefacción generando contaminación. - Zonas cercanas al mar o en cualquier caso, expuestas a vientos relativamente fuertes provenientes del mar ³ .	25,0
IV Muy fuerte	- Zonas, generalmente de extensión moderada, sometidas a polvos conductores y a humo industrial que produce depósitos conductores particularmente espesos. - Zonas, generalmente de extensión moderada, muy próximas a la costa y expuestas a pulverización salina o a vientos muy fuertes y contaminados desde el mar. - Zonas desérticas, caracterizadas por no tener lluvia durante largos periodos, expuestas a fuertes vientos que transportan arena y sal, y sometidas a condensación regular.	31,0

¹ Línea de fuga mínima de aisladores entre fase y tierra relativas a la tensión más elevada de la red (fase-fase)
² Empleo de fertilizantes por aspiración o quemado de residuos, puede dar lugar a un mayor nivel de contaminación por dispersión en el viento.
³ Las distancias desde la costa marina dependen de la topografía costera y de las extremas condiciones del viento.

Tabla 4. Líneas de fuga recomendadas

La línea discurre por una zona con contaminación ambiental media en el tramo afectado, luego la línea de fuga será de 20 mm/KV.

Teniendo en cuenta que se van a utilizar aisladores del tipo U120 BS, con una línea de fuga de 315 mm cada elemento, al tener 4 cada cadena tenemos:

- $U_m = 36\text{kV}$ (para líneas de 30kV)
- $B = 20$ (zona de contaminación media)
- Longitud mínima = $U \cdot B = 36 \cdot 20 = 720\text{mm}$
- Longitud de fuga del aislador = 315mm
- $N.^{\circ}$ aisladores = 4
- Longitud de fuga existente = $315 \cdot 4 = 1.260\text{mm}$
- $1.260\text{mm} > 720\text{mm}$ Cumple

Se puede comprobar que la longitud de cadena asegura una separación superior a la marcada por el artículo 5.4.2. de la ITC-LAT-07 para D_{el} , separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos.

En este caso particular, para la tensión de 30kV el valor D_{el} toma 0,35m.

3.2 Aislamiento y herrajes

3.2.1 Aisladores

Según establece la ITC-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.

$$C.S. = \frac{\text{Carga de rotura del aislador}}{T_{max}} \geq 3$$

Para este caso particular se dispondrá de una cadena de aisladores con el siguiente coeficiente de seguridad:

$$UB120S \quad C.S. = \frac{12000}{2700} = 4,44$$

3.2.2 Herrajes

Según establece el apartado 3.3 del de la ITC07 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.

Para este caso particular, los herrajes en su punto más débil tendrán un coeficiente de seguridad:

$$C.S. = \frac{8000}{2700} = 2,96$$

3.3 Cálculos eléctricos de línea subterránea 30kV

La tensión más elevada, para la que ha sido diseñado este cable y sus accesorios, es de 36kV eficaces, que supera a la más elevada de la red trifásica en la que va a ser utilizado.

La tensión soportada a los impulsos tipo rayo es de 170kV cresta.

La tensión soportada a frecuencia industrial es de 70kV eficaces.

3.3.1 Intensidad máxima admisible

La intensidad admisible, según los datos del fabricante para un conductor unipolar de aluminio con aislamiento RHZ1 con sección nominal de 630mm² es de 575 amperios. Al disponer de dos conductores por fase, la intensidad máxima admisible será de 1.150 amperios.

3.3.2 Potencia máxima admisible

La máxima potencia que podrá transportar cada circuito de la línea limitada por la intensidad máxima será de:

$$P_{max} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{max} \cdot \cos\phi$$

Conductor	Tensión	I _{max}	P _{max} (cosϕ = 0,8)	P _{max} (cosϕ = 0,9)	P _{max} (cosϕ = 1)
RHZ1	30kV	1.150 A	47.805kW	53.780kW	59.756kW

Tabla 5. Potencia máxima admisible en el conductor subterráneo

3.3.3 Cálculos de cortocircuito

Teniendo en cuenta los datos del suministro, determinaremos la intensidad de cortocircuito que deberá soportar el conductor y la pantalla.

3.3.3.1. Intensidad de cortocircuito en el conductor

La intensidad asignada de corta duración que circulará por el conductor, al producirse un cortocircuito, será de 16kA para la red de media tensión cuando se encuentra cerca de la subestación.

Según se indica en el apartado 6.2 de la ITC-LAT 06, las intensidades máximas de cortocircuito admisibles en los conductores se calcularán de acuerdo a la Norma UNE 21192.

La intensidad de cortocircuito admisible para un tiempo de duración del cortocircuito fase-fase de 1 segundo, a una temperatura de 250°C alcanzada por el conductor, supuesto que todo el calor desprendido durante el proceso de cortocircuito es absorbido por el propio conductor, para un conductor de aluminio de 630mm², viene dada por la expresión:

$$I_{AD}^2 \cdot t = K^2 \cdot S^2 \cdot \ln\left(\frac{\theta_f + \beta}{\theta_i + \beta}\right)$$

Donde:

- I_{AD} : Intensidad de cortocircuito, calculada en una hipótesis adiabática
- t : Duración del cortocircuito, en segundos
- K : Constante que depende del material. Para aluminio $K = 148 \text{ A}\cdot\text{s}^{1/2}/\text{mm}^2$
- S : Sección del conductor. Se tomará la sección nominal
- θ_f : Temperatura final, 250°C
- θ_i : Temperatura inicial, 90°C
- β : Inversa del coeficiente de variación de resistencia con la temperatura. En aluminio $\beta=228^\circ\text{C}$

$$I_{AD} = 59,52 \text{ kA}$$

Este mismo resultado se obtendría aplicando el valor de densidad máxima admisible de corriente de cortocircuito indicada en la tabla 26 de la ITC-LAT 06, para un incremento de temperatura en el conductor con aislamiento XLPE de 250°C - 90°C =160°C, y una duración del cortocircuito de 1 segundo.

$$I_{CC} = 630 \cdot 94 = 59,22 \text{ kA}$$

3.3.3.2. Intensidad de cortocircuito en la pantalla

Según se indica en el apartado 6.3 de la ITC-LAT 06, el dimensionamiento mínimo de la pantalla será tal que permita el paso de una intensidad mínima de 1000 A durante un segundo.

El cálculo de la intensidad de cortocircuito máxima admisible en la pantalla se realizará aplicando el método indicado en la Norma UNE 21192.

3.4 Cálculos mecánicos de la línea aérea 30kV

3.4.1 Datos preliminares

Del perfil de la línea trazada se obtienen los siguientes datos:

Parámetros geométricos								
Apoyo		Long. Vano		Cota terreno	Ángulo interior (Cent.)	Altura útil cruceta inferior	Zona	Seguridad reforzada
N.º	Función	Anterior	Posterior					
1	FL	-	226	744,75m	-	15m	B	No
2	AN-AM	226	373	729,08m	157,78	20,5m	B	No
3	AN-AM	373	290	719,69m	172,22	20,5m	B	No
4	AL-SU	290	318	710,92m	-	16,8m	B	No
5	AN-AM	318	340	714,24m	195,56	21,72m	B	No
6	ENTRONQUE-FL	340	223	707,27m	-	20m	B	No

Tabla 6. Parámetros geométricos de la línea aérea

3.4.2 Tensión máxima del tendido (T_0)

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

- 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-LAT 07.
- Que la tensión de trabajo de los conductores a una temperatura media según la zona (15°C para Zona B) 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).

3.4.3 Vano de regulación

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

$$a_r = \frac{\sum \left(\frac{b_i^3}{a_i^2} \right)}{\sum \left(\frac{b_i^2}{a_i} \right)} \sqrt{\frac{\sum a_i^3}{\sum \left(\frac{b_i^2}{a_i} \right)}}$$

Donde:

- a_r : Longitud proyectada del vano de regulación (m)
- b_i : Distancia en línea recta entre los dos puntos de fijación del conductor en el vano 'i' (m)
- a_i : Proyección horizontal de b_i (m)

3.4.4 Ecuación de cambio de condiciones

La "ecuación de cambio de condiciones" nos 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:

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

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

$$B = \frac{a_r^2 \cdot P^2}{24} \cdot S \cdot E$$

Donde:

- 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).

La sobrecarga en condiciones finales será:

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

3.4.5 Flecha máxima

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

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

Donde:

- a: Longitud proyectada del vano (m).
- h: Desnivel (m).
- b: Longitud real del vano (m); $b = \sqrt{a^2 + h^2}$
- 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 8 metros.

3.4.6 Tablas de tendido

Las tablas de tendido del conductor y cable de tierra se adjuntan como anexo a la memoria.

3.4.7 Distancias de seguridad

Tal y como se indica en el Apartado 5.2 de la ITC-LAT-07, se consideran tres tipos de distancias eléctricas:

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

- a_{som} : Valor mínimo de la distancia de descarga de la cadena de aisladores, definida como la distancia más corta en línea recta entre las partes en tensión y las partes puestas a tierra.

Se aplicarán las siguientes consideraciones para determinar las distancias internas y externas:

- La distancia eléctrica D_{el} , previene descargas eléctricas entre las partes en tensión y objetos a potencial de tierra, en condiciones de explotación normal de la red. Las condiciones normales incluyen operaciones de enganche, aparición de rayos y sobretensiones resultantes de faltas en la red.
- La distancia eléctrica, D_{pp} , previene las descargas eléctricas entre fases durante maniobras y sobretensiones de rayos.
- Es necesario añadir a la distancia externa, D_{el} , una distancia de aislamiento adicional, D_{add} , para que, en las distancias mínimas de seguridad al suelo, a líneas eléctricas, a zonas de arbolado, etc. se asegure que las personas u objetos no se acerquen a una distancia menor que D_{el} de la línea eléctrica.
- La probabilidad de descarga a través de la mínima distancia interna, a_{som} , debe ser siempre mayor que la descarga a través de algún objeto externo o persona. Así, para cadenas de aisladores muy largas, el riesgo de descarga debe ser mayor sobre la distancia interna a_{som} que a objetos externos o personas. Por este motivo, las distancias externas mínimas de seguridad ($D_{add} + D_{el}$) deben ser siempre superiores a 1,1 veces a_{som} .

Los valores de D_{el} y D_{pp} , en función de la tensión más elevada de la línea U_s , serán los indicados en la tabla 15 de la ITC-LAT 07.

3.4.7.1. Distancia de los conductores al terreno

De acuerdo con el apartado 5.5 de la ITC-LAT 07, en todo momento la distancia de los conductores al terreno deberá ser superior a:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \quad (\text{con un mínimo de } 6m)$$

Por tanto, obtenemos una distancia mínima de 5,65m por lo que habría que adoptar el criterio de un mínimo de 6 metros.

Este proyecto se realizará manteniendo una altura superior a los 8 metros.

3.4.7.2. Distancia entre conductores

La distancia mínima de los conductores entre sí viene marcada por el artículo 5.4.1 de la ITC-LAT 07, es:

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

- D: Separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.
- K: Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se tomará de la tabla 16 del apartado 5.4.1 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T. Para la configuración del presente proyecto K= 0.65.
- F: Flecha máxima en metros, para las hipótesis según el apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T. (m).
- 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'= Coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea = 0,75
- D_{pp}: Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de D_{pp} se indican en el apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 del R.L.A.T., en función de la tensión más elevada de la línea. En el caso de 36kV D_{pp} es 0,40.

Aplicando la fórmula para el vano de la línea, obtenemos la distancia mínima D para cada cruceta, que tendrá que ser menor o igual que la distancia d adoptada.

En los resultados de cálculo adjuntos en los anejos se comprueba que las distancias son superiores a las mínimas reglamentarias.

3.4.7.3. Distancia a masa

La separación mínima entre los conductores y sus accesorios en tensión y los apoyos no será inferior D_{el}, con un mínimo de 0,2m. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 5.2 de la ITC-LAT 07, en función de la tensión más elevada de la línea.

En el caso de 36kV, D_{el} = 0,35m

Los resultados de cálculos de las distancias de los conductores al apoyo (D1 y D2) se representan en los anejos de resultados.

Se comprueba que las distancias de los conductores al apoyo nuevo instalado son superiores a las mínimas reglamentarias.

3.4.7.4. 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, según la ecuación:

$$tg\gamma = \frac{K_v \cdot d \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{E_c}{2}}{P \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} + T_{-t+\frac{v}{2}} \cdot \left(\frac{h_1}{a_1} + \frac{h_2}{a_2}\right) + \frac{P_c}{2}}$$

Donde:

- γ : Ángulo de desviación.
- E_c : Esfuerzo del viento sobre la cadena de aisladores (kg).
- P_c : Peso de cada cadena (kg).
- a_1 y a_2 : Longitud proyectada del vano anterior y posterior (m).
- h_1 y h_2 : Desnivel de vano anterior y posterior (m).
- $T_{-t+v/2}$: Componente horizontal de la tensión según Zona con sobrecarga 1/2 de viento a 120 km/h.
- d : Diámetro del conductor (m).
- P : Peso unitario del conductor (kg/m).
- K_v : Presión mitad del viento (kg/m²).

Los resultados del cálculo se adjuntan como anejo a la memoria.

3.4.7.5. 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 35°.

Así, la altura mínima de la cúpula vendrá determinada por:

$$h_{min} = \frac{d}{tg 35^\circ}$$

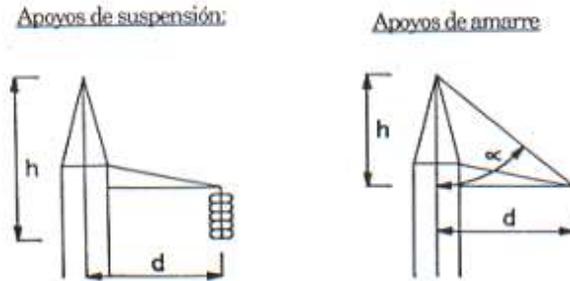


Figura 2. Distancias para el cálculo de la altura mínima de la cúpula.

3.4.8 Cálculo de los apoyos

3.4.8.1. Criterios de cálculo

Se calcularán los apoyos estudiando las cargas a las que están sometidos bajo las siguientes hipótesis: hipótesis de viento, hipótesis de hielo, 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 B).

3.4.8.2. Acciones consideradas

Cargas verticales

Carga vertical permanente (P_{vp}):

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

Donde:

- 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):

$$S_h = P_h \cdot \frac{a_1 + a_2}{2} \cdot n$$

Donde:

- P_h : Sobrecarga de hielo:
 - Zona A: $P_h = 0$
 - Zona B: $P_h = 0,18 \cdot \sqrt{d}$, siendo 'd' el diámetro del conductor.
 - Zona C: $P_h = 0,36 \cdot \sqrt{d}$

Cargas horizontales

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

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

Donde:

- q: Presión del viento sobre el conductor, en kg/m^2
 - $q = 60 \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2$ cuando $d \leq 16mm$
 - $q = 50 \cdot \left(\frac{v_v}{120}\right)^2$ cuando $d > 16mm$

Resultante de ángulo (R_a):

$$R_a = T \cdot 2 \cdot n \cdot \cos \frac{\alpha}{2} \quad (mg)$$

Donde:

- α : 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.

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

- Para una tensión inferior a 66kV:
 - 8% para apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión
 - Distribuido en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.
 - 15% para apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de amarre
 - Distribuido en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.
 - 50% para apoyos de anclaje
 - Distribuido en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.
 - 100% en apoyos de fin de línea
 - Distribuido en el eje a la altura de los puntos de fijación de los conductores y cables de tierra.
 - 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.
 - Desequilibrios en apoyos especiales
 - Se comprobará el 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 porcentaje de la tensión máxima del conductor roto.

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

- Apoyos de alineación y de ángulo con cadenas de suspensión
 - Rotura de un solo conductor o cable de tierra.
 - Esfuerzo de rotura aplicable (% de la tensión del cable roto):
 - 50% en líneas de 1 o 2 conductores por fase.

- 75% en líneas de 3 conductores por fase.
- 100% en líneas con más de 3 conductores por fase
- 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.
- Apoyos de anclaje
 - Esfuerzo de rotura aplicable (% de tensión total del haz de fase):
 - 100% para líneas con un conductor por fase.
 - 50% para líneas con más de un conductor por fase.
- Apoyo fin de línea
 - Mismas condiciones que para los apoyos de anclaje.
 - En caso de más de un conductor por fase, se considerará la tensión que les corresponda según la hipótesis de carga.
- Apoyos especiales
 - Se considerará el esfuerzo que produzca la sollicitación más desfavorable para cualquier elemento del apoyo.

3.4.8.3. Resumen de hipótesis

En la siguiente tabla resumen se recogen todas las hipótesis de cálculo que se consideran al encontrarse el proyecto ubicado en su totalidad en la zona B.

ABENGOA Transmisión e Infraestructuras	Nombre del Proyecto: LAMT CS Gabias – CS Crisadar	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-451.00.01	Revisión: 00
	Página 54 de 68	

Tipo De Apoyo	Tipo De Esfuerzo	**1ª Hipótesis (Viento)	2ª Hipótesis		3ª Hipótesis (Desequilibrio De Tracciones)	4ª Hipótesis (Rotura De Conductores)
			(Hielo)	(Hielo + Viento)		
Suspensión De Alineación O Suspensión De Ángulo	V	Cargas Permanentes (Somet Viento)	Cargas Permanentes (Hielo Mínima)	Cargas Permanentes (Hielo Mínima Y Viento A 60 Km/H)	Cargas Permanentes (Hielo Mínima) Cargas Permanentes (Hielo Mínima Y Viento A 60 Km/H) – Categoría Especial	
	T	Viento Sólo Ángulo: Resultante De Ángulo	Alineación: No Se Aplica. Ángulo: Resultante De Ángulo	Viento A 60 Km/H Y Hielo Sólo Ángulo: Resultante De Ángulo	Alineación: No Se Aplica. *Ángulo: Resultante De Ángulo	
	L	No Aplica.			Desequilibrio De Tracciones	Rotura De Conductores
Amarre De Alineación O Amarre De Ángulo	V	Cargas Permanentes (Somet Viento)	Cargas Permanentes (Hielo Mínima)	Cargas Permanentes (Hielo Mínima Y Viento A 60 Km/H)	Cargas Permanentes (Hielo Mínima) Cargas Permanentes (Hielo Mínima Y Viento A 60 Km/H) – Categoría Especial	
	T	Viento Sólo Ángulo: Resultante De Ángulo	Alineación: No Se Aplica. Ángulo: Resultante De Ángulo	Viento A 60 Km/H Y Hielo Sólo Ángulo: Resultante De Ángulo	Alineación: No Se Aplica. *Ángulo: Resultante De Ángulo	
	L	No Aplica.			Desequilibrio De Tracciones	Rotura De Conductores
	V	Cargas Permanentes (Somet Viento)	Cargas Permanentes (Hielo Mínima)	Cargas Permanentes (Hielo Mínima Y Viento A 60 Km/H)	Cargas Permanentes (Hielo Mínima) Cargas Permanentes (Hielo Mínima Y Viento A 60 Km/H) – Categoría Especial	

ABENGOA Transmisión e Infraestructuras	Nombre del Proyecto: LAMT CS Gabias – CS Crisadar	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-451.00.01	Revisión: 00
	Página 55 de 68	

Anclaje De Alineación O Anclaje De Ángulo	T	Viento Sólo Ángulo: Resultante De Ángulo	Alineación: No Se Aplica. Ángulo: Resultante De Ángulo	Viento A 60 Km/H Y Hielo Sólo Ángulo: Resultante De Ángulo	Alineación: No Se Aplica. *Ángulo: Resultante De Ángulo	
	L	No Aplica.			Desequilibrio De Tracciones	Rotura De Conductores
Fin De Línea	V	Cargas Permanentes	Cargas Permanentes (Hielo Mínima)	Cargas Permanentes (Hielo Mínima Y Viento A 60 Km/H)	No Aplica.	Cargas Permanentes (Hielo Mínima) Cargas Permanentes (Hielo Mínima Y Viento A 60 Km/H) – Categoría Especial
	T	Viento	No Aplica.	Viento A 60 Km/H Y Hielo		No Aplica.
	L	Desequilibrio De Tracciones	Desequilibrio De Tracciones			Rotura De Conductores
V = Esfuerzo Vertical		L = Esfuerzo Longitudinal			T = Esfuerzo Transversal	

Tabla 7. Resumen de hipótesis de cálculo. Zona B

	Nombre del Proyecto: LAMT CS Gabias – CS Crisadar	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-451.00.01	Revisión: 00
	Página 56 de 68	

3.4.8.4. Resultado de los esfuerzos sobre los apoyos

El resultado del esfuerzo sobre los apoyos se refleja en el anexo a la memoria adjunto.

3.5 Cálculos de puesta a tierra de los apoyos

Deberán conectarse a tierra mediante una conexión específica todos los apoyos metálicos según lo indicado en el punto 7.2.4 de ITC-LAT 07 del R.L.A.T.

Como conductores de tierra entre herrajes y crucetas y la propia toma de tierra, puede emplearse la estructura de los apoyos metálicos.

En todos los apoyos la unión a tierra se hará de forma específica de manera que pueda garantizarse una resistencia de difusión mínima y de larga permanencia.

Se cuidará la protección de los conductores de conexión a tierra, en las zonas inmediatamente inferior y superior al terreno, de manera que queden protegidos contra golpes, para lo cual el paso del cable de tierra a través del macizo de cimentación se efectuará por medio de un tubo introducido en el momento del hormigonado. El extremo superior del tubo quedará sellado con poliuretano expandido o similar, para impedir la entrada de agua, evitando así tener agua estancada que favorezca la corrosión del cable de tierra.

El diseño del sistema de puesta a tierra deberá cumplir:

- Que resista los esfuerzos mecánicos y la corrosión.
- Que resista, desde el punto de vista térmico, la corriente de falta más elevada determinada en el cálculo.
- Que garantice la seguridad de las personas respecto a las tensiones que aparezcan durante la falta a tierra.
- Que proteja las propiedades y equipos y garantice la fiabilidad de la línea.

Se clasificarán los apoyos como frecuentados o no frecuentados y se diseñará la red de puesta a tierra siguiendo el esquema de la figura X.

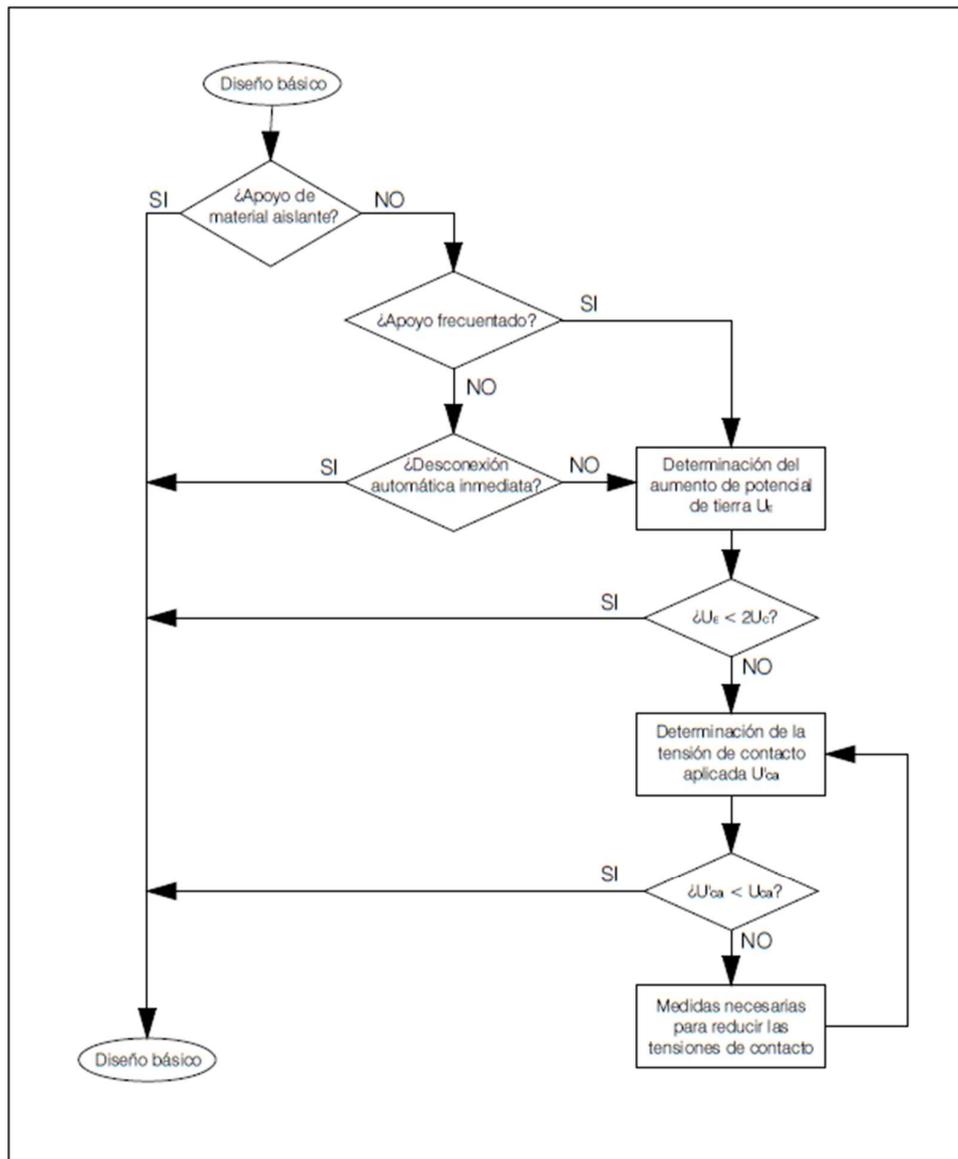


Figura 3. Esquema de diseño de la puesta a tierra.

3.5.1 Clasificación de los apoyos

La totalidad de los apoyos incluidos en este proyecto tendrán la consideración de apoyos no frecuentados, al tratarse de una instalación en un entorno principalmente agrícola.

3.5.2 Diseño del sistema de puesta a tierra

Se diseñará el sistema de puesta a tierra mediante el empleo de un procedimiento de cálculo sancionado por la práctica, en concreto por el método de cálculo de tierras de UNESA.

3.5.2.1. Apoyos no frecuentados

Para los apoyos no frecuentados no es necesario garantizar valores de tensión de contacto inferiores a los admisibles, ya que la línea está provista de desconexión automática y según normas de la compañía suministradora la duración de la corriente de falta es inferior a 1 segundo.

No obstante, los apoyos se pondrán a tierra mediante conductor desnudo de cobre de 50mm² y pica de acero cobreado de diámetro 14mm y 2m de longitud, para garantizar la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra.

3.6 Cimentaciones

3.6.1 Apoyos seleccionados

En la siguiente tabla se indican los apoyos seleccionados:

N.º	Función	Montaje	Altura útil (m)	Tipo	Peso (kg)
1	FL	S/C	15	IC-55000-15	12.888
2	AN-AM	S/C	20,5	AGR-14000-20	3.921
3	AN-AM	S/C	20,5	AGR-12000-20	3.516
4	AL-SU	S/C	16,8	HA3000-19	1.778
5	AN-AM	S/C	21,72	HAR-9000-24	3.744
6	ENTRONQUE - FL	S/C	20	IC-55000-20	17.342

Tabla 8. Apoyos seleccionados

3.6.2 Cimentaciones

3.6.2.1. Cimentaciones monobloque

Las cimentaciones de las torres constituidas por monobloques de hormigón se calculan al vuelco según el método suizo de Sulzberger.

El momento de vuelco será:

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

Donde:

- F = Esfuerzo nominal del apoyo en kg.
- h = Altura de aplicación del esfuerzo nominal en m.
- t = Profundidad de la cimentación en m.
- F_v = Esfuerzo del viento sobre la estructura en kg.
- h_t = Altura total del apoyo en m.

Por otra parte, el momento resistente al vuelco será:

$$M_r = M_1 + M_2$$

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

Donde:

- M_1 : Momento debido al empotramiento lateral del terreno
- M_2 : Momento debido a las cargas verticales
- K: Coeficiente de compresibilidad del terreno a 2 m de profundidad, Kg/cm² x cm.
- p: Peso de la torre y herrajes, en kg.
- a: Anchura de la cimentación, en m.

Los valores de "K" se toman del cuadro que figura en el R.A.T., Art. 31, Apdo. 3.

El coeficiente de seguridad, resultante entre el momento estabilizador y el momento de fallo al vuelco, no será inferior a 1,5.

Este tipo de cimentaciones deben su estabilidad fundamentalmente a las reacciones horizontales del terreno, por lo que teniendo en cuenta el apartado 3.6.1. de la ITC-07 del R.L.A.T., debe cumplirse que:

$$M_1 + M_2 \geq M_v$$

3.6.2.2. Cimentaciones a cuatro patas

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.

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:

$$\frac{P_c + P_h}{F_t} \geq 1,5$$

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:

$$\frac{F_c + P_h}{A} \leq \sigma$$

Las dimensiones de las cimentaciones a realizar en cada uno de los apoyos, incluidos los volúmenes de excavación y hormigonado, se especifican en la tabla de resultados presentada como anejo y se recogen en la siguiente tabla resumen.

N.º	Tipo	Fundaciones						
		Tipo cimentación	a	h	H	c	Exc. (m3)	Hor. (m3)
1	IC-55000-15	Tetrabloque	2,55	-	3,85	5,30	100,14	105,77
2	AGR-14000-20	Tetrabloque	1,45	-	3,10	4,11	26,07	27,89
3	AGR-12000-20	Tetrabloque	1,35	-	3,00	4,11	21,87	23,45
4	HA-3000-19	Monobloque	1,82	2,15	-	-	7,12	7,78
5	HAR-9000-24	Monobloque	2,45	2,75	-	-	16,51	17,71
6	IC-55000-20	Tetrabloque	2,60	-	3,95	6,14	106,81	112,66
Volumen total							278,52	295,26

Tabla 9. Cimentaciones de los apoyos

4. Cruzamientos y paralelismos

Los valores de D_{el} y D_{pp} , en función de la tensión más elevada de la línea U_s , serán los indicados en la tabla 15.

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

Tabla 10. Distancias para evitar descargas

4.1 Distancia al terreno, camino, sendas y cursos de agua no navegables

De acuerdo con el apartado 5.5 de la ITC-LAT 07, en todo momento la distancia de los conductores al terreno deberá ser superior a:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + D_{el} \text{ (con un mínimo de 6 m.)}$$

Por tanto, obtenemos una distancia mínima para la tensión nominal de 30kV de:

$$D_{add} + D_{el} = 5,3 + 0,35 = 5,65 \text{ m} \rightarrow 6 \text{ m}$$

Siendo ' $D_{add} + D_{el}$ ' la distancia del conductor inferior al terreno, en metros.

Cuando las líneas atraviesen explotaciones ganaderas cercadas o explotaciones agrícolas la altura mínima será de 7 metros, con objeto de evitar accidentes por proyección de agua o por circulación de maquinaria agrícola, camiones y otros vehículos.

En el presente proyecto, esta distancia se ha una distancia mínima de 8 metros.

4.2 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, para una velocidad de viento de 120km/h a la temperatura de 15°C.

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

4.2.1 Bosques, árboles y masas de arbolado

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:

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

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.

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.
- 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. 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.

Los pliegos de condiciones para nuevas contrataciones de mantenimiento de líneas incorporarán cláusulas relativas a las especies vegetales adecuadas, tratamiento de calles, limpieza y desherbado de los márgenes de las líneas como medida de prevención de incendios.

En la línea aérea proyectada se producen distintos cruzamientos con masas de arbolado. En los que se mantiene una distancia superior a:

$$D_{add} + D_{el} = 1,5 + 0,35 = 1,85 \text{ m}$$

4.2.2 Edificios, construcciones y zonas urbanas

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

$$D_{add} + D_{el} = 3,3 + D_{el}$$

con un mínimo de 5 metros. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 5.2 en función de la tensión más elevada de la línea.

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

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

- Sobre puntos accesibles a las personas: 5,5 + Del metros, con un mínimo de 6 metros.
- Sobre puntos no accesibles a las personas: 3,3 + Del metros, con un mínimo de 4 metros.

Distancia con seguidores solares

En el vano entre apoyos 5 y 6, la línea aérea proyectada en su máximo desvío por viento se encontrará a 2,43 metros de unas estructuras de seguidores fotovoltaicos, aún sin construir, inferior a los 5 metros reglamentarios.

No obstante, al existir mutuo acuerdo entre las partes puede reducirse dicha distancia a 4 metros en medida geométrica, al no ser este punto accesible a las personas.

La distancia mínima del conductor al suelo en ese vano es de 8,65 metros, y la altura máxima que alcanza un seguidor fotovoltaico en configuración 1V es inferior a 3 metros en todo caso, independientemente de la orografía, panel fotovoltaico y del ángulo máximo de giro de la estructura, por lo que podemos asegurar que en todo momento la distancia será superior a 5,65 metros, ya que esta sería la distancia en caso de sobrevuelo directo.

4.3 Cruzamientos y paralelismos con vías pecuarias

Organismo afectado: Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible. Vías pecuarias.

4.3.1 Prescripciones generales

Según el RLAT en su ITC-LAT-07, no distingue distancias adicionales en el cruce con caminos, sendas y cursos de agua no navegables, siendo la distancia mínima exigida la misma que para cualquier otro punto del terreno.

	Nombre del Proyecto: LAMT CS Gabias – CS Crisadar	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-451.00.01	Revisión: 00
	Página 65 de 68	

4.3.2 Cruce con Colada del Llano Llevas

El cruce se producirá entre los apoyos 1-2., concretamente en las coordenadas UTM:

30S 436.318mE 4.110.080mN

La anchura legal de esta vía pecuaria es de quince metros (15m). Dado que se encuentra deslindada en el tramo donde se produce el cruzamiento, se usa como base de cálculo la parcela catastral de la colada (18083A900096010000UO).

La longitud de sobrevuelo a esta vía será de 23,33 metros, siendo el área afectada de aproximadamente 203,82 metros cuadrados, comprendida entre las proyecciones de máximo desvío del conductor.

La altura mínima del conductor al suelo en su paso por la vía pecuaria será de 14,98 metros, siendo esta superior a la exigida por el reglamento.

4.3.3 Paralelismo con Colada del Llano Llevas

Prácticamente la totalidad de la línea proyectada, salvo el vano 1-2, se dispondrá de forma paralela a la vía pecuaria, situada en la parte norte de la misma.

Las coordenadas UTM de inicio y final del paralelismo serán:

Inicio: 30S 436.331mE 4.110.109mN

Final: 30S 437.626mE 4.110.198mN

La línea discurrirá de forma paralela a la vía pecuaria, con una distancia mínima a la misma tal que evite que los conductores en su posición de máximo desvío sobrevuelen el ancho legal de la vía.

En el plano de planta adjunto se puede verificar que a lo largo del trazado se cumple lo arriba descrito.

5. Relación de organismos afectados

El conjunto de organismos afectados por la construcción de esta línea aérea es el siguiente:

- EXCMO. AYUNTAMIENTO DE LAS GABIAS.
- CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. VÍAS PECUARIAS

6. Plazo de puesta en marcha

El plazo de las obras definidas en el presente proyecto para la construcción de la línea será aproximadamente de 5 semanas. Está prevista la entrada en funcionamiento de la línea en el segundo semestre de 2021.

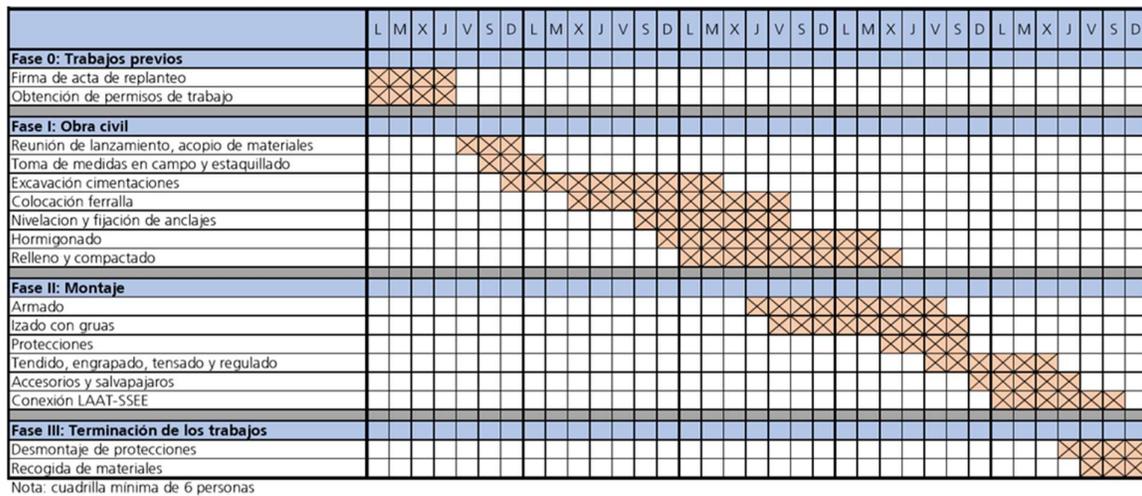


Figura 4. Cronograma de ejecución de las obras.

ABENGOA Transmisión e Infraestructuras	Nombre del Proyecto: LAMT CS Gabias – CS Crisadar	
	Doc. Ref. No: INA-01-013279-MER-451.00.01	Revisión: 00
	Página 68 de 68	

7. Conclusión

La presente memoria y documentos que se acompañan, creemos, serán elementos suficientes para poder formar juicio exacto de la instalación proyectada, y pueda servir de base para la tramitación del expediente de autorización que se desea obtener.

El Ingeniero Técnico Industrial,
Juan Carlos Cortés Rengel,
Colegiado COPITIMA 3832
Málaga, noviembre de 2020