



Executing your renewable vision

LÍNEA DE EVACUACIÓN 13,2 KV “PARQUE FOTOVOLTAICO PRÍMULA”

SP.IN008.2.M.GN.401-0A

MEMORIA DESCRIPTIVA

GARROVILLAS DE ALCONÉTAR,
CÁCERES, ESPAÑA



Tabla 1.- Control de versiones del documento

Versión	Fecha	Motivo de la actualización	Elaborado	Verificado	Aprobado
00	17/11/2022	Emisión Inicial	JLS	JMJ	JBM

Sevilla, noviembre de 2022

El Graduado en Ingeniería Eléctrica: Juan Luis Barandiarán Muriel
Cód. Reg. 931-COGITI Cáceres

BARANDIARAN MURIEL
JUAN LUIS - 76026631Q
c=ES,
serialNumber=IDCES-7602
6631Q, givenName=JUAN
LUIS, sn=BARANDIARAN
MURIEL,
cn=BARANDIARAN MURIEL
JUAN LUIS - 76026631Q

el Graduado en Ingeniería Eléctrica (Rama Industrial)

Juan Luis Barandiarán Muriel

Nº de colegiado 931 -COGITI Cáceres



Contenido

1	OBJETO	5
2	PROMOTOR E INGENIERÍA	5
3	EMPLAZAMIENTO	6
4	TRAZADO DE LA LÍNEA	7
4.1	Parcelas afectadas por la línea	8
4.2	Accesos	8
5	CRUZAMIENTOS	9
5.1	Relación de cruzamientos con carreteras	9
5.2	Relación de cruzamientos con líneas eléctricas aéreas	9
5.3	Relación de cruzamiento con línea aérea de telecomunicaciones	10
5.4	Relación de cruzamientos con vías pecuarias	10
6	REQUISITOS DE DISEÑO	11
7	LEGISLACIÓN APLICADA	11
8	LÍNEA SUBTERRÁNEA 13,2 kV	13
8.1	Descripción del trazado de la línea subterránea	13
8.2	Características generales de la Línea Subterránea	13
8.3	Conductor empleado en la línea subterránea de 13,2 kV	14
8.4	Característica de la obra civil del tramo subterráneo	15
8.5	Movimiento de tierras	16
8.6	Empalmes de media tensión	16
8.7	Arquetas	16
8.8	Hitos de señalización	17
8.9	Terminaciones en las celdas de línea de media tensión	18
8.10	Puesta a tierra	19
8.11	Distancias mínimas de seguridad de Líneas subterráneas	20
9	LÍNEA AÉREA 13,2 kV	21
9.1	Descripción del trazado de la línea aérea	21
9.2	Características generales de la línea aérea de media tensión	21
9.3	Conversión de la línea subterránea a aérea	21
9.4	Botellas, Terminales y Autoválvulas	23
9.5	Datos topográficos	26
9.6	Conductor de fase empleado línea aérea de Media tensión	26
9.7	Apoyos	26
9.8	Aislamientos y Herrajes	29



9.9	Formación de Cadenas	30
9.10	Empalmes, Conexiones y Retenciones	30
9.11	Cimentaciones	31
9.12	Movimiento de tierras	32
9.13	Protección de la avifauna	32
9.14	Sistemas de Puesta a tierra.....	34
9.15	Distancias mínimas de seguridad de la línea aérea	37
9.16	Numeración y Aviso de Peligro	44



1 OBJETO

El objeto de este proyecto es el diseño de una línea eléctrica de 13,2 kV con capacidad de transporte suficiente para evacuar la energía eléctrica generada en el Parque Fotovoltaico Prímula, que se encuentra en fase de proyecto. La potencia total que inyectará el parque es de 2,54 MW nominales.

Se evacuará desde la sala eléctrica ubicada en el centro de operación y mantenimiento del parque fotovoltaico hasta la subestación denominada STR Garrovillas propiedad de Eléctricas Pitarch Distribución (EPD) mediante una línea de 13,2 kV subterránea hasta las inmediaciones de la subestación, dónde mediante un apoyo de paso subterráneo aéreo se subirán los conductores y desde este apoyo con un vano destensado entrará en la subestación STR Garrovillas hasta el pórtico existente, punto de conexión concedido con coordenadas ETRS89 UTM Huso 29 (X=715.699,25, Y=4.393.926,25).

2 PROMOTOR E INGENIERÍA

Se redacta por encargo de la empresa Turgallium Solar 1, SL.

- **DENOMINACIÓN SOCIAL:** Turgallium Solar 1, SL
- **CIF:** B- 06773733
- **DIRECCIÓN SOCIAL:** Avenida de la Constitución, 34, 1º, 41001, Sevilla
- **PERSONA DE CONTACTO:** José Manuel Jiménez Vázquez

Redacta el presente proyecto INGENOSTRUM S.L. mediante el técnico que suscribe Juan Luis Barandiarán Muriel, Graduado en Ingeniería Eléctrica (Rama Industrial), colegiado en el COGITI de Cáceres con el número 931, con domicilio en Avd. de la Constitución nº34, 1ºI, 41001, Sevilla.

- **INGENIERÍA:** INGENOSTRUM S.L.
- **CIF:** B-91.832.873
- **TÉCNICO REDACTOR:** Juan Luis Barandiarán Muriel
- **TITULACIÓN:** Graduado en Ingeniería Eléctrica (Rama Industrial), 931-COGITI-Cáceres



3 EMPLAZAMIENTO

El trazado de la línea se inicia en una celda de línea ubicada en la sala eléctrica en el edificio de operación y mantenimiento del parque fotovoltaico que servirá como seccionamiento entre la línea de evacuación y el Parque Fotovoltaico Primula. A través de una línea subterránea, esta línea llegará a un apoyo nuevo a instalar situado próximo a la subestación de distribución STR Garrovillas, este apoyo servirá para entrar con una línea aérea al pórtico existente y punto de conexión concedido.

Figura 1.- Localización Línea de evacuación 13,2 kV PFV Primula – Subestación STR Garrovillas

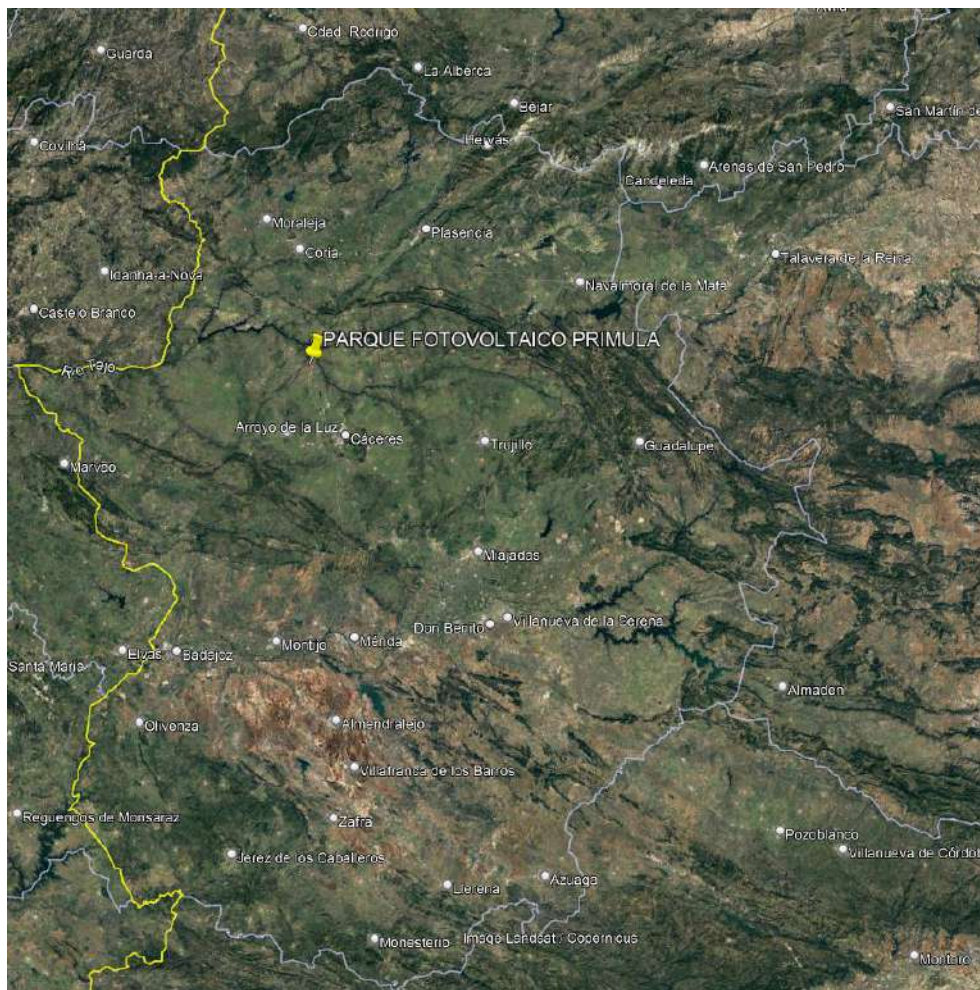




Figura 2.- Localización Línea de evacuación 13,2 kV PFV Prímula – Subestación STR Garrovillas



4 TRAZADO DE LA LÍNEA

El trazado consiste en dos tramos:

- Tramo I (Subterráneo): Se trata de un tramo en simple circuito desde una celda de media tensión del edificio de O&M del Parque Fotovoltaico Prímula hasta un apoyo nuevo a instalar. La línea tiene aproximadamente 251,53 metros.
- Tramo II (Aéreo): Se trata de un tramo en simple circuito de aproximadamente 15,03 metros desde el AP01 hasta el Pórtico de la STR Garrovillas.

Las coordenadas del trazado correspondiente a la línea son las siguientes:

Tabla 2.- Coordenadas de los vértices línea de evacuación 13,2 kV

LSMT 13,2 kV CS PFV PRÍMULA – STR GARROVILLAS			
Cambio de Dirección	ETRS89 HUSO		29
	X	Y	Z
Centro O&M	715882,178	4393827,197	341,000
ARQ-01 a la salida del O&M	715878,091	4393827,028	341,008
CD1/ARQ-02	715869,642	4393826,920	340,936
CD2/ARQ-03	715865,351	4393852,153	340,911
CD3/ARQ-04	715807,162	4393873,597	342,000



LSMT 13,2 kV CS PFV PRÍMULA – STR GARROVILLAS			
Cambio de Dirección	ETRS89 HUSO		29
	X	Y	Z
CD4/ARQ-05	715800,643	4393918,512	342,000
CD5/ARQ-06	715699,925	4393938,958	350,688
AP01	715697,598	4393941,192	350,249
Pórtico STR GARROVILLAS	715699,250	4393926,250	351,000

4.1 PARCELAS AFECTADAS POR LA LÍNEA

Esta línea discurre por las siguientes parcelas catastrales:

Polígono 4 Parcela 3009, Palominos. Garrovillas de Alconetar (Cáceres), 10083A004030090000DK

Polígono 4 Parcela 9004 Cañada Real de Merinas. Garrovillas de Alconetar (Cáceres) 10083A004090040000DE

Polígono 4 Parcela 9024, Cra Cáceres-Salamanca N-630. Garrovillas de Alconetar (Cáceres) 10083A004090240000DF

Polígono 7 Parcela 9015 Cañada Real de Cáceres. Garrovillas de Alconetar (Cáceres) 10083A007090150000DT

Subestación STR 13.5 kV STR 45kV DS Campo Garrovillas de Alconetar (Cáceres), 001100200QD19D0000SG

4.2 ACCESOS

El acceso al apoyo tendrá una anchura de 4 metros. El recorrido se hará desde la Carretera autonómica EX - 302 por la Cañada Real de Merinas. Garrovillas de Alconetar (Cáceres) con referencia catastral 10083A004090040000DE, se cruzará un tramo antiguo de carretera Cáceres-Salamanca N-630 con referencia catastral 10083A004090240000DF y la Cañada Real de Cáceres. Con referencia catastral 10083A007090150000DT

El movimiento de tierra para el acceso hasta el apoyo es prácticamente nula, ya que discurre por vía pública en todo momento y está próximo a la carretera EX 302.

El tramo subterráneo discurre en la mayor parte por dominio público, a excepción del tramo que discurre por la parcela del parque fotovoltaico.



5 CRUZAMIENTOS

5.1 RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS CON CARRETERAS

Se ha identificado el siguiente cruzamiento con la futura línea de evacuación del antiguo de tramo de carretera nacional N-630:

- **CRUZAMIENTO 1:**
Se produce entre el tramo subterráneo. Se trata de un cruzamiento con un tramo antiguo de la **Carretera Cáceres-Salamanca N-630, (Cáceres)**.
 - Coordenadas UTM ETRS89 (HUSO 29), inicio X= 715790,1037 e Y= 4393920,6519
 - Polígono 4; Parcela 9024
 - Ref.Catastral: 10083A004090240000DF; Garrovillas de Alconetar (Cáceres)

5.2 RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS CON LÍNEAS ELÉCTRICAS AÉREAS

La afección entre líneas aéreas y subterráneas no son afecciones importantes de no pasar cerca de la cimentación de alguno de sus apoyos existentes pudiendo afectar a la estabilidad de estos apoyos. En el caso de esta línea pasan lo suficientemente lejos. Se han identificado los siguientes cruzamientos y puntos de coordenadas con la futura línea de evacuación:

- **CRUZAMIENTO 1:**
Se produce en el tramo subterráneo. Se trata de un **cruzamiento con Línea Aérea de Alta Tensión de 45 kV de llegada a subestación STR Garrovillas**.
 - Coordenadas UTM ETRS89 (HUSO 29), X= 715805,3091 e Y= 4393886,3637
- **CRUZAMIENTO 2:**
Se produce en el tramo subterráneo. Se trata de un **cruzamiento con Línea Aérea de Alta Tensión de 45 kV de llegada a subestación STR Garrovillas**.
 - Coordenadas UTM ETRS89 (HUSO 29), X= 715723,6033 e Y= 4393934,1512
- **CRUZAMIENTO 3:**
Se produce en el tramo subterráneo. Se trata de un **cruzamiento con Línea Aérea de Media Tensión de 13,2 kV de llegada a subestación STR Garrovillas**.
 - Coordenadas UTM ETRS89 (HUSO 29), X= 715704,1860 e Y= 4393938,0929



5.3 RELACIÓN DE CRUZAMIENTO CON LÍNEA AÉREA DE TELECOMUNICACIONES

La afección entre líneas aéreas y subterráneas no son afecciones importantes de no pasar cerca de la cimentación de alguno de sus apoyos existentes pudiendo afectar a la estabilidad de estos apoyos. En el caso de esta línea pasan lo suficientemente lejos. Se han identificado el siguiente cruzamiento y punto de coordenadas con la futura línea de evacuación:

- **CRUZAMIENTO 1:**
Se produce en el tramo subterráneo. Se trata de un **cruzamiento con Línea de Telecomunicaciones.**
 - Coordenadas UTM ETRS89 (HUSO 29), X= 715780,8319 e Y= 4393922,5340

5.4 RELACIÓN DE CRUZAMIENTOS CON VÍAS PECUARIAS

Se ha identificado el siguiente cruzamiento con la futura línea de evacuación:

- **CRUZAMIENTO 1:**
Se produce en el tramo subterráneo. Se trata de un cruzamiento con **Cañada Real de Merinas, Garrovillas de Alconetar, (Cáceres).**
 - Coordenadas UTM ETRS89 (HUSO 29), Inicio X=715855,6332, Y=4393855,7345
 - Coordenadas UTM ETRS89 (HUSO 29), Inicio X=715792,9152, Y=4393920,0812
 - Polígono 4; Parcela 9004
 - Ref.Catastral: 10083A004090040000DE; Garrovillas de Alconetar (Cáceres)
- **CRUZAMIENTO 2:**
Se produce en el tramo subterráneo. Se trata de un cruzamiento con **Cañada Real de Cáceres. Garrovillas de Alconetar, (Cáceres).**
 - Coordenadas UTM ETRS89 (HUSO 29), Inicio X= 715787,2920, Y= 4393921,2227
 - Coordenadas UTM ETRS89 (HUSO 29), Inicio X= 715698,0132, Y= 4393937,4376
 - Polígono 7; Parcela 9015
 - Ref.Catastral: 10083A007090150000DT; Garrovillas de Alconetar (Cáceres)



6 REQUISITOS DE DISEÑO

Los requisitos de diseño vienen impuestos y de acuerdo por las necesidades del titular de la línea, que nos ha facilitado los siguientes datos:

- Punto de conexión: Subestación STR Garrovillas 13,2 kV, propiedad Eléctricas Pitarch., ETRS89 UTM HUSO 29, X = 715699, 25 Y = 4393926,25
- Tensión nominal: 13,2 kV

En la fase de diseño se ha tenido en cuenta el hecho de afectar al menor número posible de propietarios de las diferentes parcelas por las que discurre la línea de evacuación.

Del mismo modo, el trazado de la línea ha sido diseñado partiendo de un análisis medioambiental de la zona. Se han revisado en el SIGPAC (Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas) para verificar que se han respetado las zonas de especial protección.

- ZEPA: Zona de Especial Protección para las aves.
- LIC: Lugar de Importancia Comunitaria.
- ZEC: Zonas Espaciales de Conservación.

Se ha optado por el diseño para la evacuación de la energía generada por el parque fotovoltaico "Prímula" 2,54 MW nominales que presenta una mayor viabilidad técnica.

7 LEGISLACIÓN APLICADA

En la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta los siguientes Reglamentos en vigor:

- R.D. 1.955/2.000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimiento de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23
- Corrección de errores del 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
- R.D. 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-01 a 09.
- Recomendaciones UNESA.
- Normalización Nacional. Normas UNE y especificaciones técnicas de obligado cumplimiento según la Instrucción Técnica Complementaria ITC-02.



- Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de ordenación del Sistema Eléctrico Nacional.
- R.D. 1627/1997 de 24 de octubre de 1997 sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en las obras.
- R.D. 485/1997 de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- R.D. 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.
- R.D. 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.
- R.D. 1432/2008 de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.
- Ordenanzas municipales que afecten a este tipo de instalaciones.
- R.D. 1183/2020, de 29 de diciembre, de acceso y conexión a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.
- R.D. 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- R.D. 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.
- R.D. 842/2002, de 2 de agosto, por el que se publica el reglamento electrotécnico para baja tensión, (en particular su instrucción técnica complementaria ITC-BT-40, instalaciones generadoras de baja tensión, en su edición vigente, publicada por el Ministerio de Industria Energía y Turismo.
- R.D. 186/2016, de 6 de mayo, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- R.D. 647/2020, de 7 de julio, por el que se regulan aspectos necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión de determinadas instalaciones eléctricas.
- Orden TED/749/2020, de 16 de julio, por la que se establecen los requisitos técnicos para la conexión a la red necesarios para la implementación de los códigos de red de conexión.
- Norma Técnica de Supervisión (NTS) de Red Eléctrica que permite evaluar la conformidad de los módulos de generación de electricidad a los que es de aplicación el Reglamento (UE) 2016/631 conforme a los requisitos técnicos que se establecen en la propuesta de Ordena Ministerial para la Implementación de los Códigos de Red de Conexión (CRC).
- Circular 1/2021 de 20 de enero por la que se establece la metodología y condiciones del acceso y de la conexión a las redes de transporte y distribución de las instalaciones de producción de energía eléctrica.
- UNE-EN 50160: Características de la tensión suministrada por las redes generales de



distribución.

- UNE-EN 61000-3-2: Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-2: Límites. Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada ≤ 16 A por fase).
- UNE-EN 61000-3-12: Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-12: Límites para las corrientes armónicas producidas por los equipos conectados a las redes públicas de baja tensión con corriente de entrada >16 A y ≤ 75 por fase.
- UNE-EN ISO/IEC 17065: Evaluación de la conformidad. Requisitos para organismos que certifican productos, procesos y servicios.

8 LINEA SUBTERRÁNEA 13,2 KV

8.1 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

Tramo I: Este tramo subterráneo bajo tubo, partirá desde el edificio de O&M ubicado en el Parque fotovoltaico "FV Prímula" hasta el apoyo AP01 (PAS) ubicado en la misma parcela.

Tiene dos arquetas de inicio y final de línea y cuatro intermedias. Fuera de la parcela del parque fotovoltaico se señalizara el recorrido con hitos de señalización.

La puesta a tierra es solid bonding.

8.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA

TRAMO I

Las características generales de la línea subterránea proyectada entre el edificio de O&M hasta el apoyo nuevo a instalar AP01, serán los descritos en la Tabla 3:

Tabla 3. Datos generales de la Línea Subterránea (Tramo I).

Datos de la instalación	
Origen	O&M FV PRÍMULA
Final	AP01 (PAS)
Potencia conectada	2,54 MW
Factor de potencia	0,9
Capacidad máxima de transporte en régimen permanente	6,85 MVA
Tensión de servicio	13,2 kV
Tensión máxima de servicio	24
Frecuencia	50 Hz
Tipo línea	Subterránea
Longitud	251,53 m
Nº circuitos	1
Disposición de los cables	Tresbolillo
Tipo de canalización	Conductor bajo tubo
Distancia entre conductores	En contacto
Profundidad zanja	950 mm
Conexión pantallas	Solid Bonding



8.3 CONDUCTOR EMPLEADO EN LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE 13,2 kV

Los cables a utilizar en las redes subterráneas de media tensión objeto del presente proyecto serán cables unipolares de aluminio, con aislamiento seco termoestable (polietileno reticulado XLPE), con pantalla semiconductora sobre conductor y sobre aislamiento y con pantalla metálica de aluminio.

Los circuitos de las líneas subterráneas de media tensión se compondrán de tres conductores unipolares.

Figura 3.- Conductor de Media Tensión

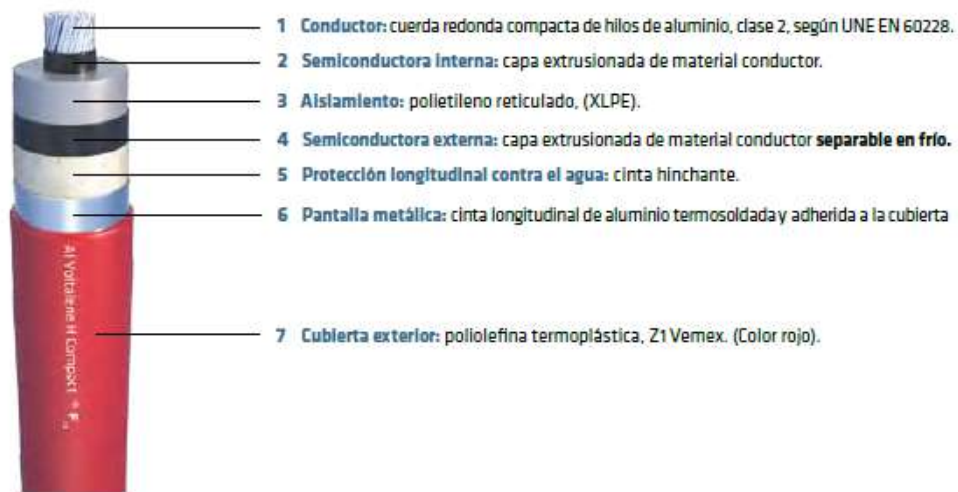


Tabla 4.- Características del conductor del tramo I

Características del conductor	
Sección del conductor	240 mm ²
Sección de la pantalla	16 mm ²
Conductor	Al RH5Z1 12/20 kV 3x1x240mm ² + 1x16mm ² Al
Tensión de aislamiento	12/20
Diámetro conductor	18,7 mm
Diámetro aislamiento	28,2 mm
Diámetro pantalla	32 mm
Diámetro cable	36 mm
Peso	1430 kg/km
Radio de curvatura estático	540 mm
Radio de curvatura dinámico	720 mm
Intensidad máxima admisible catálogo	320 A
Intensidad admisible permanente	306 A
Icc trifásica admisible	22,56 kA
Icc admisible en la pantalla	2,99 kA
Resistencia a 20°	0,125 Ω/km
Resistencia a 90°C	0,1603 Ω/km
Reactancia inductiva	0,100 Ω/km
Capacidad	0,306 μF/km



8.4 CARACTERÍSTICA DE LA OBRA CIVIL DEL TRAMO SUBTERRÁNEO

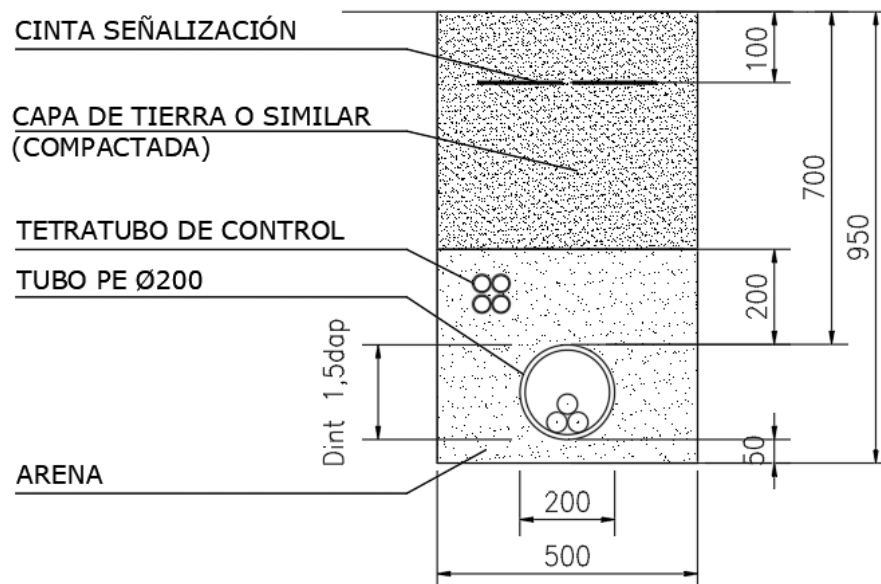
8.4.1 Zanja

La zanja para el tramo I (subterráneo) tendrá unas dimensiones de 0,5 m de anchura y 0,95 m de profundidad, y en el fondo de la misma se colocarán directamente los conductores bajo tubo con formación de tresbolillo.

Se rellenará por debajo con una capa de arena de 5 cm desde la base del tubo, se colocará la canalización y se rellenará hasta 20 cm por encima de la parte superior del tubo. En los 20 cm de relleno de arena se colocará el tetratubo de control.

Se rellenará el resto de zanja con tierra compactada, a 10 cm de profundidad se situará una cinta de señalización del cable eléctrico. Y se terminará rellenando completamente la zanja con tierra.

Figura 4.- Detalle zanja tramo I



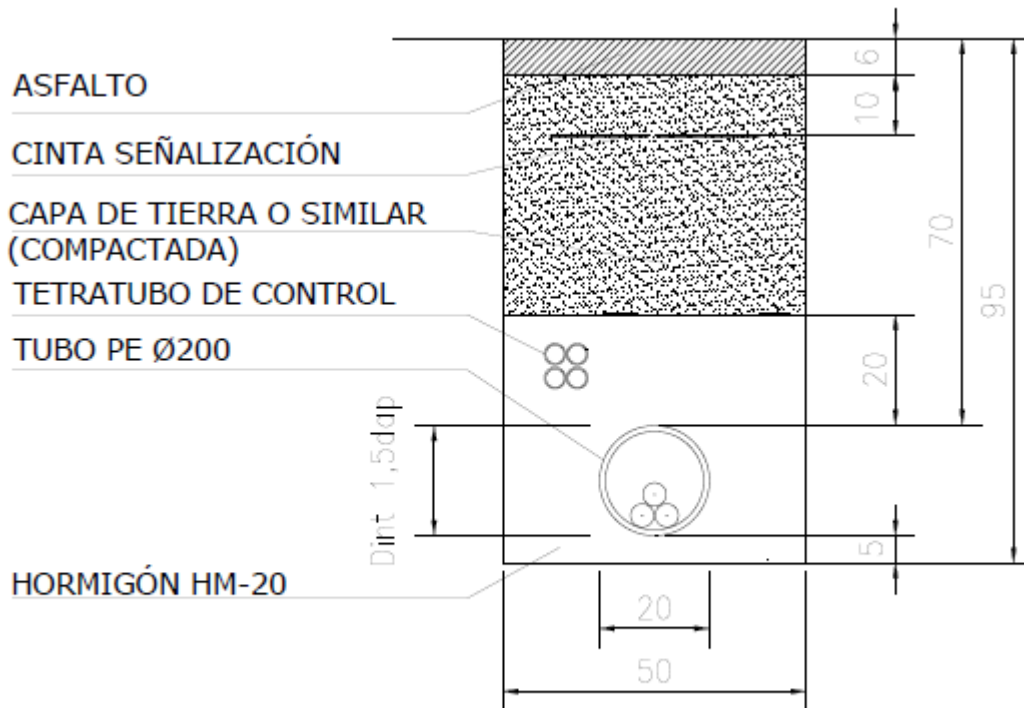
En el cruce con el antiguo tramo de la carretera N-630 se repondrá con el pavimento existente si fuese necesario. La zanja para este subtramo tendrá unas dimensiones de 0,5 m de anchura y 0,95 m de profundidad, y en el fondo de la misma se colocarán directamente los conductores bajo tubo con formación de tresbolillo.

Se rellenará por debajo con una capa de hormigón HM-20 de 5 cm desde la base del tubo, se colocará la canalización y se rellenará hasta 20 cm por encima de la parte superior del tubo. En los 20 cm de relleno de hormigón se colocará el tetratubo de control.

Se rellenará el resto de zanja con tierra compactada, a 16 cm de profundidad se situará una cinta de señalización del cable eléctrico. Y se terminará rellenando de asfalto hasta 6 cm de profundidad, para reponer el piso de la calzada retirado previamente en la excavación de la zanja.



Figura 5.- Detalle de zanja en paso por calzada



8.5 MOVIMIENTO DE TIERRAS

El movimiento de tierras aproximadas que será retirada y trasladada a vertedero será de 56,60 m³. Esta parte será el entorno de los tubos que se rellenará de arena.

8.6 EMPALMES DE MEDIA TENSIÓN

Debido a la corta longitud de la línea subterránea, no aplica a este proyecto.

8.7 ARQUETAS

Se disponen de arquetas de inicio y final de línea y también para los cambios de dirección para facilitar el tendido de los conductores. Se instalarán arquetas ciegas en la totalidad del recorrido, al tratarse en su mayoría de suelo agrario.

En la arqueta, los tubos quedarán como mínimo a 25 cm por encima del fondo para permitir la colocación de rodillos en las operaciones de tendido. Una vez tendido el cable, los tubos se sellarán con material expansible, yeso o mortero ignífugo de forma que el cable quede situado en la parte superior del tubo. La situación de los tubos en la arqueta será la que permita el máximo radio de curvatura.

Las arquetas ciegas se rellenarán con arena. Por encima de la capa de arena se rellenará con tierra cribada compactada hasta la altura que se precise en función del acabado superficial que le corresponda.



Los cuatritubos que acompañan a la canalización de potencia no se cortarán, pasarán por la arqueta de paso.

Figura 6.- Arqueta tipo.



8.8 HITOS DE SEÑALIZACIÓN

El trazado de la línea contará con hitos de señalización en los cambios de dirección fuera del parque fotovoltaico, habrá un total de 4 hitos, serán las mismas coordenadas que las arquetas ciegas y otro en el exterior del vallado del parque fotovoltaico.

En el caso de los hitos que van en la arquetas ciegas, estos se empotrarán encima de las arquetas ciegas.

Los hitos se instalarán en las siguientes coordenadas.

Tabla 5.- Coordenadas hitos de señalización

Hitos de señalización	ETRS89 HUSO 29	
	X	Y
HITO 1	715857.193	4393855.159
HITO 2	715807,162	4393873,597
HITO 3	715800,643	4393918,512
HITO 4	715699,925	4393938,958



Figura 7.- Detalle hito de señalización

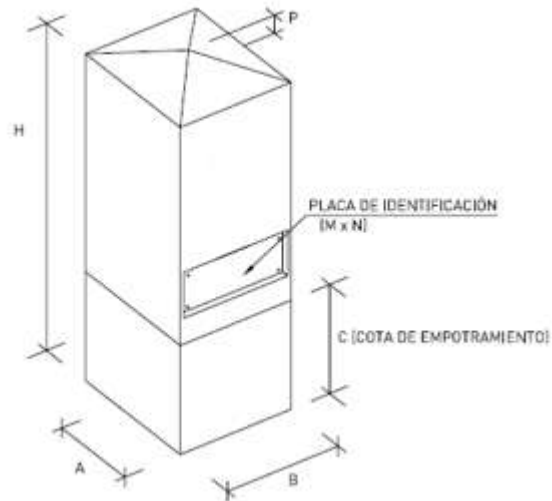


Tabla 6.- Medidas hitos

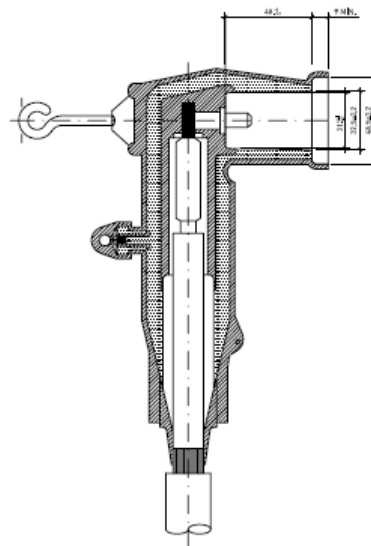
A (mm)	B (mm)	C (mm)	H (mm)	M (mm)	N (mm)	P (mm)
200	200	200	600	120	80	30

8.9 TERMINACIONES EN LAS CELDAS DE LÍNEA DE MEDIA TENSIÓN

Las terminaciones serán adecuadas al tipo de conductor empleado, para el caso de la línea de Media Tensión:

- Conectores separables: se utilizarán para instalaciones con celdas de corte y aislamiento en SF6.

Figura 8. Terminal de interior





8.10 PUESTA A TIERRA

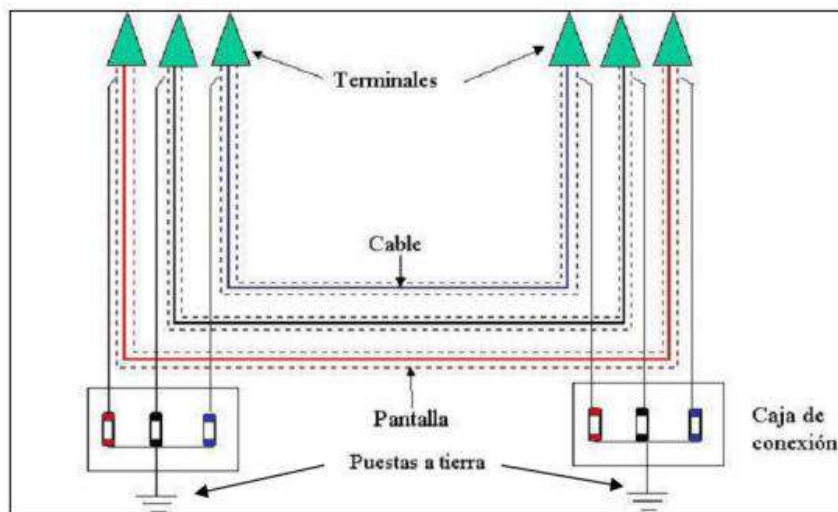
El sistema de conexión de las pantallas diseñado para el proyecto objeto de este documento es "solid bonding" o sistema de conexión rígida a tierra en el que las pantallas se encuentran conectadas a tierra en ambos extremos.

En este tipo de conexión, las pantallas están conectadas directamente entre sí y a tierra para que, en todos los puntos de la línea, las tensiones entre sí respecto a tierra se mantengan próximas a cero.

Las pantallas se conectarán entre sí y a tierra en los extremos de la línea subterránea. Para no superar las tensiones soportadas por la cubierta en líneas de gran longitud y elevada corriente de cortocircuito, es conveniente que en los puntos de empalme de los cables las pantallas se conecten entre sí y a tierra.

Con la utilización de este sistema de puesta a tierra no se disponen medidas para evitar la circulación de corrientes por las pantallas en régimen permanente. Estas corrientes inducidas por los conductores originan calor, con la consiguiente disminución de la capacidad de transporte considerada en los cálculos eléctricos de selección del cable.

Figura 9. Sistema de puesta a tierra.



Como condiciones de instalación preferentes, se colocarán los cables al tresbolillo y lo más juntos posibles para que se reduzca la tensión inducida en la pantalla y, por tanto, la corriente de circulación.

Como principales ventajas de este sistema de puesta a tierra de pantallas destacan:

- En régimen permanente, la tensión entre la pantalla y tierra a lo largo de la línea es próxima a cero, ya que se debe solo a la circulación capacitiva del cable.
- En régimen permanente la tensión de contacto en los extremos de las pantallas es nula para una distribución de cables al tresbolillo, caso de este proyecto.



8.11 DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD DE LÍNEAS SUBTERRÁNEAS

Los cables subterráneos enterrados en el terreno deberán cumplir los requisitos señalados en el apartado 5 de la ITC-LAT 06 del R.D. 223/2008 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 alta tensión.

8.11.1 Cruzamientos de la línea subterránea con líneas aéreas

Los cruzamientos de una línea subterránea con una línea aérea no tienen que suponer un problema siempre y cuando no pasen próximas a la cimentación de los apoyos y pueda suponer el movimiento de tierra un riesgo para la estabilidad de los apoyos existentes. En este caso la traza pasa a más de 10 metros de las cimentaciones de los apoyos existentes.



9 LÍNEA AÉREA 13,2 KV

9.1 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA LÍNEA AÉREA

Tramo II: Este tramo de línea aérea es un vano destensado de tres conductores en capa con aisladores poliméricos y un apoyo. La llegada es a un pórtico existente en la subestación STR Garrovillas 13,2 kV.

Las cimentación es monobloque y las puestas a tierras son en anillo.

9.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

A continuación se describen las características generales de la línea eléctrica aérea de media tensión.

Las características generales de la línea aérea proyectada entre el apoyo AP01 (PAS) y el pórtico de la subestación STR GARROVILLAS (punto de conexión concedido), serán los descritos en la Tabla 7.

TRAMO II:

Tabla 7.- Características generales Línea Aérea de Media Tensión

Parámetros	Descripción
Origen	AP01 (PAS)
Fin	PÓRTICO STR GARROVILLAS
Sistema	Corriente alterna trifásica
Frecuencia (Hz)	50
Tensión de servicio (kV)	13,2 ±7%
Tensión más elevada de la red (kV)	24
Potencia Aparente (MVA)	2,82
Capacidad térmica de transporte por circuito	8,58 MVA (verano) 10,92 MVA (invierno)
Número de circuitos	1
Número de conductores por fase	1
Tipo de Crucetas	Capa (en "T")
Tipo de Apoyos	Torres metálicas de celosía
Conductor de Fase	LA 110 (94-AL1/22-ST1A)
Aislamiento	Polimérico (Composite)
Cimentaciones	Monobloque
Longitud total	15,03 m
Zonas por donde discurre	A
Nº de Apoyos	1
Términos Municipales afectados	Garrovillas de Alconétar
Provincias afectadas	Cáceres

9.3 CONVERSIÓN DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA A AÉREA

En el tramo de subida hasta la línea aérea en el apoyo AP01(PAS), el cable subterráneo irá protegido dentro de un tubo o bandeja cerrada de hierro galvanizado o de material aislante con un grado de protección contra daños mecánicos no inferior a IK10 según la norma UNE-EN 50102. El tubo o bandeja se



obturará por su parte superior para evitar la entrada de agua y se empotrará en la cimentación del apoyo. Sobresaldrá 2,5 m por encima del nivel del terreno. En el caso de tubo, su diámetro interior será como mínimo 1,5 veces el diámetro aparente de la terna de cables unipolares, y en el caso de bandeja, su sección tendrá una profundidad mínima de 1,8 veces el diámetro de un cable unipolar, y una anchura de unas tres veces su profundidad.

Deberán instalarse protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos. La conexión a tierra de los pararrayos no se realizará a través de la estructura del apoyo metálico, se colocará una línea de tierra a tal efecto, a la que además se conectarán, cortocircuitadas, las pantallas de los cables subterráneos.

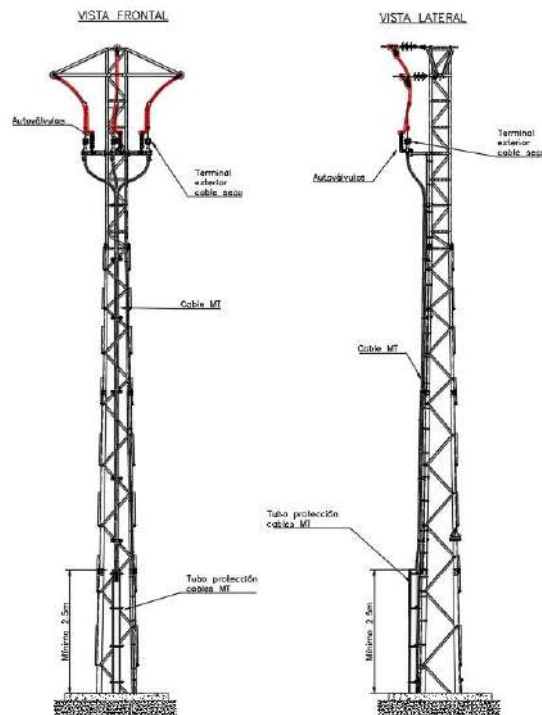
En el AP01(PAS) se realizará un paso de subterráneo a aéreo, en el que se deberán instalar las botellas terminales y pararrayos. Se tendrán en cuenta los siguientes detalles constructivos.

- Las 3 fases en los dos apoyos del cable subterráneo en el tramo aéreo de subida hasta la línea aérea irán protegidas dentro de un tubo o con bandeja cerrada de hierro galvanizado o de material aislante con un grado de protección no inferior a IK10 según la norma UNE-EN 50102. El interior de la bandeja será liso para facilitar la instalación o sustitución del cable averiado. La bandeja se obturará por la parte superior para evitar la entrada de agua, y se empotrará en la cimentación del apoyo. En el caso de tubo, su diámetro interior será como mínimo 1,5 veces el diámetro aparente de la terna de cables unipolares, y en el caso de bandeja,
- Deberán instalarse protecciones contra sobretensiones mediante pararrayos. Los terminales de tierra de los pararrayos se conectarán directamente a las pantallas metálicas de los cables y entre sí, mediante una conexión y sin curvas pronunciadas. La conexión a tierra de los pararrayos no se realizará a través de la estructura del apoyo metálico.
- El tubo o bandeja de protección protegerá los conductores hasta el soporte del conductor al que irá sujeto hasta la conexión del terminal.
- Los cables se protegerán, en su parte más próxima al suelo, mediante una canaleta metálica de 3 metros de altura que se empotrará 50 cm en el terreno.
- El apoyo tendrá una chapa metálica antiescalada hasta una altura de 2,5 m.

En la siguiente figura se representa un apoyo conversión aéreo-subterráneo tipo para este proyecto.



Figura 10.- Esquema del apoyo conversión aérea-subterránea



9.4 BOTELLAS, TERMINALES Y AUTOVÁLVULAS

En el apoyo AP01 (PAS), de paso aéreo-subterráneo, la conexión entre el cable y la línea aérea se realizará mediante una botella terminal de tipo exterior unipolar por fase anteriormente representada.

Cada botella terminal de tipo exterior unipolar se instalará en las crucetas del apoyo de paso aéreo-subterráneo en los soportes especiales diseñados para su instalación.

Se instalarán botellas terminales de exterior, de tensión máxima 24 kV.

La pantalla del cable se conecta al plato base del terminal, y a través de la caja de conexión de tierra pueden descargarse las intensidades circulantes en la pantalla. Los materiales poliméricos de las superficies expuestas a contorneo deberán ser resistentes a la formación de caminos de carbón y a la erosión (antisurco), debiendo cumplir con los ensayos especificados en la UNE 21361.

La cubierta de los terminales de cable para exterior será resistente a la intemperie y cumplirá con el ensayo especificado en el Capítulo 8 de la norma UNE 21030. Por último, los terminales deberán permitir un radio de curvatura igual al del cable sobre los que se instalan, de acuerdo con las Normas UNE 20435-1 y UNE 20435-2.

Para la protección de la instalación contra sobretensiones, se colocarán autoválvulas-pararrayos en el apoyo AP01 (PAS). Deberán cumplir la norma UNE-EN 60099-4. Estos elementos irán en el mismo herraje que los terminales y se dispondrán entre la línea aérea y el terminal. Cada autoválvula instalada



dispondrá de un cable de puesta a tierra aislado independiente, en el que se instalará un contador de descargas.

9.4.1 Terminales exteriores

En estos terminales, mediante la aplicación de un tubo termorretráctil de un material especial cubriendo la superficie del aislamiento en el terminal y solapado sobre el semiconductor exterior del cable, se consigue un control del campo que queda repartido sobre la longitud del terminal y evita la concentración de las líneas de campo en la zona en la que termina el semiconductor exterior.

Las terminaciones serán adecuadas al tipo de conductor empleado, para el caso de la línea de Media Tensión:

- Terminaciones convencionales contráctiles o enfiabiles en frío, tanto de exterior como de interior: se utilizarán estas terminaciones para la conexión a instalaciones existentes con celdas de aislamiento al aire o en las conversiones aéreo-subterráneas.

Figura 11. Terminal de exterior

Descripción	240 mm ²
Tensión nominal U ₀ /U	12/20 kV
Tensión más elevada de la red U _m	24 kV
Tensión a impulsos tipo rayo	125 kV cresta
Tensión soportada a frecuencia industrial	50 kV
Línea de fuga	>= 550 mm.
Intensidad nominal	415 A
Limite térmico (T=160 °C 1s)	21 kA

Figura 12. Terminales de exterior.





9.4.2 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 del cable unipolar, en el apoyo AP01(PAS).

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

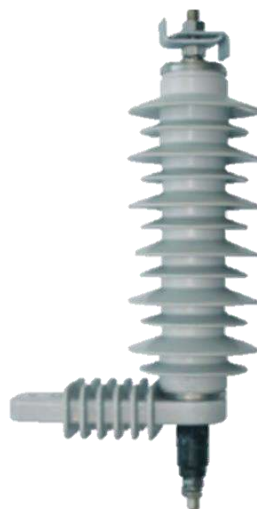
Los pararrayos estarán diseñados para su instalación intemperie, y de acuerdo con lo indicado en la norma UNE-EN 60099-4.

Las características del pararrayos vienen reflejadas en la siguiente tabla.

Tabla 8.- Características Pararrayos

Descripción	Valor
Tensión de Red	13,2 kV
Aislamiento exterior	Material polimérico
Tensión nominal Ur	24 kV
Tensión máxima servicio continuo	19,5 kV
Corriente nominal de descarga	10 kA
Tensión residual máxima onda 8/20 μ s	72 kV
Clase de descarga de línea	2
Impulso de sobretensiones 4/10 μ s	100 kA
Tensión de cresta BIL	125 kV
Tensión bajo la lluvia 50Hz	50 kV
Línea de fuga mínima fase tierra	650 mm

Figura 13.- Autoválvulas pararrayos



Para cada una de las autoválvulas instaladas se dispondrá un cable de puesta a tierra aislado independiente en el que se instalará un contador de descargas.



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

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

9.5 DATOS TOPOGRÁFICOS

En la siguiente tabla se incluye la relación de los datos topográficos del apoyo que se proyecta para la construcción de esta línea:

Tabla 9.- Datos topográficos de los apoyos de la línea de Media Tensión

Nº Apoyo	Función Apoyo	Vano Anterior (m)	Vano Posterior (m)	Cota del terreno (m)	Ángulo Interior (g)	Seguridad reforzada
AP01 (PAS)	FL	0	15,03	350,249	-	NO
PÓRTICO STR GARROVILLAS	Pórtico existente	15,03	0	351,000	-	--

9.6 CONDUCTOR DE FASE EMPLEADO LÍNEA AÉREA DE MEDIA TENSIÓN

El conductor de fase a utilizar en la línea aérea es el LA 110 (94-AL1/22-ST1A), es un conductor de aluminio-acero galvanizado, cuyas características principales se indican en la tabla siguiente:

Tabla 10.- Características conductor de fase Línea Aérea 13,2 kV

Parámetros	Descripción
Conductor	94-AL1/22-ST1A (LA 110)
Sección de aluminio (mm ²)	94,25
Sección de acero (mm ²)	22,15
Sección total (mm ²)	116,40
Composición	30+7
Diámetro de total (mm)	14
Carga de rotura (daN)	4317
Módulo de elasticidad (daN/mm ²)	8200
Coefficiente de dilatación (°C ⁻¹)	1,78E-05
Resistencia a 20 °C (Ω/km)	0,307
Peso (kg/m)	0,4325

9.7 APOYOS

Los apoyos han sido seleccionados del catálogo del fabricante IMEDEXSA o similar. Este fabricante construye apoyos cumpliendo con las características indicadas en el R.D. 223/2008. El tipo de apoyos es variable a lo largo de la línea,



se han seleccionado los apoyos más apropiados consultando al fabricante IMEDEXSA, para cada situación en función de los esfuerzos que ha de resistir y las alturas que tienen que mantener.

Todos los apoyos son torres tronco piramidal de sección construida con perfiles angulares galvanizados, unidos mediante tornillería. El fuste tronco piramidal se ancla al terreno con cimentación de un único bloque de hormigón (monobloque).

Las funciones de los apoyos serán:

Apoyo de alineación (AL): Se utiliza cuando el trazado de la línea no experimenta cambios en su dirección. Es un apoyo con cadenas de suspensión o de amarre.

Apoyo de amarre (AM): Es un apoyo con cadenas de amarre.

Apoyo de ángulo (AN): Se utiliza cuando el trazado de la línea experimenta un cambio en dirección. Es un apoyo con cadenas de amarre.

Apoyo de anclaje (ANC): Son apoyos con cadenas de aislamiento de amarre destinado a proporcionar un punto firme en la línea. Limitará, en este punto, la propagación de esfuerzos longitudinales de carácter excepcional.

Para el montaje de los apoyos se habilitará una plataforma de montaje que se adaptará al espacio disponible en las inmediaciones de las ubicaciones de los apoyos proyectados siempre que sea posible.

Las distintas acotaciones de alturas de los apoyos tienen:

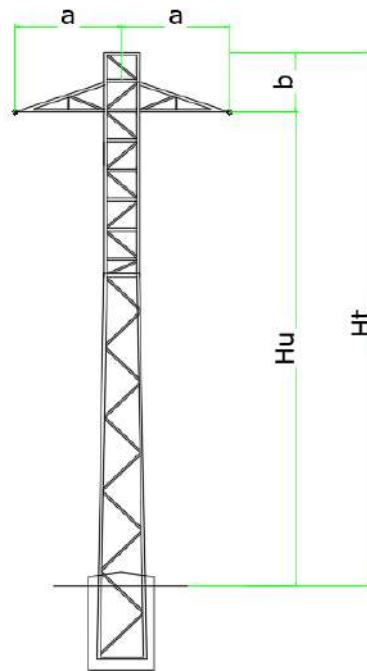
- Hu: es la altura mantenida entre el suelo y las semicrucetas, en metros.
- Ht: es la altura mantenida entre el suelo y la punta de cabeza, en metros

El armado tipo "T" está formado por dos partes: Cabeza, Cruceta.

- b: es la distancia mantenida entre semicrucetas y punta de cabeza, en metros.
- a: es la distancia en el brazo de la semicruceta, en metros



Figura 14.-Apoyo acotado



Los armados que utilizarán el apoyo de la línea está fabricado por el fabricante IMEDEXSA conforme al R.D. 223/2008. El apoyo ha sido seleccionado del catálogo de IMEDEXSA. En este proyecto se ha optado por armado tipo "T", cuya configuración está representada en la anterior figura.

Los apoyos nuevos a instalar tienen las siguientes características reflejadas en la tabla siguiente.

Tabla 11.- Características de los apoyos a instalar.

Nº de apoyo	Denominación	Altura total apoyo (m)	Altura útil (m)	a (m)	b (m)	Código armado	Peso (kg)
AP01 (PAS)	C-1000-10	8,37	7,77	1,5	0,6	T2	410

*Nota: Los pesos del apoyo pueden variar.



9.8 AISLAMIENTOS Y HERRAJES

El aislamiento estará formado por cadenas de aisladores de compuesto para poder soportar un nivel de contaminación ligero, clasificado en el R.D. 223/2008 como Zona II. Pudiendo tomarse Zona I debido a las características del medio agrícola que rodea la instalación, se ha optado por la elección de Zona II (nivel de contaminación media) para garantizar una mayor seguridad.

Atendiendo a la clasificación del artículo 4.4 de la ITC-07, sería clasificada de gama I, teniendo que soportar las siguientes tensiones normalizadas indicadas en la tabla 12 del mismo artículo:

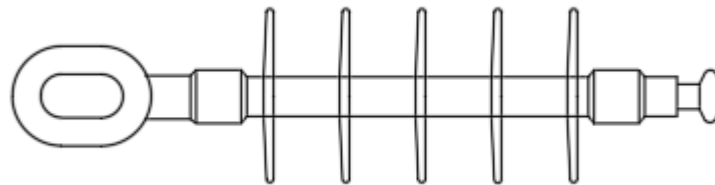
- Tensión soportada normalizada de corta duración a frecuencia industrial, cuyo valor eficaz es de 38 kV.
- Tensión soportada normalizada a los impulsos tipo rayo, con un valor de cresta de 95 kV.

El aislador a utilizar en el presente proyecto ha sido seleccionado del catálogo de ENVERTEC S.L. o similar. En concreto es el aislador C2470EB A. Las características principales del aislador están indicadas en la Tabla 12:

Tabla 12.- Características generales del aislador C2470EB A

Denominación del Elementos	Dato
Nivel de Contaminación de la Zona	MEDIA II
Modelo	C2470EB A
Carga de rotura mecánica (KN)	70
Línea de fuga (mm)	650
Línea mínima protegida	310
Peso neto por unidad (Kg)	1,4
Tensión soportada a frecuencia industrial en seco (kV)	125
Tensión soportada a frecuencia industrial bajo lluvia (kV)	50

Figura 15.- Aislador tipo



Características del aislador:

- Aislador de un solo cuerpo. Mayor Rigidez.
- Recubrimiento continuo de Silicona tipo HTV.
- Silicona de Nivel hidrófugo Hc2. Repele la acumulación de humedades.
- Núcleo de Fibra de Vidrio ERC de Alta eficacia Mecánica 70 kN.



9.9 FORMACIÓN DE CADENAS

Existe un tipo de cadena con aisladores composite - poliméricos:

- Cadenas de amarre: se instalarán cadenas de amarre. Cada cadena de amarre se compondrá de un aislador del tipo C2470EB A.

9.9.1.1 Cadenas de Amarre del Conductor

Los elementos que forman la cadena de amarre se describen en la tabla siguiente y en la figura se representa gráficamente:

Figura 16. Cadena de amarre y suspensión simple.

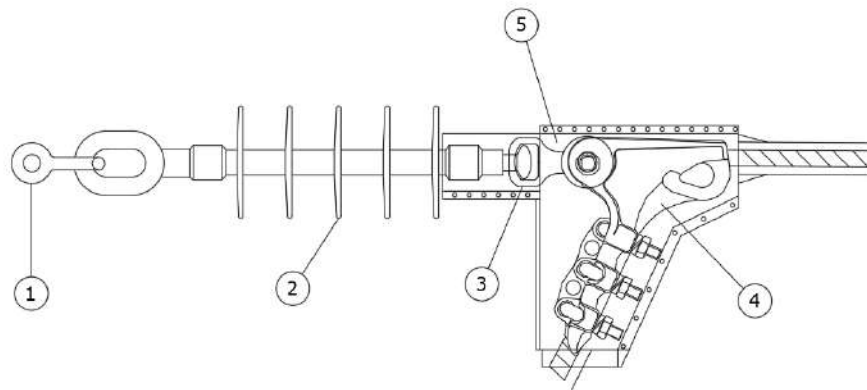


Tabla 13.-Características generales de la cadena de amarre

Marca	Denominación del Elemento
1	Grillete Normal
2	Aislador polimérico
3	Rotula corta
4	Grapa de amarre
5	Forro avifauna

9.10 EMPALMES, CONEXIONES Y RETENCIONES

En todo lo referente a empalmes, conexiones y retenciones se tendrá que cumplir lo indicado en el artículo 2.1.6 de la ITC-07 del R.D. 223/2008.

Los empalmes de los conductores se realizarán mediante piezas adecuadas a la naturaleza, composición y sección de los conductores. Lo mismo el empalme que la conexión no deben aumentar la resistencia eléctrica del conductor. Los empalmes deberán soportar sin rotura ni deslizamiento del cable el 95% de la carga de rotura del cable empleado.

Queda prohibida la ejecución de empalme en conductores por la soldadura de los mismos. Con carácter general los empalmes no se realizarán en los vanos sino en los puentes flojos entre cadenas de amarre. En cualquier caso, se prohíbe colocar en la instalación de una línea más de un empalme por vano y conductor. Solamente



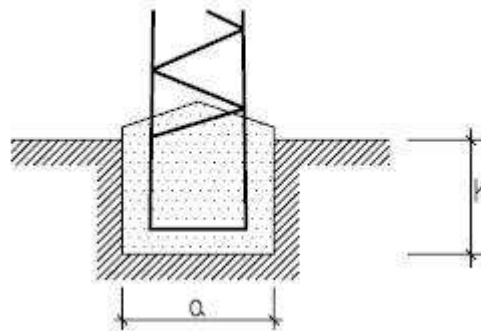
en la explotación, en concepto de reparación de una avería, podrá consentirse la colocación de dos empalmes.

Cuando se trate de la unión de conductores de distinta sección o naturaleza, es preciso que dicha unión se efectúe en el puente de conexión de las cadenas de amarre. Las piezas de empalme y conexión serán de diseño y naturaleza tal que eviten los efectos electrolíticos, si éstos fueran de temer, y deberán tomarse las precauciones necesarias para que las superficies en contacto no sufran oxidación.

9.11 CIMENTACIONES

La cimentación del apoyo objeto de este proyecto se representa en la siguiente figura.

Figura 17.- Tipo de cimentación monobloque



El apoyo dispone de cimentación monobloque.

Las dimensiones de las cimentaciones han sido calculadas con el programa informático IMEDEXSA suponiendo un terreno normal (resistencia característica a compresión de 3 daN/cm² y ángulo de arranque de las tierras de 30°).

En caso de tener un terreno con coeficiente de compresibilidad inferior al indicado por el fabricante se deberá proceder a su validación.

Es importante resaltar que no se ha realizado un estudio detallado del terreno, se ha hecho un análisis aproximado de los tipos de terrenos existentes en la zona y se ha llegado a la conclusión de que el terreno se debe categorizar como normal, según las especificaciones que considera el fabricante..

Los datos de las cimentaciones para cada apoyo se representan en la siguiente tabla.

Tabla 14.- Cimentación de apoyos

Nº de Apoyo	Apoyo	Tipo de Cimentación	Dimensiones (m)					Volumen Excavación (m ³)	Volumen Hormigón (m ³)
			a	h	b	H	c		
AP01(PAS)	C-1000-10	Monobloque	0,85	1,63	-	-	-	1,18	1,32



9.12 MOVIMIENTO DE TIERRAS

El movimiento total de tierras de la excavación de los apoyos es aproximadamente de 1,18 m³. Esta tierra será transportada hasta el vertedero más próximo. Para la puesta a tierra, se hará una zanja alrededor del apoyo dónde irá alojada la pica vertical y el conductor de unión de picas y conexión al apoyo. Se tatará con la misma tierra

9.13 PROTECCIÓN DE LA AVIFAUNA

Son elementos diseñados para evitar que las aves choquen contra el cable de la línea haciéndola más visible.

Se aislarán los conductores. De igual modo se aislarán los conductores de conexión en los apoyos especiales (seccionamiento, conversiones aéreo-subterránea ...). Los forros serán acordes a los especificados en la Norma BNA001 Forros de protección anti-electrocución de la avifauna en líneas eléctricas de distribución.

Se instalarán dispositivos de chapa salvapájaros y castillete en las crucetas de los apoyos para evitar la posada y nidificación de las aves y así prevenir electrocuciones.

Para evitar que las aves colisionen con la línea, se colocarán espirales salvapájaros, modelo SPD-17,51/21,8 se colocarán de forma alternada en los conductores de fase cada 10 metros.



Figura 18.- Salvapájaros tipo

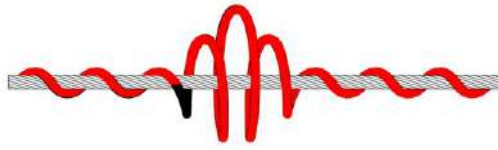
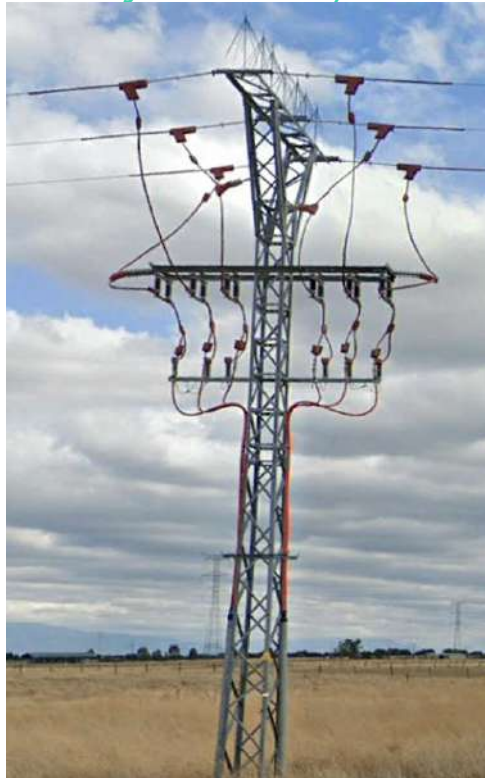


Figura 19. Forros avifauna





9.14 SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

9.14.1 Normas generales

La puesta a tierra de los apoyos se realizará teniendo en cuenta lo que al respecto se especifica en el apartado 7 de la ITC-07 del R.D. 223/2008, considerando que la línea dispone de un sistema de desconexión automática, con un tiempo de despeje de la falta inferior a 0,5 segundos.

9.14.2 Clasificación de los apoyos según su ubicación:

Para poder identificar los apoyos en los que se debe garantizar los valores admisibles de las tensiones de contacto, se establece la siguiente clasificación de los apoyos según su ubicación:

- Apoyos NO frecuentados. Son los situados en lugares que no son de acceso público o donde el acceso de personas es poco frecuente.
- Apoyos Frecuentados. Son los situados en lugares de acceso público y donde la presencia de personas ajenas a la instalación eléctrica es frecuente: donde se espere que las personas se queden durante tiempo relativamente largo, algunas horas al día durante varias semanas, o por un tiempo corto pero muchas veces al día.

Básicamente se considerarán apoyos frecuentados los situados en:

- Casco urbano y parques urbanos públicos.
- Zonas próximas a viviendas.
- Polígonos industriales.
- Áreas públicas destinadas al ocio, como parques deportivos, zoológicos, ferias y otras instalaciones análogas.
- Zonas de equipamientos comunitarios, tanto públicos como privados, tales como hipermercados, hospitales, centros de enseñanza, etc.

Desde el punto de vista de la seguridad de las personas, los apoyos frecuentados podrán considerarse exentos del cumplimiento de las tensiones de contacto en los siguientes casos:

- Cuando se aislen los apoyos de tal forma que todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, utilizando para ello vallas aislantes.
- Cuando todas las partes metálicas del apoyo queden fuera del volumen de accesibilidad limitado por una distancia horizontal mínima de 1,25 m, debido a agentes externos (orografía del terreno, obstáculos naturales, etc.).
- Cuando el apoyo esté recubierto por placas aislantes o protegido por obra de fábrica de ladrillo hasta una altura de 2,5 m, de forma que se impida la escalada al apoyo.

En estos casos, no obstante, habrá que garantizar que se cumplen las tensiones de paso aplicadas. A su vez, los apoyos frecuentados se clasifican en dos subtipos:



En estos casos, no obstante, habrá que garantizar que se cumplan las tensiones de paso aplicadas. A su vez, los apoyos frecuentados se clasifican en dos subtipos:

Apoyos frecuentados con calzado (F): se considerará como resistencias adicionales la resistencia adicional del calzado, R_{a1} , y la resistencia a tierra en el punto de contacto, R_{a2} . Se puede emplear como valor de la resistencia del calzado 1.000Ω .

$$R_a = R_{a1} + R_{a2} = 1.000 + 1,5\rho_s$$

Estos apoyos serán los apoyos frecuentados situados en lugares donde se puede suponer, razonadamente, que las personas estén calzadas, como pavimentos de carreteras públicas, lugares de aparcamiento, etc.

Apoyos frecuentados sin calzado (F.S.C.): se considerará como resistencia adicional únicamente la resistencia a tierra en el punto de contacto, R_{a2} . La resistencia adicional del calzado, R_{a1} , será nula.

$$R_a = R_{a2} + 1,5\rho_s$$

Estos apoyos serán los situados en lugares como jardines, piscinas, camping, áreas recreativas donde las personas puedan estar con los pies desnudos.

9.14.3 Diseño del sistema de puesta a tierra

El diseño del sistema de puesta a tierra cumple los siguientes criterios básicos.

- Resistencia a los esfuerzos mecánicos y a la corrosión.
- Resistencia desde un punto de vista térmico.
- Garantizar la seguridad de las personas con respecto a las tensiones que aparezcan durante una falta a tierra.
- Proteger de daños a propiedades y equipos y garantizar la fiabilidad de la línea.

A continuación se describe el diseño del sistema de puesta a tierra para cada tipo de apoyo según su ubicación:

Apoyo no frecuentados (NF)

En este caso, se realizará para cada apoyo una toma de tierra.

La toma de tierra se completará con la instalación de una zanja de 0,40 metros de ancho y 0,8 metros de profundidad.

Mediante una pica de cobre de 14 mm de diámetro y 2,00 m de longitud hincadas verticalmente en el terreno en apoyos monobloque y tetrabloque.

En el caso, de no ser suficiente para asegurar las tensiones de paso y contacto, se incluirá un sistema mixto de picas y anillos de cobre o acero de forma perimetral, situado a una distancia de 1 metro de los montantes y enterrado a una profundidad mínima dependiendo del terreno, el cual se unirá solidariamente a cuatro picas de cobre de 14 mm de diámetro y 2,00 m de longitud hincadas verticalmente en el terreno.



La distancia entre las picas del anillo será superior a una vez y media la longitud de la pica.

Apoyo frecuentados (F)

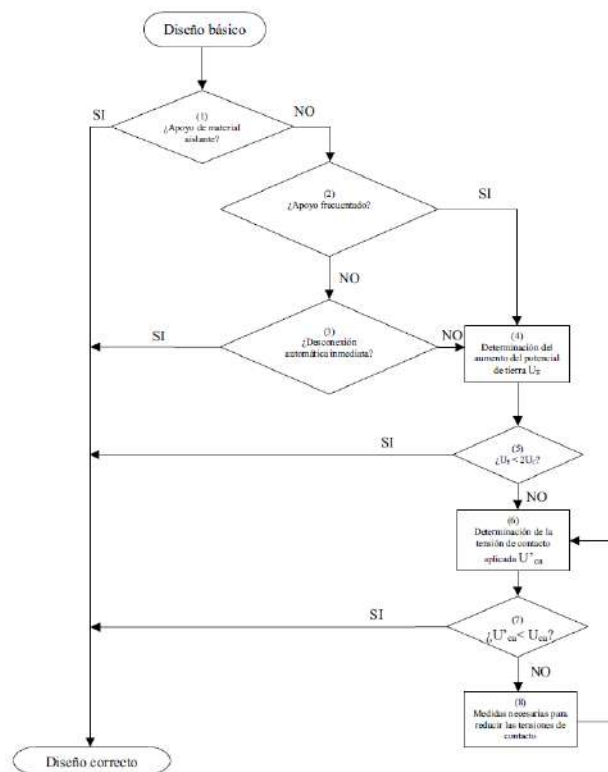
En este caso, se realizará para cada apoyo una toma de tierra igual que para el caso de los apoyos no frecuentados y se completará con la realización de un primer anillo y picas.

Si no fuese suficiente, para asegurar las tensiones de paso y contacto, se añadirá un segundo anillo y picas.

La distancia entre picas cumplirá con la vez y media su longitud.

9.14.4 Verificación del diseño del sistema de puesta a tierra

La verificación del diseño del sistema de puesta a tierra se realizará según establece el R.D. 223/2008 en su apartado 7.3.4.3 de la ITC-07.



Cuando se produce una falta a tierra, partes de la instalación se pueden poner en tensión, y en el caso de que una persona o animal estuviese tocándolas, podría circular a través de él una corriente peligrosa.

Los valores admisibles de la tensión de contacto aplicada, U_{ca} , según establece el R.D. 223/2008 en el apartado 7.3.4.1 de la ITC-07 a la que puede estar sometido el cuerpo humano entre la mano y los pies desnudos, en función de la duración de la corriente de falta, se muestra en la tabla siguiente:



Tabla 15.- Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta t_f

Duración de la corriente de falta, t_f (s)	Tensión de contacto aplicada admisible, U_{ca} (V)
0.05	735
0.10	633
0.20	528
0.30	420
0.40	310
0.50	204
1.00	107
2.00	90
5.00	81
10.00	80
>10.00	50

A efectos prácticos del proyecto, la verificación del sistema de puesta a tierra se realizará de la siguiente forma:

Apoyos no frecuentados: El tiempo de desconexión automática en las líneas de categoría especial es inferior a 1s por lo que según establece el R.D. 223/2008 en el apartado 7.3.4.3 de la ITC-LAT 07, en el diseño del sistema de puesta a tierra de estos apoyos no será obligatorio garantizar, a un metro de distancia del apoyo, valores de tensión de contacto inferiores a los valores admisibles. En definitiva, el diseño del sistema de puesta a tierra se considerará satisfactorio desde el punto de vista de la seguridad de las personas, sin embargo, el valor de la resistencia de puesta a tierra será lo suficientemente bajo para garantizar la actuación de las protecciones en caso de defecto a tierra. Se realizará la medida de la resistencia de puesta a tierra de todos sus apoyos.

Apoyos frecuentados: El diseño del sistema de puesta a tierra se podrá considerar correcto si la elevación del potencial de tierra, es menor que dos veces el valor admisible de la tensión de contacto U_c , considerando, en cada caso concreto, las resistencias adicionales que intervengan en el circuito de contacto. Si no fuese así se deberá comprobar mediante el empleo de un procedimiento de cálculo sancionado por la práctica que los valores de las tensiones de contacto aplicada, U'_{ca} , que se calcula, a un metro de distancia de la estructura, para la instalación proyectada en función de la geometría de la misma, de la corriente de puesta a tierra que considere y de la resistividad correspondiente al terreno, no superen, en las condiciones más desfavorables, los valores admisibles.

9.15 DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD DE LA LÍNEA AÉREA

Cuando las circunstancias lo requieran y se necesite efectuar cruzamientos o paralelismos, éstos se ajustarán a lo preceptuado los puntos 5 de la ITC-LAT 06 y 5 de la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008.

La seguridad en los cruzamientos en el tramo aéreo de la línea se reforzará con diversas medidas adoptadas a lo largo de la línea. Estas medidas se resumen a continuación:



- En las cadenas de suspensión se utilizarán grapas antideslizantes y en las cadenas de amarre grapas de compresión.
- El conductor y el cable de protección tienen una carga de rotura muy superior a 1.200 daN.

A continuación se indican la tabla base para determinar distancias y se detallan distintos casos de cruzamiento con las distancias de seguridad para este proyecto.

Tabla 16.- Distancias de aislamiento eléctrico para evitar descargas

Tensión más elevada de la red U_s (kV)	Del (m)	Dpp (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

9.15.1 Distancia entre conductores

La distancia entre los conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos debe ser tal que no haya riesgo alguno de cortocircuito entre fases, teniendo en presente los efectos de las oscilaciones de los conductores debidas al viento y al desprendimiento de la nieve acumulada sobre ellos.

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

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

- D es la separación entre conductores de fase del mismo circuito o circuitos distintos en metros.
- K es el coeficiente de la oscilación de los conductores con el viento. Los valores de las tangentes del ángulo de oscilación de los conductores viene dados, para cada caso de carga, por el cociente de la sobrecarga de viento dividida por el peso propio más la sobrecarga de hielo si procede según zona, por metro lineal del conductor, estando la primera determinada para una velocidad de viento de 120 km/h. En función de estos y de la tensión nominal de la línea se establecen unos coeficientes K. Los valores se tomarán de la siguiente tabla:



Tabla 17.- Coeficiente K en función del ángulo de oscilación

Ángulo de oscilación	Línea de tensión nominal superior a 30 kV	Línea de tensión nominal igual o inferior a 30 kV
>65	0,7	0,65
40<=x<=65	0,65	0,6
<40	0,6	0,55

- K': coeficiente que depende de la tensión nominal de la línea
 - K' = 0,85 para líneas de categoría especial
 - K' = 0,75 para el resto de líneas
- F: flecha máxima en metros, para la las hipótesis según el apartado 3.2.3.
- L: longitud en metros de la cadena de suspensión. En caso de cadenas de amarre o aisladores rígidos, L = 0.
- Dpp: Distancia mínima aérea especificada, para prevenir una descarga disruptiva entre conductores de fase durante sobretensiones de frente lento o rápido. Los valores de Dpp se indican dentro de la misma memoria en el apartado anterior, distancias de seguridad y dependen de la tensión más elevada de la línea.

El cálculo de separación entre conductores de fase, se calcula de tres formas diferentes, y seleccionar de entre los resultados obtenidos el más desfavorable, es decir, se debe introducir en la expresión de la distancia, cada una de las tres flechas máximas obtenidas junto con su correspondiente coeficiente K.

9.15.2 Distancia entre conductores y a partes puestas a tierra

Este apartado corresponde al punto 5.4.2 de la ITC-07 del R.D. 223/2008.

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

El valor de D_{el} viene indicado en la Tabla 16 en función de la tensión más elevada de la red, siendo D_{el} (para este caso en el que la tensión más elevada de la red es de 24 kV, según las exigencias de la empresa distribuidora) igual a 0,22 m.

En el caso de las cadenas de suspensión, se considerarán los conductores y la cadena de aisladores desviados bajo la acción de la mitad de la presión de viento correspondiente a un viento de velocidad 120 km/h.

A estos efectos se considerará la tensión mecánica del conductor sometido a la acción de la mitad de la presión de viento correspondiente a un viento de velocidad 120 km/h y a la temperatura de -5 ° C para zona A, de -10 ° C para zona B y de -15 ° C para zona C.



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

Este apartado corresponde al punto 5.5 de la ITC-07 del R.D. 223/2008.

La distancia mínima al terreno, senda, vereda o superficies de agua no navegables vendrá dada por la fórmula:

$$D_{add}+D_{el}=5,3+D_{el} \text{ (m)}$$

con un mínimo de 6 metros.

Los valores de D_{el} se indican en la Tabla 16 en función de la tensión más elevada de la línea, por tanto, la distancia mínima será de 6 m, pero se considera de 7 metros para la línea objeto del presente proyecto.

9.15.4 Distancias a líneas eléctricas aéreas o líneas de telecomunicación

Este apartado corresponde al punto 5.6 de la ITC-07 del R.D. 223/2008.

Las líneas de telecomunicación son consideradas como líneas de baja tensión.

En el cruce con líneas eléctricas, se situará a mayor altura la de tensión más elevada.

Se procurará que el cruce se efectúe en la proximidad de uno de los apoyos de la línea más elevada, atendiendo a los criterios que se exponen a continuación.

La distancia entre los conductores de la línea inferior y los elementos más próximos de los apoyos de la línea superior no será inferior al valor dado por la fórmula:

$$D_{add}+D_{el}=1,5+D_{el} \text{ (m)}$$

con un mínimo de:

2 metros para líneas de tensión hasta 45 kV.

3 metros para líneas de tensión superior a 45 kV y hasta 66 kV.

4 metros para líneas de tensión superior a 66 kV y hasta 132 kV.

5 metros para líneas de tensión superior a 132 kV y hasta 220 kV.

7 metros para líneas de tensión superior a 220 kV y hasta 400 kV.

Los valores D_{el} se indican en la tabla 15 de la ITC-LAT-07 en función de la tensión más elevada de la línea de inferior tensión.

La distancia vertical mínima entre los conductores de ambas líneas en las condiciones más desfavorables no será inferior al valor dado por la fórmula:

$$D_{add}+D_{pp} \text{ (m)}$$

Tomando el valor de D_{add} que corresponde para la tensión nominal de la línea según la tabla siguiente:



Tabla 18.- Distancias de aislamiento adicional

Tensión nominal de la red (kV)	D _{add} (m)	
	Para distancias del apoyo de línea superior al punto de cruce ≤25 m	Para distancias del apoyo de la línea superior al punto de cruce >25 m
De 3 a 30	1,8	2,5
45 o 66	2,5	
132	3,0	
220	3,5	
400	4	

La distancia mínima vertical entre fases en el punto de cruce resulta de 2,75 m para cruces con líneas iguales o inferiores a 24 kV, como tensión más elevada de la red.

Para el resto, se tendrá en cuenta la tensión de la línea que cruce.

9.15.5 Distancia a carretera

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

Para la Red de Carreteras del Estado, la instalación de apoyos se realizará preferentemente detrás de la línea límite de edificación y a una distancia a la arista exterior de la calzada superior a vez y media su altura. La línea límite de edificación es la situada a 50 metros en autopistas, autovías y vías rápidas, y a 25 metros en el resto de carreteras de la Red de Carreteras del Estado de la arista exterior de la calzada.

Para las carreteras no pertenecientes a la Red de Carreteras del Estado, la instalación de los apoyos deberá cumplir la normativa vigente de cada comunidad autónoma aplicable a tal efecto.

- Independientemente de que la carretera pertenezca o no a la Red de Carreteras del Estado, para la colocación de apoyos dentro de la zona de afección de la carretera, se solicitará la oportuna autorización a los órganos competentes de la Administración. Para la Red de Carreteras del Estado, la zona de afección comprende una distancia de 100 metros desde la arista exterior de la explanación en el caso de autopistas, autovías y vías rápidas, y 50 metros en el resto de carreteras de la Red de Carreteras del Estado.

En circunstancias topográficas excepcionales, y previa justificación técnica y aprobación del órgano competente de la Administración, podrá permitirse la colocación de apoyos a distancias menores de las fijadas.

9.15.6 Paso por zonas



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

Las condiciones más desfavorables son considerar los conductores y sus cadenas de aisladores en su posición de máxima desviación, es decir, sometidos a la acción de su peso propio y a una sobrecarga de viento, según apartado 3.1.2 de la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008, para una velocidad de viento de 120 km/h a la temperatura de +15 °C.

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

9.15.6.1 Bosques, árboles y masas de arbolado

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 de la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008.

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:

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

con un mínimo de 2 metros. Los valores de D_{el} se indican en el apartado 5.2 de la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008 y en la tabla 14 del presente proyecto, 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 de la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008.



- Para el cálculo de las distancias de seguridad entre el arbolado y los conductores extremos de la línea, se considerarán éstos y sus cadenas de aisladores en sus condiciones más desfavorables descritas en este apartado.

Igualmente deberán ser cortados todos aquellos árboles que constituyen un peligro para la conservación de la línea, entendiéndose como tales los que, por inclinación o caída fortuita o provocada puedan alcanzar los conductores en su posición normal, en la hipótesis de temperatura b) del apartado 3.2.3 de la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008. 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 limpios 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 nuestro caso se deberá cumplir una distancia de 2 m.

9.15.6.2 Edificios, construcciones y zonas urbanas

No son de aplicación las prescripciones especiales definidas en el apartado 5.3 de la ITC-LAT 07 del R.D. 223/2008.

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

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

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

$$D_{add} + D_{el} = 3,3 + D_{el} \text{ en metros,}$$

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: $5,5 + D_{el}$ en metros, con un mínimo de 6 metros.
- Sobre puntos no accesibles a las personas: $3,3 + D_{el}$ en metros, con un mínimo de 4 metros.

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

En nuestro caso se deberá cumplir una distancia de 5 metros.

9.16 NUMERACIÓN Y AVISO DE PELIGRO

En todos los apoyos se instalará una placa de señalización de riesgo eléctrico, donde se indicará la tensión de la línea (kV), el titular de la instalación y el número del apoyo. La placa se instalará a una altura del suelo de 3 m en la cara paralela o más cercana a los caminos o carreteras, para que pueda ser vista fácilmente.

Avd. de la Constitución,
34 1º
41001 Sevilla, España
+34 955 265 260

Avda- de España,
18 -2º ofic 1-A
10001 Cáceres, España

Edificio Castellana 81,
Planta 15ª
28046 Madrid, España
+34 619 208 294

Cra 12 #79-50 Ofi 701
Bogotá, Colombia
+57 318 683 4840

WWW.INGENOSTRUM.COM



ingenostrum.

Executing your renewable vision