

Este documento es copia del original firmado.

Se han ocultado datos personales en aplicación de la normativa vigente.

# red eléctrica

## PROYECTO DE EJECUCIÓN DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA A 220 kV DOBLE CIRCUITO

PUENTE SAN FERNANDO – SAN FERNANDO

SEPARATA DE AFECCIÓN A VÍAS PECUARIAS. CONSEJERÍA DE MEDIO  
AMBIENTE, ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y SOSTENIBILIDAD.

COMUNIDAD DE MADRID



## DOCUMENTO N° 1

### MEMORIA

<b>1</b>	<b>ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>OBJETO Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>TITULAR DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA LÍNEA .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO SUBTERRÁNEO .....</b>	<b>11</b>
<b>6.1</b>	<b>CABLE DE POTENCIA.....</b>	<b>11</b>
<b>6.2</b>	<b>TERMINALES .....</b>	<b>21</b>
<b>6.3</b>	<b>EMPALMES.....</b>	<b>29</b>
<b>6.4</b>	<b>PARARRAYOS.....</b>	<b>31</b>
<b>6.5</b>	<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA .....</b>	<b>32</b>
6.5.1	Conexión de pantallas a tierra.....	32
6.5.2	Cajas de puesta a tierra .....	33
<b>6.6</b>	<b>OBRA CIVIL .....</b>	<b>34</b>
6.6.1	Instalación tubular hormigonada .....	34
6.6.2	Cámaras de empalme .....	37
6.6.3	Arquetas de telecomunicaciones.....	38
6.6.4	Perforaciones dirigidas .....	40
6.6.5	Mandrilado.....	43
6.6.6	Señalización líneas subterráneas.....	44
<b>6.7</b>	<b>TENDIDO.....</b>	<b>48</b>
<b>6.8</b>	<b>COMUNICACIONES .....</b>	<b>55</b>
<b>6.9</b>	<b>ENSAYOS.....</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>CRUZAMIENTOS.....</b>	<b>57</b>
<b>7.1</b>	<b>NORMAS GENERALES SOBRE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS .....</b>	<b>57</b>

7.2	RELACIÓN CORRELATIVA DE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS .....	59
8	RELACIÓN DE MINISTERIOS, CONSEJERÍAS, ORGANISMOS Y EMPRESAS DE SERVICIO PÚBLICO AFECTADOS POR LA INSTALACIÓN DE LA LÍNEA .....	60
9	RELACIÓN DE AYUNTAMIENTOS .....	61

## 1 ANTECEDENTES Y FINALIDAD DE LA INSTALACIÓN

RED ELÉCTRICA, de conformidad con lo establecido en los artículos 6 y 34 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico como gestor de la red de transporte y transportista único con carácter de exclusividad, tiene atribuida la función de transportar energía eléctrica, así como construir, mantener y maniobrar las instalaciones de transporte.

RED ELÉCTRICA, en el ejercicio de las anteriores funciones, ha proyectado construir una línea subterránea de transporte de energía eléctrica, de doble circuito a 220 kV, con una longitud de 1,31 kilómetros, que conectará la subestación Puente de San Fernando, situada en el término municipal de San Fernando de Henares (Madrid), con la subestación de San Fernando (Madrid), que formará parte de la red de transporte de energía eléctrica en alta tensión en los términos establecidos en la citada Ley 24/2013.

La citada línea eléctrica se encuentra en el documento denominado “Planificación Energética. Plan de Desarrollo de la Red de Transporte de Energía Eléctrica 2015-2020”, aprobado por el Consejo de Ministros de 16 de octubre de 2015. Dicha instalación está incluida en la citada Planificación con el nombre “Puente San Fernando – San Fernando”. La citada Planificación eléctrica es vinculante para RED ELÉCTRICA como sujeto que actúa en el sistema eléctrico y en su elaboración las Comunidades Autónomas han participado en las propuestas de desarrollo de la red de transporte de energía eléctrica, en cumplimiento de lo dispuesto en la referida Ley 24/2013 de 26 de diciembre y en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

Este proyecto ha sido autorizado con fecha 4 de octubre de 2024, por Resolución de la Dirección General de Transición Energética y Economía Circular sobre autorización administrativa y aprobación del proyecto para la instalación de 1 línea subterránea de 220 kV en doble circuito denominada SAN FERNANDO-PUENTE SAN FERNANDO ubicada en C/. ALBAÑILES, S/N en el término municipal de SAN FERNANDO DE HENARES, en el expediente 2018P33 - 14-0141-00033.7/2018.

Con fecha 5 de junio de 2020 y ref. 10/180165.9/20 a la vista del informe técnico del Área de Evaluación Ambiental elevado por la Subdirección General de Impacto Ambiental, se emitió informe por la extinta Dirección General de Sostenibilidad y Cambio Climático de la

Comunidad de Madrid (SEA 9.7/20), en el que se resuelve la no necesidad de tramitación de los procedimientos de evaluación de impacto ambiental establecidos en el artículo 7 de la Ley 21/2013 de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.

## 2 OBJETO Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA

A los efectos previstos en la citada Ley 24/2013, y en el Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, constituye el objeto de este Proyecto de Ejecución justificar la solicitud de autorización para el cruce subterráneo de una línea eléctrica bajo la **Vereda del Sedano** (código de vía pecuaria 2813002), situada en el término municipal de San Fernando de Henares, conforme a lo estipulado en el Decreto 7/2021 de enero, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de Vías Pecuarias de la Comunidad de Madrid, asegurando en todo momento la conservación de los usos y funciones de la vía pecuaria.

### 3 TITULAR DE LA INSTALACIÓN

El domicilio Social del Titular es:

**RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U.**

Paseo del Conde de los Gaitanes, 177

28.109 – Alcobendas (Madrid)

Y a efectos de notificación en:

**RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA, S.A.U.**

Paseo del Conde de los Gaitanes, 177

28.109 – Alcobendas (Madrid)

#### 4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA LÍNEA

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

- Sistema..... Corriente alterna trifásica
- Frecuencia ..... 50 Hz
- Tensión nominal de la red: U (U<sub>m</sub>) ..... 220 kV
- Origen de la línea de alta tensión ..... SE Puente San Fernando
- Final de la línea de alta tensión ..... SE San Fernando
- Nº de circuitos ..... 2
- Factor de carga..... 100 %
- Capacidad de transporte por circuito ..... 440,9 MVA
- Nº de cables por fase..... 1
- Tipo de cable .....

  - Cable 220 RHE-RA+2OL 1x2500M+T375Al (SE Puente San Fernando- CE)
  - Cable 220 RHZ1-RA+2OL(AS) 1x2000M+T375Al (CE – SE San Fernando)

- Cortocircuito en la pantalla
  - Intensidad de cc a soportar ..... 50 kA
  - Duración del cortocircuito..... 0,5 s
  - Temperatura inicial / final en la pantalla ..... 80 / 250 °C
- Disposición de los cables..... Tresbolillo
- Tipo de canalización ..... Zanja entubada hormigonada  
..... Perforación horizontal dirigida
- Profundidad máxima canalización ..... 1,45 m en zanja  
..... 14,3 m en el centro de vaina en perforación horizontal dirigida.
- Conexión de pantallas ..... Doble Single Point
- Origen línea subterránea ..... Terminales exteriores
- Nº unidades terminales origen..... 6
- Final línea subterránea ..... Terminales GIS
- Nº unidades terminales final de línea ..... 6
- Empalmes ..... Seccionados

-Nº de empalmes ..... 6  
-Longitud de la línea subterránea (zanja) ..... 1,31 km (1,23 km)  
-Provincias afectadas:  
Madrid (Término Municipal de San Fernando de Henares) ..... 1,31 km (1,23 km)

## 5 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO DE LA LÍNEA

El trazado de la línea subterránea comienza en los terminales exteriores ubicados en la subestación de Puente de San Fernando de 220 kV discurriendo en dirección sureste hacia las vías de ferrocarril aproximadamente 200 metros. A unos 35 metros antes de llegar a las vías de ferrocarril se inician las perforaciones dirigidas que permitirán cruzar dichas vías hasta llegar al foso de salida de la perforación que se ubica a unos 95 metros una vez cruzadas las vías de ferrocarril en dirección sureste.

Pasada la perforación dirigida se continua en zanja subterránea por el camino existente unos 150 metros y se gira 90° hacia el este continuando en paralelo por el mencionado camino hasta llegar a la rotonda y siguiendo por la Avenida Astronomía hasta llegar al cruce con la calle Albañiles. Es en este punto en el paso de la rotonda donde se ubica la Vereda del Sedano.

La línea vuelve a girar 90° hacia el sur para coger la calle Albañiles donde empieza a discurrir en paralelo, desde este punto hasta la subestación de San Fernando, con los futuros circuitos a 220 kV Ardoz-San Fernando y Algete-San Fernando, objeto de otro proyecto de ejecución. Los circuitos discurren en este tramo paralelos a la acera del margen derecho (sentido línea) de la calle Albañiles aproximadamente 150 metros. A esta altura de la calle Albañiles la línea gira 90° hacia la derecha, en el sentido de la línea, para recorrer por una parcela de labor unos 120 metros aproximadamente hasta alcanzar la futura subestación GIS de San Fernando.

## 6 CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO SUBTERRÁNEO

### 6.1 CABLE DE POTENCIA

Los cables aislados de 127/220 kV requeridos para el presente tramo subterráneo son los siguientes:

#### Tramo SE Puente San Fernando – Cámara de empalme

**RHE-RA+2OL 127/220 kV 1x2500M + T375AI:** Cable aislado de aislamiento XLPE 127/220 kV de cobre con tratamiento especial (oxidado o parcialmente esmaltado), cuerda tipo Milliken 1x2500 mm<sup>2</sup> de sección con doble obturación longitudinal en conductor y pantalla, protección radial y pantalla constituida por tubo de aluminio soldado a tope de 375 mm<sup>2</sup> de sección y cubierta exterior de polietileno de alta densidad (HDPE) con capa exterior semiconductora extrusionada conjuntamente con la cubierta, características mecánicas tipo DME1 y sin propiedades especiales ante la reacción al fuego.

#### Características eléctricas

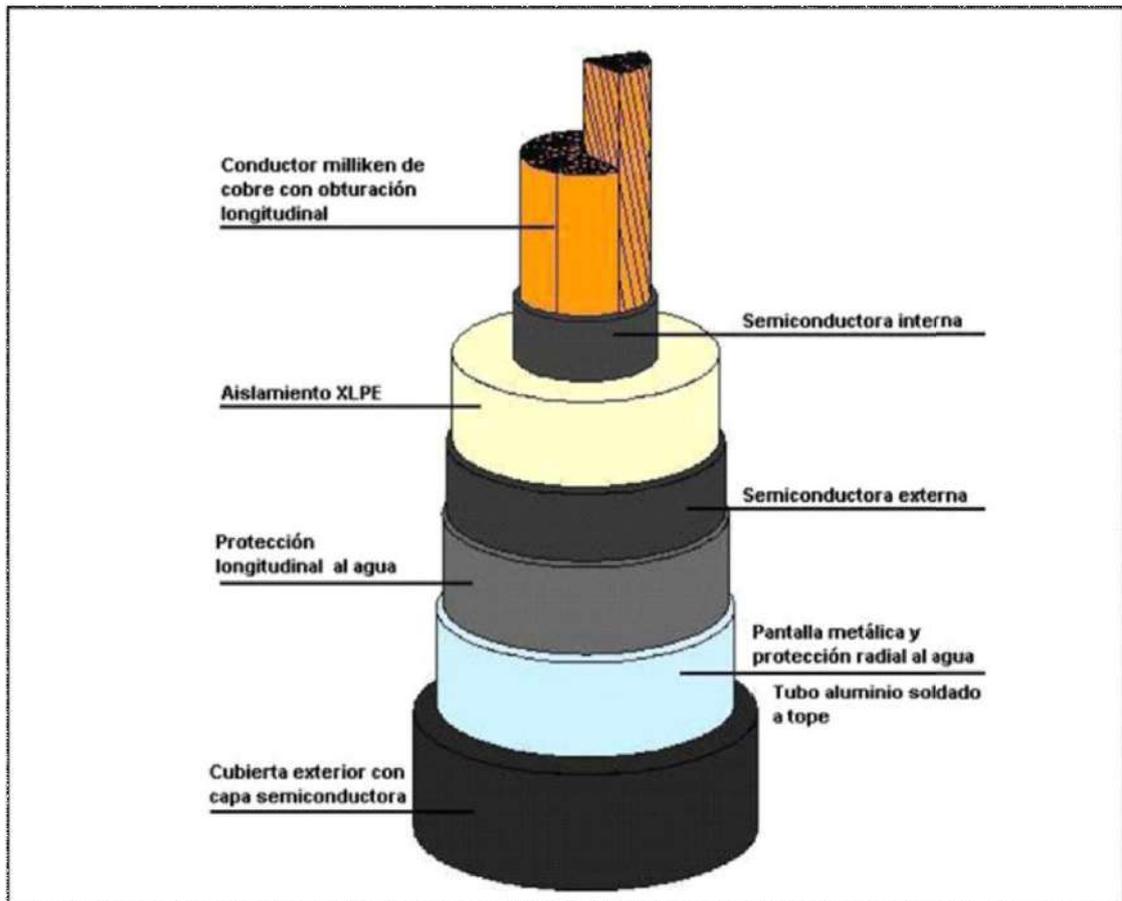
Corriente.....	Alterna trifásica
Frecuencia.....	50 Hz
Tensión asignada.....	220 kV
Tensión más elevada del material.....	245 kV
Categoría de la red.....	A (Según UNE 20435)
Tensión soportada a impulso tipo rayo.....	1050 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial (30 min).....	318 kV
Intensidad máxima admisible de cortocircuito en conductor.....	≥50 kA
• Duración del cortocircuito 0,5 s	
• Temperatura inicial 90 °C	
• Temperatura final 250 °C	
Intensidad máxima admisible de cortocircuito en pantalla.....	≥50 kA
• Duración del cortocircuito 0,5 s	
• Temperatura inicial 80 °C	
• Temperatura final 250 °C	

Resistencia en continua a 20 °C del conductor.....	≤ 7,2 uΩ/m
Gradiente eléctrica semiconductor interna.....	≤ 9 kV/mm
Gradiente eléctrico semiconductor externa.....	≤ 5 kV/mm
Capacidad nominal.....	≤ 0,29 uF/km

## Composición

La composición general de los cables aislados con pantalla constituida por tubo de aluminio para tensión nominal de 220 kV es la que se muestra a continuación:

- Conductor: sección circular de cobre de cuerda segmentada tipo Milliken con obturación frente al agua mediante cuerda o cinta de material hidrófilo.
- Semiconductor interna: capa extrusionada de material semiconductor.
- Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE) super clean.
- Semiconductor externa: capa extrusionada de material semiconductor.
- Protección longitudinal al agua: cinta hinchable de estanqueidad colocada antes de la pantalla.
- Pantalla y protección radial al agua: Tubo de aluminio soldado a tope y adherido a la cubierta.
- Cubierta de polietileno de alta densidad (HDPE) de color diferente de negro con capa exterior semiconductor de color negro extrusionada conjuntamente con la cubierta. Características mecánicas DME1 y sin propiedades especiales ante la reacción al fuego para instalación entubada.



**Características constructivas**

• CONDUCTOR

- Material..... hilos de cobre oxidados o parcialmente esmaltados
- Sección..... 2500 mm<sup>2</sup>
- Tipo: Cuerda segmentada Milliken 5 o 6 segmentos clase 2 con obturación frente al agua mediante cuerda o cinta de material hidrófilo. No se permite la obturación mediante polvos
- Diámetro nominal aprox..... 64,4 mm

• SEMICONDUCTORA INTERNA

- Material..... capa extruida de material semiconductor
- Espesor nominal.....  $E_{nom} \geq 2 \text{ mm}$
- Espesor medio.....  $E_{med} \geq E_{nom}$

- AISLAMIENTO

- Material..... polietileno reticulado (XLPE) super clean
- Espesor nominal.....  $E_{nom} \geq 21 \text{ mm}$
- Espesor medio.....  $E_{med} \geq E_{nom}$
- Espesor mínimo absoluto en cualquier punto.....  $\geq 0,9 \times E_{nom}$
- Excentricidad.....  $\frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max}} \leq 0,10$
- Tg  $\delta$ .....  $\leq 0,0008$
- Temperatura máxima admisible en régimen permanente.....  $90 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura máxima admisible en cortocircuito.....  $250 \text{ }^\circ\text{C}$

- SEMICONDUCTORA EXTERNA

- Material..... capa extruida de material semiconductor
- Espesor nominal.....  $E_{nom} \geq 1,5 \text{ mm}$
- Espesor medio.....  $E_{med} \geq E_{nom}$

El método de fabricación será por triple extrusión simultánea mediante cabezal triple y reticulación en seco de:

- Semiconductor interna.
- Aislamiento.
- Semiconductor externa.

- PROTECCIÓN LONGITUDINAL AL AGUA

La pantalla metálica se obturará para evitar la propagación longitudinal del agua. Esta obturación se realizará debajo de la pantalla metálica y su diseño deberá cumplir el ensayo de penetración de agua según norma UNE 211067 y sus materiales deberán ser compatibles con el resto de materiales que esté en contacto.

- PANTALLA Y PROTECCIÓN RADIAL AL AGUA

- Material..... Tubo de aluminio soldado a tope
- Sección mínima .....  $375 \text{ mm}^2$

- CUBIERTA EXTERIOR

- Material: Cubierta de polietileno de alta densidad (HDPE) de color gris con capa exterior semiconductora de color negro extrusionada conjuntamente con la cubierta.

- Color cubierta..... gris

- Color capa exterior semiconductora..... negro

- Espesor nominal.....  $\geq 4,5$  mm

- Espesor medio.....  $E_{med} \geq E_{nom}$

- Espesor mínimo absoluto en cualquier punto.....  $\geq 0,85 \times E_{nom} - 0,1$  mm

- Características mecánicas..... DME1

- Propiedades ante la reacción al fuego..... Clase mínima  $F_{ca}$

- CARACTERÍSTICAS CABLE TERMINADO

- Diámetro exterior nominal aprox..... 130,6 mm

- Peso aprox..... 33,9 kg/m

- CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

- Radio curvatura mínimo:

- Durante el tendido

- ◆ Directamente enterrado o al aire..... 4,0 m

- ◆ En banco de tubos..... 12,5 m

- En instalación definitiva..... 2,7 m

- Esfuerzo máximo de tiro..... 10.000 kg

## Tramo cámara de empalme – SE San Fernando

**RHZ1-RA+2OL(AS) 127/220 kV 1x2000 mm<sup>2</sup> + T375AI:** Cable aislado de aislamiento XLPE 127/220 kV de cobre con tratamiento especial (oxidado o parcialmente esmaltado), cuerda tipo Milliken 1x2000 mm<sup>2</sup> de sección con doble obturación longitudinal en conductor y pantalla, protección radial y pantalla constituida por tubo de aluminio soldado a tope de 375 mm<sup>2</sup> de sección y cubierta exterior de poliolefina (Z1) con capa exterior semiconductora extrusionada conjuntamente con la cubierta, características mecánicas tipo DMZ2 y con propiedades especiales ante la reacción al fuego (AS).

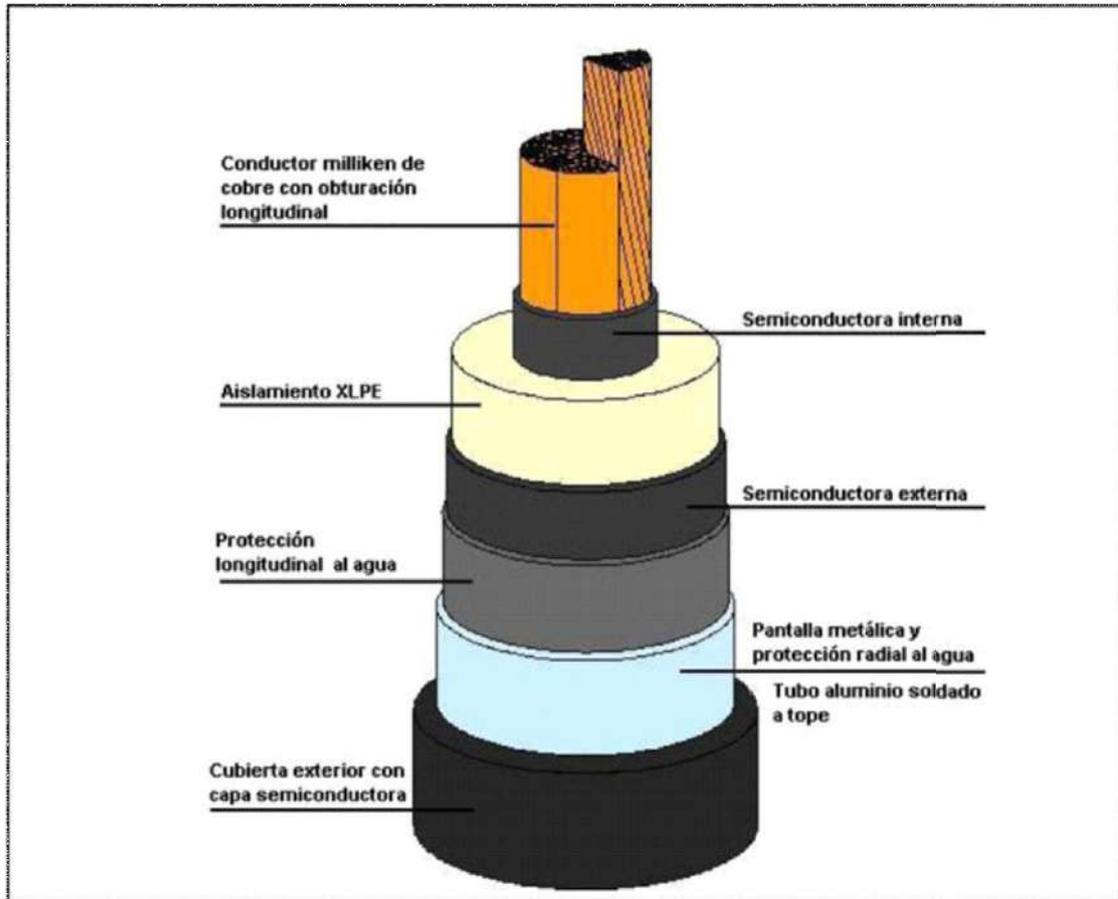
### **Características eléctricas**

Corriente.....	Alterna trifásica
Frecuencia.....	50 Hz
Tensión asignada.....	220 kV
Tensión más elevada del material.....	245 kV
Categoría de la red.....	A (Según UNE 20435)
Tensión soportada a impulso tipo rayo.....	1050 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial (30 min).....	318 kV
Intensidad máxima admisible de cortocircuito en conductor.....	≥50 kA
• Duración del cortocircuito 0,5 s	
• Temperatura inicial 90 °C	
• Temperatura final 250 °C	
Intensidad máxima admisible de cortocircuito en pantalla.....	≥50 kA
• Duración del cortocircuito 0,5 s	
• Temperatura inicial 80 °C	
• Temperatura final 250 °C	
Resistencia en continua a 20 °C del conductor.....	≤ 9 uΩ/m
Gradiente eléctrica semiconductora interna.....	≤ 9 kV/mm
Gradiente eléctrico semiconductora externa.....	≤ 5 kV/mm
Capacidad nominal.....	≤ 0,27 uF/km

## Composición

La composición general de los cables aislados con pantalla constituida por tubo de aluminio para tensión nominal de 220 kV es la que se muestra a continuación:

- Conductor: sección circular de cobre de cuerda segmentada tipo Milliken con obturación frente al agua mediante cuerda o cinta de material hidrófilo.
- Semiconductora interna: capa extrusionada de material semiconductor.
- Aislamiento: polietileno reticulado (XLPE) super clean.
- Semiconductora externa: capa extrusionada de material semiconductor.
- Protección longitudinal al agua: cinta hinchable de estanqueidad colocada antes de la pantalla.
- Pantalla y protección radial al agua: Tubo de aluminio soldado a tope y adherido a la cubierta.
- Cubierta de poliolefina (Z1) de color gris con capa exterior semiconductora de color negro extrusionada conjuntamente con la cubierta. Características mecánicas DMZ2 y con propiedades especiales ante la reacción al fuego (AS) para instalación en galería, sótano GIS y enlaces transformadores.



## Características constructivas

### CONDUCTOR

- Material..... hilos de cobre oxidados o parcialmente esmaltados
- Sección..... 2000 mm<sup>2</sup>
- Tipo: Cuerda segmentada Milliken 5 o 6 segmentos clase 2 con obturación frente al agua mediante cuerda o cinta de material hidrófilo. No se permite la obturación mediante polvos
- Diámetro nominal aprox..... 56,6 mm

### SEMICONDUCTORA INTERNA

- Material..... capa extruida de material semiconductor
- Espesor nominal.....  $E_{nom} \geq 2 \text{ mm}$
- Espesor medio.....  $E_{med} \geq E_{nom}$

## AISLAMIENTO

- Material..... polietileno reticulado (XLPE) super clean
- Espesor nominal.....  $E_{nom} \geq 21 \text{ mm}$
- Espesor medio.....  $E_{med} \geq E_{nom}$
- Espesor mínimo absoluto en cualquier punto.....  $\geq 0,9 \times E_{nom}$
- Excentricidad.....  $\frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max}} \leq 0,10$
- Tg  $\delta$ .....  $\leq 0,0008$
- Temperatura máxima admisible en régimen permanente.....  $90 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatura máxima admisible en cortocircuito.....  $250 \text{ }^\circ\text{C}$

## SEMICONDUCTORA EXTERNA

- Material..... capa extruida de material semiconductor
- Espesor nominal.....  $E_{nom} \geq 1,5 \text{ mm}$
- Espesor medio.....  $E_{med} \geq E_{nom}$

El método de fabricación será por triple extrusión simultánea mediante cabezal triple y reticulación en seco de:

- Semiconductor interna.
- Aislamiento.
- Semiconductor externa.

## PROTECCIÓN LONGITUDINAL AL AGUA

La pantalla metálica se obturará para evitar la propagación longitudinal del agua. Esta obturación se realizará debajo de la pantalla metálica y su diseño deberá cumplir el ensayo de penetración de agua según norma UNE 211067 y sus materiales deberán ser compatibles con el resto de materiales que esté en contacto.

## PANTALLA Y PROTECCIÓN RADIAL AL AGUA

- Material..... Tubo de aluminio soldado a tope
- Sección mínima .....  $375 \text{ mm}^2$

## CUBIERTA EXTERIOR

- Material: Cubierta de poliolefina (Z1) de color gris con capa exterior semiconductora de color negro extrusionada conjuntamente con la cubierta.
- Color cubierta..... gris
- Color capa exterior semiconductora..... negro
- Espesor nominal.....  $\geq 4,5$  mm
- Espesor medio.....:  $E_{med} \geq E_{nom}$
- Espesor mínimo absoluto en cualquier punto.....  $\geq 0,85 \times E_{nom} - 0,1$  mm
- Características mecánicas..... DMZ2
- Propiedades ante la reacción al fuego..... Clase mínima B2ca-s1b,d2,a1

## CARACTERÍSTICAS CABLE TERMINADO

- Diámetro exterior nominal aprox..... 122,0 mm
- Peso aprox..... 27,9 kg/m

## CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

- Radio curvatura mínimo:
  - Durante el tendido
    - Directamente enterrado o al aire..... 3,7 m
    - En banco de tubos..... 12,5 m
  - En instalación definitiva..... 2,5 m
- Esfuerzo máximo de tiro..... 10.000 kg

## 6.2 TERMINALES

### TERMINAL TIPO GIS

Los terminales tipo GIS serán terminales del tipo seco. Este tipo de terminal tiene un componente de control de campo eléctrico en contacto con la barrera aislante (aislador) que sirve de separación entre el gas de la celda GIS y el aislamiento del cable. El terminal del cable no requiere ningún fluido aislante en su interior.

Los terminales tipo GIS deberán cumplir con la norma IEC 62271-209 con objeto de poder establecer una intercambiabilidad entre el terminal del cable y la celda GIS a la que se conecte, así como fijar los límites del suministro entre el fabricante del terminal del cable y el fabricante de la celda GIS.

#### Características eléctricas

Corriente .....	Alterna trifásica
Frecuencia .....	50 Hz
Tensión asignada .....	220 kV
Tensión más elevada para el material .....	245 kV
Categoría de la red .....	A (según UNE 20435)
Tensión soportada a impulso tipo rayo .....	1050 kV

Intensidad máxima admisible de cortocircuito:

- En conductor:  $\geq 50$  kA
- Duración del cortocircuito: 0,5 s
- Temperatura inicial: 90 °C
- Temperatura final: 250 °C

Intensidad máxima admisible de cortocircuito:

- En pantalla:  $\geq 50$  kA
- Duración del cortocircuito: 0,5 s
- Temperatura inicial: 80 °C
- Temperatura final: 250 °C

La capacidad de transporte, así como la corriente de cortocircuito soportada deberá ser al

menos igual a la del cable de la instalación a la que va destinado.

### **Características constructivas**

- **DIMENSIONES**

Las dimensiones del terminal de cable se ajustarán a las indicadas en la figura 5 de la norma IEC 62271-209.

- **SUMINISTRO**

En el suministro del terminal del cable se incluirán todas las piezas y pequeño material necesario para su confección (masillas, cintas, etc.,) así como el cable de unión de la pantalla del cable con las cajas de puesta a tierra.

Cualquier desviación de la norma IEC 62271-209, tanto en las dimensiones de los elementos que componen el terminal como en el alcance del suministro, deberán someterse a aprobación de REE.

- **COMPOSICIÓN**

El conector del terminal del cable con la celda GIS deberá cumplir con las dimensiones indicadas en la figura 5 de la norma IEC 62271-209 correspondiente a los terminales tipo seco.

El conector del terminal estará embebido en un aislador de resina epoxy. Este aislador servirá de barrera aislante entre el gas SF6 de la celda GIS y el interior del terminal del cable. El terminal deberá estar diseñado con un sistema de estanqueidad que asegure que no haya contaminación por penetración de gas SF6 en el interior del terminal.

El terminal del cable deberá estar diseñado para soportar la presión del gas SF6 de la celda GIS según establece la norma IEC 62271-209 en los apartados 5.6 y 6. Igualmente, cada terminal se ensayará en fábrica según se establece en el apartado 8 de la norma IEC 62271-209.

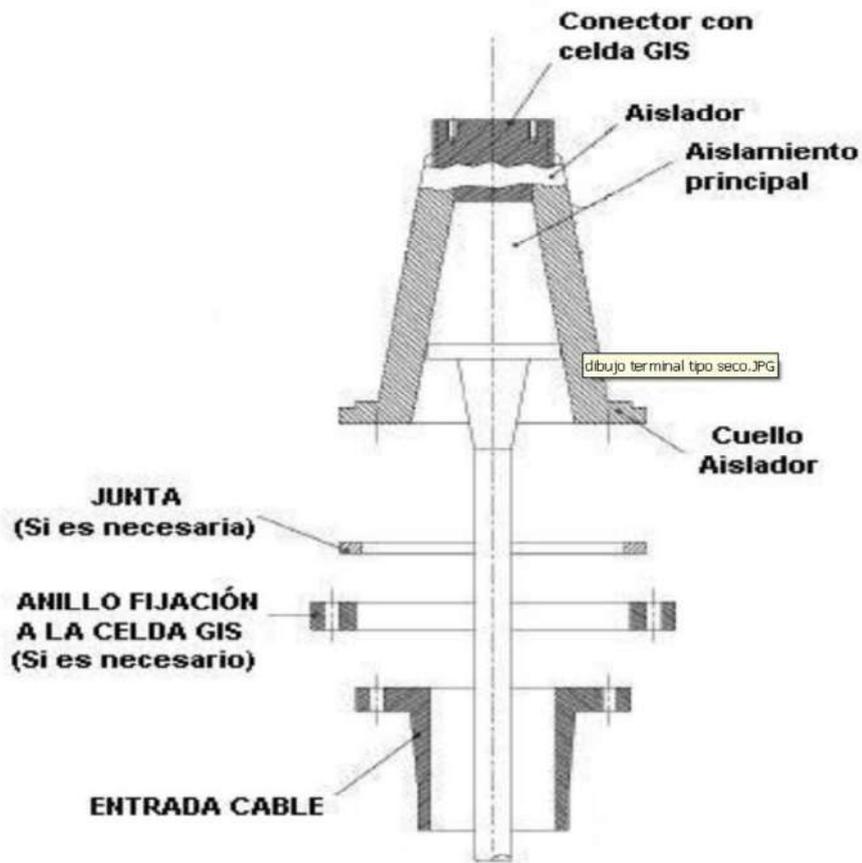
El interior del terminal no deberá estar relleno de ningún fluido.

El aislamiento principal del terminal será premoldeado constituido por una única pieza, normalmente en forma de cono. El material será de alta constante dieléctrica y su función es distribuir el campo eléctrico del cable a lo largo del terminal. La presión contra el cable se mantendrá mediante la memoria elástica de los materiales empleados.

El terminal deberá estar diseñado para soportar los esfuerzos térmicos y electrodinámicos durante el funcionamiento normal y en las condiciones de cortocircuito especificadas para el cable correspondiente.

Los terminales deberán estar diseñados de forma que permitan la instalación de descargadores entre la base del terminal que interiormente estará conectada a la pantalla del cable y la puesta a tierra de la subestación con objeto de poder realizar un sistema de conexionado de pantallas de los cables tipo "single-point". En este caso el descargador se deberá instalar en una caja de puesta a tierra, para evitar contactos accidentales con los puntos en tensión de las pantallas, realizándose la conexión de dicha caja con las pantallas de los cables mediante cable de tierra aislado a 10 kV.

A continuación, se muestra un croquis con las partes básicas que deberá tener el terminal:



## Pruebas y ensayos

Los terminales tipo GIS deberán cumplir con los ensayos y requerimientos fijados por las siguientes normas:

- Terminales tipo GIS 220 kV:  
IEC 62067: "Cables de potencia con aislamiento extruido y sus accesorios, de tensión asignada superior a 150 kV ( $U_m=170\text{kV}$ ) hasta 500 kV ( $U_m=550\text{kV}$ ). Requisitos y métodos de ensayo."

## TERMINALES TIPO EXTERIOR

La conexión del cable con la aparatada de las subestaciones tipo intemperie y con los apoyos de transición se realizará mediante una botella terminal de tipo exterior unipolar por fase. En todo caso, se instalarán en soportes metálicos individuales diseñados específicamente para su instalación.

Las características técnicas de las botellas terminales tipo exterior serán compatibles con los cables en los que se instalen, así como con el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación a la que van destinados.

El terminal deberá estar diseñado para soportar los esfuerzos térmicos y electrodinámicos durante el funcionamiento normal y en las condiciones de cortocircuito especificadas para el cable.

Los terminales tipo exterior deberán cumplir con los ensayos y requerimientos fijados por las siguientes normas:

- IEC 62067: "Cables de potencia con aislamiento extruido y sus accesorios, de tensión asignada superior a 150 kV ( $U_m=170kV$ ) hasta 500 kV ( $U_m=550$  kV). Requisitos y métodos de ensayo".

### Características eléctricas

Corriente .....	Alterna trifásica
Frecuencia nominal .....	50 Hz
Tensión asignada .....	220 kV
Tensión más elevada para el material.....	245 kV
Categoría de la red .....	A (según UNE 20435)
Tensión soportada a impulso tipo rayo .....	1.050 kV
Tensión soportada a frecuencia industrial (30 min.) .....	318 kV
Intensidad admisible en cortocircuito:	

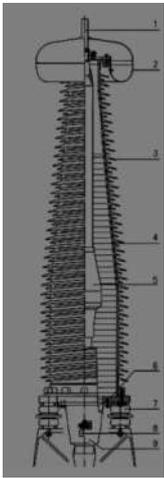
Intensidad máxima admisible de cortocircuito:

- En conductor:  $\geq 50$  kA
- Duración del cortocircuito: 0,5 s
- Temperatura inicial: 90 °C
- Temperatura final: 250 °C

Intensidad máxima admisible de cortocircuito:

- En pantalla:  $\geq 50$  kA
- Duración del cortocircuito: 0,5 s
- Temperatura inicial: 80 °C
- Temperatura final: 250 °C

### Composición

<ol style="list-style-type: none"><li>1. Vástago de conexión aérea</li><li>2. Deflector de tensión (aluminio)</li><li>3. Aislador exterior</li><li>4. Fluido aislante de relleno</li><li>5. Cono premoldeado de control de campo</li><li>6. Base soporte (aluminio)</li><li>7. Aisladores soporte cerámicos</li><li>8. Conexión toma de tierra</li><li>9. Boca de entrada de cable</li></ol>	
--	--

### CONEXIÓN AÉREA

El diámetro y material de la borna de conexión deberá estar dimensionada para soportar la corriente de cortocircuito del conductor, así como los esfuerzos termodinámicos tanto en el funcionamiento normal del cable como en cortocircuito.

Tipo de boma de conexión .....	Varilla cilíndrica de aluminio
Deflector de tensión .....	Aluminio
Anillo antiefluvios .....	Aluminio



## BASE SOPORTE

Placa de conexión.....	Aluminio
Pernos de fijación.....	Acero inoxidable
Aisladores soporte .....	cerámicos

La base soporte se fijará con tornillos a la chapa de sujeción del terminal exterior instalada en la parte superior del soporte del terminal en el caso de subestaciones tipo intemperie o en la plataforma de los apoyos de bajada a subterráneo.

## BOCA DE ENTRADA

Deberá proporcionar suficiente protección mecánica de la unión en el funcionamiento normal del cable, en cortocircuito y durante los procesos de montaje.

Se dispondrá de los dispositivos necesarios para garantizar la estanqueidad de la entrada del cable en el terminal.

Estará provista de la correspondiente conexión de toma de tierra que permita conectar a tierra directamente o a través de un descargador la pantalla de los cables. Así mismo la toma de tierra debe ser accesible para permitir su desmontaje en caso de necesidad.

### 6.3 EMPALMES

Las características técnicas de los empalmes con seccionamiento de pantallas deberán ser compatibles con los cables que unen, así como con el sistema subterráneo global y condiciones de operación de la instalación a la que van destinados.

Los empalmes serán premoldeados. Los empalmes deberán ser probados en fábrica previamente al montaje para cada instalación en particular. Proporcionarán al menos las mismas características eléctricas y mecánicas que los cables que unen, teniendo al menos la misma capacidad de transporte, mismo nivel de aislamiento, corriente de cortocircuito, protección contra entrada de agua, protección contra degradación, etc.

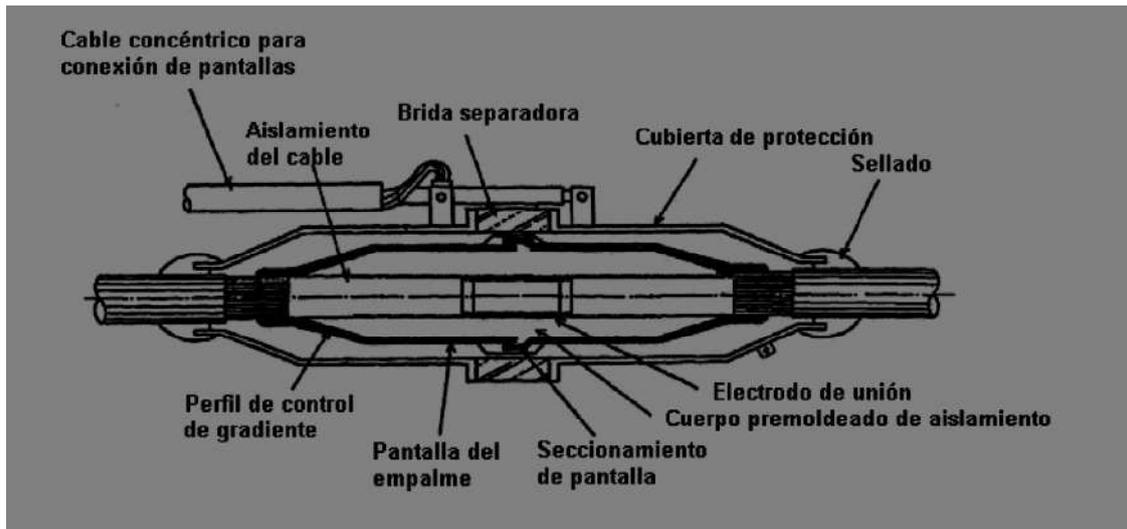
Cada juego de empalmes se suministrará con todos los accesorios y pequeño material necesarios para la confección y conexionado de pantallas.

Los empalmes deberán cumplir con los ensayos y requerimientos fijados por las siguientes normas:

- Empalmes 220 kV:  
IEC 62067: "Cables de potencia con aislamiento extruido y sus accesorios, de tensión asignada superior a 150 kV ( $U_m=170\text{kV}$ ) hasta 500 kV ( $U_m=550\text{ kV}$ ). Requisitos y métodos de ensayo".

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

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



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

1. Tipo de construcción del cable.
2. Dimensiones (diámetro, área, excentricidades, tolerancias máximas).
3. Temperatura máxima de operación (tanto en continuo como bajo sobrecargas y cortocircuito).
4. Aislamiento y capas semiconductoras (compatibilidad física y química).
5. Esfuerzos mecánicos y de cortocircuito.
6. Gradiente máximo de campo eléctrico.
7. Tipo de instalación a la que se destina.

#### **6.4 PARARRAYOS**

Con objeto de proteger los cables contra las sobretensiones provocadas por descargas atmosféricas se instalará una autoválvula o pararrayos en los extremos de los cables unipolares, en caso de terminal exterior.

La autoválvula será de óxido de zinc como elemento activo.

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

El aislador de la autoválvula será polimérico.

## 6.5 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

### 6.5.1 Conexionado de pantallas a tierra

El plano 5147L005 “Esquema de conexionado de las pantallas” se encuentra indicado el sistema de puesta a tierra del tramo subterráneo.

La longitud de los tramos se describe en la tabla siguiente:

INICIO	FINAL	TIPO CABLE	LONGITUD (m)	TIPO P.A.T.
SE Puente de San Fernando	Cámara de empalme	CABLE 220 kV - 2500Cu+T375 - terminal P-IV	596	Single Point
Cámara de empalme	SE San Fernando	CABLE 220 kV - 2000Cu+T375 - terminal P-IV (AS)	644	Single Point

Tabla 1. Longitud de tramos.

Se instalarán dos cables de cobre aislado 0,6/1 kV en cada tramo con conexión de pantallas tipo Single-Point con la siguiente sección:

Tensión nominal de la red $U_n$ (kV)	Intensidad cortocircuito (kA)	Sección cable equipotencial Single-Point (mm <sup>2</sup> )
220	50	240

Tabla 2. Longitud de tramos.

### 6.5.2 Cajas de puesta a tierra

Son cajas de conexión con envoltura estanca en tapa atornillable de acero inoxidable para instalaciones enterradas bien sea directamente o en tubulares.

En el interior de las cajas, las conexiones a tierra se realizarán mediante pletinas desmontables de latón, ya sea directamente a tierra o a través de los correspondientes limitadores de tensión de pantalla (LTP) de óxido metálico conectados a tierra.

Con objeto de evitar posibles problemas de sobretensiones transitorias de maniobra en las pantallas de los cables, en los terminales tipo GIS se realizará una conexión directa a tierra de las pantallas metálicas de los cables de cada circuito mediante una caja tripolar de puesta a tierra directa, situándose en el soporte metálico de sujeción de los cables en su subida desde el sótano a la sala GIS.

En subestaciones tipo intemperie se instalará en cada soporte metálico de los terminales tipo exterior una caja unipolar de puesta a tierra directa o a través de descargador según se indique en el plano 5147L005 "Esquema de conexionado de las pantallas".

Las cajas de puesta a tierra de los empalmes se instalarán en el interior de las cámaras de empalme. Por este motivo deberán estar diseñadas para soportar las siguientes solicitaciones con objeto de asegurar, cuando se produce un defecto interno o externo, que las cajas de puesta a tierra no se rompen en trozos de material en forma de proyectiles que puedan dañar el resto de elementos instalados en la propia cámara (cable, otros empalmes, etc.):

- Defecto de arco interno: 40 kA 0,1 s
- Corriente de cortocircuito monofásica: 50 kA 0,5 s.

Además se pondrán a tierra todos los soportes metálicos de sujeción de cables o terminales. El cable de tierra que conecta los terminales o empalmes con las cajas de puesta tierra no podrá tener una longitud superior a 10 metros.

## **6.6 OBRA CIVIL**

### **6.6.1 Instalación tubular hormigonada**

La zanja tipo doble circuito tendrá unas dimensiones de 1.800 mm de anchura y 1.450 mm de profundidad. El tramo donde se comparte zanja cuádruple circuito con los circuitos 220kV Ardoz-San Fernando y Algete-San Fernando, objeto de otro proyecto de ejecución, tendrá unas dimensiones de 3.800 mm de anchura y 1.450 mm de profundidad.

Para el tendido de los cables de potencia se instalarán por cada circuito 3 tubos de 250 mm de diámetro exterior, en disposición al tresbolillo. Los tubos serán tubos rígidos corrugados de doble pared fabricados en polietileno de alta densidad según ET140.

Para la colocación de cada terna de tubos se empleará el separador brida cuyas dimensiones se indican en el plano nº LSSE001 incluido en el Documento 3 - Planos. Los separadores se instalarán cada metro y en posición vertical de forma que el testigo del hormigón quede en su posición más elevada. En las líneas de simple circuito el separador de los tubos se instalará cada metro cambiando la ubicación del testigo de un separador al siguiente de tal forma que el testigo se encuentre en la misma posición cada 2 m.

Además de los tubos de los cables de potencia, se colocará dos tubos de polietileno de doble pared de 110 mm de diámetro exterior según ET140. Se realizará su transposición en la mitad del tramo "Single Point" . Estos tubos son para la instalación del cable de acompañamiento de cobre aislado 0,6/1 kV necesario en el tipo de conexión de las pantallas "Single Point", pero se incluirán aunque no sea éste el tipo de conexión de pantallas utilizado. Además, al igual que los tubos de los cables de potencia, los tubos para el cable de acompañamiento estarán sujetos mediante el mismo separador cuyas dimensiones se indican en el plano nº LSSE001 incluido en el Documento 3 - Planos. Para la instalación de los cables de fibra óptica necesarios para las comunicaciones entre las subestaciones, en el testigo del separador existe un soporte preparado para sujetar los tubos de telecomunicaciones, de tal forma que se colocarán dos bitubos de polietileno de 2 x 40 mm de diámetro exterior en el soporte del separador de cada terna de tubos. En el caso de las líneas de simple circuito se colocarán cuatro bitubos, sujetos cada par de bitubos en separadores alternos, de tal forma que el separador en su instalación se gira alternativamente quedando el testigo con un par de bitubos en un soporte a la derecha y en el siguiente soporte a la izquierda.

Los bitubos de telecomunicaciones serán de color exterior verde e interior blanco siliconado y estriado, espesor 3 mm y presión nominal 10 bar según ET203.

Los cambios de dirección del trazado del tramo subterráneo se intentarán realizar con radios de curvatura no inferiores a 12,5 m (50 veces el diámetro exterior del tubo) con motivo de facilitar la operación de tendido. Se deberá tener especial cuidado en la colocación de los tubos evitando rebabas y hendiduras producidas por el transporte de los mismos, realizando una inspección visual antes de montar cada tubo, desechando los tubos que presenten fisuras, aplastamiento o cualquier tipo de defecto.

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

Durante el montaje de los tubos y siempre antes del hormigonado, se irá colocando en el interior de cada uno de los tubos de los cables de potencia y acompañamiento una cuerda guía continua entre cámaras de empalme, es decir, sin ningún tipo de nudo o unión. Esta cuerda será de  $\varnothing \geq 10$  mm y carga de rotura  $\geq 1850$  kg para tubos destinados a cables de potencia. Los tubos de telecomunicaciones no precisarán de cuerda guía salvo en las perforaciones dirigidas que se instalará una cuerda guía de  $\varnothing \geq 6$  mm y carga de rotura  $\geq 500$  kg. Deberá prestarse especial atención durante el proceso de unión de dos tubos contiguos para que estos hagan tope con la cara interior de la conexión y que la cuerda guía colocada en el interior de la canalización no quede enganchada con la misma.

Una vez colocados los tubos de los cables de potencia y de los cables de acompañamiento se procederá al hormigonado de los mismos hasta alcanzar la cota del inicio del soporte de los tubos de telecomunicaciones. Durante el vertido se emplearán los medios necesarios para que el hormigón penetre totalmente dentro del haz de tubos, dejando un prisma sin bolsas de aire o coqueras, no estando permitido el empleo de vibradores mecánicos salvo autorización expresa de Red Eléctrica. Se deberá prestar especial atención en no verter hormigón directamente sobre los tubos para evitar deformarlos por efecto del impacto que causa la masa al caer desde el camión hormigonera.

Se evitará pisar los tubos durante las labores de instalación y hormigonado de los mismos. Asimismo, se evitará sujetar los tubos al suelo o entre ellos con alambre o cable metálico, estando permitido el empleo de cuerda o bridas de plástico para este cometido.

A continuación, una vez fraguado el hormigón de los tubos de los cables de potencia y cables de acompañamiento, (mínimo 24 horas desde el hormigonado) se procederá a colocar los tubos de telecomunicaciones en los soportes de los separadores.

Una vez colocados los tubos de telecomunicaciones, se procederá al hormigonado de los mismos, sin pisar la canalización, vertiendo y sin vibrar el hormigón hasta alcanzar la cota de hormigón especificada según los planos nº 5147Z001, LSZ001 y LSZ002 incluido en el Documento 3 - Planos.

Finalmente, tanto los tubos de los cables de potencia, tubos de los cables de acompañamiento y los tubos de telecomunicaciones, quedarán totalmente rodeados por el hormigón constituyendo un prisma de hormigón que tiene como función la inmovilización de los tubos y soportar los esfuerzos de dilatación- contracción térmica o los esfuerzos de cortocircuito que se producen en los cables.

Una vez hormigonada la canalización se rellenará la zanja, en capas compactadas no superiores a 250 mm de espesor, con tierra procedente de la excavación cuando cumplan con el criterio mínimo de "terreno adecuado" y cuando éstas permitan alcanzar el grado de compactación requerido del 95% P.M. (Proctor Modificado). Si las tierras extraídas no fuesen aptas para el relleno se realizará mediante tierra de préstamo. Dentro de esta capa de relleno, a una distancia de 250 mm del dado de hormigón, se instalarán las cintas de polietileno de 150 mm de ancho, indicativas de la presencia de cables eléctricos de alta tensión. Las cintas de señalización subterránea serán opacas, de color amarillo naranja vivo B532, según ET141.

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

La reposición de pavimentos y superficies no pavimentadas se realizará según las normas de los organismos, servicios afectados y de Red Eléctrica, empleando material nuevo de las mismas características que el existente antes de realizar el trabajo. Con carácter general la reposición de la capa asfáltica será como mínimo de 70 mm, salvo que los organismos,

servicios y Red Eléctrica indiquen otra cosa. Será de aplicación el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de carreteras y puentes (PG3).

Las losas, losetas, mosaicos, etc. a reponer, serán iguales a las existentes antes del inicio de los trabajos.

### **6.6.2 Cámaras de empalme**

Las cámaras de empalme serán prefabricadas, de una sola pieza y estancas. Se ajustarán a la pendiente del terreno con un máximo del 10%.

La colocación de la cámara se deberá efectuar con una grúa adecuada.

Una vez colocada la cámara en su sitio se procederá a la conexión de los distintos tubos de la canalización con la cámara y a la unión de los anillos exteriores con la puesta a tierra interior.

Una vez cerrada la tapa de la boca de tendido y antes de rellenar el espacio entre la cámara y el terreno con hormigón de limpieza, habrá que rellenar los huecos libres entre el tubo de ayuda al tendido y el pasamuros con lana de roca y posteriormente mortero, para evitar que el hormigón se una a la tapa de la boca de tendido, inutilizándola.

Si las características del terreno hacen inviable el transporte y colocación de este tipo de cámaras, se utilizarán cámaras modulares con las características que se detallan a continuación.

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

Una vez colocada la cámara en su sitio se procederá a la conexión de los distintos tubos de la canalización con la cámara. Una vez embocados los tubos se procederá a su sellado.

Para finalizar estas tareas se rellenara el espacio entre la cámara y el terreno con un hormigón de limpieza tipo HM -12,5 hasta una cota de 300 mm por debajo de la cota del terreno.

### **6.6.3 Arquetas de telecomunicaciones**

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

Las arquetas serán sencillas (de 815 mm x 900 mm x 1.200 mm) y dobles (de 815 mm x 1425 mm x 1.200 mm).

En los planos de perfil y planta del Documento 3 - Planos se indica el tipo y la ubicación de las arquetas de telecomunicaciones.

Los cables de telecomunicaciones no se deberán introducir en las cámaras de empalme de los cables de potencia para lo cual se realizará un desvío por fuera de la cámara de empalme desde la zanja conjunta de los cables de potencia y de los cables de telecomunicaciones hasta la arqueta doble de telecomunicaciones situada en las proximidades de la cámara de empalme.

La zanja tipo de telecomunicaciones para la conexión de los tubos de telecomunicaciones con las arquetas de telecomunicaciones se realizará según el plano nº LST006 y LST007 incluido en el Documento 3 - Planos.

Las arquetas serán según ET202 de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) o polipropileno reforzado con cargas minerales con nervaduras exteriores para soportar la presión exterior y según los planos nº LST002 y LST003 del Documento 3 - Planos.

Las arquetas se emplearán como “encofrado perdido” relleno sus laterales tanto paredes como solera con hormigón de 20 cm de espesor mínimo en las arquetas sencillas y 25 cm de espesor mínimo en las arquetas dobles. La pared de hormigón deberá ser continua desde el suelo hasta recoger el cerco de la tapa de fundición.

En la base de cada arqueta se dispondrá un hueco sumidero con forma circular de 150 mm de diámetro para facilitar el drenaje de las aguas que pueda recoger el conjunto. Debajo de la arqueta se dispondrá un dado de 500x500x500mm de tamaño de árido 20 mm para facilitar el drenaje.

Las arquetas dispondrán de las correspondientes tapas de fundición homologadas con el logotipo de Red Eléctrica, según se trate de instalación en calzada (D-400) o acera (B-125), según se indica en la documentación constructiva.

Los tubos de telecomunicaciones entrarán en las arquetas en el punto medio de la cara menor y de forma perpendicular a ella, a una altura de 250 mm desde el suelo de la arqueta. El corte del prefabricado para la entrada de los tubos se realizará mediante corona de corte circular. En ningún caso se permitirá romper el prefabricado a golpes o por cualquier otro medio que no sea el anteriormente descrito.

Las arquetas sencillas se instalarán según la tabla adjunta:

<b>Instalación arquetas sencillas telecomunicaciones</b>	
<b>Distancia (m) entre cámaras de empalme / cámara de empalme y subestación o cámara de empalme y apoyo transición aéreo-subterráneo</b>	<b>Nº arquetas sencillas</b>
$\leq 500$	0
$500 < x \leq 1000$	1
$1000 < x \leq 1500$	2

Tabla 3. Distancias para instalación de arquetas sencillas de telecomunicaciones

Las arquetas dobles se instalarán en cada cámara de empalme, al principio y al final de cada perforación dirigida, en las proximidades de los soportes metálicos de los parques tipo intemperie y en los puntos singulares del trazado, según proyectista de la instalación.

En todas las arquetas de telecomunicaciones, tanto sencillas como dobles, los tubos de telecomunicaciones quedarán en paso. Cuando sea estrictamente necesario los tubos de telecomunicaciones se podrán cortar en el interior de las arquetas, estando prohibido su corte en puntos intermedios entre arquetas, salvo autorización expresa de Red Eléctrica. En aquellas arquetas en las que sea necesario realizar el corte de los tubos se realizará a 30 cm de la pared interior de la arqueta y se realizará su unión mediante los correspondientes manguitos o empalmes de unión normalizados que sean capaces de asegurar su estanqueidad.

Para asegurar que el enlace de telecomunicaciones se ha ejecutado convenientemente, se llevará a cabo entre tramos completos comprendidos entre arquetas dobles, un ensayo de estanqueidad. Se hará taponando un extremo del tubo, ejerciendo por el otro extremo a través de un compresor de aire dotado de manómetro una presión interna de 7 bares durante 15 min.

Se considerará que el ensayo es apto si una vez estabilizada la presión inicial de ensayo, no se producen variaciones de la misma (o lo que es lo mismo, no se producen pérdidas de aire) durante los 15 minutos de monitorización posterior.

#### **6.6.4 Perforaciones dirigidas**

La perforación horizontal dirigida es una técnica que permite la instalación de tuberías subterráneas mediante la realización de un túnel, sin abrir zanjas y con un control absoluto de la trayectoria de perforación.

Este control permite librar obstáculos naturales o artificiales sin afectar al terreno, con lo cual se garantiza la mínima repercusión ambiental al terreno.

En el plano nº LSZ005 del Documento 3 - Planos, se incluye la sección tipo normalizada por REE para las perforaciones horizontales dirigidas en las líneas subterráneas de 220 kV.

La trayectoria de perforación se realiza a partir de arcos de circunferencia y tramos rectos. Sus principales características son las siguientes:

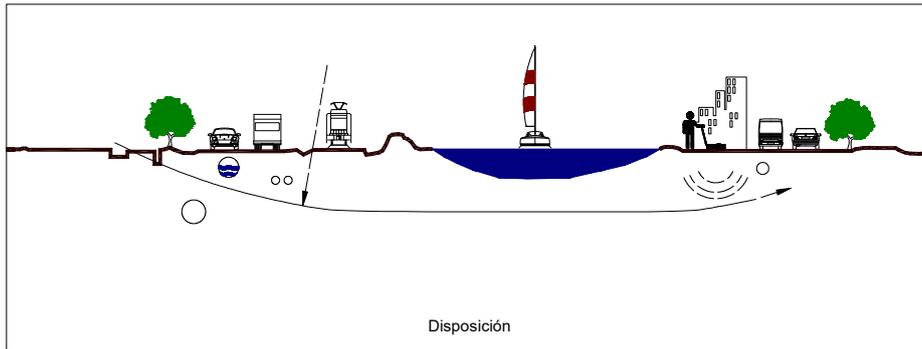
1. El radio mínimo está condicionado por la flexión máxima de la varillas de perforación y por la flexibilidad del tubo. Para las secciones tipo de perforación horizontal dirigida normalizadas por REE el radio mínimo de curvatura será 250 m.
2. El ángulo de ataque depende de la máquina de perforación, la profundidad y longitud de la perforación.

La perforación dirigida se puede ver como una secuencia de cuatro fases:

##### *Fase 1: Disposición*

La perforación puede comenzar desde una pequeña cata, quedando siempre la máquina en la superficie, o bien desde el nivel de tierra. En esta primera fase se determinarán los puntos de entrada y de salida de la perforación, ejecutando las catas si procede, y se seleccionará

la trayectoria más adecuada a seguir.

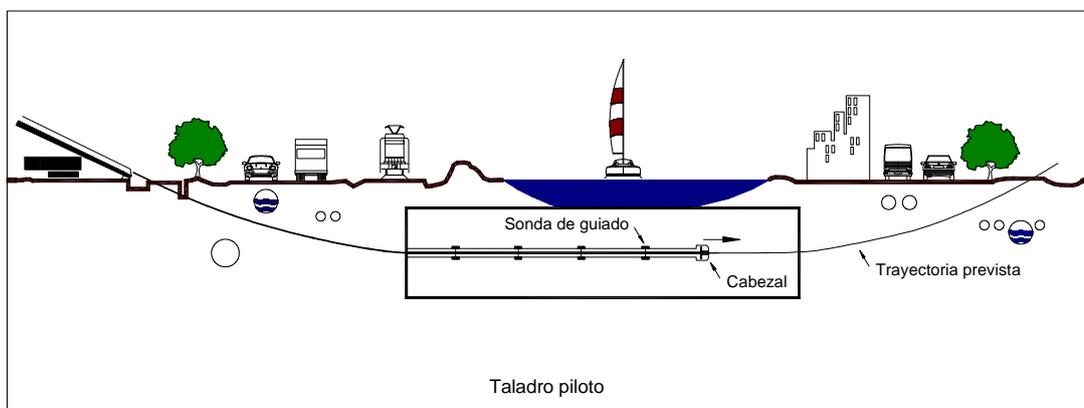


### Fase 2: Perforación piloto

Se van introduciendo varillas, las cuales son roscadas automáticamente unas a otras a medida que va avanzando la perforación. En el proceso se van combinando adecuadamente el empuje con el giro de las varillas con el fin de obtener un resultado óptimo.

Para facilitar la perforación se utiliza un compuesto llamado bentonita. Esto es una arcilla de grano muy fino que contiene bases y hierro. La bentonita es inyectada a presión por el interior de las varillas hasta el cabezal de perforación siendo su misión principal refrigerar y lubricar dicho cabezal y suministrar estabilidad a la perforación. En esta perforación piloto, la cabeza está dotada de una sonda, de manera que mediante un receptor se puede conocer la posición exacta del cabezal.

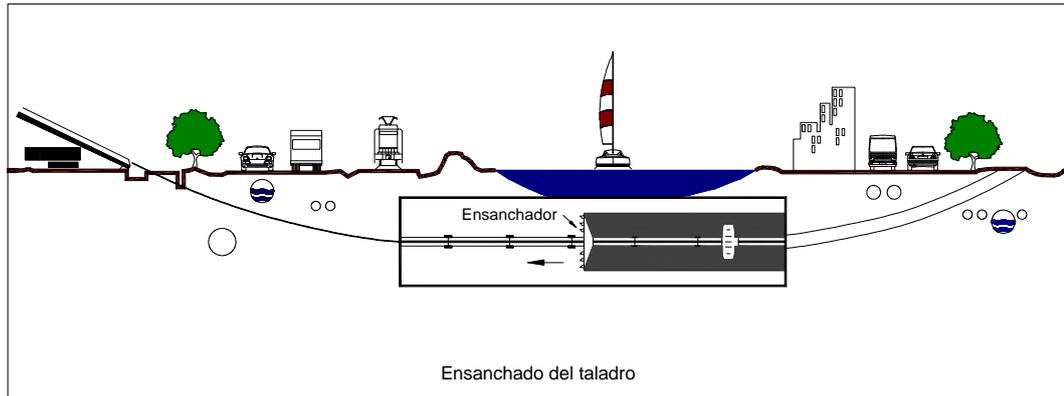
La perforación piloto se deberá realizar a la profundidad apropiada para evitar derrumbamientos o situaciones donde los fluidos utilizados pudieran salir a la superficie. La trayectoria se puede variar si fuese necesario debido a la aparición de obstáculos en la trayectoria marcada.



### Fase 3: Escariado

Una vez hecha la perforación piloto se desmonta el cabezal de perforación. En su lugar se montan conos escariadores para aumentar el diámetro del túnel. Se hacen tantas pasadas como sea necesario aumentando sucesivamente las dimensiones de los conos escariadores, y así el diámetro del túnel.

Este proceso se realiza en sentido inverso; es decir, tirando hacia la máquina.

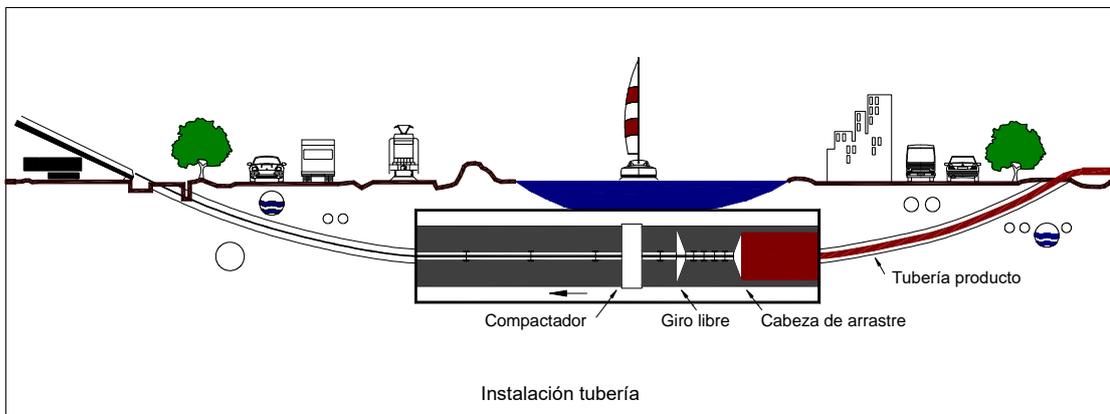


### Fase 4: Instalación de la tubería

Finalmente se une la tubería, previamente soldada por termofusión en toda su longitud, a un cono escariador-ensanchador mediante una pieza de giro libre de modo que va quedando instalada en el túnel practicado.

Los tubos empleados serán de PEHD PE100 en color negro con bandas rojas según Especificaciones Técnicas del REE.

En el interior de cada tubo se instalará una cuerda de nylon de Ø10 mm.



### 6.6.5 Mandrilado

Una vez finalizada la obra civil, para comprobar que se ha realizado adecuadamente, se realizará el mandrilado en los dos sentidos de todos los tubos (tubos de los cables de potencia, tubos de los cables de acompañamiento y tubos de telecomunicaciones).

Para realizar dicho mandrilado se emplearán mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo, debiendo ser el diámetro de las esferas  $\geq 85\%$  y  $\leq 90\%$  del diámetro interior del tubo con menor diámetro interior existente en el tramo de canalización a mandrilar.

En aquellos casos en los que un mismo tramo conste de tubos de características diferentes (por ejemplo: cuando ese tramo conste de una perforación dirigida) deberá realizarse un mandrilado parcial en cada uno de los subtramos con los mandriles adecuados a las dimensiones interiores de los tubos de cada tramo, así como un mandrilado completo de todo el tramo utilizando en este caso un mandril cuyas dimensiones garanticen que el diámetro de las esferas sea  $\geq 85\%$  y  $\leq 90\%$  del diámetro interior del tubo con menor diámetro interior existente en el tramo de canalización a mandrilar.

Para los tubos de los cables de potencia y de los cables de acompañamiento las dimensiones de los mandriles se indican en el Documento 3 - Planos, en los planos nº LSMA001 y LSMA004 respectivamente.

La operación de mandrilado de los tubos de los cables de potencia y acompañamiento se realizará según se describe a continuación:

- Tirando de la cuerda guía existente en los tubos se instalará en su interior un cable piloto de acero trenzado de diámetro  $\geq 13$  mm.
- En uno de los extremos de la canalización se conectará al cable piloto el conjunto antigiratorio+cepillo+mandril y en el otro extremo el cabrestante (o máquina de tiro que disponga de registradora digital, como mínimo cada 5 m, de los esfuerzos de tiro y velocidad de tendido)

- A continuación se realizará el tarado de la registradora digital, de tal forma que el origen de los registros coincida con el origen de la canalización entubada y el final del registro del tramo coincidirá con el final de la canalización entubada.
- El conjunto antigiratorio+cepillo+mandril deberá recorrer la totalidad de los tubos y deberá deslizarse por ellos sin aparente dificultad. El mandril deberá arrastrar a su vez un nuevo cable piloto de acero trenzado de diámetro  $\geq 13$  mm que permitirá extraer el mandril por el lado contrario en caso de quedar atrapado.
- Después se tirará del cable piloto instalando una cuerda guía de  $\varnothing \geq 10$  mm y carga de rotura  $\geq 1850$  kg que sirva para el tendido posterior de los cables de potencia y acompañamiento.

No se permitirá el mandrilado de los tubos de los cables de potencia o acompañamiento de tal forma que la cuerda guía arrastrase directamente al conjunto antigiratorio, cepillo y mandril. El esfuerzo durante el mandrilado deberá ser inferior a 750 kg de forma continuada, permitiendo valores de pico máximos de 1000 kg. Por tanto, el esfuerzo máximo de tiro de la máquina de tiro quedará limitado en ese valor.

La operación de mandrilado de los tubos de telecomunicaciones se realizará según se describe a continuación:

- El mandrilado se hará mediante impulsión neumática o “soplado” de un calibre con sonda entre arquetas dobles consecutivas.

Una vez realizado el mandrilado no será necesario dejar cuerda guía en el interior de los tubos excepto en los tramos de perforaciones dirigidas en los que se deberá instalar cuerda guía de  $\varnothing \geq 6$  mm y carga de rotura  $\geq 500$  kg entre las arquetas dobles de telecomunicaciones situadas al inicio y al final de la perforación.

### **6.6.6 Señalización líneas subterráneas**

En los tramos de líneas subterráneas que discurren por entornos rurales o periurbanos se instalarán hitos de señalización según especificación técnica de REE ET068.

En la siguiente tabla se indica los tramos en los que se deberán instalar los hitos, pero no se indica la ubicación exacta de cada hito.

#### **LAT subterránea a 220 kV, doble circuito “Puente San Fernando - San Fernando”**

P.K. INICIO	P.K. FINAL
0+ 390	0 + 415
0+560	0+655
1+095	1+200

La ubicación definitiva de los hitos se realizará en la fase de construcción de la línea siguiendo los criterios indicados en la especificación técnica de REE ET068. Esta ubicación podrá ser acordada con el propietario de los terrenos por los que discurre la línea subterránea. En los planos de planta y perfil "As-Built" de la línea se deberá indicar el punto exacto de ubicación del hito; acotándose las distancias mostradas en la placa de señalización posicionada en campo.

El hito de señalización estará compuesto por:

- Hito de hormigón polímero de color rojo con forma de prisma rectangular.
- Anclaje galvanizado en caliente con alambres expansores.



Adicionalmente, en una de las caras del hito se colocará una placa de identificación con el teléfono de emergencia y el logotipo de Red Eléctrica.

En la placa de identificación de cada hito de señalización se grabará la siguiente información:

- Nivel de tensión, en kV.
- Distancia en horizontal desde el hito hasta el eje de la canalización, en metros con un decimal. En caso de tratarse de un doble circuito, en zanja de doble o simple circuito independientes, la distancia de referencia será el punto medio entre ambos circuitos.

- Profundidad de la arista superior del prisma de hormigón respecto al nivel del terreno, en metros con un decimal.

En la cara del hito opuesta a la ocupada por la placa de identificación se colocará una etiqueta autoadhesivas de fácil colocación y/o sustitución, y resistentes a las condiciones de intemperie, para la identificación de los circuitos mediante la siguiente nomenclatura:

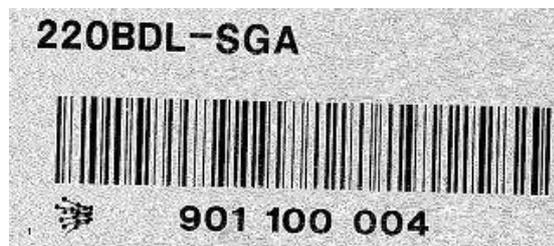
VVVAAA-BBB

Siendo:

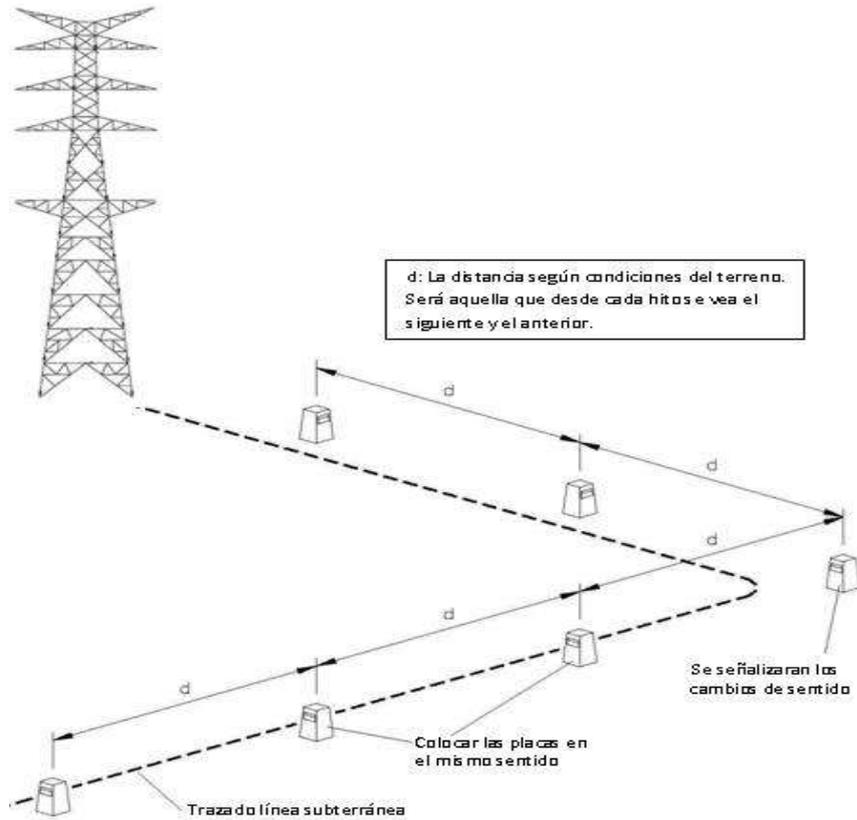
V= Nivel de tensión (kV). 220

A=Nemónico subestación extremo A. PSF

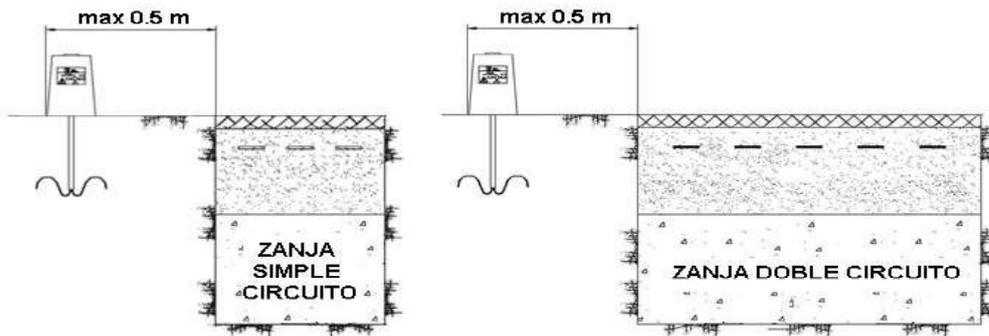
B= Nemónico subestación extremo B. SFE



Los hitos de señalización se instalarán a lo largo de la traza de la línea, considerando una distancia máxima relativa de 50 metros entre hitos; siendo indispensable que desde cualquiera de ellos se vea al menos el anterior y el posterior. Se señalarán también los cambios de sentido del trazado, marcándose el inicio y final de la curva, y el punto medio.



Los hitos se ubicarán fuera de la vertical de la zanja, a un lado de la misma, tanto cuando se trate de instalaciones dispuestas en zanja de simple como de doble circuito. Asimismo, en aquellos casos en los que la canalización discorra por caminos o viales de acceso, el hito nunca deberá invadir los mismos, instalándose en la linde del vial.



## 6.7 TENDIDO

El tendido de los cables de potencia consiste en desplegar los mismos a lo largo de la línea, pasándolos por los rodillos o tubos situados en la canalización. Antes de empezar el tendido de los cables habrá que limpiar el interior del tubo, asegurar que no haya cantos vivos, aristas y que los tubos estén sin taponamientos. Con este fin antes de iniciar el tendido de los cables se realizará un nuevo mandrilado de todos los tubos de la instalación.

Para realizar dicho mandrilado se emplearán mandriles adecuados a las dimensiones de cada tubo, debiendo ser el diámetro de las esferas  $\geq 85\%$  y  $\leq 90\%$  del diámetro interior del tubo con menor diámetro interior existente en el tramo de canalización a mandrilar.

En aquellos casos en los que un mismo tramo conste de tubos de características diferentes (por ejemplo: cuando ese tramo conste de una perforación dirigida) deberá realizarse un mandrilado parcial en cada uno de los subtramos con los mandriles adecuados a las dimensiones interiores de los tubos de cada tramo, así como un mandrilado completo de todo el tramo utilizando en este caso un mandril cuyas dimensiones garanticen que el diámetro de las esferas sea  $\geq 85\%$  y  $\leq 90\%$  del diámetro interior del tubo con menor diámetro interior existente en el tramo de canalización a mandrilar.

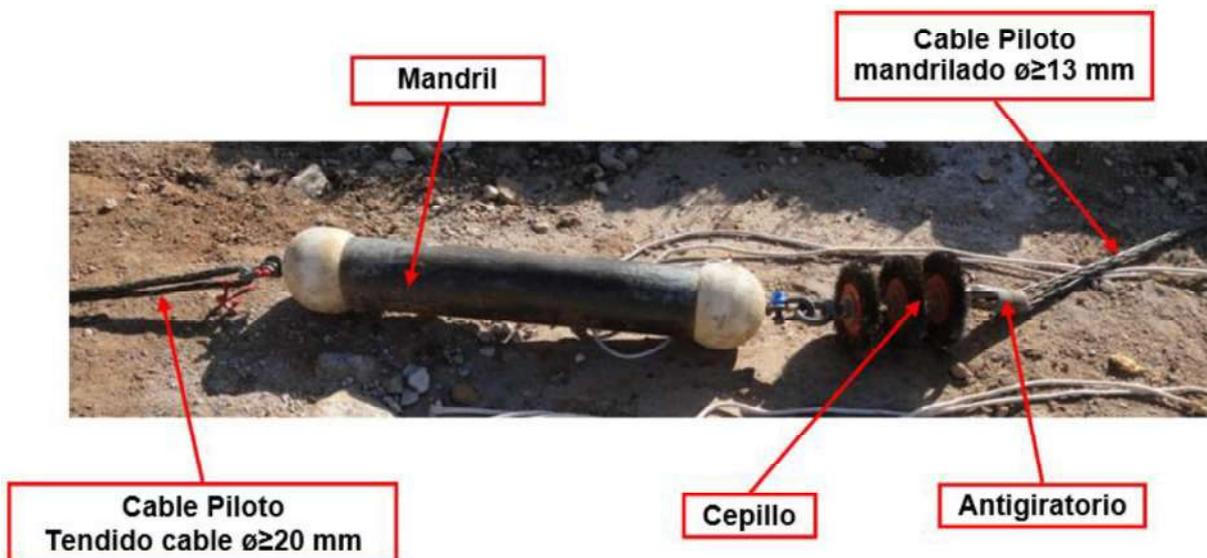
Para los tubos de los cables de potencia y de los cables de acompañamiento las dimensiones de los mandriles se indican en el Documento 3 - Planos, en los planos nº LSMA001 y LSMA004 respectivamente.

La operación de mandrilado de los tubos de los cables de potencia y acompañamiento se realizará según se describe a continuación:

- Tirando de la cuerda guía existente en los tubos se instalará en su interior un cable piloto de acero trenzado de diámetro  $\geq 13$  mm.
- En uno de los extremos de la canalización se conectará al cable piloto el conjunto antigiratorio+cepillo+mandril y en el otro extremo el cabrestante (o máquina de tiro que disponga de registradora digital, como mínimo cada 5 m, de los esfuerzos de tiro y velocidad de tendido)

- A continuación se realizará el tarado de la registradora digital, de tal forma que el origen de los registros coincida con el origen de la canalización entubada y el final del registro del tramo coincidirá con el final de la canalización entubada.
- El conjunto antigiratorio+cepillo+mandril deberá recorrer la totalidad de los tubos y deberá deslizarse por ellos sin aparente dificultad. El mandril deberá arrastrar a su vez un nuevo cable piloto de acero trenzado de diámetro  $\geq 20$  mm que permitirá extraer el mandril por el lado contrario en caso de quedar atrapado.
- Tirando de este último cable piloto de acero trenzado de diámetro  $\geq 20$  mm se instalará el cable de potencia en el interior de los tubos.

No se permitirá el mandrilado de los tubos de los cables de potencia o acompañamiento de tal forma que la cuerda guía arrastrase directamente al conjunto antigiratorio, cepillo y mandril. El esfuerzo durante el mandrilado deberá ser inferior a 750 kg de forma continuada, permitiendo valores de pico máximos de 1000 kg. Por tanto, el esfuerzo máximo de tiro de la máquina de tiro quedará limitado en ese valor.



El cable piloto para el mandrilado deberá ser de acero trenzado de diámetro  $\geq 13$  mm y el cable piloto para el tendido de los cables de potencia deberá ser de acero trenzado de diámetro  $\geq 20$  mm y carga de rotura  $\geq 24000$  kg (esfuerzo máximo de tiro permitido x coeficiente de seguridad 3).

El cabezal de tiro debe tener forma de “ogiva” o “bala” con aristas redondeadas. Deberá soportar un esfuerzo de tiro  $\geq 12000$  kg (esfuerzo máximo de tiro permitido x coeficiente de seguridad 1,5).

El cabezal de tiro se unirá al conductor del cable y no se permitirá un diseño de cabezal que transmita ningún esfuerzo sobre el resto de capas del cable.

La conexión entre el cabezal de tiro y el cable piloto se realizará a través de un dispositivo antigiratorio sin ningún otro elemento de conexión (grilletes, etc...).



Igualmente, antes de empezar el tendido de los cables se estudiará el lugar más adecuado para colocar la bobina con objeto de facilitar el mismo y así mismo poder asignar el extremo de la instalación desde donde se debe realizar el esfuerzo de tiro. En el caso de trazado con pendiente es preferible realizar el tendido en sentido descendente. Las bobinas se situarán alineadas con la traza de la línea. El ángulo de tiro del cable con la horizontal no será superior a  $10^\circ$ .

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

El traslado de las bobinas se realizará mediante vehículo transportándose siempre de pie y nunca tumbadas sobre uno de los platos laterales. Las bobinas estarán inmovilizadas por medio de cuñas adecuadas para evitar el desplazamiento lateral. Tanto las trabas como las cuñas es conveniente que estén clavadas en el suelo de la plataforma de transporte. El eje de la bobina se dispondrá preferentemente perpendicular al sentido de la marcha.

En el caso de que la bobina esté protegida con duelas de madera, debe cuidarse la integridad de las mismas, ya que las roturas suelen producir astillas hacia el interior, con el consiguiente peligro para el cable.

El manejo de la bobina se debe efectuar mediante grúa quedando terminantemente prohibido el desplazamiento de la bobina rodándola por el suelo. La bobina se suspenderá mediante una barra de dimensiones suficientes que pase por los agujeros centrales de los platos. Las cadenas o sirgas de izado tendrán un separador por encima de la bobina que impida que se apoyen directamente sobre los platos.

Estará terminantemente prohibido el apilamiento de bobinas. El almacenamiento no se deberá hacer sobre suelo blando, y deberá evitarse que la parte inferior de la bobina esté permanentemente en contacto con agua. En lugares húmedos es aconsejable disponer de una ventilación adecuada, separando las bobinas entre sí. Si las bobinas tuvieran que estar almacenadas durante un período largo, es aconsejable cubrirlas para que no estén expuestas directamente a la intemperie.

Para realizar el tendido de los cables se empleará el sistema de tiro con freno y cabrestante. Tanto el cabrestante como la máquina de frenado deberán estar anclados sólidamente al suelo para que no se desplacen ni muevan en las peores condiciones de funcionamiento.

Los cabrestantes se utilizarán para tirar de los cables por medio de cables pilotos auxiliares y estarán accionados por un motor autónomo que deberá permitir el control de la velocidad de tendido y del esfuerzo de tiro. En la placa de características se indicará su fuerza de tracción. Dispondrá de rebobinadora para los cables piloto. También deberá disponer de dispositivo de parada automática y registrador digital de los esfuerzos de tiro y velocidad de tendido como mínimo cada 5 metros. Deberá cumplir con lo estipulado en el RD 1215/97, marcado CE o la legislación correspondiente en vigor. Antes del inicio de los trabajos, se procederá al calibrado del limitador de tiro, el cual se realizará en función de las tracciones a realizar. La máquina de tiro y su registrador digital deberá disponer del correspondiente certificado de calibración vigente.

La máquina de frenado estará compuesta por un sistema de gatos hidráulicos, eje soporte de bobina y dispositivo hidráulico de frenado. Los pies de soporte del eje deben estar dimensionados para asegurar la estabilidad de la bobina durante su rotación. El cable, al

salir de la bobina, se mantendrá a la tensión mecánica suficiente para que no se produzcan flojedades y para que el cable no pueda adoptar radios de curvaturas inferiores el mínimo permitido. Deberá disponer de dinamómetro y el sistema de frenado deberá ser adecuado a la bobina a tender. Deberá cumplir con lo estipulado en el R.D. 1644/08 (marcado CE) o adecuación según RD 1215/97 o la legislación correspondiente en vigor. El dispositivo de frenado deberá ser reversible y actuar de cabrestante en caso de necesidad

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

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

A la salida de la bobina es recomendable colocar un rodillo de mayor anchura con protección lateral para abarcar las distintas posiciones del cable a lo ancho de la bobina.

La extracción del cable se realizará por la parte superior de la bobina mediante la rotación de la misma alrededor de su eje y en el sentido indicado por el fabricante.

Durante el tendido hay que proteger el cable de las bocas del tubo para evitar daños en la cubierta. Para conseguirlo se colocará un rodillo a la entrada del tubo, que conduzca el cable por el centro del mismo, o mediante boquillas protectoras.

Deberá comprobarse que en todo momento los cables se deslizan suavemente sobre los rodillos y tubos.

El desenrollado deberá ser lento, para evitar que las capas superiores penetren entre las inferiores debido a la presión con el consiguiente trabado del cable.

La extracción del cable, tirando del mismo, deberá estar perfectamente sincronizada con el frenado de la bobina. Al dejar de tirar del cable habrá que frenar inmediatamente la bobina, ya que de lo contrario la inercia de la bobina hará que ésta siga desenrollando cable, lo que llevará a la formación de un bucle.

Queda terminantemente prohibido someter al cable a esfuerzos de flexión que pueden provocar su deformación permanente, con formación de oquedades en el aislamiento y la rotura o pérdida de sección en las pantallas.

Se observará el estado de los cables a medida que vayan saliendo de la bobina con objeto de detectar los posibles deterioros.

El esfuerzo durante el tendido de los cables deberá ser inferior a 6000 kg de forma continuada permitiendo valores de pico máximos de 8000 kg y/o inferiores a los esfuerzos máximos de tiro especificados en la ficha técnica del fabricante del cable. Se deberá limitar la máquina de tiro al esfuerzo de tiro máximo permitido. La velocidad máxima de tendido será 20 m/min. Será preciso vigilar en todo momento que no se produzcan esfuerzos laterales importantes con las aletas de las bobinas.

Se deberá realizar un estudio de las tracciones necesarias para efectuar el tendido, con el fin de que debido al trazado de la línea, no sea preciso sobrepasar las tracciones antes mencionadas.

Para disminuir el rozamiento, y por tanto el esfuerzo de tiro, se deberá poner grasa neutra en la cubierta exterior del cable, siguiendo las instrucciones del fabricante, antes de introducirlo en el tubo. Estará prohibido el tendido de cables por el interior de tubos sin aplicar grasa neutra.

Igualmente, para reducir el esfuerzo de tiro se podrán usar arquetas intermedias utilizando rodillos a la entrada y a la salida de los tubos. Los rodillos se colocarán elevados respecto al tubo, para evitar el rozamiento entre el cable y el tubo. En el caso de que las arquetas sean provisionales, se les dará continuidad, una vez tendido el cable, mediante tubos cortados o medias cañas que, a su vez, serán hormigonados.

Se deberá tener especial cuidado cuando el tendido de la bobina llegue a su final, ya que se deberá tener previsto un sistema, que sujete la cola del cable y a la vez mantenga la tensión de tendido.

En el caso de temperaturas inferiores a 5 °C, el aislamiento de los cables adquiere una cierta rigidez que no permite su manipulación. Así pues, cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5 °C no se permitirá realizar el tendido del cable.

Una vez instalado el cable, deben taparse las bocas de los tubos en las cámaras de empalme y en los sótanos GIS para evitar la entrada de gases, aguas o roedores, mediante un procedimiento de impermeabilización aprobado por Red Eléctrica.

En ningún caso se dejarán los extremos del cable en la zanja, zonas de empalme y terminales, sin haber asegurado antes una buena estanqueidad de los mismos. Lo mismo es aplicable al extremo de cable que haya quedado en la bobina. Para este cometido, se deberán usar manguitos termo retráctiles.

Cuando dos cables vayan a ser empalmados sus puntas se tenderán hasta el final de la cámara de empalme para conseguir el suficiente solapamiento que permita realizar el empalme con seguridad, ya que al haber sido sometidas las puntas de los cables a un mayor esfuerzo, podrían haberse producido desplazamientos entre las capas que constituyen los cables.

## 6.8 COMUNICACIONES

Para el sistema de comunicaciones se tenderán cables dieléctricos antirroedores monomodo de 48 fibras ópticas que mantendrá el mismo trazado que el cable de potencia.

Estos cables irán alojados en los tubos de telecomunicaciones de diámetro 40 mm según se indica en el plano LSZ002 y LSZ001.

## 6.9 ENSAYOS

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

3. IEC 62067: "Cables de potencia con aislamiento extruido y sus accesorios, de tensión asignada superior a 150 kV ( $U_m=170\text{kV}$ ) hasta 500 kV ( $U_m=550\text{kV}$ ). Requisitos y métodos de ensayo."

Para comprobar que todos los elementos que constituyen la instalación (cable, terminales, etc.) se han instalado correctamente se deberán realizar los siguientes ensayos sobre la instalación totalmente terminada según establece la Especificación Técnica de Red Eléctrica de España número ET160 "Ensayos de puesta en servicio de líneas subterráneas".

1. Ensayo de verificación del orden de fases.
2. Ensayo de medida de la resistencia del conductor
3. Ensayo de medida de la resistencia de la pantalla
4. Ensayo de rigidez dieléctrica de la cubierta exterior del cable.
5. Ensayo de descargas parciales
6. Ensayo de tensión sobre el aislamiento.
7. Ensayo de medida de la capacidad
8. Ensayo de medida de impedancias
9. Verificación de las conexiones del sistema de puesta a tierra.

## 7 CRUZAMIENTOS

### 7.1 NORMAS GENERALES SOBRE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

Los cables de energía eléctrica cruzarán por debajo de las instalaciones existentes en la medida de lo posible. En casos en los que la profundidad sea excesiva se podrá considerar una configuración de los cables en un plano horizontal, con el fin de garantizar la correcta disipación de calor.

En la siguiente tabla se indican las condiciones que deben cumplir los cruzamientos y paralelismos de los cables subterráneos con otros servicios, en los distintos casos particulares:

Instalación afectada	Tipo de afección	Condiciones
Otros cables de energía eléctrica: Líneas de BT y líneas de AT	Cruce	$\geq 25$ cm entre cables de energía eléctrica. Siempre que sea posible, se procurará que los cables de alta tensión discurren por debajo de los de baja tensión
	Paralelismo	$\geq 25$ cm entre cables de energía eléctrica
Cables de telecomunicación	Cruce	$\geq 20$ cm entre cables de energía eléctrica y telecomunicaciones. Distancia del punto de cruce al empalme $\geq 1$ m
	Paralelismo	$\geq 20$ cm entre cables de energía eléctrica y telecomunicaciones
Agua	Cruce	$\geq 20$ cm entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua. Empalmes y juntas a $\geq 1$ m del punto de cruce
	Paralelismo	20 cm entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua. Empalmes y juntas a $\geq 1$ m del punto de cruce. Distancia mínima $\geq 20$ cm en proyección horizontal. Entre aristas importantes de agua y cables eléctricos $\geq 1$ m, La canalización de agua por debajo del nivel de los cables eléctricos
Gas	Cruce	Será función de la presión de la instalación y de la existencia o no de protección suplementaria. En el caso más desfavorable $\geq 40$ cm. Empalmes y juntas a $\geq 1$ m
	Paralelismo	Será función de la presión de la instalación y de la existencia o no de protección suplementaria. En el caso más desfavorable $\geq 40$ cm. Empalmes y juntas a $\geq 1$ m

<b>Instalación afectada</b>	<b>Tipo de afección</b>	<b>Condiciones</b>
Saneamiento de pluviales y fecales	Cruce	Se procurará pasar los cables por encima de las alcantarillas.
	Paralelismo	-
Calles y carreteras	Cruce	Canalización entubada hormigonada. $\geq 0,8$ m desde la parte superior del tubo a la rasante del terreno. Siempre que sea posible cruce perpendicular al eje del vial
	Paralelismo	-
Ferrocarriles	Cruce	Canalización entubada hormigonada. $\geq 1,1$ m desde la parte superior del tubo a la cara inferior de la traviesa. Siempre que sea posible cruce perpendicular al eje del ferrocarril
	Paralelismo	-

Tabla 4. Cruzamientos

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

## 7.2 RELACIÓN CORRELATIVA DE CRUZAMIENTOS Y PARALELISMOS

Relación de cruzamientos							COORDENADAS UTM ETRS 89	
Nº de cruzamiento	Tipo de cruzamiento	Descripción del cruzamiento	Organismo Propietario	Comunidad	Provincia	Municipio	X	Y
1.1-3	VEREDA	VEREDA DEL SEDANO	VÍAS PECUARIAS DEL CONSEJO DE MEDIOAMBIENTE DE LA COMUNIDAD DE MADRID	Madrid	Madrid	San Fernando de Henares	456516,1	4477567,7
2.1-13	VEREDA	VEREDA DEL SEDANO	VÍAS PECUARIAS DEL CONSEJO DE MEDIOAMBIENTE DE LA COMUNIDAD DE MADRID	Madrid	Madrid	San Fernando de Henares	456713,1	4477335,7

Tabla 5. Relación de cruzamientos y paralelismos relativos a la afección a vías pecuarias.

## **8 RELACIÓN DE MINISTERIOS, CONSEJERÍAS, ORGANISMOS Y EMPRESAS DE SERVICIO PÚBLICO AFECTADOS POR LA INSTALACIÓN DE LA LÍNEA**

### **COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID PROVINCIA DE MADRID**

- Vías Pecuarias del Consejo de Medioambiente de la Comunidad de Madrid

## 9 RELACIÓN DE AYUNTAMIENTOS

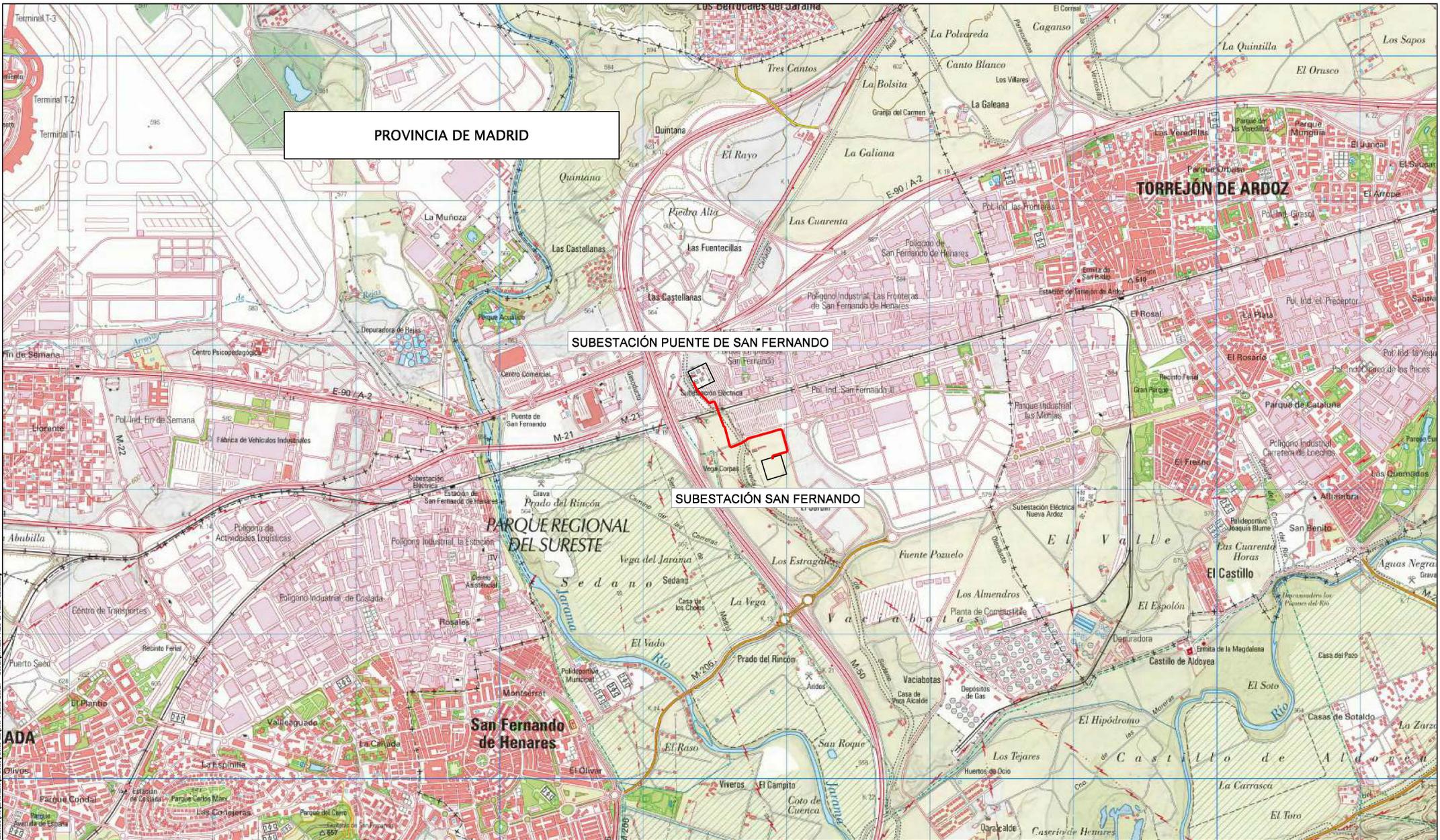
### COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID PROVINCIA DE MADRID

- Ayuntamiento San Fernando de Henares

## DOCUMENTO N° 2 PLANOS

Este documento consta de 6 páginas con los planos indicados:

	<u>N° DE PLANO</u>	<u>EDICIÓN</u>	<u>FECHA</u>
1. <u>PLANTA GENERAL</u>	5147L001		11-17
2. <u>PERFIL LONGITUDINAL Y PLANTA (3 de 4 Hojas)</u>	2147S004	0	02-24



		FECHA	NOMBRE	FIRMA
	REALIZADO	11-17	im3	im3
	VERIFICADO	11-17	im3	im3
	APROBADO	11-17	im3	im3
MODIFICACION		ESCALA ORIGINAL A3: 1:2500 Cotas en metros		

**RED ELÉCTRICA DE ESPAÑA**

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSPORTE  
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y DISEÑO  
DPTO. DE INGENIERÍA DE LÍNEAS

PROYECTO DE EJECUCIÓN DE LA LÍNEA SUBTERRÁNEA DE TRANSPORTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA A 220 kV DOBLE CIRCUITO  
PUENTE DE SAN FERNANDO – SAN FERNANDO

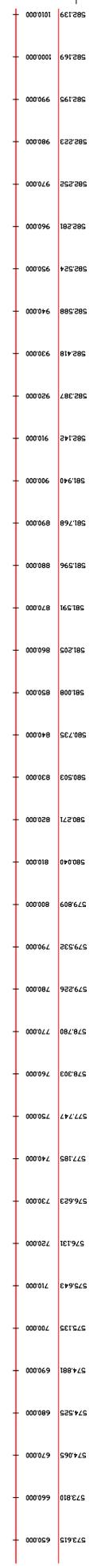
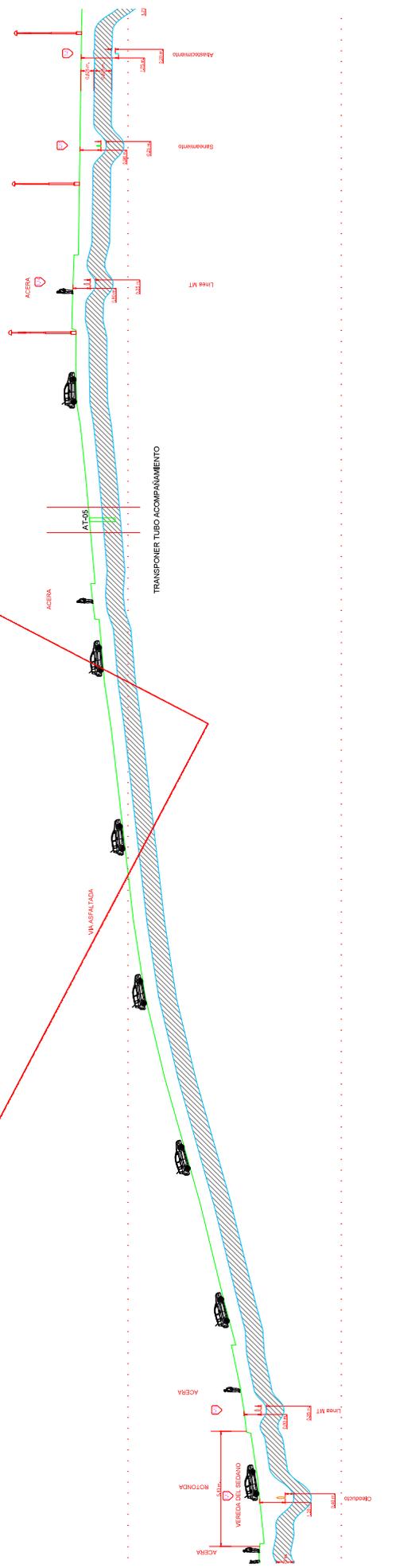
PLANO DE PLANTA GENERAL

SUSTITUYE A:	
SUSTITUIDO POR:	
Nº	5147L001
Hoja 1 de 1	





AYUNTAMIENTO DE SAN FERNANDO DE HENARES



**LEYENDA**

	CABLE EN ZANJA SIMPLE CIRCUITO
	ARQUETA DOBLE
	ARQUETA SIMPLE
	MEMORIA PROTEGIDA
	ANCHO DE BARRERA
	NUMERO DE BARRAS
	NUMERO DE BARRAS
	MUR DE EMPALME
	FOSO REFORZACION DIRIGIDA

**LEYENDA DE SERVICIOS**

	Baja Tension
	Meda Tension
	Alta Tension
	Agua Potable
	Telefono
	Desconocido

**LEYENDA DE SERVICIOS**

	Cableado sin identificar
	Baja Tension
	Meda Tension
	Alta Tension

PROYECTO DE EJECUCION DE LA OBRAS		SECCION DE PLANO	
1	PROYECTO	1	PROYECTO
2	PROYECTO	2	PROYECTO
3	PROYECTO	3	PROYECTO
4	PROYECTO	4	PROYECTO
5	PROYECTO	5	PROYECTO
6	PROYECTO	6	PROYECTO
7	PROYECTO	7	PROYECTO
8	PROYECTO	8	PROYECTO
9	PROYECTO	9	PROYECTO
10	PROYECTO	10	PROYECTO
11	PROYECTO	11	PROYECTO
12	PROYECTO	12	PROYECTO
13	PROYECTO	13	PROYECTO
14	PROYECTO	14	PROYECTO
15	PROYECTO	15	PROYECTO
16	PROYECTO	16	PROYECTO
17	PROYECTO	17	PROYECTO
18	PROYECTO	18	PROYECTO
19	PROYECTO	19	PROYECTO
20	PROYECTO	20	PROYECTO
21	PROYECTO	21	PROYECTO
22	PROYECTO	22	PROYECTO
23	PROYECTO	23	PROYECTO
24	PROYECTO	24	PROYECTO
25	PROYECTO	25	PROYECTO
26	PROYECTO	26	PROYECTO
27	PROYECTO	27	PROYECTO
28	PROYECTO	28	PROYECTO
29	PROYECTO	29	PROYECTO
30	PROYECTO	30	PROYECTO

PROYECTO DE EJECUCION DE LA OBRAS		SECCION DE PLANO	
1	PROYECTO	1	PROYECTO
2	PROYECTO	2	PROYECTO
3	PROYECTO	3	PROYECTO
4	PROYECTO	4	PROYECTO
5	PROYECTO	5	PROYECTO
6	PROYECTO	6	PROYECTO
7	PROYECTO	7	PROYECTO
8	PROYECTO	8	PROYECTO
9	PROYECTO	9	PROYECTO
10	PROYECTO	10	PROYECTO
11	PROYECTO	11	PROYECTO
12	PROYECTO	12	PROYECTO
13	PROYECTO	13	PROYECTO
14	PROYECTO	14	PROYECTO
15	PROYECTO	15	PROYECTO
16	PROYECTO	16	PROYECTO
17	PROYECTO	17	PROYECTO
18	PROYECTO	18	PROYECTO
19	PROYECTO	19	PROYECTO
20	PROYECTO	20	PROYECTO
21	PROYECTO	21	PROYECTO
22	PROYECTO	22	PROYECTO
23	PROYECTO	23	PROYECTO
24	PROYECTO	24	PROYECTO
25	PROYECTO	25	PROYECTO
26	PROYECTO	26	PROYECTO
27	PROYECTO	27	PROYECTO
28	PROYECTO	28	PROYECTO
29	PROYECTO	29	PROYECTO
30	PROYECTO	30	PROYECTO

PROYECTO DE EJECUCION DE LA OBRAS		SECCION DE PLANO	
1	PROYECTO	1	PROYECTO
2	PROYECTO	2	PROYECTO
3	PROYECTO	3	PROYECTO
4	PROYECTO	4	PROYECTO
5	PROYECTO	5	PROYECTO
6	PROYECTO	6	PROYECTO
7	PROYECTO	7	PROYECTO
8	PROYECTO	8	PROYECTO
9	PROYECTO	9	PROYECTO
10	PROYECTO	10	PROYECTO
11	PROYECTO	11	PROYECTO
12	PROYECTO	12	PROYECTO
13	PROYECTO	13	PROYECTO
14	PROYECTO	14	PROYECTO
15	PROYECTO	15	PROYECTO
16	PROYECTO	16	PROYECTO
17	PROYECTO	17	PROYECTO
18	PROYECTO	18	PROYECTO
19	PROYECTO	19	PROYECTO
20	PROYECTO	20	PROYECTO
21	PROYECTO	21	PROYECTO
22	PROYECTO	22	PROYECTO
23	PROYECTO	23	PROYECTO
24	PROYECTO	24	PROYECTO
25	PROYECTO	25	PROYECTO
26	PROYECTO	26	PROYECTO
27	PROYECTO	27	PROYECTO
28	PROYECTO	28	PROYECTO
29	PROYECTO	29	PROYECTO
30	PROYECTO	30	PROYECTO

